ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

L.A.T (55 kV) DE INTERCONEXIÓN ENTRE FUTURO PARQUE EÓLICO DE ALISAS Y SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE RAMALES DE LA VICTORIA

HIGH VOLTAGE OVERHEAD LINE (55 kV) FOR INTERCONNECTION BETWEEN FUTURE WIND POWER PARK OF ALISAS AND THE DISTRIBUTION SUBSTATION OF RAMALES DE LA VICTORIA

Para acceder al Titulo de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Miguel Ángel Cobo Plasencia

Junio - 2013

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

- DOCUMENTO N°1: **MEMORIA**
- DOCUMENTO N°2: **PLANOS**
- DOCUMENTO N°3: **PLIEGO DE CONDICIONES**
- DOCUMENTO N°4: **PRESUPUESTO**
- DOCUMENTO Nº5: **BIBLIOGRAFÍA**

MEMORIA

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

- MEMORIA DESCRIPTIVA
- ANEXOS A LA MEMORIA
  - ANEXO I: DATOS DE PARTIDA
  - ANEXO II: CÁLCULOS
  - ANEXO III: PUESTA A TIERRA
  - ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
  - ANEXO V: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

MEMORIA

DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

Página

1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 1
2.- OBJETO DEL PROYECTO 7
3.- DOCUMENTOS QUE COMPONEN AL PROYECTO 7
4.- SITUACIÓN 8
5.- SOLUCIÓN A ADOPTAR 8
6.- DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA 9
7.- PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 10
8.- REGLAMENTACIÓN Y NORMAS 10
9.- ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA 11
9.1.- CONDUCTOR 11
9.2.- CABLE DE TIERRA 13
9.3- APOYOS 14
9.3.1.- Clasificación de los apoyos según su función 14
9.3.2- Clasificación de los apoyos en función del material 15
9.3.3- Tipos de esfuerzos en los apoyos 18
9.3.4.- Apoyos instalados en la línea 20
9.3.5.- Cimentaciones de los apoyos 20
9.4.- HERRAJES Y ACCESORIOS 21
9.5.- AISLADORES 23
9.6.- CADENAS DE AMARRE Y SUSPENSIÓN 25
9.7.- ARMADOS 26
9.8.- SECCIONADOR 26
9.9.- SEÑALIZACIÓN Y NUMERACIÓN DE APOYOS 28
10.- PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS 28
11.- RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS 29
12.- ANEXOS 40

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto planifica y detalla la necesidad de evacuación y conducción de la energía generada en un futuro Parque Eólico localizado en el Puerto de Alisas (Arredondo), hasta una subestación de distribución sita en el término municipal de Ramales de la Victoria, incorporando de este modo dicha energía a la red eléctrica y haciendo posible su comercialización.

Así mismo el proyecto canaliza y combina la necesidad de consecución de energías renovables y el respeto por el medio ambiente.

El modelo de desarrollo económico actual se encuentra basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, lo cual provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que implican la necesidad de definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible.

Un modelo económico sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades energéticas presentes sin comprometer al medioambiente, mediante un uso racional de los recursos y asegurando el desarrollo económico y el progreso social.

Las energías renovables permiten garantizar el suministro energético a largo plazo dado que se trata de fuentes energéticas autóctonas e inagotables. La excesiva tasa de dependencia energética exterior de nuestro país (cercana al 80 % en los últimos años) y de la Unión Europea en su conjunto (en tasas del orden del 50%) provoca riesgos macroeconómicos derivados de posibles restricciones de la oferta de petróleo por parte de los países productores. El empleo de energías renovables permite reducir la dependencia energética exterior contribuyendo a asegurar el suministro futuro. En la siguiente imagen se presenta el grado de dependencia energética actual:

GRADO DE DEPENDENCIA ENERGÉTICA DEL EXTERIOR POR PAÍSES Y EVOLUCIÓN. EUROPA

% de dependencia	1998	2005	2009	2010(*)
UE 27	**46,0**	**52,5**	**53,7**	**52,7**
Chipre	96,8	100,7	96,4	100,9
Malta	100,0	100,0	98,3	100,8
Luxemburgo	99,5	97,4	97,6	96,8
Irlanda	80,5	89,4	87,6	85,6
Italia	81,9	84,4	82,8	83,8
Lituania	50,5	57,1	50,2	81,9
Bélgica	80,8	80,1	74,3	76,8
España	**74,3**	**81,5**	**79,3**	**76,7**
Portugal	84,0	88,5	81,1	75,5
Grecia	70,1	68,6	67,8	69,1
Eslovaquia	70,7	65,4	66,4	63,1
Austria	70,5	71,4	65,4	61,8
Alemania	61,0	61,2	61,5	59,8
Hungría	55,0	63,2	58,7	58,3
Francia	51,3	51,7	51,0	49,3
Eslovenia	52,3	52,3	48,2	49,3

% de dependencia	1998	2005	2009	2010(*)
UE 27	**46,0**	**52,5**	**53,7**	**52,7**
Finlandia	53,7	54,2	54,1	48,1
Letonia	60,4	63,0	58,8	41,6
Bulgaria	49,9	47,5	45,3	40,3
Suecia	37,7	37,7	37,1	36,5
Polonia	8,4	17,6	31,7	31,5
Países Bajos	26,5	38,4	36,5	30,7
Reino Unido	-16,2	13,5	26,2	28,3
República Checa	25,4	28,3	27,0	25,6
Rumanía	28,6	27,6	20,2	21,7
Estonia	36,1	25,4	21,2	12,9
Dinamarca	5,6	–50,9	–20,7	–18,2
Otros países				
Noruega	–682,6	–703,8	–639,1	–517,4
Suiza	57,8	60,1	55,4	54,3
Croacia	49,4	58,6	51,1	52,2
Macedonia	42,4	43,3	44,8	43,7
Turquía	60,0	71,6	70,4	69,3

(*) Países de la UE ordenados en sentido decreciente.
La depedencia energética es definida como la relación entre las importaciones netas y el consumo de energía bruto.
Valores superiores a 100 significarían importaciones mayores que consumo bruto (la diferencia va a incrementar stocks).
Valores negativos aparecen en países exportadores netos de energía.
Fuente: Eurostat.

Dado que la mayor parte de los aprovechamientos de recursos energéticos renovables se localiza en zonas rurales y dispersas, en estas zonas se crea empleo, con el consiguiente desarrollo rural y ocupación equilibrada del territorio. Además, el uso de recursos renovables mejora la calidad de vida de la población, en mayor medida en las ciudades, debido a la reducción de las emisiones derivadas de la combustión de fuentes fósiles.

Con el uso de energías renovables se consigue, además, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, la reducción de los daños derivados del cambio climático. El cambio climático genera daños medioambientales de carácter global y que afectan a toda la población, no sólo a la generación presente, sino a futuras generaciones. Por todo ello es preciso limitar el cambio climático.

Por lo anteriormente expuesto se está produciendo un aumento del uso de energías renovables en la mayor parte de los países. A continuación se presentan una serie de figuras en las que se muestra la evolución del uso de energías renovables en España:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA

AÑO	Carbón		Petróleo		Gas		Nuclear		Hidráulica		Eólica y solar		Biomasa, biocarburantes y residuos		Saldo (1)	TOTAL	
	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	VAR %	ktep	ktep	VAR %
2006	17.868	–12,8	70.789	–1,4	31.227	4,0	15.669	4,5	2.232	30,8	2.095	s.d	5.087	s.d	–282	**144.687**	**–0,7**
2007	19.998	11,9	71.238	0,6	31.778	1,8	14.360	–8,4	2.349	5,2	2.517	20,2	5.445	7,0	–495	**147.191**	**1,7**
2008	13.486	–32,6	68.342	–4,1	34.903	9,8	15.369	7,0	2.009	–14,4	3.197	27,0	5.669	4,1	–949	**142.026**	**–3,5**
2009	9.556	–29,1	63.283	–7,4	31.219	–10,6	13.750	–10,5	2.271	13,0	4.002	25,2	6.379	12,5	–697	**129.764**	**–8,6**
2010	7.156	–25,1	60.993	–3,6	31.182	–0,1	16.155	17,5	3.636	60,1	4.834	20,8	6.894	8,1	–717	**130.134**	**0,3**
2011	12.456	74,1	58.317	–4,4	28.930	–7,2	15.024	–7,0	2.631	–27,6	5.191	7,4	7.280	5,6	–524	**129.304**	**–0,6**

VAR: Tasa de variación respecto del año anterior. s.d: sin datos.
(1): Saldo de intercambios internacionales de energía eléctrica.(Importación - Exportación).
Fuente: Secretaría de Estado de Energía (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA. EVOLUCIÓN.

MW	1990(*)	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2010(***)
Hidráulica convencional y bombeo mixto (sistema REE)(*)	15.923	14.112	14.112	14.112	14.112	14.112	14.112	16.778
Hidráulica resto	1000	1.773	1.837	1.872	1.908	1.926	1.940	2.199
Eólica	8	9.918	14.820	16.555	19.176	20.759	21.760	20.155
Biomasa (**)	13	354	396	374	502	545	564	2.039
Biogas	2	152	165	149	177	189	197	235
Residuos Sólidos Urbanos	19	189	189	189	189	223	225	189
Solar fotovoltaica	3	60	739	3.389	3.488	3.916	4.250	400
Solar termoeléctrica	0	0	11	61	282	682	1100	500
Instalaciones Renovables Mixtas	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
TOTAL	**16.968**	**26.558**	**32.269**	**36.701**	**39.834**	**42.352**	**44.148**	**42.494**

(*) Datos de hidráulica convencional no incluye potencia de bombeo puro.
(**) En 1990, Biomasa incluye biogás.
Datos 2005-2010 incluye cambios metodológicos y derivados de la Directiva de EERR.
Datos 2010-2011 provisionales.
(***) Objetivos para 2010 Plan de Energías Renovables 2005-2010.
Fuente: IDAE.

PRODUCCIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES. EVOLUCIÓN EN ESPAÑA

GWh	1990	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2010 (***)
Hidráulica convencional y bombeo mixto (sistema REE) (*)	23.481	14.717	23.064	18.614	21.031	35.421	25.260	31.494
Hidráulica resto	2.140	3.856	4.166	4.687	5.322	6.857	5.332	6.692
Eólica	13	21.175	27.568	32.946	38.117	44.165	42.373	45.511
Biomasa (**)	616	1.578	1.553	1.888	2.197	2.459	2.936	14.015
Biogas	–	623	584	584	530	653	875	1.417
Residuos Sólidos Urbanos	139	451	608	782	761	782	703	1.223
Solar fotovoltaica	6	41	501	2.562	5.961	6.413	7.343	609
Instalaciones renovables mixtas		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Solar termoeléctrica	0	0	8	16	103	692	1.777	1.298
TOTAL	**26.395**	**42.442**	**58.053**	**62.079**	**74.022**	**97.442**	**86.600**	**102.259**

(*) Datos de hidráulica convencional no incluye producción por bombeo puro. En 2009 la producción por bombeo puro fue de 2.831 GWh.
(**) En 1990, Biomasa incluye biogas.
Datos 2010-2011 provisionales.
(***) Objetivos para 2010 del Plan de Energías Renovables 2005-2010.
Fuente: IDAE.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores en España se está produciendo un aumento progresivo en el empleo de energías renovables. A continuación se presentan los objetivos del Plan de Energías Renovables 2011-2020:

OBJETIVOS DEL PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020 DE ESPAÑA

OBJETIVOS GLOBALES ktep	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A. Consumo final bruto de electricidad procedente de fuentes renovables	4.624	7.323	7.860	8.340	8.791	9.212	9.586	9.982	10.547	11.064	11.669	12.455
B. Consumo final bruto de fuentes renovables para calefacción y refrigeración	3.541	3.933	3.992	4.034	4.109	4.181	4.404	4.651	4.834	5.013	5.152	5.357
C. Consumo final de energía procedente de fuentes renovables en el sector transporte	245	1.538	2.174	2.331	2.363	2.418	2.500	2.586	2.702	2.826	2.965	3.216
C.1. Consumo de electricidad procedente de fuentes renovables en el sector del transporte por carretera	0	0	0	0	5	11	21	34	49	67	90	122
C.2. Consumo de biocarburantes del artículo 21.2 (*)	0	5	15	45	75	105	142	167	193	177	199	252
C.3. Subtotal renovables para cumplimiento del objetivo en transporte: (C)+(2,5-1)x(C.1)+(2-1)x(C.2)	245	1.543	2.189	2.376	2.446	2.540	2.674	2.805	2.968	3.103	3.299	3.651
D. Consumo total de fuentes de energía renovables (evitando doble contabilización de la electricidad renovable en el transporte)	8.302	12.698	13.901	14.533	15.081	15.613	16.261	16.953	17.776	18.547	19.366	20.525
E. Consumo final bruto de energía en transporte	32.431	30.872	30.946	31.373	31.433	31.714	32.208	32.397	32.476	32.468	32.357	32.301
F. Consumo final bruto de energía en calefacción y refrigeración, electricidad y transporte (**)	101.719	96.382	96.381	96.413	96.573	96.955	97.486	97.843	98.028	98.198	98.328	98.443
Objetivos en el transporte (%)												
Objetivo obligatorio mínimo en 2020												**10,0%**
Grado de cumplimiento del objetivo obligatorio en 2020 (C.3/E)		5,0%										**11,3%**
Objetivos globales (%)												
Trayectoria indicativa (media para cada bienio) y objetivo obligatorio mínimo en 2020			**11,0%**		**12,1%**		**13,8%**		**16,0%**			**20,0%**
Grado de cumplimiento de la trayectoria indicativa y del objetivo obligatorio mínimo en 2020 **(D/F o $[D_{año1}+D_{año2}]/[F_{año1}+F_{año2}]$)**	8,9%	13,9%	**14,7%**		**15,9%**		**17,0%**		**18,5%**		19,7%	**20,8%**

(*) Artículo 21, Apartado 2 de la Directiva 2009/28/CE: biocarburantes obtenidos a partir de desechos, residuos, materias celulósicas no alimentarias y material lignocelulósico.
(**) En algunos años el consumo de energía bruta final ha sido corregido según el Artículo 5, apartado 6 de la Directiva 2009/28/CE, el cual estipula que la cantidad de energía consumida en la aviación en un año determinado se considerará que no sobrepasa el 6,18% del consumo final bruto de energía de ese mismo año.
Se considera el grado de cumplimiento de Objetivos Obligatorios Directiva 2009/28/CE.

(Continúa)

(Continuación)

SECTOR ELÉCTRICO	2010			2015			2020		
	MW	GWh	GWh(*)	MW	GWh	GWh(*)	MW	GWh	GWh(*)
Hidroeléctrica (sin bombeo)	13.226	42.215	31.614	13.548	32.538	31.371	13.861	33.140	32.814
<1 MW (sin bombeo)	242	802	601	253	772	744	268	843	835
1 MW-10 MW (sin bombeo)	1.680	5.432	4.068	1.764	4.982	4.803	1.917	5.749	5.692
>10 MW(sin bombeo)	11.304	35.981	26.946	11.531	26.784	25.823	11.676	26.548	26.287
por bombeo	5.347	3.106	(**)	6.312	6.592	(**)	8.811	8.457	(**)
Geotérmica	0	0	(**)	0	0	(**)	50	300	(**)
Solar fotovoltaica	3.787	6.279	(**)	5.416	9.060	(**)	7.250	12.356	(**)
Solar termoeléctrica	632	691	(**)	3.001	8.287	(**)	4.800	14.379	(**)
Energía hidrocinética, del oleaje, mareomotriz	0	0	(**)	0	0	(**)	100	220	(**)
Eólica en tierra	20.744	43.708	42.337	27.847	55.703	55.538	35.000	71.640	70.734
Eólica marina	0	0	0	22	66	66	750	1.845	1.822
Biomasa, residuos, biogás	825	4.228	(**)	1.162	7.142	(**)	1.950	12.200	(**)
Biomasa sólida	533	2.820	(**)	817	4.903	(**)	1.350	8.100	(**)
Residuos	115	663	(**)	125	938	(**)	200	1.500	(**)
Biogás	177	745	(**)	220	1.302	(**)	400	2.600	(**)
Biolíquidos	0	0	(**)	0	0	(**)	0	0	(**)
Totales (sin bombeo)	**39.214**	**97.121**	**85.149**	**50.996**	**112.797**	**111.464**	**63.761**	**146.080**	**144.825**

(*) En esta columna aparecen los valores normalizados para la producción hidráulica y eólica según se recoge en el Artículo 5, Apartado 3 de la Directiva 2009/28/CE, utilizando las fórmulas de normalización contenidas en su Anexo II.
(**) Estas producciones no se normalizan. Se consideran los mismos valores que la producción sin normalizar.

SECTOR TRANSPORTE ktep	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Bioetanol/bio-ETBE	113	226	232	281	281	290	301	400
De los cuales biocarburantes del artículo 21.2 (*)	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*7*	*52*
Biodiésel	24	1.217	1.816	1.878	1.900	1.930	1.970	2.313
De los cuales biocarburantes del artículo 21.2 (*)	*0*	*5*	*15*	*45*	*75*	*105*	*135*	*200*
Electricidad procedente de fuentes renovables	107	96	126	172	182	198	229	503
De la cual transporte por carretera	*0*	*0*	*0*	*0*	*5*	*11*	*21*	*122*
De la cual transporte no por carretera	*107*	*96*	*126*	*172*	*176*	*187*	*207*	*381*

Otros (como biogás, aceites vegetales, etc.)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total biocarburantes	137	1.442	2.048	2.159	2.181	2.220	2.271	2.713
TOTAL EERR en el TRANSP.	**245**	**1.538**	**2.174**	**2.331**	**2.363**	**2.418**	**2.500**	**3.216**

(*) Artículo 21, Apartado 2 de la Directiva 2009/28/CE: biocarburantes obtenidos a partir de desechos, residuos, materias celulósicas no alimentarias y material lignocelulósico.

(Continúa)

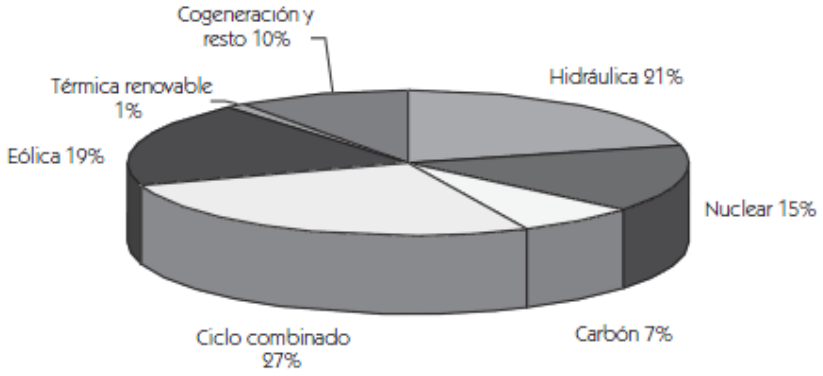
(Continuación)

SECTOR DE LA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN ktep	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Energía geotérmica (excluyendo el calor geotérmico de temperatura baja en aplicaciones de bomba de calor)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	5,2	9,5
Energía solar térmica	61	183	190	198	229	266	308	644
Biomasa	3.468	3.729	3.779	3.810	3.851	3.884	4.060	4.653
Sólida (incluye residuos)	*3.441*	*3.695*	*3.740*	*3.765*	*3.800*	*3.827*	*3.997*	*4.553*
Biogás	*27*	*34*	*39*	*45*	*51*	*57*	*63*	*100*
biolíquidos	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Energía renovable a partir de bombas de calor	7,6	17,4	19,7	22,2	24,9	28,1	30,8	50,8
De la cual aerotérmica	*4,1*	*5,4*	*5,7*	*6,1*	*6,4*	*6,9*	*7,4*	*10,3*
De la cual geotérmica	*3,5*	*12,0*	*14,0*	*16,1*	*18,5*	*21,2*	*23,4*	*40,5*
de la cual hidrotérmica	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Totales	**3.541**	**3.933**	**3.992**	**4.034**	**4.109**	**4.181**	**4.404**	**5.357**

Fuente: IDAE.

Cobertura de la máxima demanda anual de potencia 44.107 MW

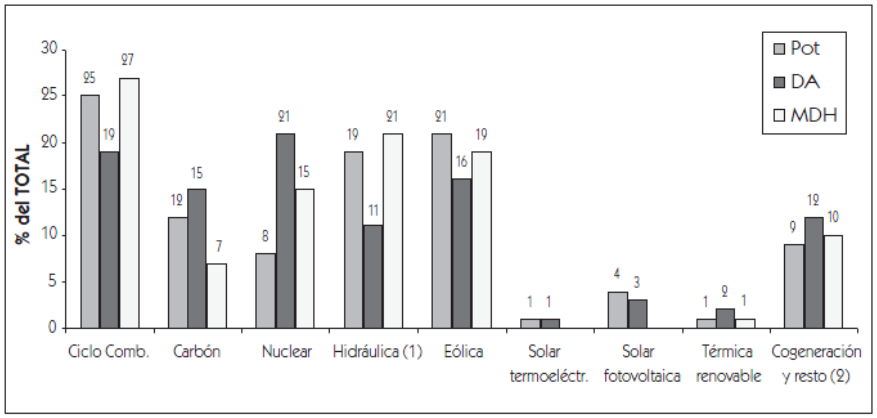
24 de enero de 2011 (19-20 horas)



La eólica pertenece al régimen especial. El resto del régimen especial está compuesto por cogeneración mediante combustibles fósiles, minihidraúlica, biomasa, RSU, etc.

Fuente: Avance Informe 2011 REE.

ESTRUCTURA DE LA POTENCIA Y DE LA COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA POR FUENTES EN EL SISTEMA PENINSULAR DE ESPAÑA



Pot: Cuota % Potencia instalada a 31 de Diciembre de 2011.
DA: Cuota % Demanda anual 2011.
MDH: Cuota % Máxima demanda horaria (19-20 horas del 24-01-2011).
(1) Bombeo incluido en Potencia (2.747 MW), pero no en Demanda.
(2) Incluye térmica no renovable y fuel-gas.
Fuente: REE Avance Informe 2011.

En el momento actual la energía eléctrica de origen eólico constituye una realidad energética, tal y como se ve en las figuras anteriores, habiendo pasado, en pocos años, de tener una contribución testimonial en el total de energía primaria a representar un porcentaje significativo del total energético en España.

Cantabria presenta un notable retraso en comparación con otras comunidades y con los países de nuestro entorno en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables. El Itec ha participado, como consultora estratégica y tecnológica, para la Consejería de Industria y la empresa pública Genercan, en la realización del Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2011-2020 (Plenercan 2011-2020). Dicho Plan Energético recoge una fuerte apuesta de la Comunidad Autónoma de Cantabria en la generación de energía eléctrica mediante fuentes limpias y renovables. Los objetivos que se marca el Plenercan 2011-2020 son los siguientes:

1) Minimizar las importaciones de energía eléctrica. Mediante el desarrollo de un sistema eléctrico racional que integre fuentes de generación, consumos y redes de transporte y distribución, de forma que se optimice el saldo eléctrico, económico y la seguridad de suministro de la región**.**

2) Disminución del consumo de energía primaria. Especialmente mediante la implantación de medidas sectoriales transversales de eficiencia energética y la creación de una cultura social de ahorro energético y sostenibilidad.

3) Cumplimiento de los marcos normativos europeo y nacional. A través de la implantación de un marco de actuación que suponga un impulso decidido a la aplicación de dichos marcos.

4) Disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Con un compromiso firme y decidido de la política energética de Cantabria con el reto global de disminución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

5) Impulso al sector energético de Cantabria. Con objeto de maximizar la creación de riqueza para la sociedad Cántabra como retorno de la aplicación de los objetivos anteriores, mediante el impulso de la industria y el I+D+i regional, en ambos casos, relacionado con el sector energético.

En cuanto al sector eólico Cántabro, la provincia únicamente cuenta con un parque eólico en el municipio del Valle de Soba denominado "parque eólico de Cañoneras" contando con una instalación de 32 MW.

El estado actual de la tecnología permite la construcción de máquinas de potencia importante y gran fiabilidad de funcionamiento, con las que, en lugares apropiados, pueden construirse parques eólicos de gran potencia que pueden generar cantidades significativas de energía, económicamente rentables. Por todo esto la comunidad de Cantabria debe apostar por el desarrollo de la energía eólica.

2. OBJETO DEL PROYECTO

Ante la futura implantación de un parque eólico en el Puerto de Alisas (Arredondo), el presente proyecto tiene por objeto diseñar una línea aérea de alta tensión para realizar la interconexión entre la subestación colectora del mismo y la subestación de distribución localizada en Ramales de la Victoria.

El estudio desarrollado en el siguiente proyecto forma parte de uno de los requisitos imprescindibles para la obtención del título de Ingeniero Industrial, una vez presentado, examinado y aprobado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, de la Universidad de Cantabria como proyecto fin de carrera.

3. DOCUMENTOS QUE COMPONEN AL PROYECTO

El proyecto posee una estructura compuesta por los siguientes documentos:

- MEMORIA:

  Memoria descriptiva.

  Anexos a la memoria:

  - Datos de partida.
  - Cálculos.
  - Puesta a tierra.
  - Estudio de Seguridad y Salud.
  - Impacto Medio Ambiental.

- PLANOS
- PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS Y FACULTATIVAS
- PRESUPUESTO
- BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

4. SITUACIÓN

Tanto el parque eólico, como la subestación colectora y el inicio de la línea aérea de alta tensión se sitúan en el término municipal de Arredondo. El fin de dicha línea de distribución se localiza en la subestación de distribución situada en el término municipal de Ramales de la Victoria.

5. SOLUCIÓN A ADOPTAR

En general para el cálculo de cualquier tipo de línea de transporte de energía, los criterios que la definen son:

1º) Seguridad durante su explotación y utilización.

2º) Calidad en el servicio, de cara al consumidor.

3º) Rentabilidad para la empresa distribuidora y suministradora de energía eléctrica.

En base a estos criterios se deduce que para conducir la energía eléctrica generada en el parque eólico minimizando las pérdidas y maximizando la potencia transportada, es necesario elevar la tensión de transporte a valores de Alta Tensión.

El aumento de la tensión implica una disminución de la intensidad que circula por la línea, para transportar la misma potencia, y por tanto, las pérdidas por calentamiento de los conductores y por efectos electromagnéticos.

El Efecto Joule es la producción de calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. La energía eléctrica se transforma en energía térmica debido a los continuos choques de los electrones móviles contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética, que provoca un aumento de temperatura del conductor. El calor generado depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta

circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente. Matemáticamente se expresa como:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Por tanto se demuestra que disminuyendo la intensidad de la corriente se disminuyen las perdidas por calentamiento y se aumenta la seguridad de la línea. Además, una mayor intensidad requiere de conductores de mayor sección, y en consecuencia, con un mayor peso por unidad de longitud.

Por todos estos factores, se eleva la tensión de transporte, reduciendo la intensidad y abaratando los costes de transporte, hasta valores de Alta Tensión (55kV).

6. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA

La línea aérea con la cual se realizará el transporte de la engería desde la subestación colectora del parque eólico hasta la subestación situada en el municipio de Ramales de la Victoria posee las siguientes características:

- *Tensión nominal*: 55 kV
- *Categoría de la línea*: línea de 2ª categoría según lo dictaminado en el artículo 3º del Reglamento de Alta Tensión (tensión nominal comprendida entre 66 y 30 kV, ambas inclusive).
- *Clasificación de la zona por la que discurre la línea*: la altitud del terreno sobre el que discurre la línea oscila entre un valor máximo de 734 metros hasta un mínimo de 77 metros, siendo la altitud media de todo el trazado de 363 metros. Según el apartado 3.1.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, la línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 6980 metros (apoyos del 1 al 34), distancia a la cual pasa a situarse en zona A (situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar).
- *Tipo de circuito*: se trata de un circuito simple trifásico.

- *Longitud de la línea y número de apoyos*: la línea poseerá una longitud total de 17400 metros sostenida por un total de 86 apoyos.

El diseño de la línea se ajusta a los requerimientos exigidos en el apartado 1.5 de la ITC-LAT 07 para este tipo de líneas con tensión superior a 45 kV. Así mismo, se trata de evitar la existencia de ángulos pronunciados, grandes desniveles y se respetan las distancias mínimas de seguridad, cruzamientos y paralelismos marcados en el apartado 5 de ésta misma Instrucción Técnica Complementaria.

7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

A la hora de diseñar el trazado de la línea aérea de Alta Tensión que servirá de nexo entre la subestación colectora del Parque Eólico de Alisas y la subestación de distribución emplazada en Ramales de la Victoria se consideran tres alternativas.

En el documento 'Planos' del presente proyecto se muestran dichos trazados alternativos identificados con trazas de distinto color.

Tras realizar un análisis de las variantes la solución adoptada se corresponde con la Traza Nº1 (color azul). La elección se fundamenta teniendo en cuenta los criterios que a continuación se detallan:

- Esta traza minimiza el impacto visual, aumentado su integridad paisajística.

- La citada solución aprovecha en mayor medida los accesos existentes, siendo por tanto, menor la necesidad de creación de nuevas vías, con el aumento de coste y deterioro medio ambiental que ello supondría durante su construcción.

- Con esta distribución se reduce el número de cruzamientos respecto al resto de alternativas salvando importantes masas forestales.

- Por último señalar que la traza elegida es más directa en todo su recorrido, minimizando por tanto la longitud de la línea.

8. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS

Para determinar las bases técnicas sobre las que se desarrolla el presente proyecto, se han considerado las especificaciones contenidas en los siguientes Reglamentos y Normas:

- Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por el Real Decreto 223/2008 del 15 de Febrero que deroga el R.D. 3151/1968.
- Normas UNE.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación aprobado por Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, así como sus instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificación Eléctrica y Regularidad del suministro de Energía Eléctrica (RVE), decreto del 12/03/54.
- Recomendaciones UNESA en vigor.
- Normas Técnicas particulares de la Empresa Suministradora de la localidad.

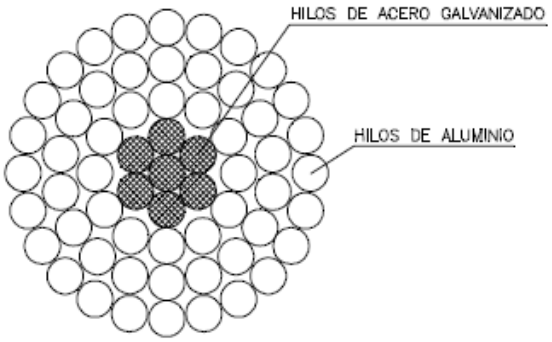
9. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA

A continuación se realiza una enumeración de los distintos elementos esenciales para la ejecución de la línea aérea de alta tensión junto con una breve descripción de los mismos.

9.1) Conductor

El conductor empleado para el desarrollo de la línea es del tipo desnudo de aluminio-acero, cuya designación es "LA-180". En la norma UNE 21.018 se detallan las características de este tipo de conductor.

Un conductor de aluminio-acero está formado por una o varias capas concéntricas de alambres de aluminio y de acero galvanizado, cableados en sentido alterno, correspondiendo el alma o centro del cable a los alambres de acero y las capas periféricas a los alambres de aluminio.



Variando las proporciones relativas de aluminio y acero, se pueden conseguir las características requeridas para cualquier aplicación. Incrementando la proporción de acero se consigue una resistencia a la tracción más alta e incrementando la proporción de aluminio, una conductividad eléctrica mayor.

En comparación con los conductores de Cobre, los conductores de aluminio-acero proporcionan unas ventajas técnicas económicas importantes. Su bajo peso, combinado con su alta resistencia a la tracción, permite la adopción de vanos mas largos. Las pérdidas por efecto corona se reducen, debido al diámetro mayor de este tipo de conductor.

De esta manera, la distribución y transmisión de energía eléctrica a elevadas tensiones y distancias es posible con la utilización de este tipo de conductor.

Sus características se detallan a continuación:

- *Denominación*: LA-180
- *Sección de Aluminio*: 147,3 mm^2
- *Sección de Acero*: 34,3 mm^2
- *Sección total*: 181,6 mm^2
- *Equivalencia en cobre*: 93 mm^2
- *Diámetro del Alma*: 7,50 mm
- *Diámetro Total*: 17,50 mm
- *Composición:*
    - 30 Alambres de Aluminio con 2,50 mm de diámetro.
    - 7 Alambres de Acero con 2,50 mm de diámetro.
- *Carga de rotura*: 6520 kgf (6390 daN)
- *Resistencia eléctrica a 20 °C*: 0,1962 Ω/km
- *Masa de Aluminio:* 407 Kg/Km
- *Masa de Acero*: 269 Kg/Km
- *Masa Total*: 676 Kg/Km

- *Módulo de elasticidad*: 8200 kgf/mm^2 (80000 N/mm^2)
- *Coeficiente de dilatación lineal*: 17,8 10-6 °C
- *Densidad de corriente máxima permitida*: 2,3 A/mm2
- *Intensidad máxima admisible*: 417 A

Para efectuar la unión de los conductores de aluminio-acero y asegurar su continuidad eléctrica y mecánica se empleará manguito estirado. El procedimiento para realizar el empalme consiste primero en la unión del cable interior de acero mediante manguito de acero para posteriormente, empleando un manguito de aluminio, abarcar la totalidad del cable. De este modo se obtiene una perfecta unión mecánica y eléctrica del conductor.

9.2) Cable de Tierra

En las líneas de alta tensión de la red de transporte de energía eléctrica el hilo de tierra se coloca en la parte superior de las torres de apoyo de los conductores y conectado eléctricamente a la estructura de éstas, que, a su vez, están dotadas de una toma de tierra. En este caso el hilo de tierra cubre una doble función: por una parte protege a las personas de una derivación accidental de los conductores de alta tensión, y por otra, al encontrarse más alto que los citados conductores, actúan como pararrayos, protegiendo al conjunto de las descargas atmosféricas, que de esta forma son derivadas a tierra causando el mínimo daño posible a las instalaciones eléctricas.

Como cable de tierra para la protección de la línea objeto del presente proyecto se selecciona el cable de tierra de acero denominado T-50. Sus características son las detalladas a continuación:

- *Denominación*: T-50
- *Sección total*: 49,5 mm2
- *Diámetro aparente del cable*: 9 mm
- *Carga de rotura*: 5980 kg
- *Módulo de elasticidad*: 19000 Kg/mm2
- *Coeficiente de dilatación lineal*: 11,5 10-6 ºC

- *Peso*: 391 kg/Km

9.3) Apoyos

Los apoyos se emplean para sostener los conductores de las líneas y poderlos mantener a la distancia de seguridad al terreno que indica el terreno.

Según el apartado 2.4 de la ITC-LAT 07:

- Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores y los cables de tierra de modo directo a las estructuras de apoyo. Estas estructuras, que en todo lo que sigue se denominan "apoyos", podrán ser metálicas, de hormigón, madera u otros materiales apropiados, bien de material homogéneo o combinación de varios de los citados anteriormente.
- Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos, y en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.
- La estructura de los apoyos podrá ser de cualquier tipo adecuado a su función. Se tendrá en cuenta su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de modo que pueda ser realizada fácilmente la inspección y conservación de la estructura. Se evitará la existencia de todo tipo de cavidades sin drenaje, en las que pueda acumularse el agua de lluvia.

9.3.1) Clasificación de los apoyos según su función

Se pueden realizar dos clasificaciones diferentes para los apoyos en función del criterio seleccionado:

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

a) *Apoyo de suspensión*: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.

b) *Apoyo de amarre*: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.

c) *Apoyo de anclaje*: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya

función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.

d) *Apoyo de principio o fin de línea*: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.

e) *Apoyos especiales*: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Los apoyos de los tipos enumerados pueden aplicarse a diferentes fines de los indicados, siempre que cumplan las condiciones de resistencia y estabilidad necesarias al empleo a que se destinen.

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

a) *Apoyo de alineación*: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.

b) *Apoyo de ángulo*: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

9.3.2) Clasificación de los apoyos en función del material

- *Apoyos metálicos*

Los apoyos metálicos serán de características adecuadas a la función a desempeñar. Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, galvanizado, etc.) responderán a lo indicado en las normas UNE aplicables o, en su defecto, en otras normas o especificaciones técnicas reconocidas.

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

En el caso de que los perfiles de la base del apoyo se prolonguen dentro del terreno sin recubrimiento de hormigón -caso de cimentaciones metálicas-, el espesor de los perfiles enterrados no será menor de seis milímetros.

No se emplearán tornillos de un diámetro inferior a 12 milímetros.

La utilización de perfiles cerrados, se hará siempre de forma que se evite la acumulación de agua en su interior. En estas condiciones, el espesor mínimo de la pared no será inferior a tres milímetros, límite que podrá reducirse a dos y medio milímetros cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, brea de alquitrán, etc.

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

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

- *Apoyos de hormigón*

Serán, preferentemente, del tipo armado vibrado, fabricados con materiales de primera calidad, respondiendo los tipos y características a lo expuesto en las normas UNE aplicables según la ITC-LAT 02. No obstante, podrán utilizarse, previa aprobación por parte de los órganos competentes de la Administración Pública, apoyos fabricados de conformidad a otras normas y que sean de similares características. Se debe prestar también particular atención a todas las fases de manipulación en el transporte y montaje, empleando los medios apropiados para evitar el deterioro del poste. Cuando se empleen apoyos de hormigón, en suelos o aguas que sean agresivos al mismo, deberán tomarse las medidas necesarias para su protección.

- *Apoyos de madera*

Se emplearán principalmente los de madera de pino de las especies silvestre, laricio y negro, respondiendo sus características técnicas a las expuestas en las normas UNE aplicables según ITC-LAT 02.

No obstante, podrán utilizarse, previa aprobación por parte de los órganos competentes de la Administración Pública, apoyos fabricados de conformidad a otras normas y que sean de similares características.

En todos los casos deberán recibir un tratamiento preservante eficaz contra la putrefacción. El producto preservante, el sistema de impregnación profunda empleado, la dosificación y las penetraciones a obtener, cumplirán las normas UNE 21094 Y UNE 21097, o las normas UNE 21151 Y UNE 21152, según que aquél sea por creosotado o por sales minerales de disolución acuosa, respectivamente.

- *Apoyos de otros materiales*

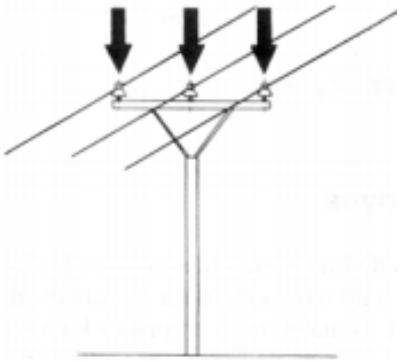
Al objeto de poder incorporar en la ejecución de líneas aéreas nuevos apoyos que puedan desarrollarse, podrán admitirse apoyos de materiales y composiciones distintas a los indicados en los apartados precedentes. En todo caso, estos tipos de apoyos deberán estar recogidos en normas o especificaciones técnicas de reconocido prestigio en la materia, y su utilización deberá ser aprobada por parte de los órganos competentes de la Administración.

9.3.3) Tipos de esfuerzos en los apoyos

La combinación de esfuerzos a los que se encuentran sujetos los apoyos de las líneas aéreas se pueden clasificar según:

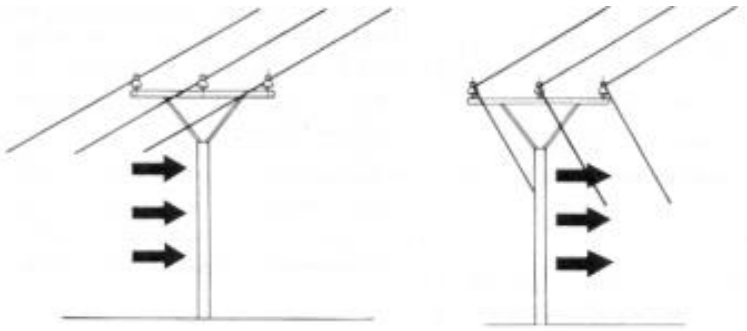
- *Esfuerzos Verticales*

Son provocados principalmente por el peso de los conductores y elementos auxiliares de sujeción de los mismos, así como en ocasiones, y en zonas de montaña, a la acción del hielo depositado sobre los conductores.



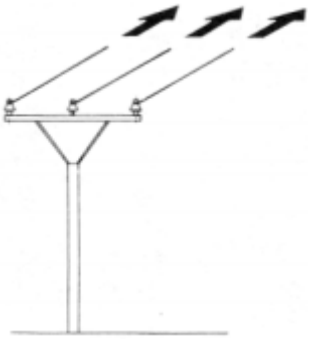
- *Esfuerzos Transversales*

Aquellos producidos en dirección perpendicular al trazado de la línea. Se consideran provocados principalmente por dos condiciones: por la acción del viento (perpendicular a la línea) sobre el apoyo, y por la tracción de los conductores cuando estos forman un ángulo en la línea.

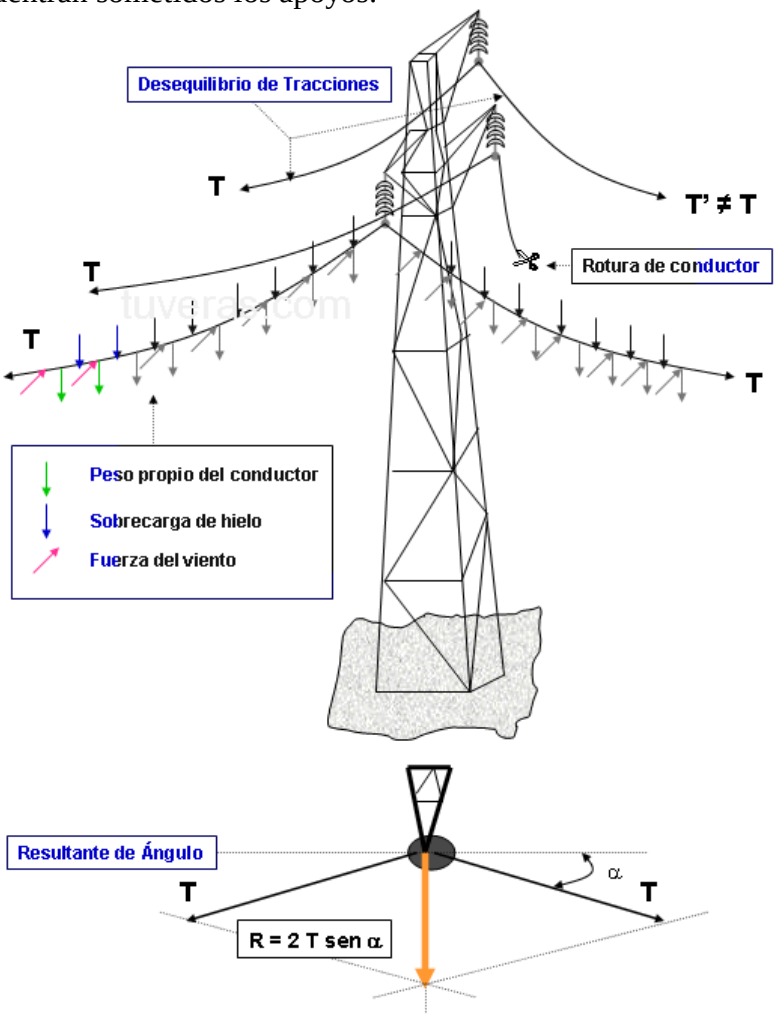


- *Esfuerzos longitudinales*

Aquellos que se originan en la dirección longitudinal de la línea (producidos en la misma dirección del trazado de la línea). Se producen por la diferencia de tensado (esfuerzo mecánico de tracción) que se puede dar en los conductores de la línea, a cada lado del apoyo (fuerza distinta a cada lado del apoyo).



En la siguiente figura se muestran de manera conjuntas los distintos esfuerzos a los que se encuentran sometidos los apoyos:



9.3.4) Apoyos instalados en la línea

Una vez realizados los cálculos pertinentes, indicados en el "Anexo II- Cálculos", se concluye que para llevar a cabo la línea eléctrica se requieren los siguientes tipos de apoyos:

- 71 apoyos de la serie "OLMO" con armado "F5".

- 1 apoyos de la serie "OLMO" con armado "F42".

- 14 apoyos de la serie "ARCE" con armado "F40".

La disposición de los apoyos será al tresbolillo, y serán de perfil angular de hierro galvanizado, totalmente atornillados. La dimensión de cada apoyo, en función del tipo, se refleja en el documento "Planos".

En el cálculo del tipo de apoyo requerido en función del esfuerzo mecánico al que se verá sometido, tanto debido a las solicitaciones del cable de tierra como de los conductores, se consideran los coeficientes de seguridad previstos en el apartado 3.5.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT. También cumplen con las prescripciones especiales que marca el reglamento en el apartado 5.3. de la ITC-LAT 07. Por todo lo anterior se puede garantizar la resistencia de los distintos apoyos a las solicitaciones mecánicas a las que se verán sometidos en servicio.

9.3.5) Cimentaciones de los apoyos

Los apoyos constituyen estructuras que se apoyan en el terreno, por lo que este pasa a conformar una parte de los mismos. Debido a que el terreno por sus condiciones naturales, presenta menos resistencia y mayor deformabilidad que los demás componentes que conforman la estructura, no puede resistir cargas al igual que la estructura, debido a ello se busca implementar cierto artificio a la estructura para que permita transmitir y repartir las cargas al terreno de una manera adecuada para que el mismo no falle o se deforme al exceder su resistencia puntual, este artificios son la cimentaciones de la estructura.

Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura. La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación,

porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción.

Para realizar la cimentación de todos los tipos de apoyos de la línea se emplean medidas normalizadas y se considera unas características del terreno de tipo medio. Por razones de simplificación y efectividad, mantenemos estas medidas en terrenos de características resistentes superiores, y sólo en los contados casos de características inferiores se adoptan medidas especiales concretas.

Las cimentaciones han sido calculadas para el esfuerzo útil del apoyo, aplicando un coeficiente de seguridad superior al reglamentario para conseguir de este modo una mayor estabilidad y seguridad.

Los apoyos tipo OLMO poseen una cimentación monobloque constituida por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de cuerpo formado por secciones troncopiramidales cuadradas y cabezas prismáticas. La celosía del apoyo es sencilla, siendo las cuatro caras iguales. Los tramos de fuste se unen entre sí de manera telescópica.

Los apoyos de la serie ARCE empleados en el presente proyecto poseerán unas cimentaciones del tipo "Pata de Elefante", fraccionadas en cuatro bloques independientes y secciones circulares. El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 20 cm, formando un zócalo (denominado peana), con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Sobre cada uno de los bloques de hormigón se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura, y un ángulo de arranque de tierras de 30°.

Los diferentes tipos de cimentaciones están reflejadas en el documento "Planos".

9.4) Herrajes y accesorios

- *Generalidades*

Se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

Se consideran accesorios del conductor elementos tales como separadores, antivibradores, etc.

Los herrajes y accesorios empleados en la línea eléctrica cumplen los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897:

- *Requisitos eléctricos:*

Requisitos aplicables a todos los herrajes y accesorios: el diseño de todos los herrajes y accesorios deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

Requisitos aplicables a los herrajes y accesorios que transporten corriente: los herrajes y accesorios de los conductores, destinados a transportar la corriente de operación del conductor, no deben, cuando estén sometidos a la corriente máxima autorizada en régimen permanente o a las corrientes de cortocircuito, manifestar aumentos de temperatura mayores que los del conductor asociado. De la misma forma, la caída de tensión en los extremos de los herrajes que transportan corriente, no debe ser superior a la caída de tensión en los extremos de una longitud equivalente de conductor.

- *Efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas*

En el diseño de los herrajes se tendrá presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona. Los herrajes y accesorios para líneas aéreas incluyendo separadores y amortiguadores de vibraciones, deben ser diseñados de forma tal que, bajo condiciones de ensayo, los niveles de perturbaciones radioeléctricas sean conformes con el nivel total especificado para la instalación.

- *Requisitos mecánicos*

El diseño de los herrajes y accesorios de una línea aérea deberá ser tal, que satisfagan los requisitos de carga mínima de rotura determinados en el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07. Todos los herrajes que puedan estar sometidos al peso de una persona, deben resistir una carga característica concentrada de 1,5 kN.

- Requisitos de durabilidad

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

Todos los materiales férreos, que no sean de acero inoxidable, utilizados en la construcción de herrajes, deben ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente u otros métodos indicados en las especificaciones del proyecto.

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

- *Características y dimensiones de los herrajes*

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores empleados en la línea cumplen con los requisitos de resistencia mecánica dados en las normas UNE-EN 60305 Y UNE-EN 60433 o UNE-EN 61466-1. Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores cumplen así mismo con la Norma UNE 21009 o la Norma UNE 21128. Los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados en el montaje de herrajes con uniones tipo rótula, cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

Para la elección de los metales o aleaciones para herrajes de líneas, se considera el posible efecto de bajas temperaturas, cuando procede. En la elección de materiales no metálicos se considera su posible reacción a temperaturas extremas, radiación UV, ozono y polución atmosférica.

9.5) Aisladores

- *Generalidades*

Los aisladores normalmente comprenden cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana.

Pueden ser fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función. Se pueden utilizar combinaciones de estos aisladores sobre algunas líneas aéreas.

Los aisladores se han diseñado y seleccionado de modo que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.

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

- *Requisitos eléctricos normalizados*

Para el diseño de los aisladores se respetan las tensiones soportadas según el apartado 4.4 de la ITC-LAT 07.

- *Requisitos para el comportamiento bajo polución*

Los aisladores cumplen con los requisitos especificados para su comportamiento bajo polución. Se han considerado las indicaciones sobre la selección de aisladores para su uso en condiciones de polución presentes en el apartado 4.4.1 de la ITC-LAT 07.

- *Requisitos mecánicos*

El diseño de los aisladores de una línea aérea satisface los requisitos mecánicos determinados en el apartado 3.4 de la ITC-LAT 07.

- *Requisitos de durabilidad*

La durabilidad de un aislador está influenciada por el diseño, la elección de los materiales y los procedimientos de fabricación. Todos los materiales usados en la construcción de aisladores para líneas aéreas, deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica, que puede afectar a su funcionamiento.

Puede obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio, a partir de los ensayos termo-mecánicos especificados en

la norma UNE-EN 60383-1. En casos especiales, puede ser necesario considerar las características de fatiga, mediante los ensayos apropiados indicados en las Especificaciones del Proyecto.

Todos los materiales férreos, distintos del acero inoxidable, usados en aisladores de líneas aéreas deberán ser protegidos contra la corrosión debida a las condiciones atmosféricas. La forma habitual de protección deberá ser un galvanizado en caliente, que deberá cumplir los requisitos de ensayo indicados en la norma UNE-EN60383-1.

Para instalaciones en condiciones especialmente severas, puede indicarse un aumento del espesor de zinc en las especificaciones del proyecto.

- *Características y dimensiones de los aisladores*

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de línea aérea cumplen con los requisitos dimensionales de las siguientes normas:

a. UNE-EN 60305 Y UNE-EN 60433, para elementos de cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos.
b. UNE-EN 61466-1 Y UNE-EN 61466-2, para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona;
c. CEI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.

9.6) Cadenas de amarre y suspensión

Las cadenas de amarre y suspensión se utilizan principalmente para aislar a la estructura metálica de los apoyos del conductor y del cable de tierra.

Para determinar el número de aisladores requeridos en las líneas de amarre y suspensión empleadas para el desarrollo del proyecto se cumplen las condiciones descritas en los apartados 2.3 y 4.4 de la ITC-LAT 07.

Según los cálculos realizados las cadenas de aisladores están formadas por 5 aisladores, tipo estándar de vidrio templado clase U70 BS, cuyas características y normativa son analizadas en los documentos anexos y de pliegos de condiciones técnicas correspondientes.

La elección de una cadena de amarre o suspensión responde al siguiente criterio:

- Las cadenas de amarre se emplean para los apoyos de ángulo, anclaje, principio y fin de línea.

- Las cadenas de suspensión se utilizan para realizar el amarre del conductor en los apoyos de alineación.

9.7) Armados

Los armados son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores.

Los armados a utilizar serán metálicos respondiendo su diseño a las exigencias de distancias entre conductores y accesorios en tensión a apoyos y elementos metálicos.

Los armados empleados en el diseño del presente proyecto son los "F5" y "F42" para los apoyos de la serie "OLMO" y el armado "F42" para los apoyos de la seria "ARCE".

9.8) Seccionador

Los seccionadores son dispositivos empelados para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento.

La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible.

Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobre intensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que los operarios puedan realizar las labores sin riesgo alguno.

Los seccionadores del proyecto serán de apertura vertical tipo VSSBIII de Hapam (Empresa del sector con más de 75 años de experiencia). Estos seccionadores poseen las siguientes características:

- *General*

El seccionador de apertura vertical es de tipo tripolar. Cada polo se compone de un chasis, un aislador rotativo y dos aisladores soportes, en el cual está montada la cuchilla principal.

- *Chasis*

El chasis se fabrica con un perfil cuadrado sobre el cual se instalan los aisladores. La carcasa con el rodamiento para el aislador rotativo también está montada en dicho chasis. Todas las partes de acero del seccionador están galvanizadas en caliente.

- *Aisladores*

Los seccionadores pueden se equiparán con aisladores según las especificaciones de las normas IEC, ANSI, o DIN.

- *Cuchilla principal*

La cuchilla principal está fabricada con un tubo de aluminio con contactos de cobre plateados, tanto en el extremo como en el extremo abisagrado. Durante el cierre del seccionador, la cuchilla principal efectúa un doble movimiento: primero, la cuchilla principal desciende hasta que alcanza una posición completamente horizontal y entonces gira de modo que la presión de contacto se aplica en ambos extremos del seccionador. Los contactos principales son de diseño "lazo invertido" lo cual los hace adecuados para corrientes de cortocircuito muy elevadas. Todos los dedos de contacto están hechos de cobre plateado y equipados con resortes de acero inoxidable para asegurar una presión confiable del contacto. Los terminales principales están fabricados de placas planas de aluminio que pueden ser perforadas según requerimiento.

- *Cuchillas de puesta a tierra*

Los seccionadores Hapam pueden ser equipados con cuchillas de puesta a tierra, instaladas al lado derecho y/o izquierdo.

La cuchilla de puesta a tierra consiste de un tubo de aluminio, provisto con contactos plateados a ambos extremos.

- A continuación se muestra una tabla con las características técnicas de los seccionadores:

VALORES NOMINALES		NIVELES DE AISLAMIENTO				INTENSIDADES MÁXIMAS	
Tensión nominal Un (kV)	Intensidad nominal In (A)	Tensión soportada a impulsos tipo rayo		Tensión soportada a frecuencia industrial		Intensidad corta duración Ith (kA)	Máxima intensidad admisible Idin (kA)
		A tierra y entre polos (kV)	A seccionamiento (kV)	A tierra y entre polos (kV)	A seccionamiento (kV)		
72,5	800	325	375	140	160	20	50

9.9) Señalización y numeración de apoyos

Para señalizar los apoyos se colocarán en los mismos las siguientes placas identificadoras:

- *Placa para identificar la tensión: TEN-55*
- *Placa de riesgo eléctrico: CE 14*
- *Dígitos para numeración de apoyos de líneas eléctricas aéreas de AT.*

En el documento 'Planos' del presente proyecto se presentan las medidas de los elementos anteriormente mencionados.

10. PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

El diseño de la puesta a tierra cumple los requisitos indicados en el apartado 7 de la ITC-LAT 07, es decir:

- *Resistente a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión (apartado 7.3.2)..*
- *Resistente, desde un punto de vista térmico, a la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo (apartado 7.3.3).*
- *Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra (apartado.7.3.4).*
- *Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea (apartado 7.3.5).*

Las puestas a tierra de los apoyos metálicos, se realizarán conectando a tierra la armadura o estructura de los apoyos situados en zonas de pública concurrencia y aquellos que contengan interruptores u otros aparatos de maniobra.

Para el sistema de puesta a tierra del presente proyecto, tal y como se indica en el anexo destinado a su diseño, se procederá a la colocación de las picas en hilera unidas por un conductor horizontal:

- Para los apoyos tipo "OLMO" será el empleo de una pica de cobre-acero de 4 metros de longitud y 25 mm de diámetro y un conductor de cobre de 50 mm^2 de sección.

- En los apoyos tipo "ARCE", se efectuará la toma de tierra con dos picas de cobre-acero de 4 metros de longitud y 25 mm de diámetro y un conductor de cobre de 50 mm^2 de sección.

11. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS

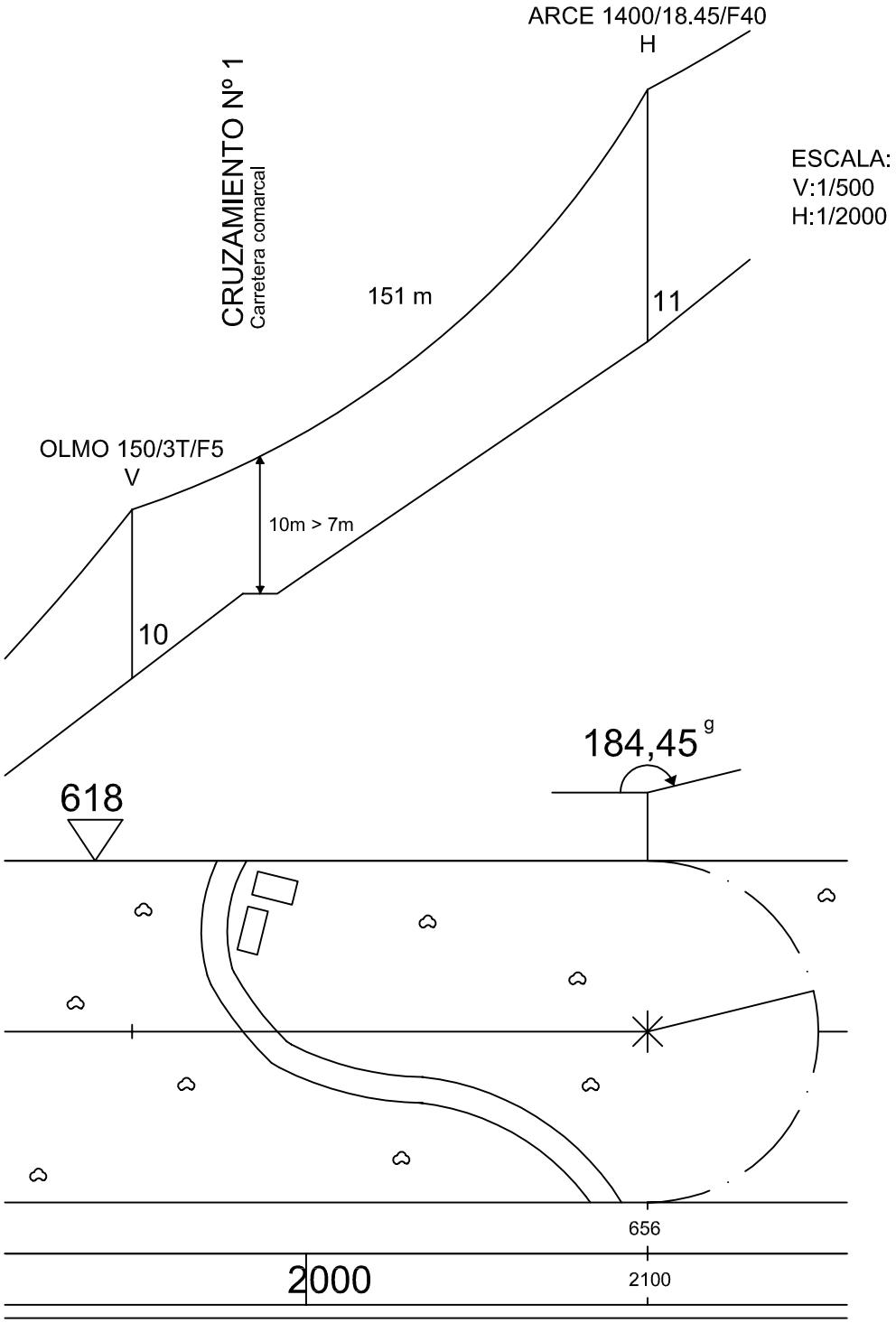
CRUZAMIENTO Nº	APOYO Nº	TIPO DE CRUZAMIENTO
1	10 - 11	Carretera comarcal
2	46 - 47	Carretera comarcal
3	54 - 55	Carretera comarcal
4	55 - 56	Rio Asón
5	61 - 62	Rio Asón
6	62 - 63	Carretera comarcal
7	63 - 64	Carretera comarcal
8	63 - 64	Carretera comarcal
9	79 - 80	L.M.T.-20 kV
10	85 - 86	Rio Asón

CRUZAMIENTO Nº 1

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal S-531

Localización del cruzamiento: Km 25

Organismos afectados: Término municipal de Arredondo

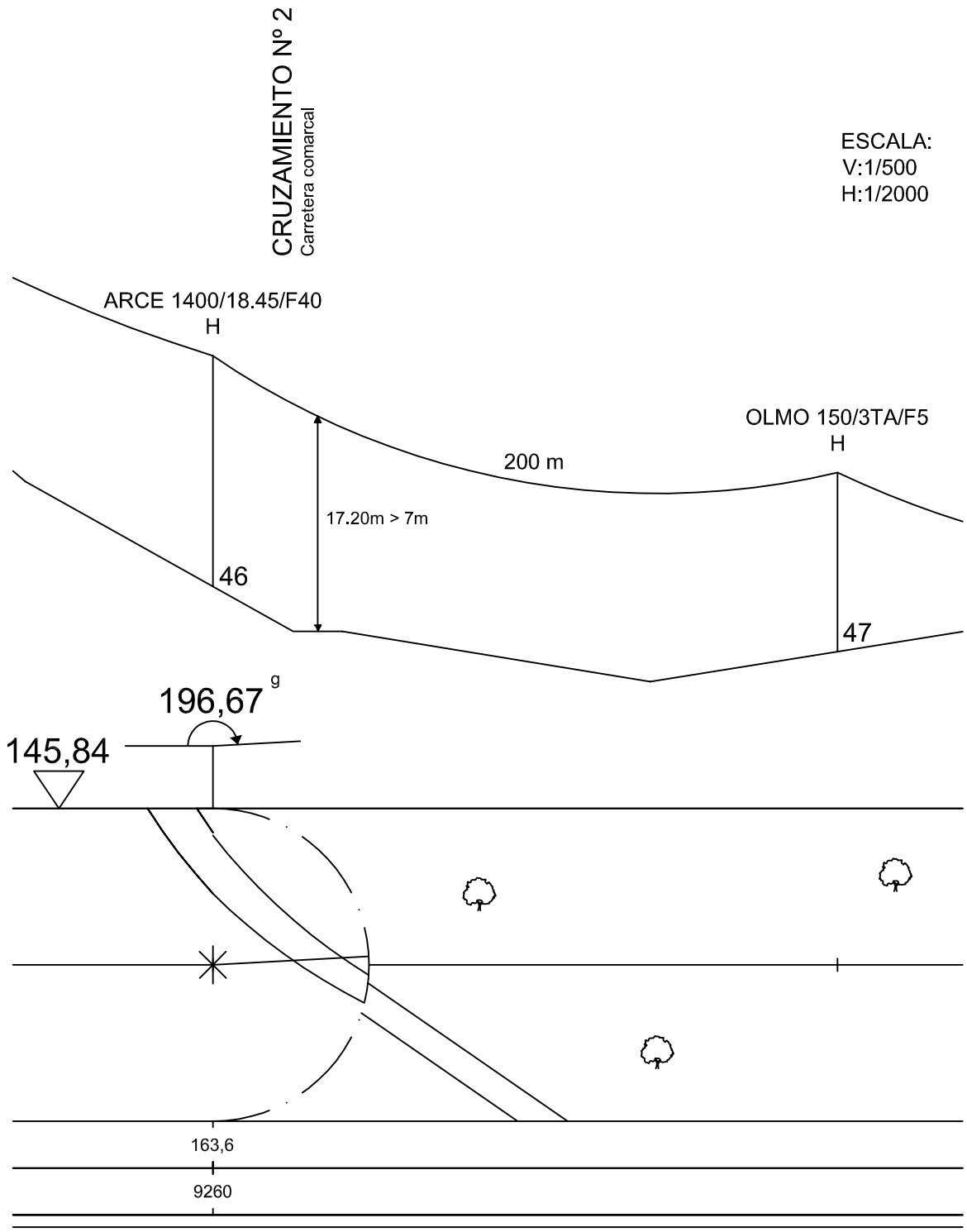


CRUZAMIENTO Nº 2

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal S-551

Localización del cruzamiento: Km 18

Organismos afectados: Término municipal de Arredondo

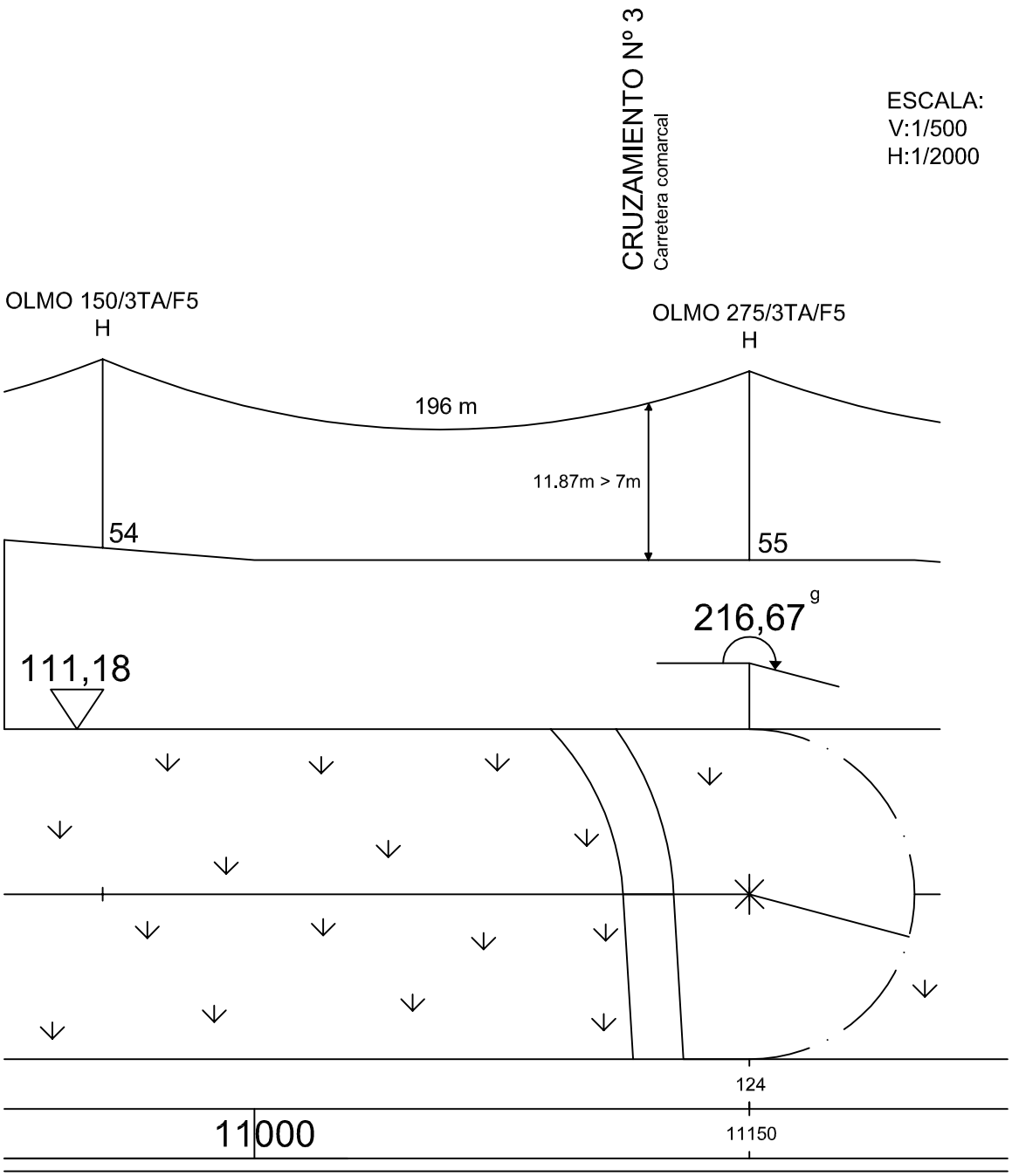


CRUZAMIENTO Nº 3

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal S-542

Localización del cruzamiento: Km 49

Organismos afectados: Término municipal de Arredondo

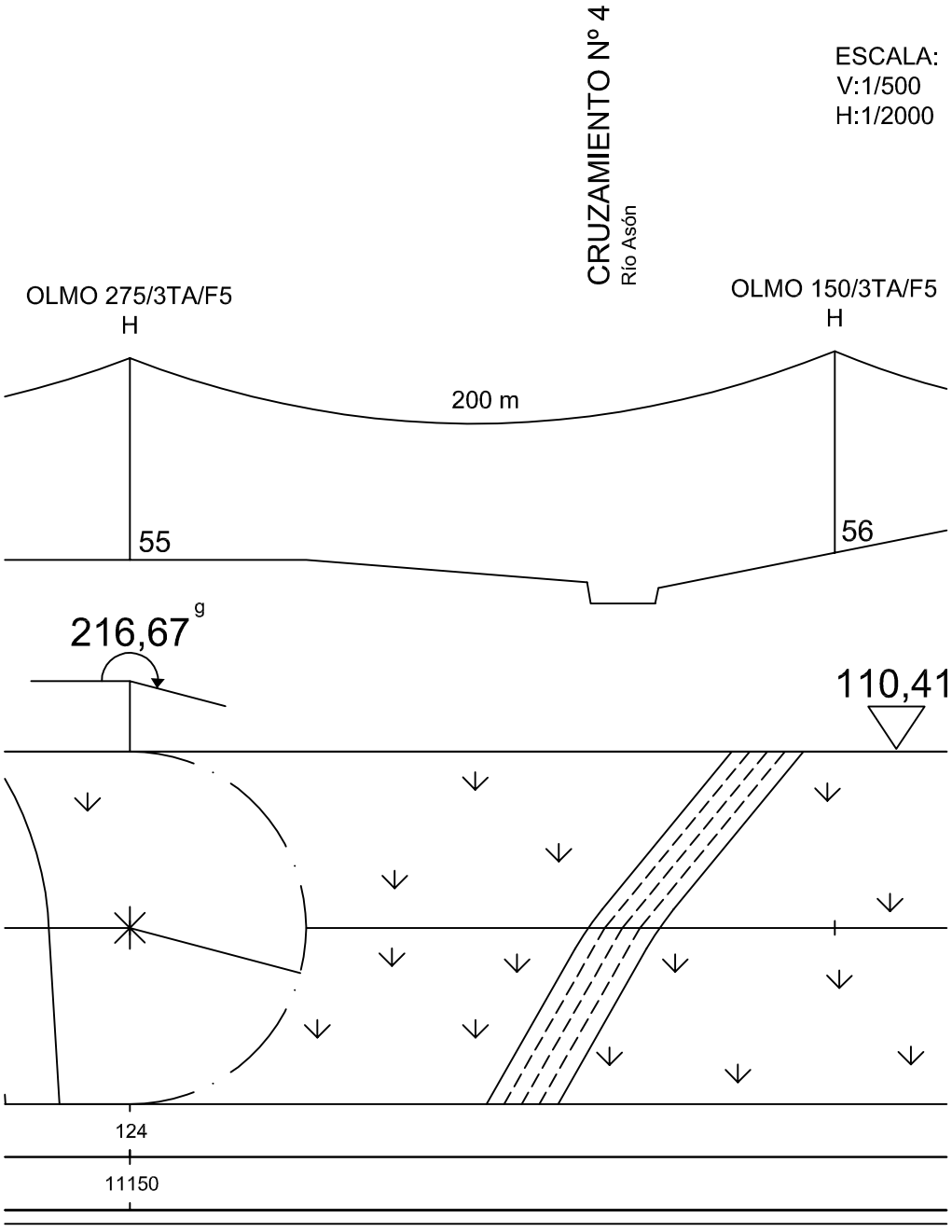


Tipo de cruzamiento: Rio Asón

CRUZAMIENTO Nº 4

Localización del cruzamiento: Km 28

Organismos afectados: Confederación Hidrográfica del Norte

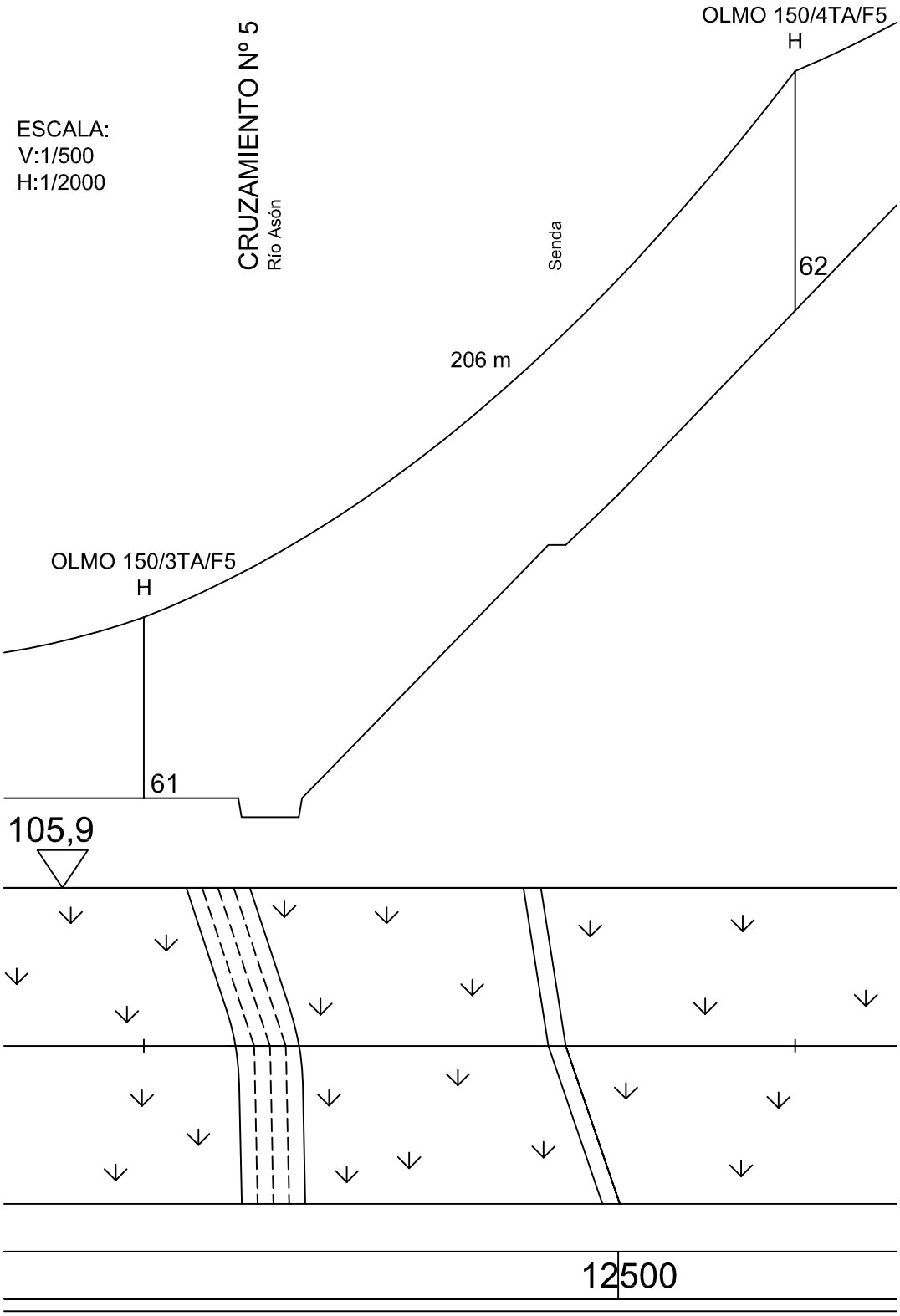


Tipo de cruzamiento: Rio Asón

CRUZAMIENTO Nº 5

Localización del cruzamiento: Km 30

Organismos afectados: Confederación Hidrográfica del Norte

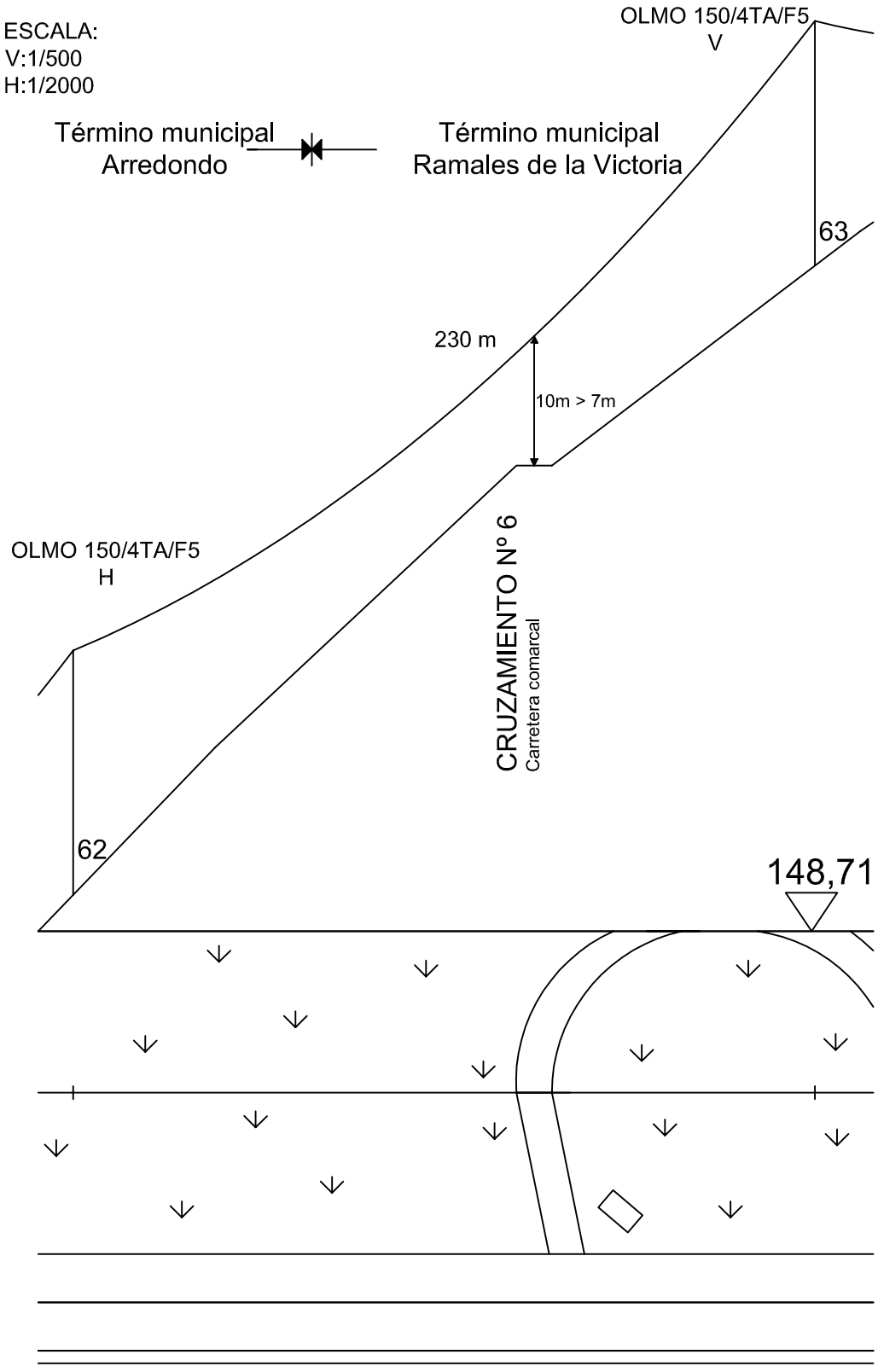


Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-658

CRUZAMIENTO Nº 6

Localización del cruzamiento: Km 53

Organismos afectados: Término municipal de Ramales de la Victoria

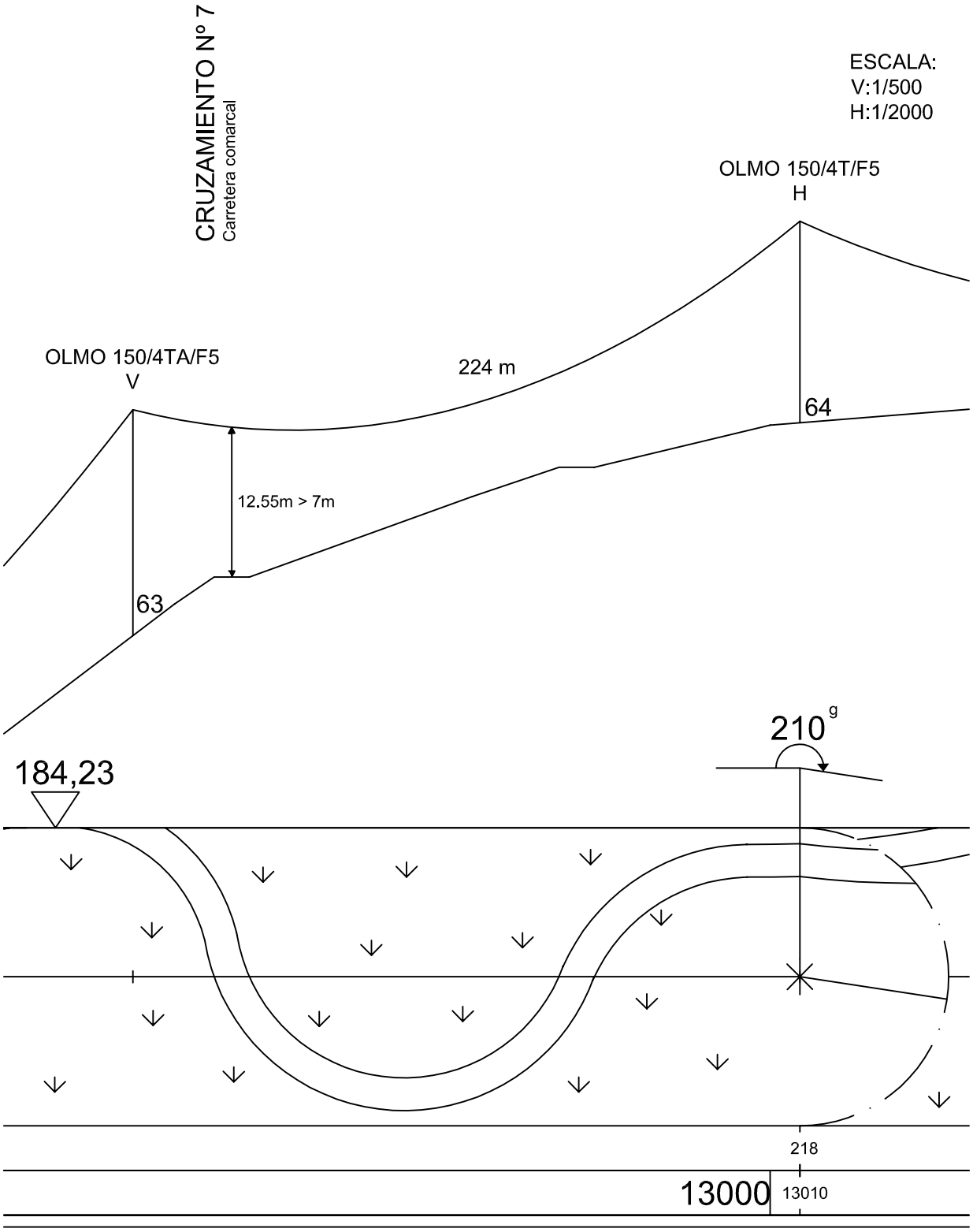


Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-658

CRUZAMIENTO Nº 7

Localización del cruzamiento: Km 53.2

Organismos afectados: Término municipal de Ramales de la Victoria

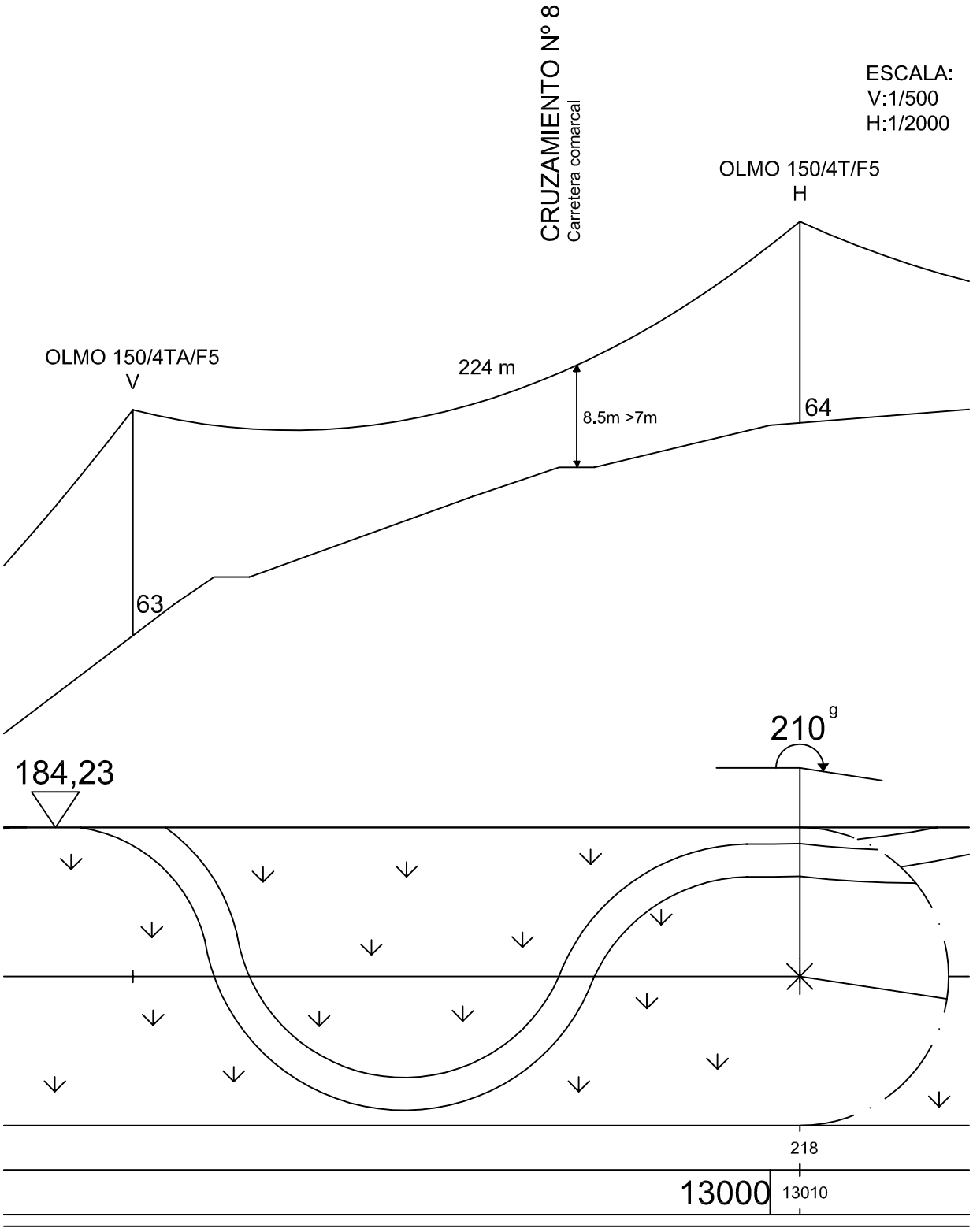


Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-658

CRUZAMIENTO Nº 8

Localización del cruzamiento: Km 53.3

Organismos afectados: Término municipal de Ramales de la Victoria

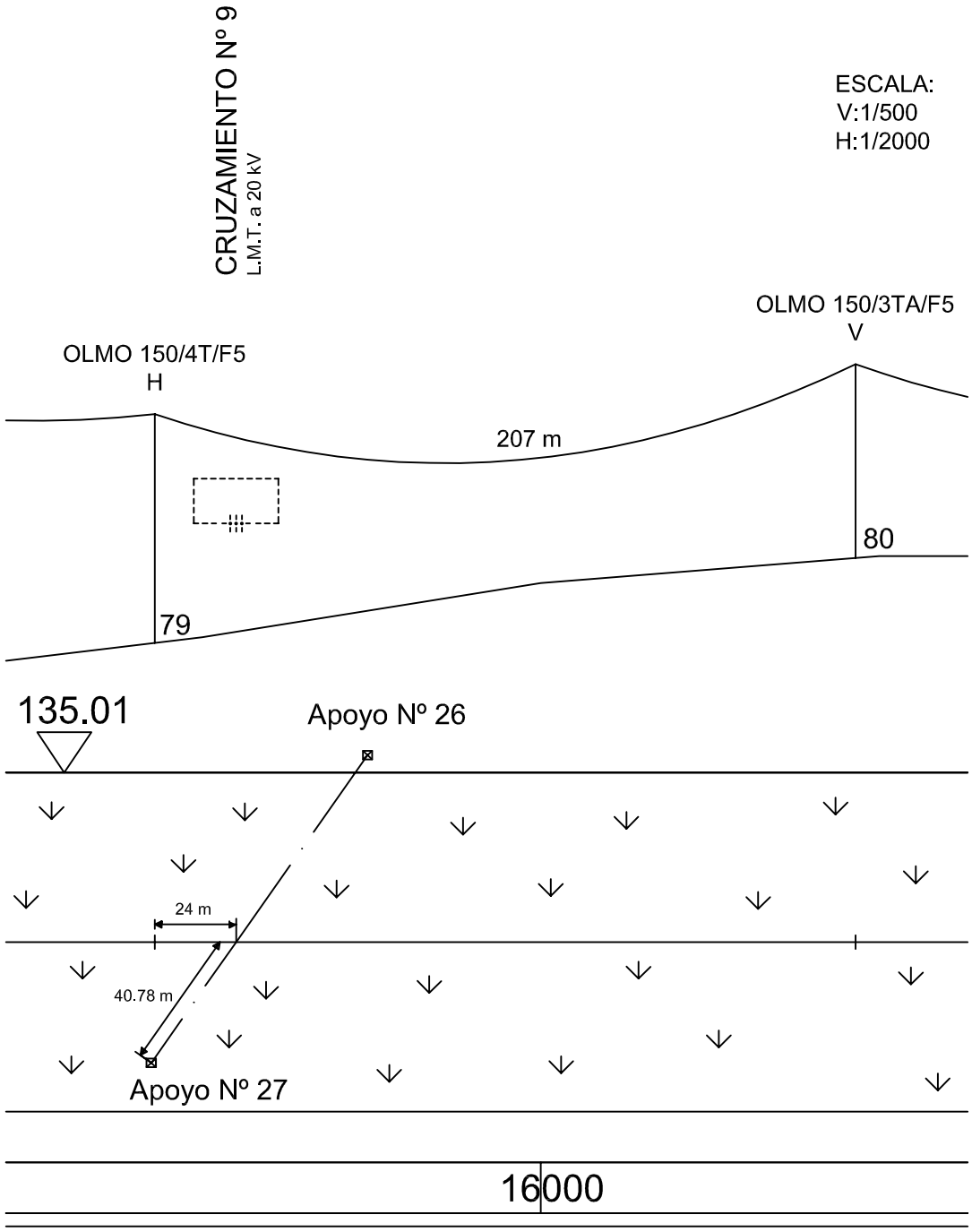


Tipo de cruzamiento: L.M.T. 12/20 kV Udalla - Ramales de la Victoria

CRUZAMIENTO Nº 9

Localización del cruzamiento: Apoyo 26 - Apoyo 27

Organismos afectados: EON

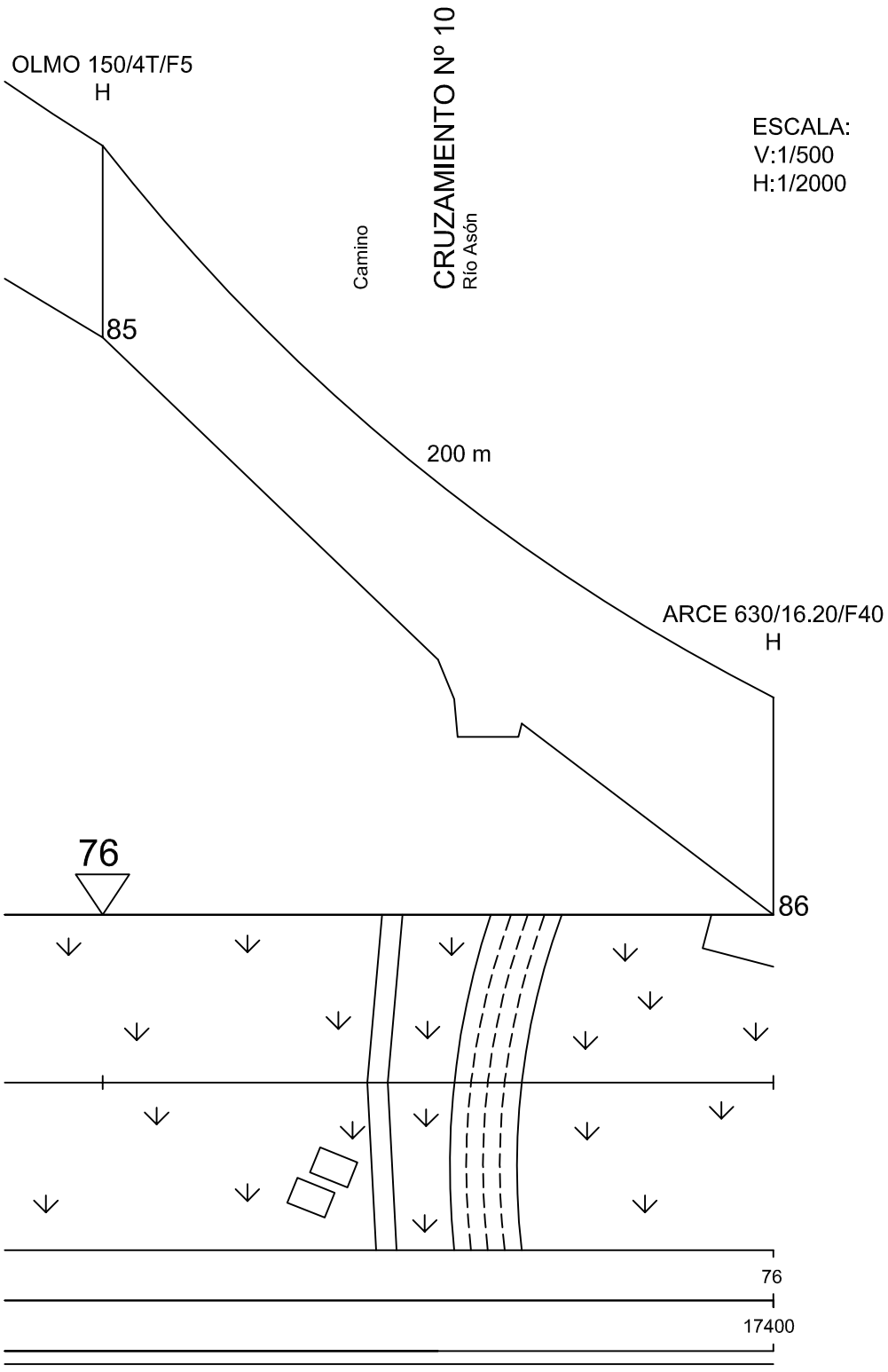


Tipo de cruzamiento: Río Asón

CRUZAMIENTO Nº 10

Localización del cruzamiento: Km 37

Organismos afectados: Confederación Hidrográfica del Norte



12. ANEXOS

En este documento referente a la memoria del proyecto se adjuntan una serie de anexos que se encargan de desarrollar, justificar o aclarar apartados específicos del Proyecto. Los anexos se corresponden con los siguientes apartados:

• *Datos de Partida*: en él se recogen datos y especificaciones necesarias para el inicio de la redacción del proyecto.

• *Cálculos*: en este anexo se efectúan los cálculos que justifican tanto el estudio de alternativas como la definición final de instalaciones, maquinaria, equipos y materiales.

• *Puesta a tierra*: con este anexo se muestran las características de la puesta a tierra diseñada para la línea al mismo tiempo que se determina la importancia de poseer este sistema de seguridad.

• *Seguridad y salud*: este anexo muestra una serie de recomendaciones que hacen referencia a la seguridad y la higiene necesarias tanto durante la fase de construcción como durante el mantenimiento de las instalaciones.

• *Impacto medioambiental*: en este apartado se recoge el conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución del presente proyecto puede causar sobre el medio ambiente.

ANEXOS

ANEXO I:

DATOS DE PARTIDA

ANEXO I: DATOS DE PARTIDA

Índice

Página

1. - DATOS DEL PARQUE EÓLICO 1
1.1) FUNCIONAMIENTO ENERGÍA EÓLICA 1
1.2) FUNCIONAMIENTO DEL AEROGENERADOR 1
1.3) ANÁLISIS DE LOS AEROGENERADORES PRESENTES EN EL PARQUE EÓLICO 6
2. - POTENCIA A TRANSPORTAR 13
3. - SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA ELÉCTRICA 14
3.1) ANÁLISIS DE LA POTENCIA DE TRANSPORTE 14
3.2) GRÁFICOS DEL CONDUCTOR LA-180 15
4.- TENSIÓN NOMINAL 20
5.- CATEGORÍA DE LA LÍNEA 21
6.- ZONA POR ALTITUD 22
7.- LONGITUD DE LA LÍNEA 22
8.- NIVELES DE AISLAMIENTO 22
9.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO 24

1. DATOS DEL PARQUE EÓLICO

1.1) Funcionamiento energía eólica

Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol. Entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Excluyendo las áreas con valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en el mundo. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

1.2) Funcionamiento del aerogenerador

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Éstos se dividen en dos grupos: los de eje horizontal y los de eje vertical. El aerogenerador de eje horizontal, considerado el más eficiente, es, con diferencia, el más empleado en la actualidad.

Las turbinas extraen la energía del viento utilizando una tecnología que se asemeja a la de los aviones o helicópteros.

- Los sistemas principales de un aerogenerador son:

- **Sistema de captación.** (Se encuentra en el exterior)

- *Rotor***:** Incluye el buje y las palas (por lo general tres).

- *Palas***:** Elementos que capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. Pueden ser de:

Paso variable: aquellas que capturan en todo momento la energía del viento. La reducción de la potencia mecánica suministrada al generador la controla mediante modificación del ángulo de pala (calaje).

Paso fijo: este tipo de palas no dispone de modificación de ángulo de pala, por lo que cuando el viento supera un margen, es necesario un sistema que limite el empuje mecánico del viento al generador. Esta limitación se consigue con

la entrada en pérdida aerodinámica a partir de cierta velocidad de viento (aprox. 15 m/s), provocando turbulencias en el flujo de aire, reduciendo así el par suministrado al eje lento.

- *Buje:* Une las palas solidarias al eje lento. Está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

- **Sistema de transmisión.**

- *Eje lento.* El eje de baja velocidad del aerogenerador conecta el buje del rotor al multiplicador. Por el interior del eje, discurren conductos del sistema hidráulico o eléctrico, paso variable o controlar los sensores del rotor.

- *Multiplicador.* Por una entrada se encuentra el eje de baja velocidad, y mediante unos engranajes, consigue que el eje de salida, de alta velocidad, gire más rápido (entre 79 y 50 veces más rápido), dependiendo de la potencia de la turbina.

- *Eje de alta velocida**d.*** Gira aproximadamente a 1.500 revoluciones por minuto (r.p.m.), lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia.

- **Sistema de orientación.**

- *Motores de giro.* En las turbinas eólicas grandes, es necesario un mecanismo que posicione la turbina enfrente al viento. Este movimiento circular, se consigue con unos motores y reductores fijos a la góndola, y engranando en un dentado de la parte superior de la torre, llamada corona de orientación. La señal de posicionamiento correcta la recibe del controlador de la turbina, con las lecturas de la veleta y anemómetro instaladas en cada turbina.

- *Freno en orientación.* Tienen como misión evitar desplazamientos radiales de la góndola, por efecto del viento incidente o giro del rotor, no deseados. Asimismo, reducen el desgaste de los engranajes de orientación. Su accionamiento puede ser hidráulico o eléctrico, actuando en pinzas de freno o motor eléctrico respectivamente.

- **Sistema de generación.**

- *Generador eléctrico.* Son los elementos de la turbina encargados de convertir la energía mecánica (en forma rotatoria), en energía eléctrica. La electricidad producida en el generador baja por unos cables a la base de la torre, para ser transformada (elevar la tensión y reducir intensidad) y enviada a la red.

- *Cableado de potencia.* Transporta la energía eléctrica generada desde el alternador hasta el transformador fuste, pasando por las distintas protecciones de máxima o mínima tensión, sobre intensidad o frecuencia; evitando daños a la red o a la propia turbina en caso de producirse contingencias en el aerogenerador o red de distribución.

- *Transformador interno.* Se eleva la tensión de generación desde los 690, hasta 20 KV, reduciendo la intensidad para disminuir el calentamiento de cableado y reducir pérdidas eléctricas.

- **Sistema de control.**

- *Controlador de turbina.* El controlador de la turbina eólica consta de varios ordenadores que continuamente supervisan las condiciones de la turbina eólica, y recogen estadísticas de su funcionamiento. Como su propio nombre indica, el controlador también controla un gran número de interruptores, bombas hidráulicas, válvulas y motores dentro de la turbina.

- *Sensores de control.* Se utilizan para medir los parámetros físicos de funcionamiento y supervisión de la turbina. Las señales electrónicas son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando la señal recibida es correcta. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la información recibida de los sensores es errónea, con el fin de proteger a la turbina.

- *Salidas de control y regulación.* Desde el controlador de turbina, en base a la información analizada de los sensores, salen unas órdenes que afectan a la operación y funcionamiento del aerogenerador.

- **Sistema de soporte.**

- *Torre*. Soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). Tienen varios tramos para facilitar el transporte. La unión de los distintos tramos se realiza mediante pernos en las bridas de unión.

- *Zapata o cimentación.* Es la parte que permite el asegurar la torre vertical, absorber los esfuerzos de rotor y góndola y transmitirlos correctamente al terreno. Se calcula en base al tipo de suelo y al tamaño del aerogenerador a instalar.

- **Sistema hidráulico.**

- *Grupo de presión.* Se encarga de suministrar fluido hidráulico a una presión determinada para permitir el accionamiento de sistemas de captación, orientación o transmisión.

- *Conductos hidráulicos.* Canalizan el fluido hidráulico hasta el punto de utilización.

- *Válvulas de control.* Adaptan la presión y caudal del fluido en base al actuador a accionar.

- **Sistemas refrigeración.**

- *Ventiladores.* Funcionan a requerimiento del controlador para crear una circulación de aire.

- *Intercambiadores de calor*. Disipan el calor del componente a refrigerar (generador, multiplicador o central hidráulica) hacia la corriente de aire creada por los ventiladores.

➢ Estrategia de funcionamiento de un aerogenerador:

- **Arranque del aerogenerador.**

Cuando la turbina detecta viento en cualquier dirección, por los sensores de velocidad de viento (anemómetros de turbina), el controlador realiza las siguientes órdenes al aerogenerador, a través de los motores correspondientes:

- *Entre 2 - 3 m/s.* Envía la orden de posicionarse frente al viento. Esta orden se denomina orientación de la turbina.

- *A partir de 3 m/s.* La orden de desaplicar frenos para permitir el giro de la turbina y comenzar a girar por el efecto únicamente del empuje del viento.

- *Paso variable,* además envía la consigna de posición de las palas progresivamente 90º ® 0º.

- *Rpm ≥ 1500.* Al llegar a la velocidad de sincronismo del generador solicitado (dependiendo del viento, se selecciona un generador u otro con velocidades diferentes), se conecta el generador a red de forma suave, contando para ello con electrónica de potencia mediante tiristores (un tipo de interruptor continuo de semiconductor, que puede ser controlado electrónicamente). Al realizar la conexión (dura entre 3 y 4 segundos), se conecta directamente el generador a red, mediante un interruptor.

- *Conexión directa red.* A partir de este momento, el generador queda conectado directamente a la red eléctrica general, enviando la energía al sistema nacional. La velocidad es constante y limitada únicamente por la frecuencia de la red. Cuando el viento es fuerte, existe una limitación de potencia en las palas al incrementar las turbulencias del flujo de aire.

- *Paso Variable.* El control del aerogenerador se realiza mediante la actuación en el ángulo de paso, capturando o limitando la potencia extraída del viento. La velocidad de generación puede ser variable.

- *Las turbinas de doble devanado.* Cuya finalidad es aprovechar la intensidad del viento en sus diferentes rangos de velocidad.

- **Parada del aerogenerador.**

Puede ocurrir por los siguientes motivos:

- *Vientos altos.* Cuando el viento supera un margen (>25 m/s ó 90 km/h), o bien cuando un error es detectado en base a la lectura de los sensores de viento al controlador.

- *Error de funcionamiento.* Se detecta un error de funcionamiento mediante la información de sensores.

- *Parada por poco viento.* Se inicia la secuencia si se detecta poca generación o vientos muy bajos.

- *Parada Manual.* Se realiza bajo la supervisión del personal de operación y mantenimiento.

La parada de turbina entra en los siguientes procedimientos:

- *Parada Suave.*

- *Paso fijo.* El controlador envía una orden al sistema de captación para desplegar los aerofrenos, simultáneamente desconecta generador, revisa la disminución de rpm y aplica frenos de forma suave. Al cabo de varios segundos, aplica una presión de frenada cada vez mayor hasta conseguir la detención total.

- *Paso Variable.* La orden la envía a los actuadores del calaje palas (pitch) aumentando los grados hasta los 90º. Simultáneamente desconecta el generador y realiza de igual forma un incremento paulatino de presión en el circuito secundario de frenada.

- *Parada de Emergencia.* Se produce ante errores importantes, peligro para personas o integridad de la turbina. Se aplican frenos con la máxima presión desde el primer momento.

- *Cambio devanado generador.* No se llega a realizar una parada, sólo una disminución de velocidad de giro en el caso de pasar del generador grande al pequeño. En el caso contrario, la turbina se desacopla y permite el embalamiento con el viento hasta alcanzar la nueva velocidad de sincronismo.

1.3) Análisis de los aerogeneradores presentes en el parque eólico

Los aerogeneradores instalados en el parque eólico se corresponden con el modelo G90-IIIA (2 MW) de la compañía Gamesa.

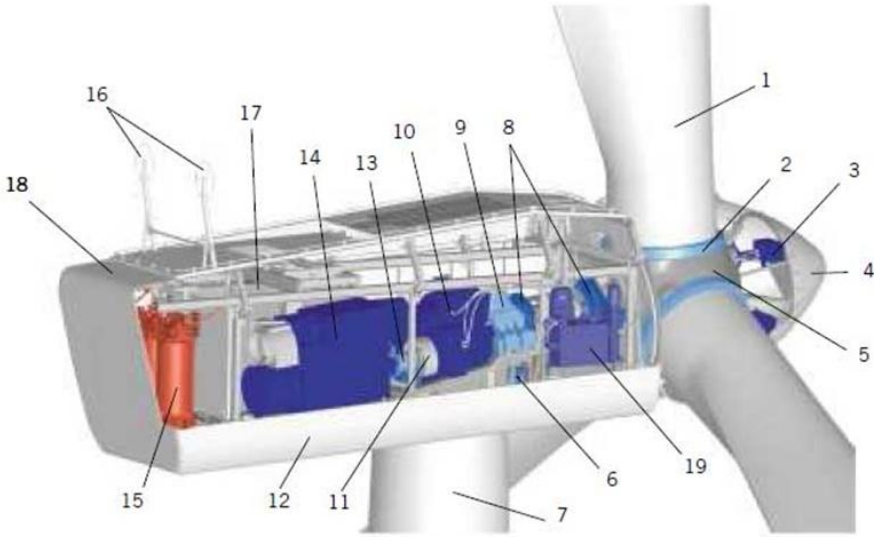
Resulta indispensable analizar las características de dichos aerogeneradores, tanto para el correcto diseño de la subestación a la que se conectarán, como para el desarrollo de la línea de alta tensión que transportará la energía generada hasta la subestación situada en el municipio de Ramales de la Victoria.

En la siguiente tabla se presenta de manera organizada las especificaciones de los aerogeneradores:

Aerogenerador G90- 2.0 MW	
ROTOR	
Diámetro	90 m
Área de barrido	6.362 m^2
Velocidad de giro	9,0 – 19,0 rpm
PALAS	
Número de palas	3
Longitud	44 m
Perfil	DU + FFA-W3
Material	Fibra de vidrio pre impregnado de resina epoxy + fibra de carbono
TORRE	
Tipo	Modular
Altura	78 m
MULTIPLICADORA	
Tipo	1 etapa planetaria
	2 etapas de ejes
	paralelos
Ratio	1:100,5 (50 Hz)
	1:120,5 (60 Hz)
GENERADOR 2.0 MW	
Tipo	Generador doblemente alimentado
Potencia nominal	2.0 MW
Tensión	690 V AC
Frecuencia	50 Hz
Clase de protección	IP 54
Factor de potencia	0,95 CAP – 0.95 IND en todo rango de potencias*

* Factor de potencia en bornes de salida del generador en el lado de baja tensión antes de la entrada del transformador.

A continuación se muestra de manera esquemática los distintos componentes del aerogenerador G90:



1) Pala

2) Rodamiento pala

3) Actuador hidráulico del pitch

4) Cubierta del buje

5) Buje

6) Control de orientación

7) Torre

8) Eje principal con dos rodamientos

9) Amortiguadores

10) Multiplicadora

11) Freno de disco principal

12) Soporte de la nacelle

13) Transmisión: Eje de alta velocidad

14) Generador doblemente alimentado

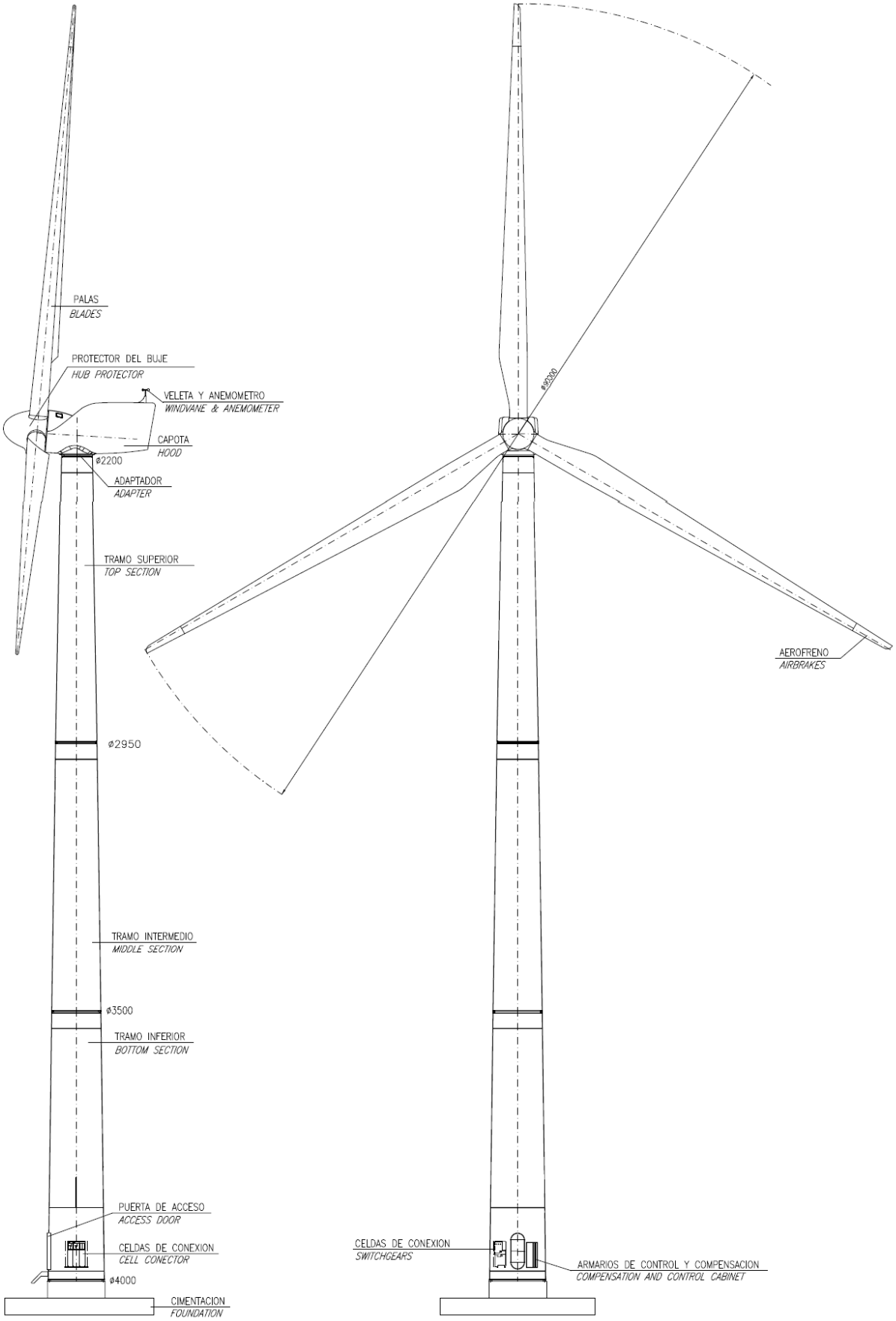
15) Transformador

16) Anemómetro sónico y veleta

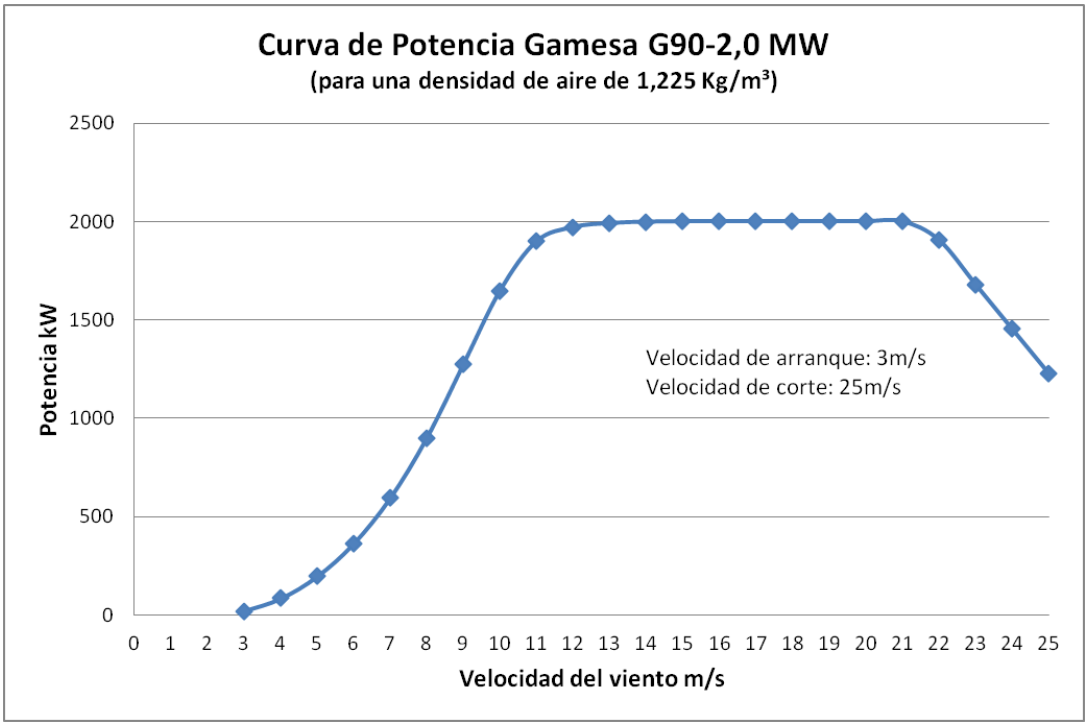
17) Armario de control

18) Cubierta de la nacelle

19) Unidad hidráulica


PALAS
BLADES
PROTECTOR DEL BUJE
HUB PROTECTOR
VELETA Y ANEMOMETRO
WINDVANE & ANEMOMETER
CAPOTA
HOOD
ø2200
ADAPTADOR
ADAPTER
TRAMO SUPERIOR
TOP SECTION
ø2950
TRAMO INTERMEDIO
MIDDLE SECTION
ø3500
TRAMO INFERIOR
BOTTOM SECTION
PUERTA DE ACCESO
ACCESS DOOR
CELDAS DE CONEXION
CELL CONECTOR
ø4000
CIMENTACION
FOUNDATION
ø82000
AEROFRENO
AIRBRAKES
CELDAS DE CONEXION
SWITCHGEARS
ARMARIOS DE CONTROL Y COMPENSACION
COMPENSATION AND CONTROL CABINET

La curva de potencia que presenta el aerogenerador empleado en el parque eólico es la mostrada a continuación:



La compañía Gamesa, una de las empresas líderes en el sector eólico en nuestro país, presenta las siguientes características técnicas y servicios para los aerogeneradores del parque:

- Diseño mecánico: Máxima fiabilidad y rendimiento

Gamesa 2.0 MW incorpora mejoras e incrementos de capacidad mecánica en componentes clave de aerogenerador como son el sistema de yaw, el bastidor, el eje principal o los rodamientos de pala.

- Tren de potencia

El apoyo del eje principal sobre dos rodamientos esféricos conlleva importantes ventajas ya que las cargas laterales se transmiten directamente al bastidor a través de un caballete. Esto evita que la multiplicadora reciba cargas adicionales no deseadas, reduciendo así las posibilidades de avería, además de facilitar su servicio durante más tiempo.

- Protección total contra rayos

La plataforma Gamesa 2.0 MW utiliza el sistema "protección total contra rayos", siguiendo la normativa IEC 62305. Este sistema conduce el rayo desde ambas caras

de la punta de la pala hasta la raíz y desde ahí, a través de la nacelle y de la estructura de la torre, hasta el sistema de puesta a tierra de las cimentaciones. De esta forma, se protege la pala y se evita el paso del rayo a través de los rodamientos de pala y eje principal impidiendo que los elementos eléctricos sensibles resulten dañados.

- Sistema de freno controlado

La acción conjunta de los frenos primario aerodinámico y mecánico de emergencia (situado en la salida del eje de alta velocidad de la multiplicadora) con sistema de control hidráulico, permiten un frenado controlado que evita daños por transmisión de cargas excesivas.

- Gamesa WindNet, operación y monitorización remota en tiempo real

Nueva generación del sistema SCADA de parques eólicos, íntegramente desarrollado por Gamesa, que permite la operación y monitorización remota y en tiempo real de los aerogeneradores, mástil meteorológico y subestación eléctrica. Un innovador diseño modular basado en arquitectura TCP/IP, con herramientas de regulación de potencia activa, reactiva, tensión y frecuencia, y opciones medioambientales para optimizar la producción cumpliendo con las normativas vigentes.

- Sistema de control: Óptimo funcionamiento con cualquier condición de viento

Generador doblemente alimentado, controlado en velocidad y potencia mediante convertidores IGBT y control electrónico PWM (modulación por ancho de pulso).

Ventajas:

- Control de potencia activa y reactiva.
- Bajo contenido en armónicos y mínimas perdidas.
- Aumento de la eficiencia y de la producción.
- Mejora de la vida útil de la maquina.

- Sistema de Mantenimiento Predictivo SMP

Sistema de mantenimiento predictivo para la detección prematura de posibles deterioros o fallos en los principales componentes del aerogenerador.

Ventajas:

- Disminución de grandes correctivos.
- Aumento de la disponibilidad y de la vida útil de la maquina.
- Condiciones preferenciales en las negociaciones con las aseguradoras.
- Integración con el sistema de control.

- Mínima emisión de ruido. Máxima producción

Nuevo diseño aerodinámico de punta de pala y diseño de componentes mecánicos que minimizan el ruido emitido.

Adicionalmente, Gamesa ha desarrollado el sistema de control de ruido Gamesa NRSR, que permite programar el ruido emitido de acuerdo a criterios como fecha, hora o dirección del viento.

De este modo se logra el cumplimiento de las normativas locales con una producción máxima.

- Óptima conexión a red eléctrica y producción estable

Los aerogeneradores doblemente alimentados de Gamesa, que adoptan tecnologías de Crowbar Activo y convertidor sobredimensionado, aseguran el cumplimiento de los requerimientos actuales de conexión a red más exigentes y de las configuraciones futuras de redes eléctricas y de parques eólicos. Asimismo ofrecen pleno soporte a huecos de tensión y regulación dinámica de potencia activa y reactiva.

La tecnología DFIM (Doubly Fed Induction Machine), junto al sistema Gamesa WindNetR (nuevo SCADA desarrollado por GAMESA), permite la regulación de activa y reactiva mediante la inyección de corrientes rotóricas variables en amplitud, frecuencia y fase. La inyección de una amplitud variable permite el control de la potencia reactiva al variar el factor de potencia, mientras que la inyección de corrientes con fase variable permite el control de la potencia activa.

Dado que en la tecnología DFIM menos del 25% de potencia generada pasa a través del convertidor, se minimizan los armónicos generados.

- Regulación dinámica de reactiva en parque

Los equipos de medición de potencia capturan los datos de energía activa y reactiva en alta tensión, a la salida del trafo de la subestación, y esos datos son transmitidos a Gamesa WindNetR a través de la unidad de control de la subestación. Gamesa WindNetR calcula de manera dinámica el factor de potencia y lo corrige permanentemente de acuerdo a valores de referencia del Operador del Sistema.

Gamesa WindNetR actúa tanto sobre la capacidad de regulación de reactiva de las maquinas como sobre equipamiento en subestación.

2. POTENCIA A TRANSPORTAR

La potencia a transportar por la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto viene determinada por la generación de energía del parque eólico.

Los aerogeneradores instalados en el parque eólico se corresponden con el modelo G90-IIIA de la compañía Gamesa. Dado que el parque eólico cuenta con 11 unidades aerogeneradoras y, siendo la potencia nominal de cada una de ellas de 2MW, se puede determinar la potencia a transportar por la línea eléctrica:

$$\boldsymbol{P_{transporte}} = N^{\underline{o}}{}_{aerogeneradores} \times P_{1\,aerogenerador} = 11 \times 2MW = \mathbf{22\ MW}$$

Por tanto, la potencia a transportar estimada es de **22 MW.**

3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA ELÉCTRICA

3.1) Análisis de la potencia de transporte

Un modo de justificar la elección del conductor LA-180 se basa en analizar la potencia de transporte. Siendo conocida la potencia de transporte y asumiendo unas pérdidas de potencia de un 5%, es posible determinar la sección del conductor a emplear:

$$P = 22\ MW \rightarrow P_p = 5\%P = 1100\ kW$$

Determinando la intensidad que circulará por el conductor para un valor de $cos\varphi = 0.8$:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times cos\varphi} = \frac{22000}{\sqrt{3} \times 55 \times 0.8} = 288.68\ A$$

La potencia de pérdidas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_p = 3 \times R \times I^2$$

Siendo por tanto el valor de la resistencia:

$$R = \frac{P_p}{3 \times I^2} = \frac{1100.10^3}{3 \times 288.68^2} = 4.4\ \Omega$$

La resistencia se puede calcular según esta otra ecuación:

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

Siendo por tanto necesaria una sección de conductor de:

$$S = 42.28 \times \frac{17.4}{4.4} = 167.2\ mm^2$$

Debido a que no existe un conductor con esta sección, seleccionamos el conductor que posee una sección inmediatamente superior a la indicada, en este caso:

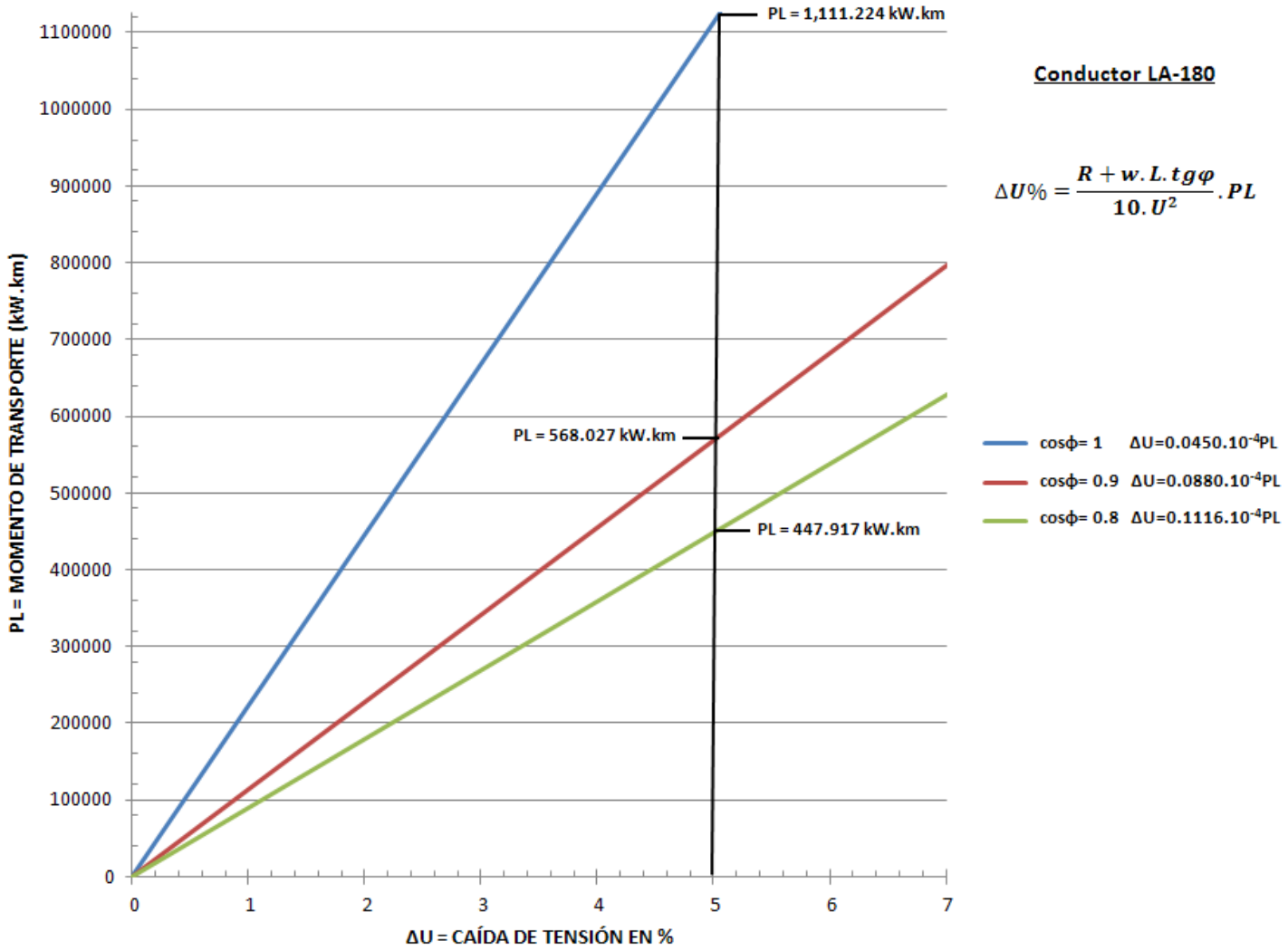
- **Conductor LA-180:** Sección 181.62 mm^2

3.2) Gráficos del conductor LA-180

Otro modo de validar el uso del conductor LA-180 se basa en el empleo de una relación de gráficos, disponibles para cada tipo de conductor, en los que de manera rápida y eficaz se analizan los distintos parámetros del transporte.

A continuación se muestran los gráficos correspondientes al conductor analizado, el LA-180, en los cuales se comprueba la validez del mismo:

Cáida de Tensión



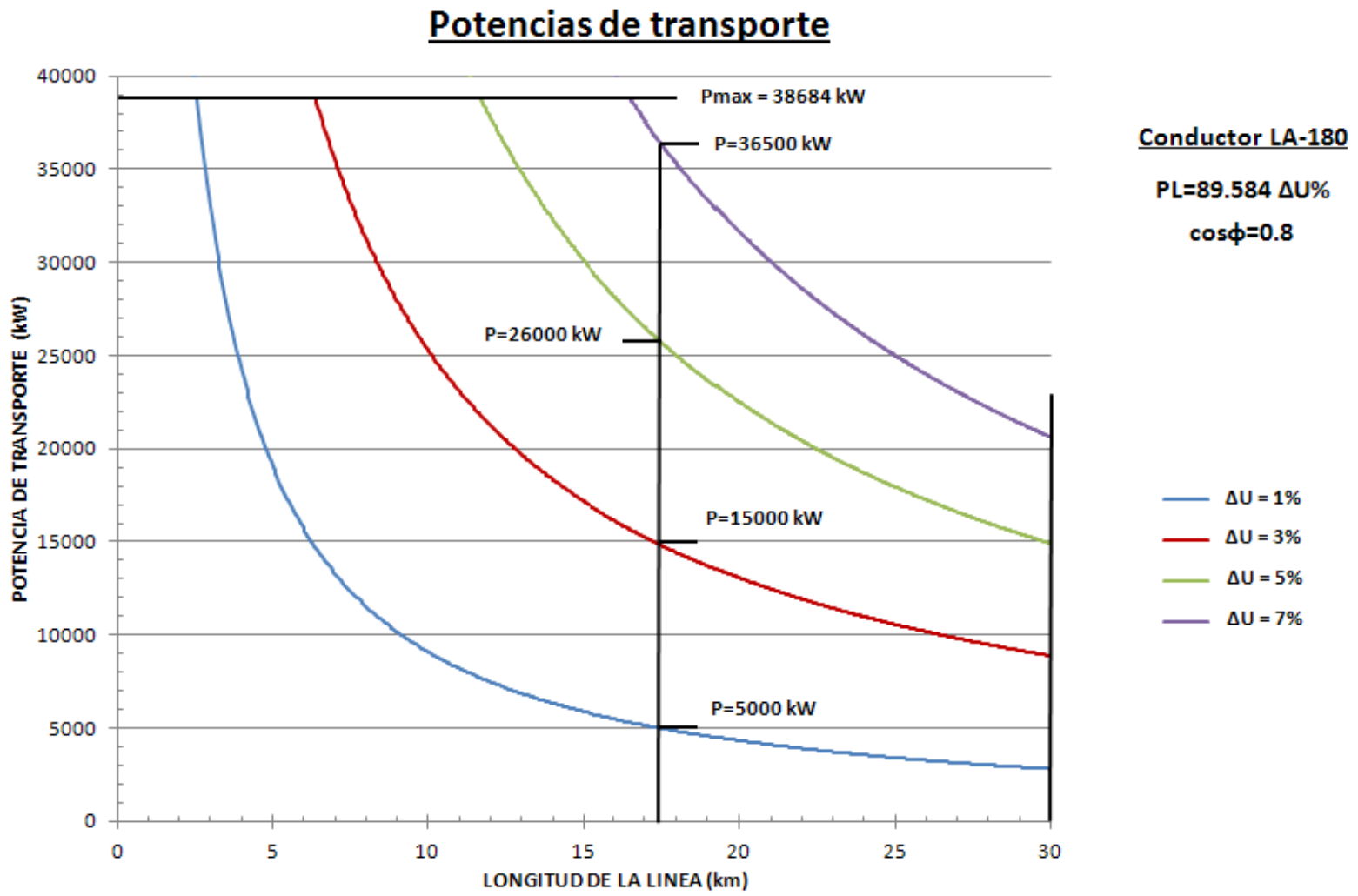
Conductor LA-180

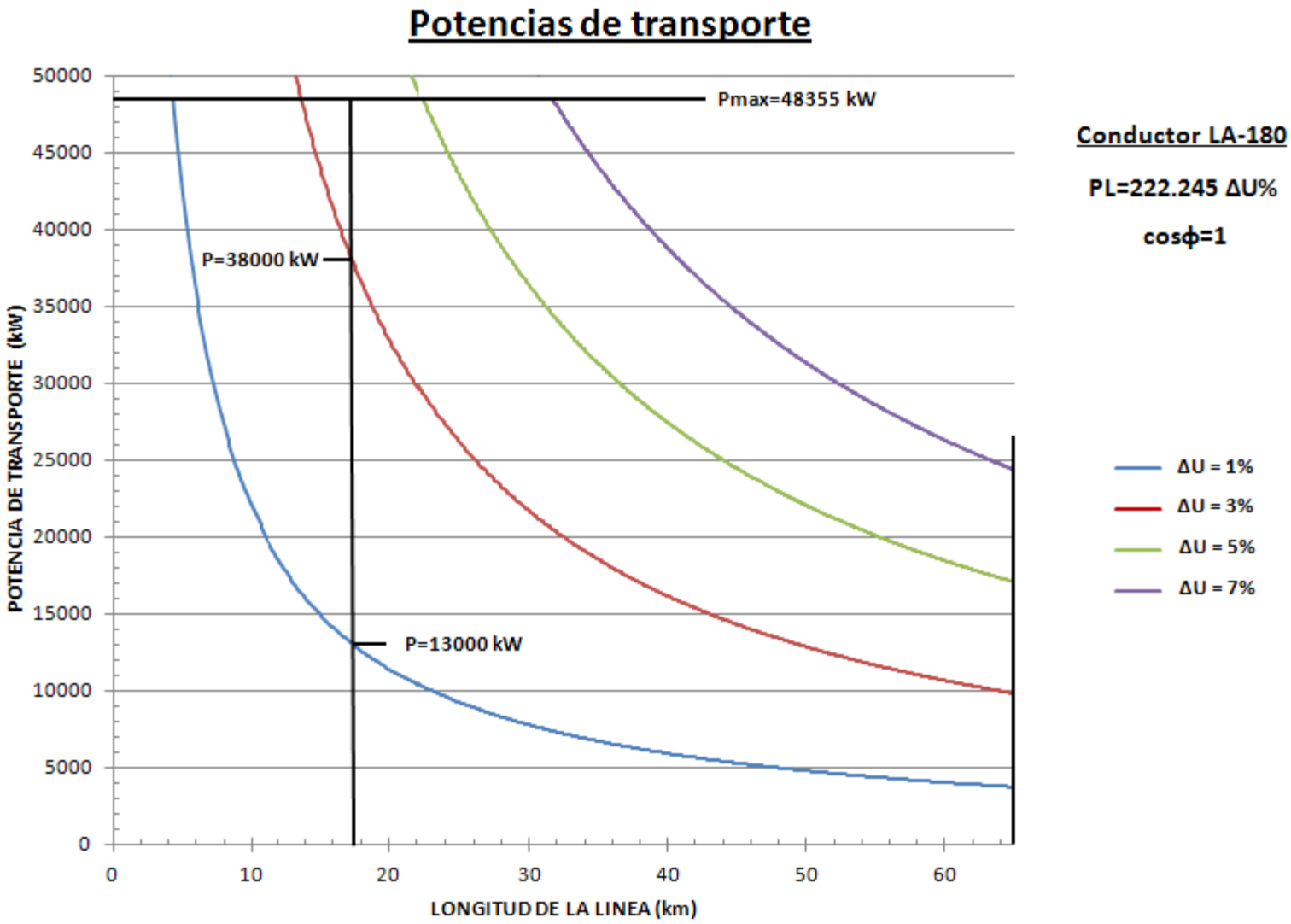
$$\Delta U\% = \frac{R + w.L.tg\varphi}{10.U^2}.PL$$

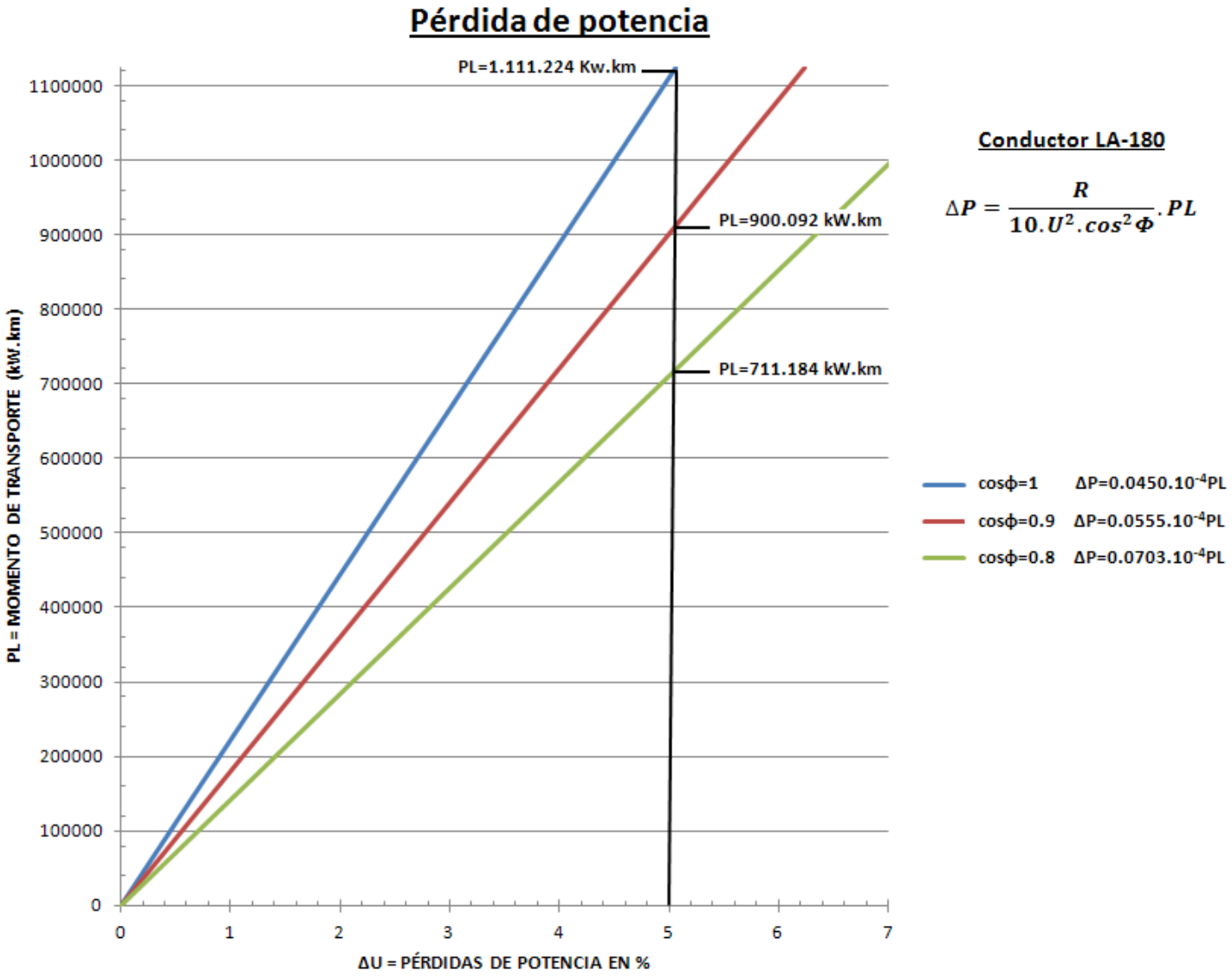
cosϕ= 1 ΔU=0.0450.10^{-4}PL

cosϕ= 0.9 ΔU=0.0880.10^{-4}PL

cosϕ= 0.8 ΔU=0.1116.10^{-4}PL


Potencias de transporte
POTENCIA DE TRANSPORTE (kW)
LONGITUD DE LA LINEA (km)
Pmax = 38684 kW
P=36500 kW
P=26000 kW
P=15000 kW
P=5000 kW
Conductor LA-180
PL=89.584 ΔU%
cosϕ=0.8
ΔU = 1%
ΔU = 3%
ΔU = 5%
ΔU = 7%


Potencias de transporte
Pmax=48355 kW
P=38000 kW
P=13000 kW
POTENCIA DE TRANSPORTE (kW)
LONGITUD DE LA LINEA (km)
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
10
20
30
40
50
60
Conductor LA-180
PL=222.245 ΔU%
cosϕ=1
ΔU = 1%
ΔU = 3%
ΔU = 5%
ΔU = 7%


Pérdida de potencia
PL=1.111.224 Kw.km
PL=900.092 kW.km
PL=711.184 kW.km
PL = MOMENTO DE TRANSPORTE (kW.km)
ΔU = PÉRDIDAS DE POTENCIA EN %
0
100000
200000
300000
400000
500000
600000
700000
800000
900000
1000000
1100000
0
1
2
3
4
5
6
7
Conductor LA-180
$\Delta P = \frac{R}{10.U^2.cos^2\Phi}.PL$
cosϕ=1 ΔP=0.0450.10⁻⁴PL
cosϕ=0.9 ΔP=0.0555.10⁻⁴PL
cosϕ=0.8 ΔP=0.0703.10⁻⁴PL

4. TENSIÓN NOMINAL

Se entiende por "tensión nominal" el valor convencional de la tensión eficaz entre fases con que se designa la línea y a la cual se refieren determinadas características de funcionamiento, y por "tensión más elevada" de la línea, al mayor valor de la tensión eficaz entre fases, que puede presentarse en un instante en un punto cualquiera de la línea, en condiciones normales de explotación, sin considerar las variaciones de tensión de corta duración debidas a defectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes.

En el apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T., se muestran los diversos valores de las tensiones nominales normalizadas (Un), así como los valores correspondientes de las tensiones más elevadas (Us):

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (Un) Kv	**TENSIÓN MÁS ELEVDADA DE LA RED (Us) Kv**
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
25	30
30	36
45	52
55	72,5
66*	72,5
110	123
132*	145
150	170
220*	245
400*	420

* Tensiones de uso preferente en redes eléctricas de la compañía.

No obstante, debido a la existencia en el territorio español de redes a tensiones nominales diferentes de las que como normalizadas figuran anteriormente, se admite su utilización dentro de los sistemas a que correspondan.

En el presente proyecto se utiliza una tensión no normalizada:

• **Tensión nominal = 55 kV**

Dado que no se contempla este valor de tensión nominal en el reglamento, la tensión más elevada asociada a este valor será la correspondiente al valor de tensión nominal normalizada inmediatamente superior, es decir, la tensión más elevada a considerar para el diseño del presente proyecto es:

• **Tensión más elevada Us = 72,5 kV**

5. CATEGORÍA DE LA LÍNEA

Las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, según lo establecido en el artículo 3 del RLAT, se clasificarán, atendiendo a su tensión nominal, en las categorías siguientes:

a) *Categoría especial:* Las de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la red de transporte conforme a lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

b) *Primera categoría:* Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.

c) *Segunda categoría:* Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.

d) *Tercera categoría:* Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Si en la línea existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto de la línea se considerará, a efectos administrativos, al valor de la mayor tensión nominal. Cuando en el proyecto de una nueva línea se considere necesaria la adopción de una tensión nominal superior a 400 kV, la Administración competente establecerá la tensión que deba autorizarse.

Atendiendo a la clasificación anterior se concluye que la línea del presente proyecto es de **Segunda Categoría**, puesto que su tensión nominal es de 55 kV.

6. ZONA POR ALTITUD

En el Apartado 3.1.3. de la ITC-LAT 07 del RLAT se determinan tres zonas diferentes para las líneas eléctricas en función de la altitud a la que se localicen las mismas:

-ZONA A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.

-ZONA B: La situada a una altitud entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.

-ZONA C: La situada a una altitud superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.

La altitud del terreno sobre el que discurre la línea oscila entre un valor máximo de 734 metros hasta un mínimo de 77 metros, siendo la altitud media de todo el trazado de 363 metros. Según la clasificación anterior, el trazado de la línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 6980 metros (apoyos del 1 al 34), distancia a la cual pasa a situarse en zona A (situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar).

7. LONGITUD DE LA LÍNEA

La longitud de la línea eléctrica, conocidos tanto el punto de inicio como el final de la misma, es de 17400 metros.

8. NIVELES DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento se define por las tensiones soportadas bajo lluvia, a 50 Hz, durante un minuto y con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos, según normas de la Comisión Electrotécnica Internacional.

Los niveles de aislamiento mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, tal como se definió con anterioridad quedan reflejados en la tabla correspondiente al apartado 4.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT.

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla se seguirá lo indicado en las Normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

La línea analizada en el presente proyecto posee una tensión máxima Um = 72,5 kV eficaces.

Tensión más elevada del material (Um) kV (Valor eficaz)	**Tensión soportada asignada normalizada a frecuencia industrial de corta duración kV (valor eficaz)**	**Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo rayo kV (valor de cresta)**
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17,5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52	95	250
72,5	**140**	**325**
100	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

Conocido el valor de tensión máxima y analizando la mencionada tabla presentada en el RLAT y anteriormente mostrada, se concluye que para el diseño de la línea se dispone de los siguientes valores:

-Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial: **140 kV (valor eficaz)**

-Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo: **325 kV (valor de cresta)**

9. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Dado que no se dispone de un estudio que analice las características del terreno, y debido a la complejidad y coste que requiere el mismo, para simplificar los cálculos se considerará para todos los cálculos unas características resistentes del terreno medio.

Para definir las propiedades resistentes del terreno se empleará el Coeficiente de Balasto. El módulo de Reacción o Coeficiente de Balasto se define como la relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05", que equivale a una deformación de 0,127 cm, es decir, que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva "tensión – deformación" que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm, como se aprecia en la siguiente figura:

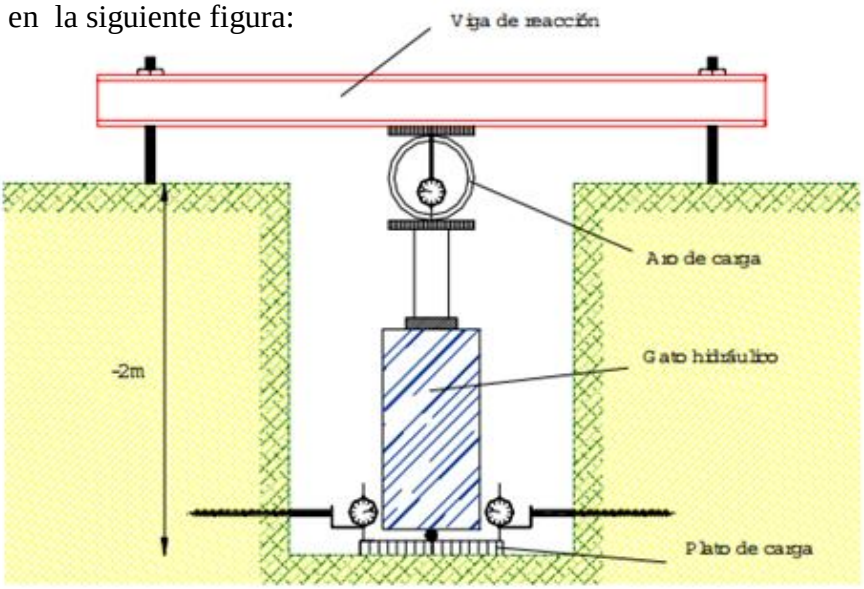


Figura N° 1: Ensayo de plato de carga

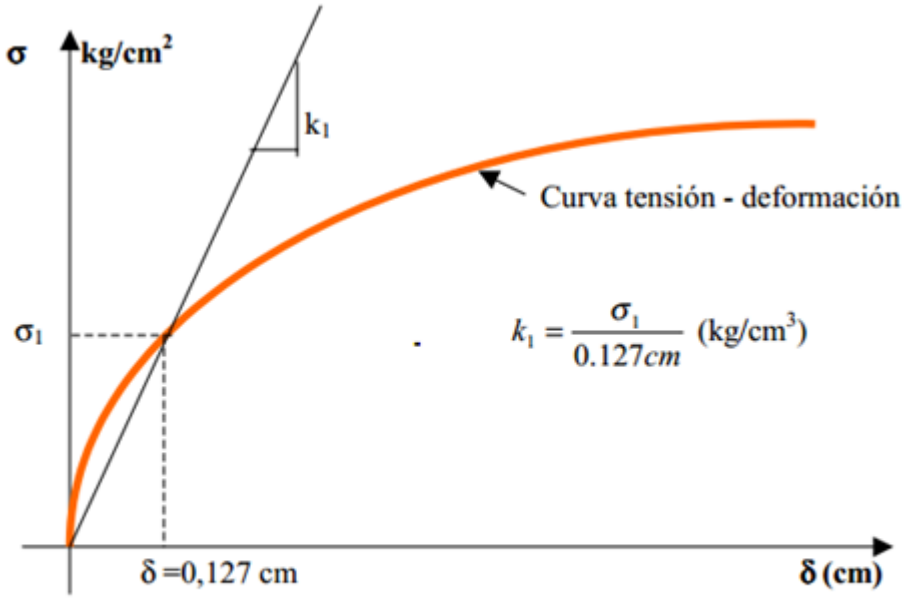


Figura N° 2: Coeficiente de balasto

Como se indicó anteriormente se considerará a efectos de cálculo un tipo de Terreno medio normal, cuyo Coeficiente de Balasto es **K=12 kg/cm^3**.

ANEXO II:

CÁLCULOS

ANEXO II: CÁLCULOS

Índice

Página

1.- INTRODUCCIÓN 1
2.- CALCULOS ELÉCTRICOS 1
2.1) ESPECIFICACIONES GENERALES 1
2.2) DENSIDAD DE CORRIENTE E INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CONDUCTORES 3
2.3) CAPACIDAD DE TRANSPORTE 3
2.4) CONSTANTES KILOMÉTRICAS 4
2.4.1) Resistencia eléctrica 4
2.4.2) Reactancia de autoinducción 4
2.4.3) Susceptancia 5
2.4.4) Perditancia 6
2.4.5) Capacidad 6
2.4.6) Impedancia 6
2.4.7) Admitancia 6
2.5) EFECTO CORONA 7
2.6) CAÍDA DE TENSIÓN 9
2.7) PÉRDIDA DE POTENCIA 11
3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD 12
3.1) INTRODUCCIÓN 12
3.2) DISTANCIAS DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO PARA EVITAR DESCARGAS 13
3.3) PRESCRIPCIONES ESPECIALES 15
3.4) DISTANCIAS EN EL APOYO 17
3.4.1) Distancias entre conductores y ángulo de oscilación 17
3.4.2) Vano máximo por separación entre conductores. Selección del armado 20

3.4.3) Distancias entre conductores y partes puestas a tierra 31
3.5) DISTANCIAS A TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES 32
3.6) DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O LÍNEAS AÉREAS DE TELECOMUNICACIÓN 33
3.6.1) Cruzamientos 33
3.6.2) Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas 37
3.6.3) Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación 38
3.7) DISTANCIAS A CARRETERAS 38
3.7.1) Cruzamientos 40
3.7.2) Paralelismos 40
3.8) DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR 41
3.8.1) Cruzamientos 42
3.8.2) Paralelismos 42
3.9) DISTANCIAS A FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVÍAS Y TROLEBUSES 42
3.9.1) Cruzamientos 42
3.9.2) Paralelismos 43
3.10) DISTANCIAS A TELEFÉRICOS Y CABLES TRANSPORTADORES 43
3.10.1) Cruzamientos 43
3.10.2) Paralelismos 44
3.11) DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES, NAVEGABLES O FLOTABLES 45
3.11.1) Cruzamientos 45
3.11.2) Paralelismos 46
3.12) PASO POR ZONAS 46
3.12.1) Bosques, árboles y masas de arbolado 47
3.12.2) Edificios, construcciones y zonas urbanas 49
3.12.3) Proximidad a aeropuertos 50
3.12.4) Proximidad a parques eólicos 50

3.12.5) Proximidades a obras 51
4.- CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 51
4.1) OBJETIVOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 51
4.2) CONCEPTOS PREVIOS AL CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR 51
4.2.1) Ecuación de la catenaria 51
4.2.2) Comparación entre la ecuación de la parábola y la de la catenaria 55
4.2.3) Longitud del conductor 56
4.2.4) Acciones sobre los conductores 58
4.2.4.1) Acción del peso propio 59
4.2.4.2) Acción del viento 59
4.2.4.3) Acción del hielo 61
4.2.4.4) Acción de la temperatura 62
4.2.4.5) Acción de la elasticidad 62
4.2.5) Ecuación de cambio de condiciones 63
4.2.6) Tensión de cada día (Every Day Stress, EDS) 67
4.3) CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR 68
4.3.1) Tracción máxima admisible 68
4.3.2) Comprobación de fenómenos vibratorios 72
4.3.3) Flechas máximas de los conductores y cables de tierra 73
4.4) VANO IDEAL DE REGULACIÓN 79
5.- TRAZADO DE LA LINEA Y DISTRIBUCIÓN DE APOYOS 95
5.1) ETAPAS DE LA DETERMINACIÓN DE LA TRAZA 95
5.2) SERVIDUMBRE DE PASO 96
5.3) DISTRIBUCIÓN DE LOS APOYOS 97
5.4) CURVA CARACTERÍSTICA DE UN CABLE 97
5.5) PLANTILLA DE DISTRIBUCIÓN DE APOYOS 98
5.6) TIPO DE APOYO. SELECCIÓN AMARRE O SUSPENSIÓN 104

6.- AISLAMIENTO 109
6.1) INTRODUCCIÓN 109
6.1.1) Condiciones generales 109
6.1.2) Materiales empleados en los aisladores 110
6.1.3) Tipos de aisladores 111
6.2) COORDINACIÓN DEL AISLAMIENTO 114
6.3) CÁLCULO ELÉCTRICO. GRADO DE AISLAMIENTO 116
6.4) CÁLCULO MECÁNICO 124
7.- CÁLCULO MECÁNICO EN LOS APOYOS 125
7.1) INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO MECÁNICO EN LOS APOYOS 125
7.2) APOYOS SITUADOS EN ZONA B 130
7.2.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación 130
7.2.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo 133
7.2.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje 135
7.2.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y fin de línea 136
7.3) APOYOS SITUADOS EN ZONA A 137
7.3.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación 137
7.3.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo 140
7.3.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje 141
7.3.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y fin de línea 141
7.4) RESULTADO CÁLCULO MECÁNICO 142
8.- CIMENTACIONES 151
8.1) INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE CIMENTACIONES 151
8.2) CIMENTACIONES MONOBLOQUE 152
8.2.1) Características 152
8.2.2) Cálculo de las cimentaciones monobloque 152
8.3) CIMENTACIONES DE MACIZOS INDEPENDIENTES O DE PATAS SEPARADAS 155
8.3.1) Características 155

8.3.2) Cálculo de las cimentaciones de macizos independientes o de patas separadas 155
8.3.2.1) Comprobación al arranque 156
8.3.2.2) Comprobación a la compresión 161
8.3.2.3) Comprobación de la adherencia entre el anclaje y la cimentación 163
8.3.2.4) Cálculo a cortadura de los tornillos del casquillo 165
8.4) CIMENTACIONES EN LOS APOYOS PRESENTES EN EL PROYECTO 166

1. INTRODUCCIÓN

En el documento Cálculos del presente proyecto se realizan todos los cálculos necesarios tanto para justificar el estudio de alternativas como para la definición final de la línea eléctrica.

Todos los cálculos necesarios aparecerán en este apartado y a él se hará referencia en los otros documentos siempre que sea necesario.

Se presentan en este anexo tanto los cálculos mecánicos como los eléctricos, justificando los mismos según la reglamentación vigente correspondiente.

2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.1) Especificaciones generales

A continuación se detallan las características de la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto sobre la cual, posteriormente, se realizarán los cálculos eléctricos pertinentes:

Condiciones de funcionamiento:

- *Tensión:* 55 Kv
- *Frecuencia:* 50 Hz
- *Longitud:* 17400 metros
- *Conductor:* LA-180
- *Cable de Tierra:* T-50
- *N° de Apoyos:* 86
- *Origen de la línea:* Apoyo n°1 (futura subestación eólica de Alisas).
- *Final de la línea:* Apoyo n°86 (subestación de Ramales de la Victoria).

Especificaciones de la línea proyectada:

- *Categoría:* 2ª.
- *Tensión nominal:* 55 kV.
- *N° de circuitos trifásicos:* 1 (simplex).
- *Apoyos:* Torres metálicas serie "OLMO" y serie "ARCE".

- *Zona por altitud:* zona B (altitud comprendida entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 6980 metros (apoyos del 1 al 34), distancia a la cual pasa a situarse en zona A (situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar).

Características del conductor empleado:

- *Denominación:* LA-180
- *Sección de aluminio:* 147.3 mm^2
- *Sección de acero:* 34.3 mm^2
- *Sección total:* 181,6 mm^2
- *Número de alambres de Aluminio:* 30
- *Diámetro de los alambres de Aluminio:* 2.5 mm
- *Número de alambres de acero: 7*
- *Diámetro de los alambres de acero:* 2.5 mm
- *Diámetro aparente del cable:* 17,5 mm
- *Carga de rotura:* 6590 kg
- *Módulo de elasticidad:* 8200 Kg/mm^2
- *Coeficiente de dilatación lineal:* 17,8 10-6 °C
- *Peso:* 676 kg/Km
- *Resistencia eléctrica a 20 °C:* 0,197 Ω/km
- *Densidad de corriente máxima permitida:* 2,3 A/ mm^2
- *Intensidad máxima admisible:* 417 A
- *Equivalencia en cobre:* 90 mm^2

Características del cable de tierra utilizado:

- *Denominación:* T-50
- *Sección total:* 49,5 mm^2
- *Diámetro aparente del cable:* 9 mm
- *Carga de rotura:* 5980 kg

- *Módulo de elasticidad:* 19000 Kg/mm^2
- *Coeficiente de dilatación lineal:* 11,5 10-6 °C
- *Peso:* 391 Kg/Km

2.2) Densidad de corriente e intensidad máxima admisible en los conductores

A partir de los valores mostrados en el apartado 4.2.1. de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. es posible deducir la densidad máxima de corriente en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia nominal de 50 Hz del conductor LA-180.

Para el conductor LA-180, dado que en apartado del reglamento anteriormente mencionado no aparece un valor de densidad asociado a su sección total, debemos realizar una interpolación:

160 mm^2 ------ 2.7 A/mm^2
181.6 mm^2 ------ X mm^2
200 mm^2 ------ 2.5 A/mm^2

$$\frac{2.7-2.5}{160-200} = \frac{2.7-X}{160-181.6} \quad \boldsymbol{\delta_{max}} \textbf{=2,592}$$

Para cables de aluminio-acero, entre ellos el LA-180, es necesario aplicar un coeficiente de reducción a la densidad de corriente anteriormente obtenida. Dado que la composición del conductor es 30+7 la densidad máxima admisible resulta:

$\boldsymbol{\delta_{max}}$ = 2.592×0.916=**2.37 A/mm^2**

Conocida tanto la densidad máxima admisible del conductor como su sección es posible determinar el valor de la intensidad máxima admisible:

$\mathbf{I_{max}}$=δ×S= 2.37×181.6=**431.2 A**

2.3) Capacidad de transporte

Para determinar la capacidad de la línea objeto del proyecto, siendo conocida su intensidad máxima admisible, se emplea la siguiente expresión:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I_{max} \times cos\varphi$$

En función de los valores más usuales del $cos\varphi$ la capacidad de la línea en cada caso resulta:

- Para $cos\varphi = 0.8$: **P_{max}=32.861,853 kW**
- Para $cos\varphi = 0.9$: **P_{max}=36.969,585 kW**
- Para $cos\varphi = 1$: **P_{max}=41.077,316 kW**

2.4) Constantes kilométricas

Una línea eléctrica se define a partir de las siguientes constantes eléctricas:

2.4.1) Resistencia eléctrica

Para el conductor seleccionado la línea presenta una resistencia eléctrica a la temperatura de 20 °C de 0'197 Ω/Km.

2.4.2) Reactancia de autoinducción

Para obtener la reactancia kilométrica de la línea se emplea la siguiente expresión:

$$X = 2 \times \pi \times f \times L$$

Siendo:

- L el coeficiente de autoinducción, su valor se determina según la siguiente ecuación:

$$L = \left(0.5 + 4.605 \times \log\frac{D}{r}\right) \times 10^{-4}\ H/Km$$

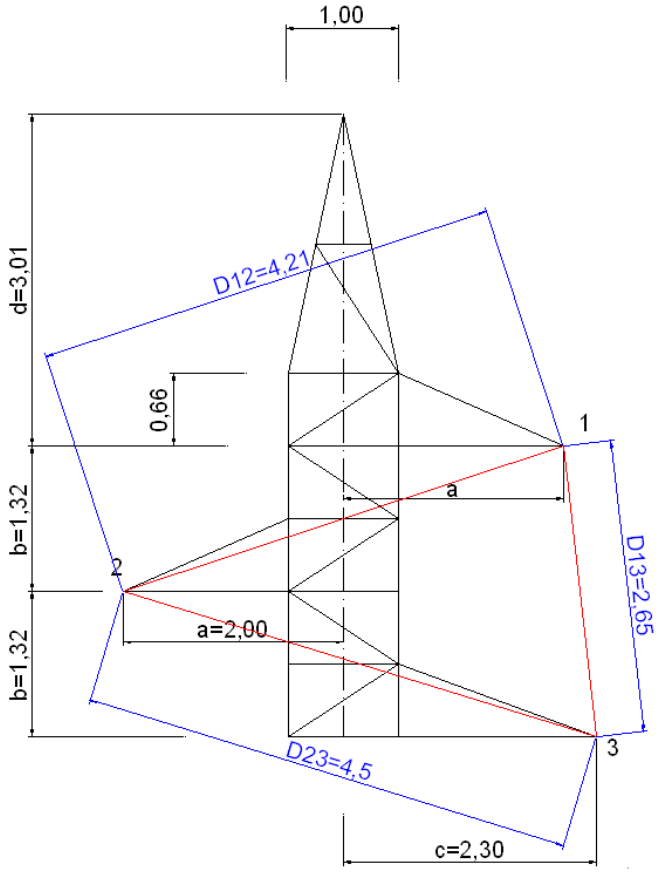
Sustituyendo esta expresión en la anterior se obtiene:

$$X = 2 \times \pi \times f \times \left(0.5 + 4.605 \times \log\frac{D}{r}\right) \times 10^{-4}$$

En donde:

- X = Reactancia en Ω/Km.
- f = Frecuencia de la red en hertzios (50 Hz).
- D =Separación media geométrica entre conductores (mm).
- r = Radio del conductor en mm.

La separación media geométrica entre conductores se encuentra determinada por el tipo de armado seleccionado en el diseño de la línea. Para ejecutar el proyecto se ha seleccionado prácticamente en la totalidad de los apoyos un armado tipo "F5", por lo que se considerará éste para el cálculo de la reactancia, así como una sujeción del conductor tipo amarre:



$$D = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{23} \times D_{13}} = \sqrt[3]{4{,}21 \times 4{,}5 \times 2{,}65} = 3.689m$$

Por tanto, conocidos todos los términos de la expresión, el valor de la reactancia de la línea es:

$$\boldsymbol{X} = 2 \times \pi \times f \times \left(0.5 + 4{,}605 \times \log\frac{D}{r}\right) \times 10^{-4} = \mathbf{0.395\ \Omega/Km}$$

2.4.3) Susceptancia

Se puede considerar un valor medio nulo de la misma debido a su escasez de relevancia en la línea.

2.4.4) Perditancia

Debido a la pequeña importancia que presenta, no se considera necesario proceder a su cálculo.

2.4.5) Capacidad

Puesto que la frecuencia de una línea de transporte de energía y la capacidad específica son constantes, la corriente capacitiva va a depender de la longitud de la línea y de la tensión. La línea aérea analizada en el presente proyecto es de corta longitud, en consecuencia, es posible despreciar la capacidad.

2.4.6) Impedancia

La impedancia se obtiene como suma de una parte real y una imaginaria de la resistencia y la reactancia:

$$\boldsymbol{Z} = R + jX = 0.197 + j0.395 = \mathbf{0.4414_{(63.49)}\ \Omega/Km}$$

2.4.7) Admitancia

La admitancia es el inverso de la impedancia:

$$\boldsymbol{Y} = \frac{1}{Z} = 1.01 - j2.02 = \mathbf{2.2655_{(-63.49)}}\ \boldsymbol{S/Km}$$

- **Valor de las constantes eléctricas**

El valor de las constantes eléctricas de la línea teniendo en cuenta que su longitud es de 17400 metros es:

Resistencia eléctrica: **R=3.4278 Ω**

Reactancia de autoinducción: **X=6.873 Ω**

Impedancia: **Z**= 3.427+j6.873=$\mathbf{7.68_{(63.49)}\ \Omega}$

Admitancia: **Y**=0.058-j0.1165=$\mathbf{0.13_{(-63.49)}\ \Omega}$

2.5) Efecto corona

Antes de proceder a calcular este efecto sobre la línea es preciso describir en qué consiste.

El efecto corona es una descarga, en ocasiones luminosa, debida a la ionización del gas que rodea a un conductor en el cual existe un gradiente de potencial superior a un determinado valor. Este efecto se produce para valores de tensión elevadas.

En las líneas aéreas, puede aparecer en los conductores, herrajes, amortiguadores, aisladores, y en general en cualquier punto donde se supere el gradiente de potencial mínimo.

Origen Físico

En presencia de un fuerte campo eléctrico externo, las moléculas que componen el aire tienden a ionizarse, es decir, a perder o ganar un electrón libre transformándose en cargas eléctricas no neutras. Luego, las partículas ionizadas y los electrones libres son repelidos o atraídos por el campo eléctrico según sea su polaridad.

Cuando el campo eléctrico externo es alterno, entonces las moléculas ionizadas y los portadores libres se acercan y alejan de la fuente del campo eléctrico continuamente. Este movimiento de iones y cargas es más enérgico cuanto mayor sea la magnitud y la frecuencia del campo eléctrico.

Si la magnitud del campo eléctrico supera un cierto valor, entonces el movimiento de las cargas produce choques entre ellas en donde se disipa una cantidad de energía tal que se producen recombinaciones químicas entre las moléculas involucradas. Este proceso químico libera al espacio nuevas moléculas, y la recombinación e ionización de algunas de estas produce la liberación de fotones los cuales producen el efecto visible que se conoce como Efecto Corona.

Efecto Corona en Sistemas Eléctricos

Como se ha dicho, el efecto corona se produce cuando el campo eléctrico (o gradiente de potencial) supera un cierto umbral. El umbral está dado por condiciones del aire como presión y humedad.

Si localmente el gradiente de potencial supera un umbral, entonces se produce efecto corona.

El gradiente de potencia crítico para que no se produzca efecto corona disminuye varía con las siguientes condiciones:

- *Humedad del Aire*: mayor humedad en el ambiente favorece la formación de efecto corona.

- *Densidad relativa del aire*: cuanto menor es la densidad relativa del aire, más favorable es para la formación de efecto corona. La densidad relativa, a su vez, aumenta con la presión atmosférica y disminuye con la temperatura.

- *Suciedad de los Conductores*: al depositarse suciedad sobre los conductores y/o gotas de agua en condiciones de lluvia, por efecto de puntas se producen concentraciones de cargas lo cual provoca un gran aumento local del gradiente de potencial.

Las variables antes expuestas, determinan un gradiente crítico. Luego, si el gradiente de potencial en la línea es mayor al crítico, se producirá efecto corona.

En una primera etapa, el efecto corona es imperceptible al ojo humano, sin embargo se puede estar produciendo. El efecto corona provoca ruido acústico, calor, gas ozono, emisión de luz y vibraciones mecánicas. Todo esto conlleva un gasto de energía y, por lo tanto, una pérdida de energía eléctrica del sistema.

Por lo tanto, es importante saber cómo predecir el efecto corona en los sistemas eléctricos.

Consecuencias del efecto corona

Efectos más importantes:

- *Pérdidas de energía*

- *Radio interferencias*

Otros efectos:

- *Deterioro del material*

- *Producción de compuestos contaminantes*

Tensión crítica disruptiva

Es la tensión a la que el campo en la superficie del conductor excede la rigidez dieléctrica del aire y comienza el efecto corona.

Existe también una tensión crítica visual, superior a la tensión crítica disruptiva, a partir de la cual el efecto corona se hace visible.

El RLAT establece en el apartado 4.3. de la ITC-LAT 07 que será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV. Asimismo, en aquellas líneas de tensión nominal entre 30 kV y 66 kV, ambas inclusive, que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deberá realizarse la citada comprobación.

Por lo tanto, como la tensión nominal de la línea diseñada en el presente proyecto es de 55 kV no es preciso el cálculo del efecto corona.

2.6) Caída de tensión

A continuación se evalúa la caída de tensión que se produce en la línea debido a la resistencia y reactancia de la misma y despreciando la influencia de la capacitancia. Para realizar este cálculo se emplea la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times L \times I \times Z = \sqrt{3} \times L \times I \times (R\cos\varphi + X\operatorname{sen}\varphi)$$

Siendo:

- ΔU : Caída de la tensión compuesta, expresada en voltios.

- L : Longitud de la línea en kilómetros.

- I : Intensidad de la línea en amperios.

- R : Resistencia por fase y por kilómetros en ohmios.

- X : Reactancia por fase y por kilómetros en ohmios.

- φ : Ángulo de desfase.

Pudiéndose expresar la intensidad de la línea según:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

P : Potencia transportada en kilovatios.

U : Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

La caída de tensión se puede definir como:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times L \times \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} \times (R\cos\varphi + X\,\mathrm{sen}\,\varphi)$$

Simplificando:

$$\Delta U = \frac{P \times L}{U} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi))$$

Expresando la caída de tensión en valor porcentual:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \times 100 = \frac{P \times L \times 100}{U^2} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi))$$

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \times L \times 1000 \times P}{(100 \times U)^2} \times (R + X\,\mathrm{tg}(\varphi)) = \frac{P \times L}{10 \times U^2} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi))$$

Calculando nuevamente la caída de tensión para los valores más usuales de $cos\varphi$ tenemos:

- Para $cos\varphi = 0.8$:

$$\mathbf{\Delta U(\%)} = \frac{P \times L}{10 \times U^2} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi)) = \frac{22000 \times 17.4}{10 \times 55^2} \times (0.197 + 0.395 \times 0.75) = \mathbf{6.24}$$

- Para $cos\varphi = 0.9$:

$$\mathbf{\Delta U(\%)} = \frac{P \times L}{10 \times U^2} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi)) = \frac{22000 \times 17.4}{10 \times 55^2} \times (0.197 + 0.395 \times 0.48) = \mathbf{4.89}$$

- Para $cos\varphi = 1$:

$$\mathbf{\Delta U(\%)} = \frac{P \times L}{10 \times U^2} \times (R + X \times \mathrm{tg}(\varphi)) = \frac{22000 \times 17.4}{10 \times 55^2} \times (0.197 + 0.395 \times 0) = \mathbf{2.49}$$

En el nuevo Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión se admiten caídas de tensión comprendidas entre un 5% y un 10%, por tanto, para las condiciones de transporte y el conductor seleccionado se cumplen las exigencias por caída de tensión.

2.7) Pérdida de potencia

Las pérdidas de la línea debidas al efecto Joule se determinan mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P_p = 3 \times R \times L \times I^2$$

Donde:

- ΔP_p: Pérdidas de potencia en vatios.

- R: Resistencia del conductor en Ω/Km.

- L: Longitud de la línea en Km.

- I: Intensidad de la línea en amperios.

Siendo el valor de la intensidad de la línea:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

Las pérdidas de potencia se pueden expresar mediante:

$$\Delta P_p = 3 \times R \times L \times \frac{P^2}{3 \times U^2 \times \cos^2\varphi}$$

Expresando las pérdidas de potencia en valor porcentual:

$$\Delta P_p(\%) = \frac{\Delta Pp}{P} \times 100 = \frac{100 \times R \times L \times P^2}{P \times U^2 \times \cos^2\varphi} = \frac{100 \times R \times L \times P}{U^2 \times \cos^2\varphi}$$

$$\Delta P_p(\%) = \frac{100 \times R \times L \times 1000 \times P}{(1000 \times U)^2 \times \cos^2\varphi} = \frac{R \times L \times P}{10 \times U^2 \times \cos^2\varphi}$$

Considerando que:

- P: Potencia en kilovatios.

- U: Tensión compuesta en kilovoltios.

- Cos φ : Factor de potencia.

La expresión para determinar las pérdidas de potencia en valor porcentual resulta:

$$\Delta P_p(\%) = \frac{R \times L \times P}{10 \times U^2 \times \cos^2\varphi}$$

Por tanto, conocidos todos los datos y sustituyéndolos para los valores más habituales del $\cos\varphi$ se obtienen unas pérdidas de potencia en valor porcentual de:

- Para $cos\varphi = 0.8$:

$$\Delta P_p(\%) = \frac{0.197 \times 17.4 \times 22000}{10 \times 55^2 \times 0.8^2} = \mathbf{3.89\%}$$

- Para $cos\varphi = 0.9$:

$$\Delta P_p(\%) = \frac{0.197 \times 17.4 \times 22000}{10 \times 55^2 \times 0.9^2} = \mathbf{3.07\%}$$

- Para $cos\varphi = 1$:

$$\Delta P_p(\%) = \frac{0.197 \times 17.4 \times 22000}{10 \times 55^2 \times 1^2} = \mathbf{2.49\%}$$

Para líneas de transporte esta pérdida de potencia se suele limitar a un 3%, por tanto, vemos que se obtienen unos valores aceptables.

3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

3.1) Introducción

En el Apartado 5 de la ITC-LAT 07 del RLAT se establece la necesidad de distinguir, en las líneas aéreas, entre distancias internas y externas:

- Las distancias internas son dadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones.

- Las distancias externas son utilizadas para determinar las distancias de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos debajo o en las proximidades de la línea. El objetivo de las distancias externas es evitar el daño de las descargas eléctricas al público en general, a las personas que trabajan en las cercanías de la línea eléctrica y a las personas que trabajan en su mantenimiento.

Las distancias dadas en los siguientes apartados no son aplicables cuando se realicen trabajos de mantenimiento de la línea aérea, con métodos de trabajo en tensión, para los cuales se deberán aplicar el R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Las distancias se refieren a las líneas de transmisión que usan conductores desnudos. Las líneas que usan conductores aislados, con una capa de aislamiento sólido alrededor del mismo para prevenir un fallo causado por un contacto temporal con un objeto puesto a tierra o un contacto temporal entre conductores de fase, se tratan en la ITC-LAT 08.

Cuando no se especifique que la distancia es "horizontal" o "vertical'; será tomada la menor distancia entre las partes con tensión y el objeto considerado, teniéndose en cuenta en el caso de carga con viento la desviación de los conductores y de la cadena de aisladores.

3.2) Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Según lo señalado en el Apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- **D_{el}**: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. D_{el} puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

- **D_{pp}**: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. D_{pp} es una distancia interna.

- **a_{som}**: Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias internas y externas:

a) La distancia eléctrica, D_{el}, previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.

b) La distancia eléctrica, $D_{pp,}$ previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.

c) Es necesario añadir a la distancia externa, D_{el}, una distancia de aislamiento adicional, $\mathbf{D_{add}}$, para que en las distancias mínimas de seguridad al suelo, a líneas eléctricas, a zonas de arbolado, etc. se asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor que D_{el} de la línea eléctrica.

d) La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, a_{som}, debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna a_{som} que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad (D_{add} + D_{el}) deben ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som},

Los valores de D_{el} Y D_{pp}, en función de la tensión más elevada de la línea U_s, son los indicados en la siguiente tabla:

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	**D_{el} (m)**	**$D_{pp\ (m)}$**
3,6	0,08	0,1
7,2	0,09	0,1
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,2
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,4
52	0,6	0,7
72.5	**0,7**	**0,8**
123	1	1.15
145	1.20	1,4
170	1,3	1,5
245	1.10	2
420	2,8	3,2

En el presente proyecto, la tensión nominal es de 55 kV, por tanto, para analizar las distancias de seguridad, dado que esta tensión nominal no se encuentra normalizada, se toman los valores presentados en la tabla para un valor de tensión máxima correspondiente a un valor de tensión nominal normalizada inmediatamente superior al asignado para la línea eléctrica analizada. Por tanto se concluye que:

- **U_s = 72,5 kV**
- **D_{el} = 0,70 m**
- **D_{pp} = 0,80 m**

3.3) Prescripciones especiales

Tal y como se indica en el Apartado 5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, en ciertas situaciones, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, además de las consideraciones generales anteriores, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en el presente apartado.

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

En aquellos tramos de línea en que, debido a sus características especiales y de acuerdo con lo que más adelante se indica, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, no será necesario el empleo de apoyos distintos de los que corresponda establecer por su situación en la línea (alineación, ángulo, anclaje, etc.), ni la limitación de longitud en los vanos, que podrá ser la adecuada con arreglo al perfil del terreno ya la altura de los apoyos. Por el contrario, en dichos tramos serán de aplicación las siguientes prescripciones especiales:

a) Ningún conductor o cable de tierra tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 daN en líneas de tensión nominal superior a 30 kV. Los conductores y cables de tierra no presentarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose durante la

explotación y por causa de la reparación de averías, la existencia de un empalme por vano.

b) Se prohíbe la utilización de apoyos de madera.

c) Los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25% superiores a los establecidos para la línea en los apartados 3.5 y 3.6. Esta prescripción no se aplica a las líneas de categoría especial, ya que la resistencia mecánica de los apoyos se determina considerando una velocidad mínima de viento de 140 km/h y una hipótesis con cargas combinadas de hielo y viento.

d) La fijación de los conductores al apoyo deberá ser realizada de la forma siguiente:

d.1) En el caso de líneas sobre aislador rígido se colocarán dos aisladores por conductor, dispuestos en forma transversal al eje del mismo, de modo que sobre uno de ellos apoye el conductor y sobre el otro un puente que se extienda en ambas direcciones, y de una longitud suficientes para que en caso de formarse el arco a tierra sea dentro de la zona del mismo. El puente se fijará en ambos extremos al conductor mediante retenciones o piezas de conexión que aseguren una unión eficaz y, asimismo, las retenciones del conductor y del puente a sus respectivos aisladores serán de diseño apropiado para garantizar una carga de deslizamiento elevada.

d.2) En el caso de líneas con aisladores de cadena, la fijación podrá ser efectuada de una de las formas siguientes:

- Con dos cadenas horizontales de amarre por conductor, una a cada lado del apoyo.

- Con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25% superiores a los establecidos en los apartados 3.3 y 3.4, o con una cadena de suspensión doble. En estos casos deberá adoptarse alguna de las siguientes disposiciones:

- Refuerzo del conductor con varillas de protección.

- Descargadores o anillos de guarda que eviten la formación directa de arcos de contorneamiento sobre el conductor.

- Varilla o cables fiadores de acero a ambos lados de la cadena, situados por encima del conductor y de longitud suficiente para que quede protegido en la zona de formación del arco. La unión de los fiadores al conductor se hará por medio de grapas antideslizantes.

Para el pintado de color verde en los apoyos de las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión, o cualquier otro pintado que sirva de mimetización con el paisaje, el titular de la instalación deberá contar con la aceptación de los Organismos competentes en materia de misiones de aeronaves en vuelos a baja cota con fines humanitarios y de protección de la naturaleza.

3.4) Distancias en el apoyo

Las distancias mínimas de seguridad en el apoyo son distancias internas utilizadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones. No son de aplicación las prescripciones especiales definidas anteriormente.

3.4.1) Distancias entre conductores y ángulo de oscilación

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \times \sqrt{(\mathrm{F} + \mathrm{L})} \times K' \times D_{pp}$$

en la cual:

D = Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.

K= Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla mostrada a continuación.

K'= Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de líneas.

F = Flecha máxima en metros, para las hipótesis correspondientes según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.

D_{pp} = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de Dw se indican en el apartado 5.2, en función de la tensión más elevada de la línea.

Ángulo de oscilación

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados, para cada caso de carga, por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio más la sobrecarga de hielo si procede según zona, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada para una velocidad de viento de 120 km/h. Para el presente proyecto se poseen dos ángulos de oscilación, dado que en el mismo se distinguen dos zonas, la A y la B. Los ángulos de oscilación correspondientes se muestran a continuación:

- Zona B:

$$tg\beta = \frac{P_v}{P + P_h}$$

Donde:

-P: Peso del conductor 0,676 Kg/m

-P_v: Sobrecarga de viento 0,875 Kg/m

-P_h: Sobrecarga de hielo 0.7 Kg/m

Por lo tanto, el ángulo de oscilación en los apoyos situados en zona B resulta:

$$\boldsymbol{\beta} = arctg\frac{P_v}{P + P_h} = arctg\frac{0.875}{0.676 + 0.7} = \mathbf{32.45}$$

- Zona A:

$$tg\beta = \frac{P_v}{P}$$

Donde:

-P: Peso del conductor 0,676 Kg/m

-P_v: Sobrecarga de viento 0,875 Kg/m

Por lo tanto, el ángulo de oscilación en los apoyos situados en zona B resulta:

$$\boldsymbol{\beta} = arctg\frac{P_v}{P} = arctg\frac{0.875}{0.676} = \mathbf{52.31}$$

En función de estos y de la tensión nominal de la línea se establecen unos coeficientes K que se dan en la siguiente tabla:

Ángulo 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 65º	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40º	0,6	0,55

Por tanto, los valores de los coeficientes K resultan:

- Zona B: **K=0.6**
- Zona A: **K=0.65**

Estas distancias mínimas se consideran para seleccionar el armado requerido en cada apoyo, tal y como se describe en el siguiente apartado. Por tanto, se garantiza que el diseño cumple con las distancias mínimas de seguridad exigidas por el RLAT.

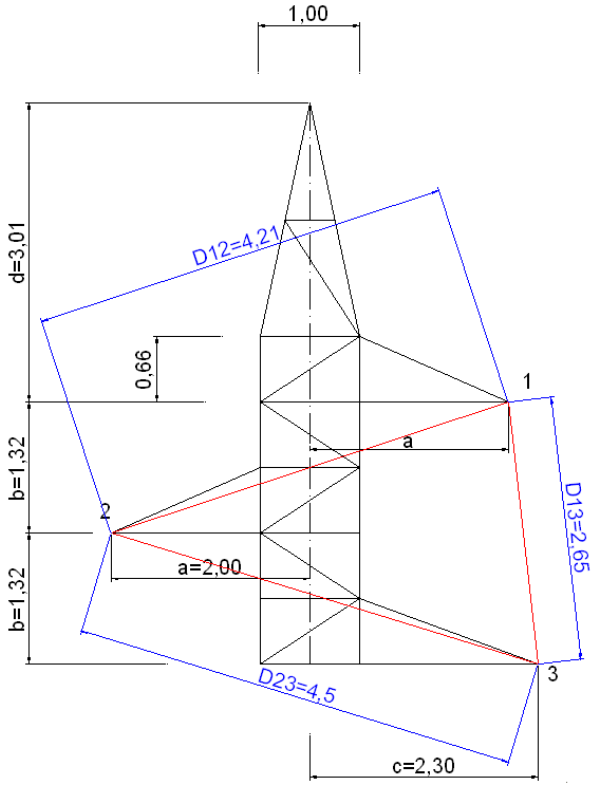
3.4.2) Vano máximo por separación entre conductores. Selección del armado

En la determinación del armado a emplear se debe considerar la distancia mínima entre conductores de fase. Para ello se debe tener en cuenta que la disposición a

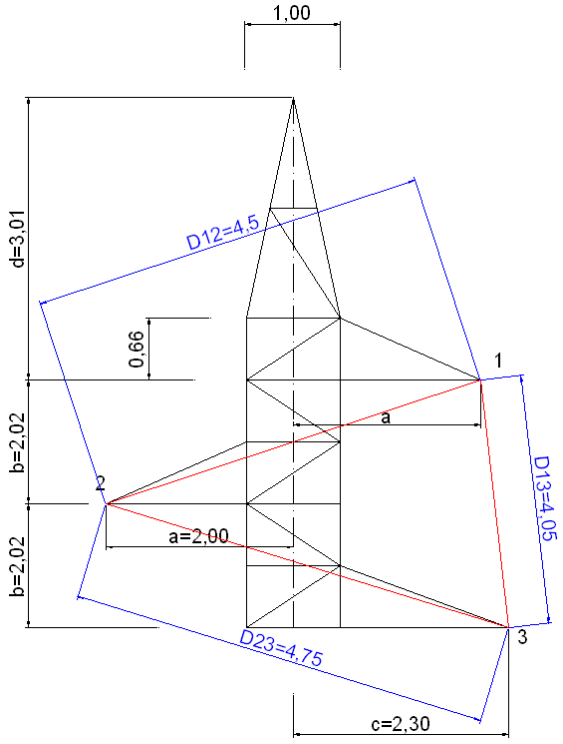
Emplear en el proyecto es al tresbolillo y que la expresión para determinar dicha distancia, vista en el apartado anterior, es:

$$D = K \times \sqrt{(F + L)} \times K' \times D_{pp}$$

El armado mínimo a considerar para el diseño será el F5. Para este armado la mínima separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos es:



En caso de necesitar un armado superior se empleará el F42. Para este armado la mínima separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos es:



D=4.05 m

Con el valor de la separación mínima entre conductores, en función del armado empleado, se debe calcular cuál es el vano máximo por separación entre conductores. Para el cálculo del vano máximo se debe seguir el siguiente procedimiento:

1º) Obtener el valor de la flecha considerando que todos son amarres (L=0):

$$F = \left(\frac{D - K' \times Dpp}{K}\right)^2 - L$$

Para un armado F5:

$$F = \left(\frac{D - K' \times Dpp}{K}\right)^2 - L = \left(\frac{2.65 - 0.75 \times 0.8}{0.65}\right)^2 = 9.9467\ m$$

Para un armado F42:

$$F = \left(\frac{D - K' \times Dpp}{K}\right)^2 - L = \left(\frac{4.05 - 0.75 \times 0.8}{0.65}\right)^2 = 28.1716\ m$$

2º) Acudir a la ecuación de la parábola con este valor de F y despejar el valor del **vano máximo por separación entre conductores**:

$$y = F = \frac{\left(\frac{X}{2}\right)^2}{2C} \quad \Longrightarrow \quad X = \sqrt{2C \times 4 \times F}$$

Una vez se ha determinado la separación máxima entre los apoyos (X) se debe analizar si alguno de los vanos presentes en el regulador posee una separación mayor a ésta. En caso de que algún vano tenga una longitud mayor se debe proceder a seleccionar un armado superior al F5 y recalcular.

Para no tener que colocar un armado superior al F5 en cada uno de los apoyos entre los cuales la separación es mayor a X, se puede comprobar si con cambiar el armado en uno sólo de éstos es suficiente, para ello:

1º) Se calcula una separación entre conductores media entre los dos armados:

$$Dm = (DF5 + DF42)/2$$

2º) Con esta separación se obtiene la flecha: $Fm = \left(\frac{Dm - K\prime \times Dpp}{K}\right)^2$

3º) Se obtiene un nuevo valor de separación máxima entre apoyos:

$$Xm = \sqrt{2C \times 4 \times F}$$

Si la longitud del vano analizado es inferior a este valor Xm se puede modificar el armado de uno sólo de los apoyos. Se colocará el mayor armado en el apoyo cuyo vano precedente o posterior (según corresponda) posea mayor longitud.

A continuación se realiza el análisis para los distintos vanos que conforman la línea eléctrica del presente proyecto:

Serie 1

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1759.5 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{264.58\ m}$

- Separación apoyos 1-2 = 145 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 2

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1945.7 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.23\ m}$

- Separación apoyos 2-3 = 182 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 3-4 = 212 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 3

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2018.5 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{283.39\ m}$$

- Separación apoyos 4-5 = 232 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 4

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2128.2 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{290.99\ m}$$

- Separación apoyos 5-6 = 238 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 6-7 = 244 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 7-8 = 366 m > X_{F5} : No es válido el armado F5

Debido a que la separación entre los apoyos 7 y 8 es mayor a la máxima admitida por el armado F5 analizamos si con el armado superior F42 es suficiente:

$$\mathbf{X_{F42}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2128.2 \times 4 \times 28.1716} = \mathbf{489.71\ m}$$

Con este nuevo armado la separación entre los apoyos 7-8 = 366 m < X_{F42} es válida.

Analizamos la posibilidad de emplear únicamente el armado F42 en el apoyo 7:

$$Dm = (DF5 + DF42)/2 = (2.65 + 4.05)/2 = 3.35 \text{ m}$$

$$Fm = \left(\frac{Dm - K' \times Dpp}{K}\right)^2 = \left(\frac{3.35 - 0.75 \times 0.8}{0.65}\right)^2 = 17.90\ m$$

$$\boldsymbol{X_m} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2128.2 \times 4 \times 17.90} = \mathbf{390.36\ m}$$

Se cumple que la separación entre los apoyos 7-8 es menor a X_m y por tanto, es suficiente emplear únicamente un armado F42 en el apoyo 7.

Serie 5

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2128.2 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{271.24\ m}$$

- Separación apoyos 8-9 = 170 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 6

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1801.1 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{267.69\ m}$$

- Separación apoyos 9-10 = 160 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 10-11 = 151 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 7

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1819 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{269.02\ m}$$

- Separación apoyos 11-12 = 161 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 8

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1894.2 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{274.52\ m}$$

- Separación apoyos 12-13 = 164 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 13-14 = 198 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 9

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 14-15 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 15-16 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 16-17 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 10

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 17-18 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 11

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1970.9 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{280.03\ m}$$

- Separación apoyos 18-19 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 19-20 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 20-21 = 226 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 12

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2004.6 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{282.41\ m}$$

- Separación apoyos 21-22 = 225 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 22-23 = 226 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 13

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 23-24 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 24-25 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 14

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1970.5 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{280\ m}$$

- Separación apoyos 25-26 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 26-27 = 218 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 15

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2073.8 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{287.24\ m}$$

- Separación apoyos 27-28 = 262 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 16

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 28-29 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 17

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1992.8 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{281.58\ m}$$

- Separación apoyos 29-30 = 220 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 18

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1957.7 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{279.09\ m}$$

- Separación apoyos 30-31 = 222 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 31-32 = 178 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 19

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 32-33 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 20

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1958.5 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{279.15\ m}$$

- Separación apoyos 33-34 = 224 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 34-35 = 175 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 21

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 35-36 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 36-37 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 22

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1954.3 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.85\ m}$$

- Separación apoyos 37-38 = 202 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 23

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 38-39 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 39-40 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 24

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 40-41 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 41-42 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 25

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1975.7 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{280.37\ m}$$

- Separación apoyos 42-43 = 212 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 26

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1971.4 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{280.06\ m}$$

- Separación apoyos 43-44 = 210 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 27

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1990.7 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{281.43\ m}$$

- Separación apoyos 44-45 = 220 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 45-46 = 218 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 28

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 46-47 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 29

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1951.4 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.64\ m}$$

- Separación apoyos 47-48 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 48-49 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 49-50 = 202 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 30

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2014.2 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{283.09\ m}$$

- Separación apoyos 50-51 = 230 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 51-52 = 230 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 31

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1988 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{281.24\ m}$$

- Separación apoyos 52-53 = 232 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 53-54 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 32

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1936.6 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{277.58\ m}$$

- Separación apoyos 54-55 = 196 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 33

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 55-56 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 34

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 56-57 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 57-58 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 35

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 58-59 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 36

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 59-60 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 60-61 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 37

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1962.8 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{279.45\ m}$$

- Separación apoyos 61-62 = 206 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 38

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2007.9 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{282.64\ m}$$

- Separación apoyos 62-63 = 230 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 63-64 = 224 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 39

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 64-65 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 40

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$$

- Separación apoyos 65-66 = 200 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 41

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1961.2 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{279.34\ m}$$

- Separación apoyos 66-67 = 170 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 67-68 = 228 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 42

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1839.4 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{270.53\ m}$$

- Separación apoyos 68-69 = 155 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 69-70 = 136 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 70-71 = 194 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 43

$$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2130.3 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{291.13\ m}$$

- Separación apoyos 71-72 = 304 m > X_{F5} : No es válido el armado F5

Debido a que la separación entre los apoyos 71 y 72 es mayor a la máxima admitida por el armado F5 analizamos si con el armado superior F42 es suficiente:

$$\mathbf{X_{F42}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2130.3 \times 4 \times 28.1716} = \mathbf{489.95\ m}$$

Con este nuevo armado la separación entre los apoyos 71-72 = 304 m < X_{F42} es válida.

Analizamos la posibilidad de emplear únicamente el armado F42 en el apoyo 71:

$$Dm = (DF5 + DF42)/2 = (2.65 + 4.05)/2 = 3.35\ \text{m}$$

$$Fm = \left(\frac{Dm - K' \times Dpp}{K}\right)^2 = \left(\frac{3.35 - 0.75 \times 0.8}{0.65}\right)^2 = 17.90\ m$$

$$\boldsymbol{X_m} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2130.3 \times 4 \times 17.90} = \mathbf{390.55\ m}$$

Se cumple que la separación entre los apoyos 71 y 72 es menor a X_m y por tanto, es suficiente emplear únicamente un armado F42 en el apoyo 71.

Serie 44

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1788.9 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{266.79\ m}$

- Separación apoyos 72-73 = 103 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 73-74 = 153 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 74-75 = 174 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 45

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1871.4 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{272.87\ m}$

- Separación apoyos 75-76 = 173 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 76-77 = 180 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 46

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2070.1 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{285.99\ m}$

- Separación apoyos 77-78 = 220 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 78-79 = 286 m > X_{F5} : No es válido el armado F5

Debido a que la separación entre los apoyos 78 y 79 es mayor a la máxima admitida por el armado F5 analizamos si con el armado superior F42 es suficiente:

$\mathbf{X_{F42}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2070.1 \times 4 \times 28.1716} = \mathbf{482.98\ m}$

Con este nuevo armado la separación entre los apoyos 78-79 = 286 m < X_{F42} es válida.

Analizamos la posibilidad de emplear únicamente el armado F42 en el apoyo 78:

$Dm = (DF5 + DF42)/2 = (2.65 + 4.05)/2$ = 3.35 m

$$Fm = \left(\frac{Dm - K' \times Dpp}{K}\right)^2 = \left(\frac{3.35 - 0.75 \times 0.8}{0.65}\right)^2 = 17.90\ m$$

$\boldsymbol{X_m} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2070.1 \times 4 \times 17.90}$ = **384.99 m**

Se cumple que la separación entre los apoyos 78 y 79 es menor a X_m y por tanto, es suficiente emplear únicamente un armado F42 en el apoyo 78.

Serie 47

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1946.8 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.31\ m}$

- Separación apoyos 79-80 = 207 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 80-81 = 190 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 48

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{2021.6 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{283.61\ m}$

- Separación apoyos 81-82 = 217 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 82-83 = 246 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 83-84 = 260 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

- Separación apoyos 84-85 = 194 m < X_{F5} : Es válido el armado F5

Serie 49

$\mathbf{X_{F5}} = \sqrt{2C \times 4 \times F} = \sqrt{1950 \times 4 \times 9.9467} = \mathbf{278.54\ m}$

- Separación apoyos 85-86 = 200 m < X_{F5} Es válido el armado F5

Por tanto, una vez realizados los cálculos pertinentes, se determina que todos los apoyos estarán dotados con un armado F5, excepto los apoyos número 7, 71 y 78, los cuales dispondrán de un armado F42.

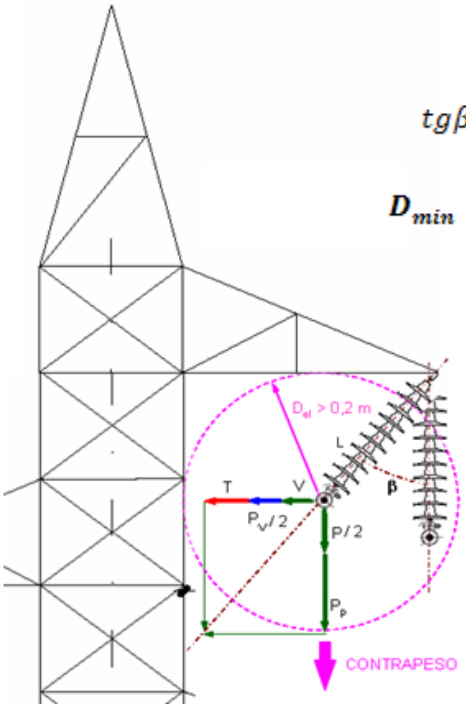
3.4.3) Distancias entre conductores y partes puestas a tierra

Tal y como se indica en el apartado 5.4.2. de la ITC-LAT 07 del RLAT, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el}, con un mínimo de 0,2 m

Se determinó anteriormente el valor de D_{el} para el diseño de la línea del presente proyecto, dado que se posee una tensión nominal de 55 kV, es de **D_{el} = 0,70 m.**

- En los apoyos que poseen cadenas de amarre esta distancia se supera ampliamente, siendo la longitud de la cadena de 1,111 m.

- En el caso de las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h.



$$tg\beta = \frac{\frac{p_v}{2}}{P} \rightarrow \boldsymbol{\beta} = arctg\,\frac{\frac{p_v}{2}}{P} = arctg\,\frac{\frac{0.875}{2}}{0.676} = \mathbf{32.91^{\circ}}$$

$$\boldsymbol{D_{min}} = 0.7 \times \cos(32.91) = \mathbf{0.59\ m}$$

La cadena de suspensión seleccionada para emplearse en el presente proyecto posee una longitud de 0.802 m, la cual asegura que se cumpla la distancia mínima requerida en el momento más desfavorable (cadena desviada 32.91º debido a la acción del viento).

Por tanto, tanto en el caso de cadenas de amarre como de cadenas de suspensión, se cumplen con la distancia mínima entre los conductores y las partes puestas a tierra.

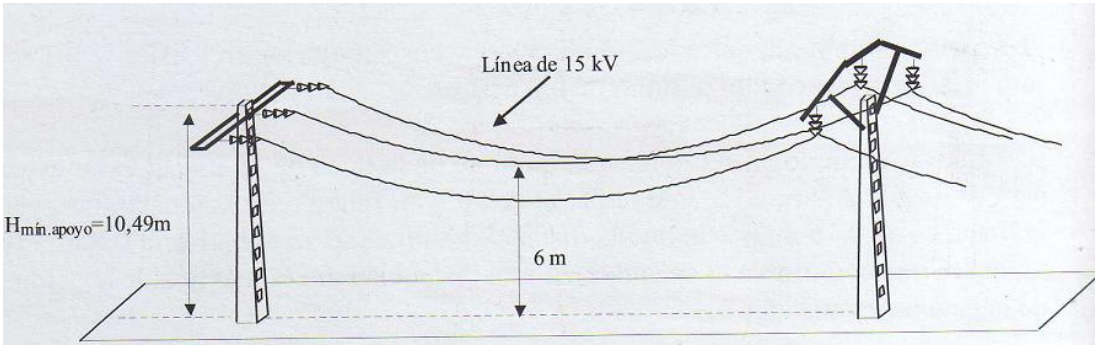
3.5) Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

En estos casos no son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC-LAT del RLAT.

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo según el apartado 3.2.3, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5{,}3 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 6 metros. No obstante, en lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.



En el presente proyecto se ha visto que el valor de $\mathbf{D_{el} = 0,70\ m}$, por tanto:

$$\mathbf{D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} = 5.3+0.7 = 6\ m}$$

Se concluye por tanto que la altura mínima será de 6 metros.

Cuando las líneas atraviesen explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas la altura mínima será de 7 metros, con objeto de evitar accidentes por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.

En la hipótesis del cálculo de flechas máximas bajo la acción del viento sobre los conductores, la distancia mínima anterior se podrá reducir en un metro, considerándose en este caso el conductor con la desviación producida por el viento.

Entre la posición de los conductores con su flecha máxima vertical, y la posición de los conductores con su flecha y desviación correspondientes a la hipótesis de viento a) del apartado 3.2.3, las distancias de seguridad al terreno vendrán determinadas por la curva envolvente de los círculos de distancia trazados en cada posición intermedia de los conductores, con un radio interpolado entre la distancia correspondiente a la posición vertical y a la correspondiente a la posición de máxima desviación lineal del ángulo de desviación.

3.6) Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

3.6.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3, quedando modificadas de la siguiente forma:

Condición a): En líneas de tensión nominal superior a 30 kV puede admitirse la

existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce.

Condición b): Pueden emplearse apoyos de madera siempre que su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón.

Condición c): Queda exceptuado su cumplimiento.

En los cruces de líneas eléctricas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y, en el caso de igual tensión; la que se instale con posterioridad. En todo caso, siempre que fuera preciso sobreelevar la línea preexistente, será de cargo del propietario de la nueva línea la modificación de la línea ya instalada.

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

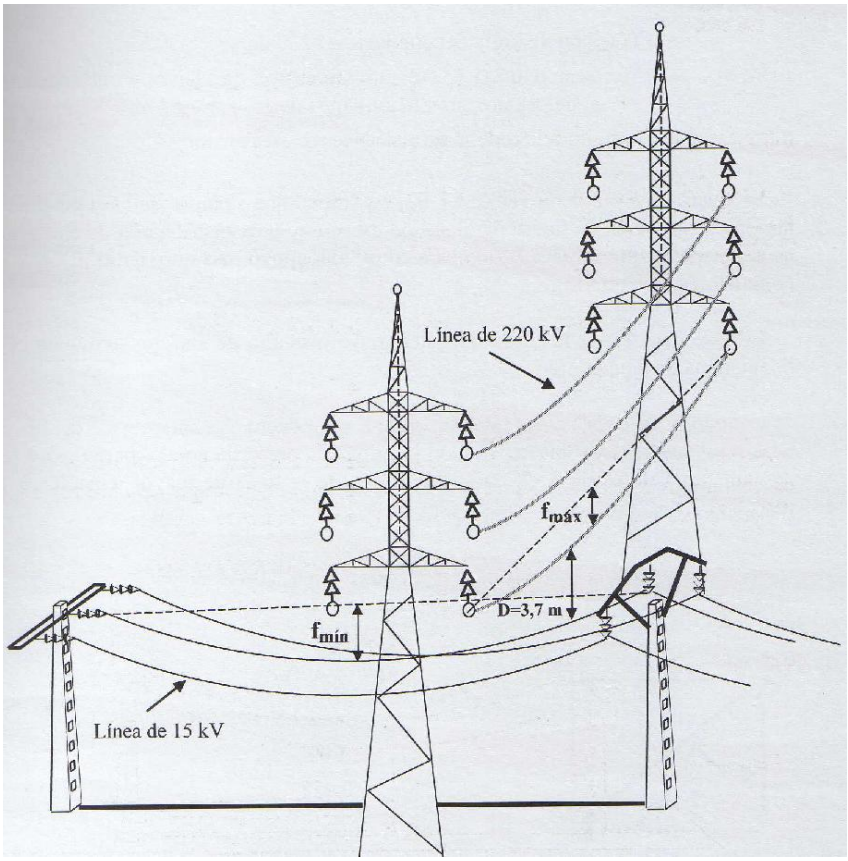
$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + Del \text{ (en metros)}$$

Exigiéndose un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión de hasta 45 kV
- 3 metros para líneas de tensión superior a 45 kV Y hasta 66 kV
- 4 metros para líneas de tensión superior a 66 kV Y hasta 132 kV
- 5 metros para líneas de tensión superior a 132 kV Y hasta 220 kV
- 7 metros para líneas de tensión superior a 220 kV Y hasta 400 kV

y considerándose los conductores de la misma en su posición de máxima desviación.

A continuación se muestra un ejemplo de cruzamiento:



Para el presente proyecto: $D_{add} + D_{el}$ = 1,5 + Del = 1.5 + 0.7 =2.2 m**,** por tanto, la distancia mínima será de **3 m.**

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

$$D_{add} + D_{pp} \text{ (en metros)}$$

A la distancia de aislamiento adicional, D_{add}, se le aplicarán los valores de la siguiente tabla:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (kV)	D_{add} **(m)**	
	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m	**Para distancia del apoyo de la línea superior al punto de cruce > 25m**
De 3 a 30	1,8	2,5
45 o 66	2,5	
110, 132, 150	3	
220	3,5	
400	4	

Por tanto, la mínima distancia vertical en el cruce de la línea diseñada en el presente proyecto con otras ya existentes deber der de:

$$D_{add} + D_{pp} = 2.5 + 0.8 = \mathbf{3.3\ m}$$

La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de tierra convencionales o cables compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea eléctrica inferior en el caso de que existan, no deberé ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1{,}5 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 2 metros.

Siendo para este proyecto: $D_{add} + D_{el} = 1{,}5 + D_{el} = 1.5 + 0.7 = \mathbf{2.2\ m}$

Independientemente del punto de cruce de ambas líneas, la mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas, o entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de guarda de la línea eléctrica inferior, en el caso de que existan, se comprobará considerando:

- Los conductores de fase de la línea eléctrica superior en las condiciones más desfavorables de flecha máxima establecidas en el proyecto de la línea

- Los conductores de fase o los cables de guarda de la línea eléctrica inferior sin sobrecarga alguna a la temperatura mínima según la zona (-5 ºC en zona A, -15 ºC en zona B y -20 ºC en zona C).

En general, cuando el punto de cruce de ambas líneas se encuentre en las proximidades del centro del vano de la línea inferior, se tendrá en cuenta la posible desviación de los conductores de fase por la acción del viento.

En el cruzamiento de la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto con una línea de media tensión (20 kV) se supera la separación mínima de 2.2 metros señalada anteriormente.

3.6.2) Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas

A pesar de que en el presente proyecto no tiene lugar el paralelismo de la línea diseñada con otras, se presenta a continuación una breve definición de la situación y sus distancias mínimas reglamentarias.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3. Se entiende que existe paralelismo cuando dos o más líneas próximas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sean rigurosamente paralelas.

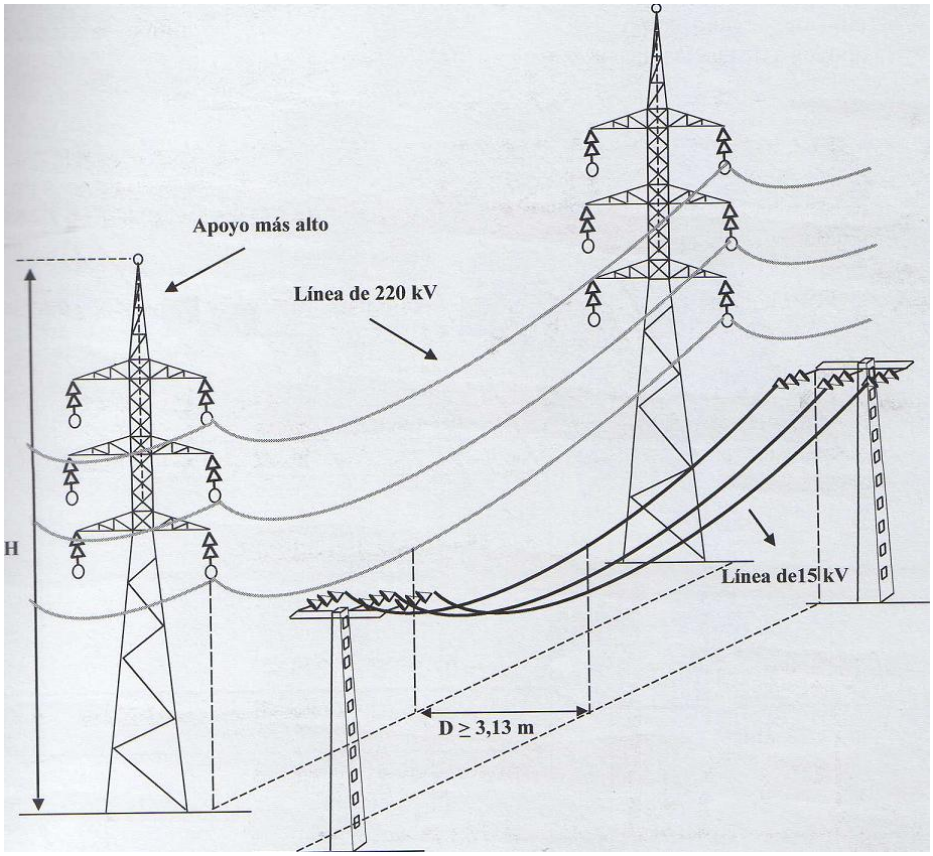
Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o de distribución de energía eléctrica, a distancias inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos. Se exceptúan de la anterior recomendación las zonas de acceso a centrales generadores y estaciones transformadoras.

En todo caso, entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, no deberá existir una separación inferior a la prescrita en el apartado 3.4.1, considerando los valores K, K', L, F Y Dpp de la línea de mayor tensión.

El tendido de líneas de diferente tensión sobre apoyos comunes se permitirá cuando sean de iguales características en orden a la clase de corriente y frecuencia, salvo que se trate de líneas de transporte y telecomunicación o maniobra de la misma empresa y siempre que estas últimas estén afectas exclusivamente al servicio de las primeras. La línea más elevada será preferentemente la de mayor tensión, y los apoyos tendrán la altura suficiente para que las separaciones entre los conductores de ambas líneas y, entre éstos y aquél, sean las que con carácter general se exigen y para que la distancia al terreno del conductor más bajo, en las condiciones más desfavorables, sea la establecida en el apartado 3.5.

Las líneas sobre apoyos comunes se considerarán como de tensión igual a la de la más elevada, a los efectos de explotación, conservación y seguridad en relación con personas y bienes. El aislamiento de la línea de menor tensión no será inferior al correspondiente de puesta a tierra de la línea de tensión más elevada.

A continuación se presenta un ejemplo de paralelismo de líneas aéreas:



3.6.3) Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

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

3.7) Distancias a carreteras

A continuación se indican las consideraciones indicadas en el apartado 5.7 de la ITC-LAT 07 del RLAT a tener en cuenta en esta situación.

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de cruzamiento como en el caso de paralelismo, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

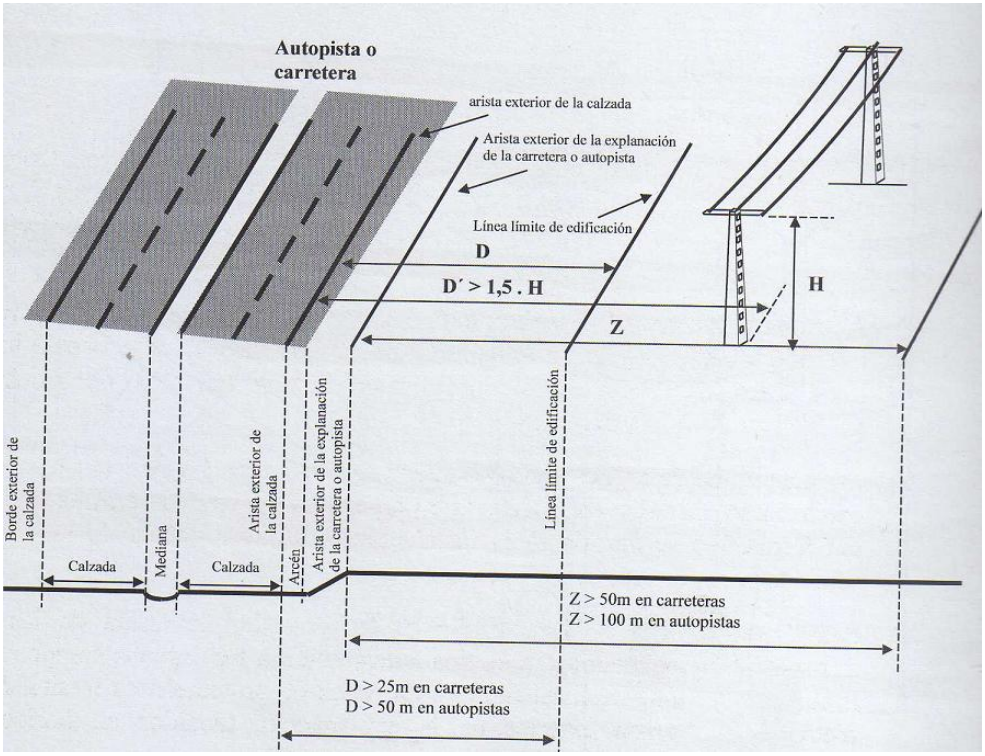
a) Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista

exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.

b) Para las carreteras no pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, la instalación de los apoyos deberá cumplir la normativa vigente de cada comunidad autónoma aplicable a tal efecto.

c) Independientemente de que la carretera pertenezca o no a la Red de Carreteras del Estado, para la colocación de apoyos dentro de la zona de afección de la carretera, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. Para la Red de Carreteras del Estado, la zona de afección comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

d) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.



3.7.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 quedando modificadas de la siguiente forma:

Condición a): En lo que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, se admite la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce para las líneas de tensión nominal superior a 30 kV. La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

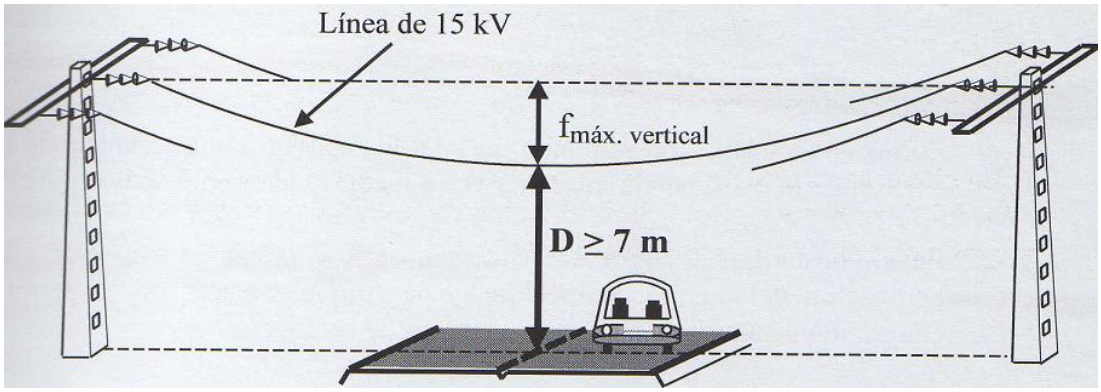
$$D_{add} + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con una distancia mínima de 7 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

Siendo:

D_{add} = 7,5 para líneas de categoría especial.

D_{add} = 6,3 para líneas del resto de categorías.



Para la línea de 55 kV analizada en el presente proyecto la distancia mínima es de:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 0,7 = \mathbf{7\ m}$$

En todos los cruzamientos de la línea diseñada con carreteras comarcales se supera esta distancia mínima de seguridad cumpliendo de este modo con las exigencias dl reglamento.

3.7.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

3.8) Distancias a ferrocarriles sin electrificar

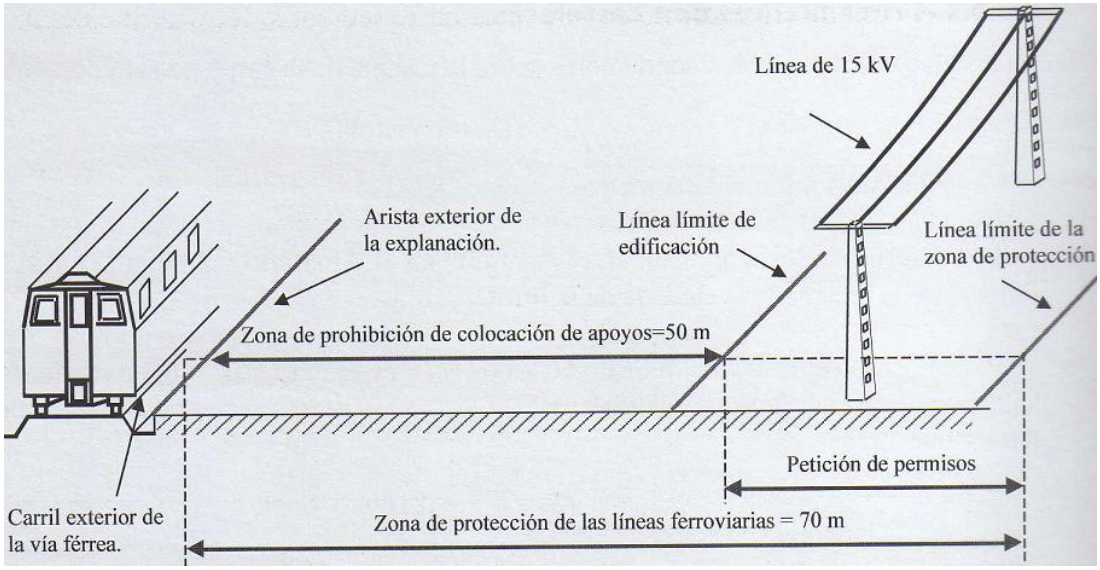
A pesar de que en el presente proyecto no tiene lugar el paralelismo de la línea diseñada con otras, se presenta a continuación una breve descripción de las consideraciones a tener en cuenta.

Según el Apartado 5.8 de la ITC-LAT 07, para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.

b) La línea límite de edificación es la situada a 50 metros de la arista exterior de la explanación medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.

c) Para la colocación de apoyos en la zona de protección de las líneas ferroviarias, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. La línea límite de la zona de protección es la situada a 70 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea.



d) En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a vez y media la altura del apoyo. e) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

3.8.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3. La distancia mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre las cabezas de los carriles, D, será la misma que para cruzamientos con carreteras.

3.8.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3

3.9) Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

En la distribución de la línea objeto de estudio en el presente proyecto no se produce este tipo de situaciones, no obstante, a continuación se describen las consideraciones exigidas en el Apartado 5.9 de la ITC-LAT 07 del reglamento.

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se seguirá lo indicado en al apartado 3.8 para ferrocarriles sin electrificar.

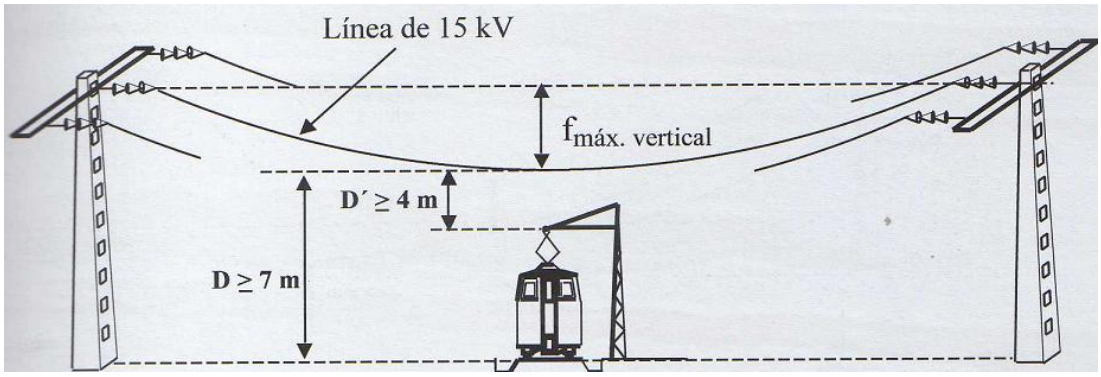
3.9.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

En el cruzamiento entre las líneas eléctricas y los ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, según las hipótesis del Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será de:

$$D_{add} + D_{el} = 3{,}5 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 4 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.



Para el cruzamiento de la línea de 55 kV la distancia mínima exigida sería de:

$$D_{add} + D_{el} = 3,5 + D_{el} = 3,5 + 0,7 = \mathbf{4,2\ m}$$

Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías y trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan accidentalmente separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el órgano de toma de corriente, no quede, teniendo en cuenta la posición más desfavorable que pueda adoptar, a menor distancia de aquellos que la definida anteriormente.

3.9.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

3.10) Distancias a teleféricos y cables transportadores

A lo largo del transcurso de la línea eléctrica analizada no se produce este tipo de situación, no obstante, se muestra a continuación las indicaciones que se plantean en el Apartado 5.10 de la ITC-LAT 07 del reglamento al respecto.

3.10.1) Cruzamientos

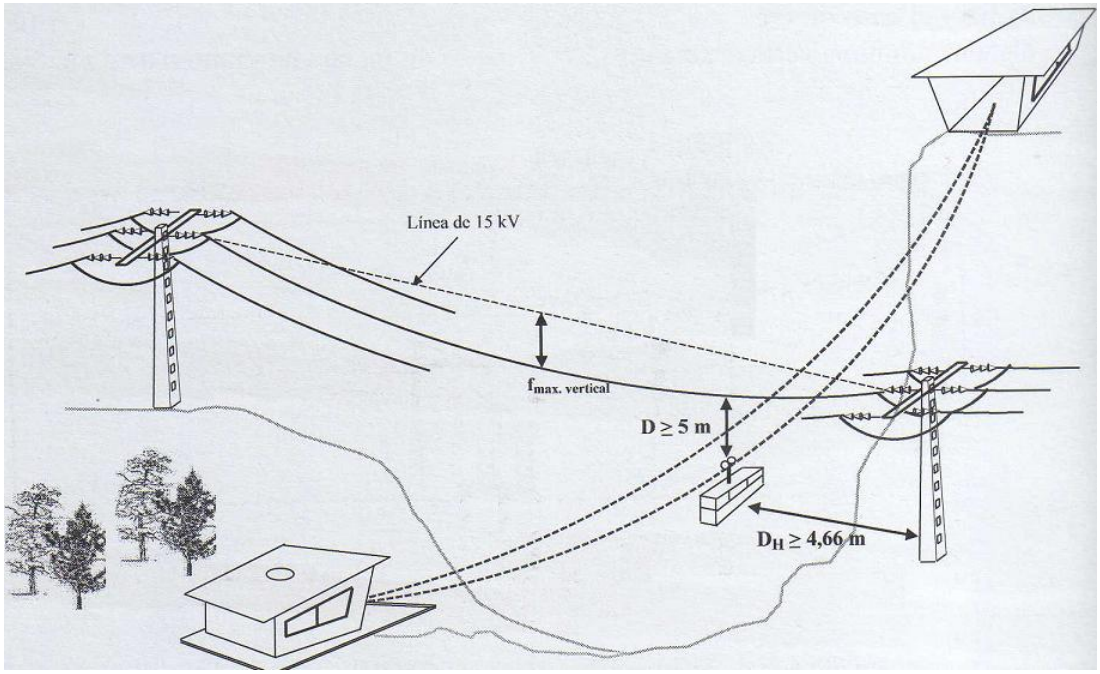
Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

El cruce de una línea eléctrica con teleféricos o cables transportadores deberá efectuarse siempre superiormente, salvo casos razonadamente muy justificados que expresamente se autoricen.

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las oscilaciones de los cables del mismo durante su explotación normal y la posible sobre elevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente será de:

$$D_{add} + D_{el} = 4{,}5 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 5 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea. La distancia horizontal entre la parte más próxima del teleférico y los apoyos de la línea eléctrica en el vano de cruce será como mínimo la que se obtenga de la fórmula anteriormente indicada. El teleférico deberá ser puesto a tierra en dos puntos, uno a cada lado del cruce, de acuerdo con las prescripciones del apartado 7.



Por tanto, la distancia mínima en el presente proyecto sería de:

$$D_{add} + D_{el} = 4{,}5 + D_{el} = 4{,}5 + 0{,}7 = \mathbf{5{,}2\ m}$$

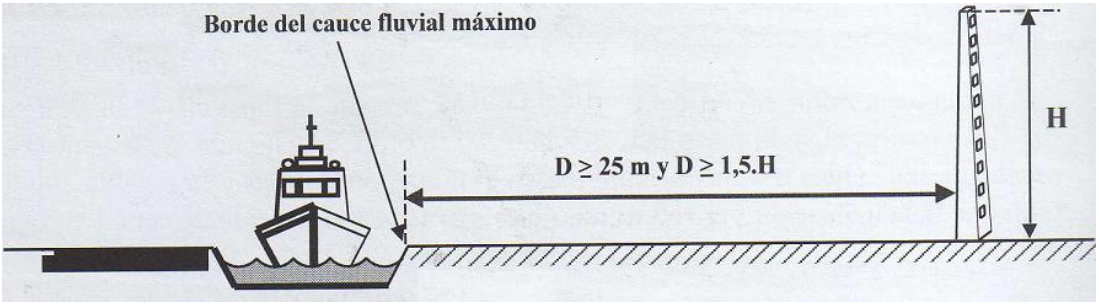
3.10.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

3.11) Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, tal y como se indica en el Apartado 5.11 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) La instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida. No obstante, podrá admitirse la colocación de apoyos a distancias inferiores si existe la autorización previa de la administración competente.



b) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

3.11.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis del Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

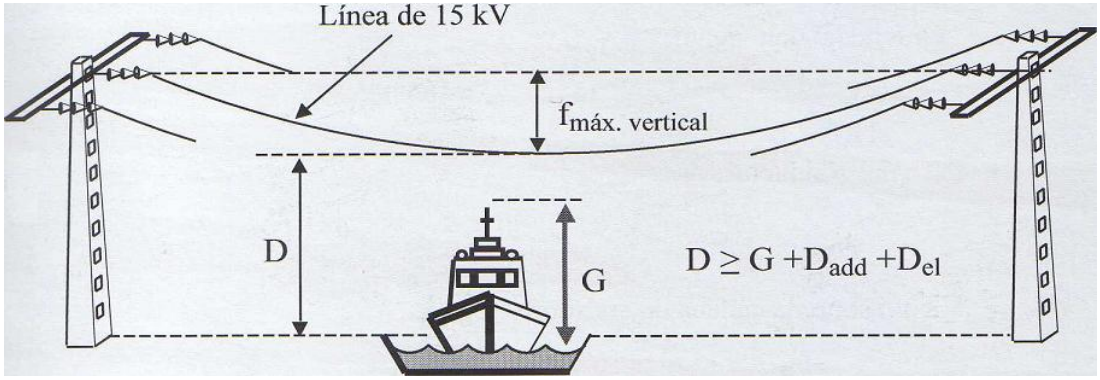
-Líneas de categoría especial:

$$G+ D_{add} + D_{el} = G+3,5 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

-Resto de líneas:

$$G+ D_{add} + D_{el} = G+2,3 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

siendo G el gálibo. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea. En el caso de que no exista gálibo definido se considerará éste igual a 4,7 metros.



Por tanto, para el presente proyecto la distancia mínima será:

$$G + D_{add} + D_{el} = 4,7 + 2,3 + 0,7 = \mathbf{7,7\ m}$$

En todos los cruzamientos que posee la línea con ríos y canales se supera esta distancia mínima, cumpliendo de este modo con las exigencias del reglamento.

3.11.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

3.12) Paso por zonas

En general, en vista de lo indicado en el Apartado 5.12 de la ITC-LAT 07, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional.

Las condiciones más desfavorables son considerar los conductores y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 º.

Las líneas aéreas de alta tensión deberán cumplir el R.O. 1955/2000, de 1 de diciembre, en todo lo referente a las limitaciones para la constitución de servidumbre de paso.

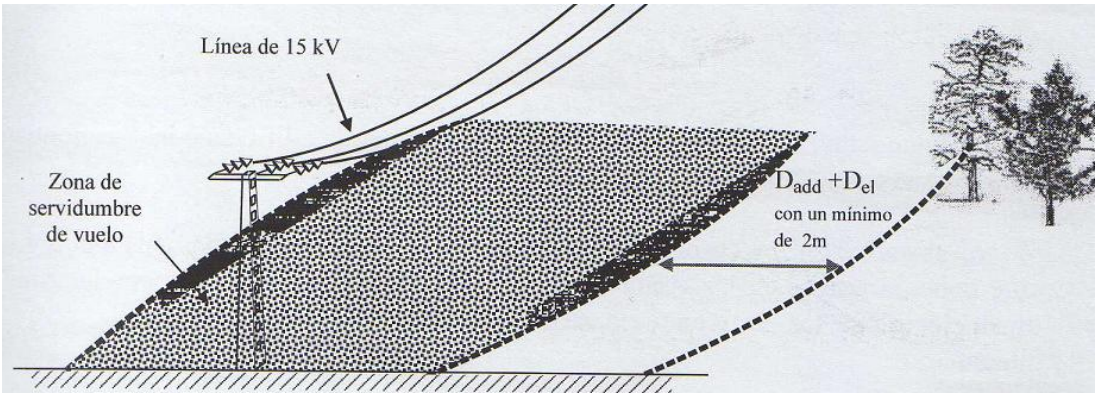
3.12.1) Bosques, árboles y masas de arbolado

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

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

$$D_{add} + D_{el} = 1{,}5 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 2 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.



La distancia mínima de la línea de 55 kV para esta situación resulta ser:

$$D_{add} + D_{el} = 1{,}5 + D_{el} = 1{,}5 + 0{,}7 = \mathbf{2{,}2\ m}$$

Siendo respetada en todo momento esta limitación por la línea diseñada.

El responsable de la explotación de la línea estará obligado a garantizar que la distancia de seguridad entre los conductores de la línea y la masa de arbolado dentro de la zona de servidumbre de paso satisface las prescripciones de este reglamento,

estando obligado el propietario de los terrenos a permitir la realización de tales actividades. Asimismo, comunicará al órgano competente de la administración las masas de arbolado excluidas de zona de servidumbre de paso, que pudieran comprometer las distancias de seguridad establecida en este reglamento. Deberá vigilar también que la calle por donde discurre la línea se mantenga libre de todo residuo procedente de su limpieza, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales.

-En el caso de que los conductores sobrevuelen los árboles; la distancia de seguridad se calculará considerando los conductores con su máxima flecha vertical.

-Para el cálculo de las distancias de seguridad entre el arbolado y los conductores extremos de la línea, se considerarán éstos y sus cadenas de aisladores en sus condiciones más desfavorables descritas en este apartado.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores en su posición normal, en la hipótesis de temperatura b) del apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07. Esta circunstancia será función del tipo y estado del árbol, inclinación y estado del terreno, y situación del árbol respecto a la línea.

Los titulares de las redes de distribución y transporte de energía eléctrica deben mantener los márgenes por donde discurren las líneas limpios de vegetación, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales. Asimismo, queda prohibida la plantación de árboles que puedan crecer hasta llegar a comprometer las distancias de seguridad reglamentarias.

Los pliegos de condiciones para nuevas contrataciones de mantenimiento de líneas incorporarán cláusulas relativas a las especies vegetales adecuadas, tratamiento de calles, limpieza y desherbado de los márgenes de las líneas como medida de prevención de incendios.

3.12.2) Edificios, construcciones y zonas urbanas

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

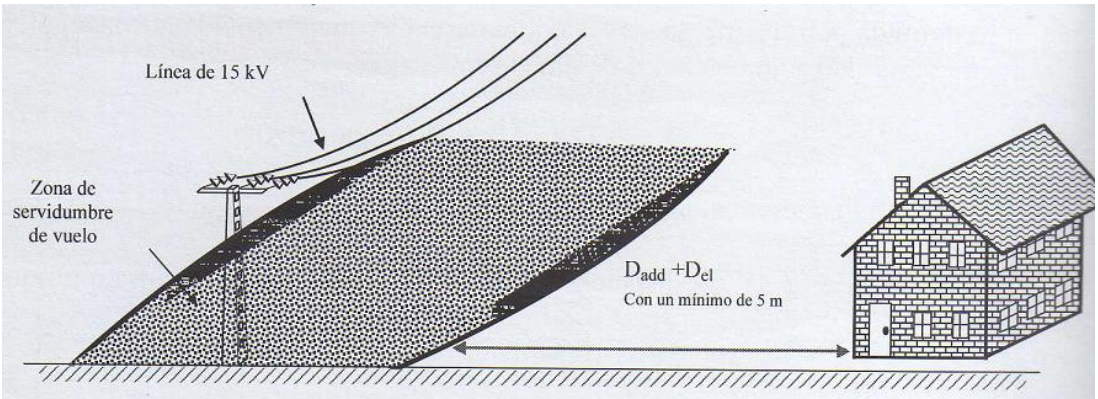
Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano, cuando pertenezcan al territorio de municipios que tengan plan de ordenación o como casco de población en municipios que carezcan de dicho plan. No obstante, a petición del titular de la instalación y cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, el órgano competente de la Administración podrá autorizar el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Se podrá autorizar el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos en las zonas de reserva urbana con plan general de ordenación legalmente aprobado y en zonas y polígonos industriales con plan parcial de ordenación aprobado, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan de plan de ordenación.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3{,}3 + D_{el} \text{ (en metros)}$$

con un mínimo de 5 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea. Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.



La distancia mínima a respetar por la línea de 55 kV es:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el} = 3,3 + 0,7 = 4 \text{ m} \rightarrow \mathbf{5\ m}$$

No obstante, en los casos de mutuo acuerdo entre las partes, las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

-Sobre puntos accesibles a las personas: $5,5 + D_{el}$ metros, con un mínimo de 6 metros.

-Sobre puntos no accesibles a las personas: $3,3 + D_{el}$ metros, con un mínimo de 4 metros.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatos.

En todos los casos en los que la línea posee este tipo de cruzamiento se mantienen las distancias mínimas anteriormente estipuladas.

3.12.3) Proximidad a aeropuertos

A pesar de que la línea analizada no se encuentra próxima a ningún aeropuerto se estudiarán las consideraciones a tener en cuenta para esta situación.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

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

3.12.4) Proximidad a parques eólicos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

Por motivos de seguridad de las líneas eléctricas aéreas de conductores desnudos, no se permite la instalación de nuevos aerogeneradores en la franja de terreno definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en la altura total del aerogenerador, incluida la pala, más 10 m.

3.12.5) Proximidades a obras.

Cuando se realicen obras próximas a líneas aéreas y con objeto de garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos eléctricos según la reglamentación aplicable de prevención de riesgos laborales, y en particular el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, el promotor de la obra se encargará de que se realice la señalización mediante el balizamiento de la línea aérea. El balizamiento utilizará elementos normalizados y podrá ser temporal.

4. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

4.1) Objetivos del cálculo mecánico de conductores

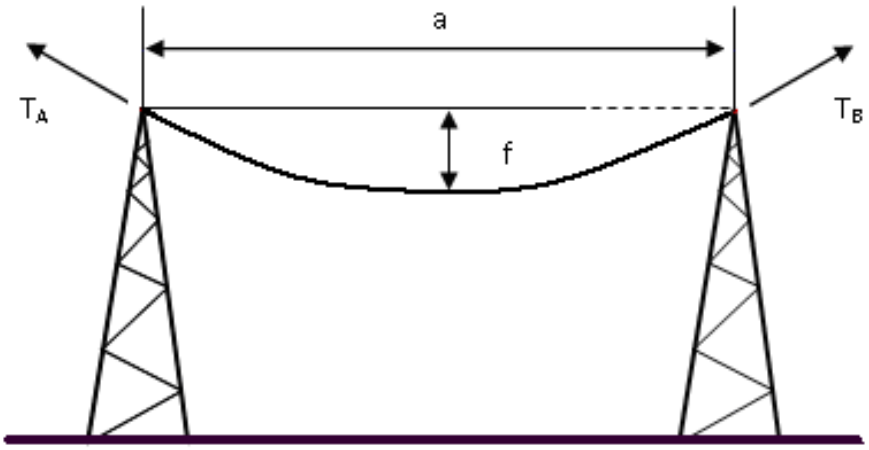
El objetivo del cálculo mecánico es prever las flechas y tensiones del conductor en todas las posibles condiciones de temperatura, hielo o viento. La flecha del conductor es un parámetro muy importante para el diseño de los apoyos y su ubicación, con el objetivo de mantener una distancia mínima al terreno y a otros objetos a lo largo de toda la vida útil de la línea. Por lo tanto, la integridad mecánica y eléctrica de una línea aérea dependerá de forma importante del grado de exactitud de los cálculos de la flecha y de la tensión.

4.2) Conceptos previos al cálculo mecánico del conductor

Antes de realizar los cálculos mecánicos del conductor es conveniente realizar una breve introducción de una serie de conceptos claves para este propósito.

4.2.1) Ecuación de la catenaria

Un conductor de peso uniforme, sujeto entre dos apoyos por los puntos A y B situados a la misma altura, forma una curva llamada catenaria. La distancia f entre el punto más bajo situado en el centro de la curva y la recta AB, que une los apoyos, recibe el nombre de flecha. Se llama vano a la distancia "a" entre los dos puntos de amarre A y B.

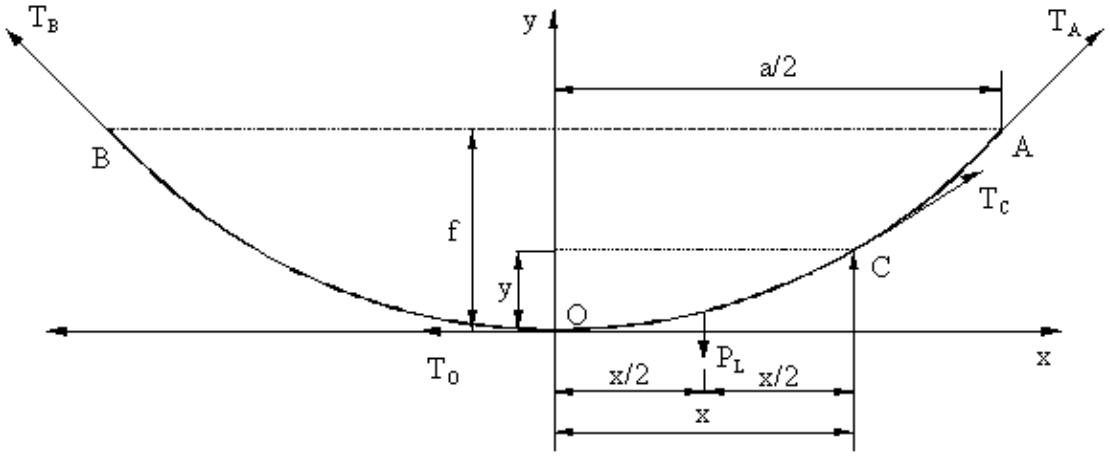


Los apoyos deberán soportar las tensiones T_A y T_B que ejerce el conductor en los puntos de amarre. La tensión $T = T_A = T_B$ dependerá de la longitud del vano, del peso del conductor, de la temperatura y de las condiciones atmosféricas.

Para vanos de hasta unos 500 metros es posible equiparar la forma de la catenaria a la de una parábola, lo cual exime de unos complejos cálculos matemáticos, obteniendo, sin embargo, una exactitud suficiente.

La catenaria deberá emplearse necesariamente en vanos superiores a los 1000 metros de longitud, ya que cuanto mayor es el vano, menor es la similitud entre la catenaria y la parábola.

A continuación se calcula la relación que existe entre la flecha y la tensión. Para ello se representa el conductor de un vano centrado en unos ejes de coordenadas:



Considerando un trozo de cable OC que tendrá un peso propio P_L aplicado en el punto medio y estará sometido a las tensiones T_O y T_C aplicadas en sus extremos.

Tomando momentos respecto al punto C se tiene:

$$T_0 \times y = P_L \times \frac{x}{2}$$

Por lo tanto el valor de y será:

$$y = \frac{P_L x}{2T_0}$$

Llamando P al peso unitario del conductor, el peso total del conductor en el tramo OC, llamado P_L, será igual al peso unitario por la longitud del conductor, que cometiendo un pequeño error se denominará x.

Por lo tanto admitiendo que:

$$P_L = P \cdot x$$

sustituyendo esta expresión en la fórmula anterior del valor de y resulta:

$$y = \frac{Px^2}{2T_0}$$

si ahora se considera el punto A correspondiente al amarre del cable en vez del punto C, se tendrá que:

$$y = f \Rightarrow x = \frac{a}{2}$$

Por lo tanto al sustituir queda:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_0} \quad [1]$$

Despejando el valor de la tensión T_O se obtiene:

$$T_0 = \frac{Pa^2}{8f}$$

La ecuación [1] relaciona la flecha f en función de la tensión T_O, del peso unitario del conductor P y de la longitud del vano a.

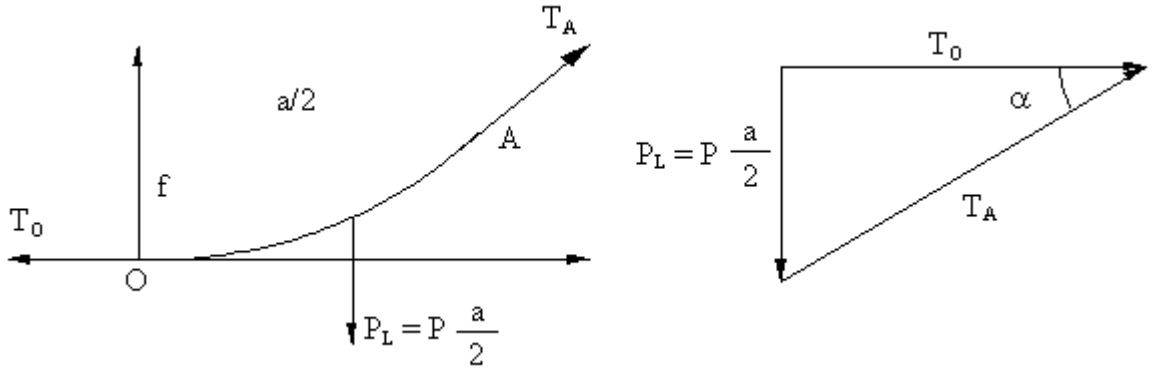
Si se compara esta ecuación de la parábola con la de la catenaria:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_0} \longrightarrow f = \frac{T_0}{P}\left(\cosh\frac{aP}{2T_0} - 1\right)$$

A pesar de la complejidad de la ecuación de la catenaria, se pueden asegurar resultados prácticamente idénticos empleando la ecuación de la parábola, lo cual simplifica enormemente los cálculos.

Empleando la tensión T_A en lugar de la utilizada hasta ahora, T_O, es posible analizar el triángulo de fuerzas compuesto por T_O, T_A y P_L:

$$y = \frac{Px^2}{2T_0}$$



y aplicando el Teorema de Pitágoras se obtiene:

$$T_A^2 = T_0^2 + (P\frac{a}{2})^2$$

En los casos prácticos que se presentan en las líneas aéreas de alta tensión, el valor del ángulo α formado por T_O y T_A es muy pequeño, por lo que se puede asegurar que $T_O \approx T_A$. Esto equivale a afirmar que la tensión a lo largo del conductor es constante.

La tensión T_A no debe sobrepasar nunca el valor de la carga de rotura del conductor Q, para evitar su rotura:

$$Q = \sigma \times S$$

siendo σ el coeficiente de resistencia a la tracción del conductor utilizado y S la sección del mismo.

Puesto que un conductor no debe trabajar nunca en condiciones próximas a las de rotura, se deberá admitir un cierto coeficiente de seguridad n tal que:

$$T_{Amax} = \frac{\sigma \times S}{n} = \frac{Q}{n}$$

El Reglamento de Líneas de Alta Tensión admite coeficientes de seguridad mínimos de 2,5, exigiendo en algunos casos el empleo de coeficientes de 5 o 6.

4.2.2) Comparación entre la ecuación de la parábola y la de la catenaria

Como se ha indicado anteriormente, con el fin de simplificar los cálculos se asemeja la ecuación de la parábola a la de la catenaria.

Para demostrar la validez de esta consideración se comparan a continuación, para el conductor LA-180 empleado en el presente proyecto, las flechas obtenidas según distintos vanos en función de la ecuación utilizada.

Las características del conductor LA-180 son:

- Peso del cable: P=0.676 Kg/m.

- Carga de rotura: Q=6590 Kg

$$T_0 = \frac{Q}{n} = \frac{6590}{4} = 1647.5\ Kg$$

La flecha para la catenaria es:

$$f = \frac{T_0}{P}\left(\cosh\frac{aP}{2T_0} - 1\right)$$

La flecha para la parábola es:

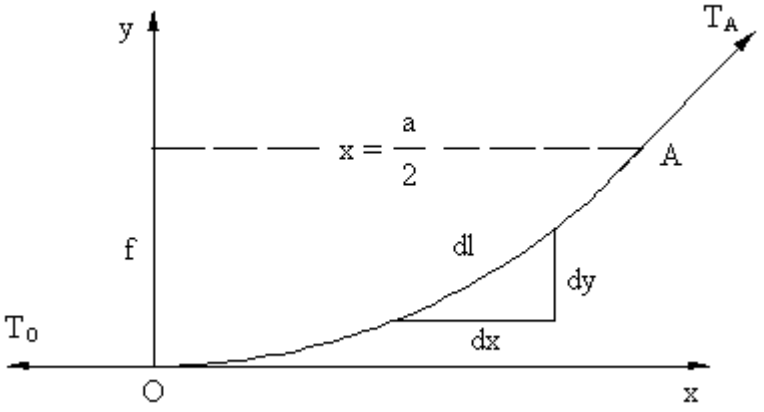
$$f = \frac{Pa^2}{8T_0}$$

Los resultados comparando ambas consideraciones se muestran a continuación:

Vano (m)	Ecuación catenaria	Ecuación parábola	Diferencia	Porcentaje (%)
100	0,512916	0,512898	0,000018	0,004
200	2,051881	2,051593	0,000288	0,014
400	8,21098	8,206373	0,004606	0,056
600	18,487667	18,46434	0,023327	0,126
800	32,899247	32,825493	0,073753	0,224
1000	51,469986	51,289833	0,180153	0,35
1200	74,231156	73,85736	0,373796	0,504
1400	101,221082	100,528073	0,693009	0,685
1600	132,485212	131,301973	1,183239	0,893
1800	168,076189	166,179059	1,89713	1,129
2000	208,053944	205,159332	2,894612	1,391

4.2.3) Longitud del conductor

Dada la flecha que se produce en un vano, la longitud del conductor no es igual a la distancia entre los postes. Por lo tanto, para hallar el valor exacto del conductor empleado, se obtendrá la expresión de la longitud del conductor en un vano, en función de la flecha y de la distancia entre los postes.



Tomando un elemento diferencial de longitud dl, para el que se verifica:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2$$

Se puede multiplicar y dividir por dx^2 :

$$dl^2 = \frac{dx^2 * \left(dx^2 + dy^2\right)}{dx^2} = \left(1 + \left(\frac{dy^2}{dx^2}\right)^2\right) dx^2$$

En el apartado anterior se demostró que ($T = T_0 = T_A$):

$$y = \frac{Px^2}{2T}$$

y derivando respecto a x se puede obtener el valor de dy/dx:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2xp}{2T} = \frac{xP}{T}$$

Por lo tanto al sustituir dx/dy en la expresión de dl^2, resulta:

$$dl^2 = \left(1 + \left(\frac{xP}{T}\right)^2\right) dx^2$$

Para no arrastrar expresiones se denomina α a:

$$\alpha = \frac{P}{T} = \frac{2y}{x^2}$$

y la expresión de dl resulta:

$$dl = \left(1 + (\alpha x)^2\right)^{1/2} dx$$

Para resolver el corchete se emplea la fórmula del binomio de Newton:

$$\left(1 + x^2\right)^{1/2} = 1 + \frac{\frac{1}{2}}{1!} x^2 + \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2} - 1\right)}{2!} x^4 + ...$$

La longitud del conductor en la mitad del vano se obtiene integrando dl desde 0 hasta x:

$$1 = \int_0^x dl = \int_0^x \left(1 + \alpha^2 x^2\right)^{1/2} dx = \int_0^x \left(1 + \frac{1}{2}\alpha^2 x^2 - \frac{1}{8}\alpha^4 x^4 + ...\right) dx$$

Integrando cada sumando resulta:

$$1 = x + \frac{1}{2}\alpha^2 \frac{x^3}{3} - \frac{1}{8}\alpha^4 \frac{x^5}{5} + ... = x + \frac{1}{6}\alpha^2 x^3 - \frac{1}{40}\alpha^4 x^5 + ...$$

Sustituyendo α por su valor queda:

$$1 = x + \frac{1}{6} * \frac{4y^2}{x^4} x^3 - \frac{1}{40} * \frac{16y^4}{x^8} x^5 + \ldots = x + \frac{2}{3} * \frac{y^2}{x} - \frac{2}{5} * \frac{y^4}{x^3} + \ldots$$

Como x = a / 2 y la flecha es y = f queda:

$$1 = \frac{a}{2} + \frac{2}{3}\frac{f^2}{\frac{a}{2}} - \frac{2}{5}\frac{f^4}{\frac{a^3}{8}} + \ldots = \frac{a}{2} + \frac{4}{3}\frac{f^2}{a} - \frac{16}{5}\frac{f^4}{a^3} + \ldots$$

La longitud del conductor en la totalidad del vano será el doble que en la mitad, por lo tanto L = 2 l, es decir:

$$L = a + \frac{8}{3}\frac{f^2}{a} - \frac{32}{5}\frac{f^4}{a^3} + \ldots$$

Para vanos normales, sólo se emplean los dos primeros términos, pues la aproximación es más que suficiente:

$$L = a + \frac{8}{3}\frac{f^2}{a}$$

Teniendo en cuenta la ecuación de la flecha:

$$f = \frac{Pa^2}{8T}$$

La longitud total del conductor resulta:

$$L = a + \frac{P^2 a^3}{24T^2}$$

4.2.4) Acciones sobre los conductores

Para efectuar el cálculo mecánico de un conductor es fundamental conocer cuáles son las fuerzas que actúan sobre el mismo. En principio, se puede pensar que la única fuerza que actúa sobre el conductor es la fuerza de tensado, pero es necesario tener presente que ésta es la consecuencia equilibradora de las demás acciones, ya que, si el conductor estuviera en el suelo, la tensión para mantenerlo recto sería nula.

De esta forma se ve que es el peso de un conductor el que crea la tensión a la que está sometido. Así pues, el primer dato que debe considerarse es su propio peso, pero además existirán acciones importantes debidas a las inclemencias atmosféricas (hielo, frío, calor o viento).

El Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, divide el estudio de las acciones sobre los conductores en tres zonas según la altitud:

- Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1.000 sobre el nivel del mar.

4.2.4.1) Acción del peso propio

Como se ha indicado en apartados anteriores, la curva que forma el conductor se aproxima a una parábola y la ecuación que relaciona la flecha con la tensión es:

$$f = \frac{Pa^2}{8T}$$

La longitud del conductor es

$$L \cong a + \frac{8f^2}{3a}$$

Al sustituir el valor de la flecha f en la longitud total L resulta:

$$L = a + \frac{P^2 a^3}{24T^2}$$

En esta fórmula se aprecia la relación existente entre el peso unitario por unidad de longitud y la tensión a la que está sometido.

4.2.4.2) Acción del viento

Es posible afirmar que la fuerza ejercida por el viento sobre un cuerpo es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad del viento y a la superficie expuesta. La constante K depende de la forma geométrica y de la posición relativa del obstáculo respecto a la dirección del viento.

$$F = kv^2 S$$

siendo:

- F: Fuerza total ejercida sobre el cuerpo (kg).

- k: Constante.

- v: Velocidad del viento (km/h).

- S: Superficie recta que presenta el objeto (m^2).

El valor de la constante K es de 0,007 para superficies planas, para superficies cilíndricas como es el caso de los conductores, hay que aplicar un coeficiente de reducción de valor 0,6 para diámetros inferiores a 16mm, y para diámetros superiores a 16 mm el coeficiente es de 0,5.

En lugar de emplear la fuerza total se suele utilizar la fuerza por unidad de longitud, y teniendo en cuenta que la superficie expuesta del conductor es igual al producto de su diámetro (D) por su longitud (L), resulta:

$$\frac{F}{L} = \frac{kv^2 S}{L} \Rightarrow Pv = acción_viento = kv^2 \frac{diametro * L}{L}$$

Denominando P_V a la fuerza que ejerce el viento por unidad de longitud resulta:

$$Pv = acción_viento = kv^2 D$$

en donde:

- P_V : Fuerza por unidad de longitud (daN/m)

- D: Diámetro del conductor (m.)

- k: Constante.

- v: Velocidad del viento (km/h.)

El Reglamento hace referencia a velocidades máximas del viento de 120 km/h., por lo tanto tendremos que:

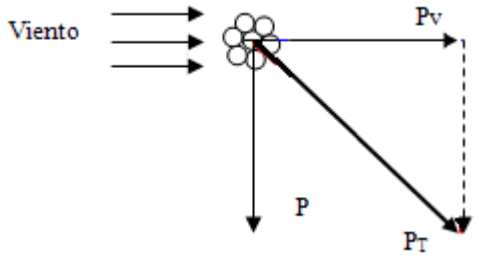
$$P_v = 0{,}007 \times 0{,}6 \times 120^2 \times \frac{D}{1000} = 0{,}06 \times D \quad \rightarrow D \leq 16\ mm$$

$$P_v = 0{,}007 \times 0{,}5 \times 120^2 \times \frac{D}{1000} = 0{,}05 \times D \quad \rightarrow D > 16\ mm$$

Por lo tanto la fuerza del viento en cualquier zona (A, B o C) es:

Fuerza del viento por unidad de longitud	
Diámetro	**P_V (daN/m) D (mm.)**
D ≤ 16 mm	$P_V = 0{,}06 \times D$
D > 16 mm	$P_V = 0{,}05 \times D$

El viento actúa de forma horizontal, mientras que el peso del conductor lo hace verticalmente. Por lo cual se debe realizar una composición con ambas fuerzas:



La resultante PT es el peso total por unidad de longitud en un conductor sometido a la acción del viento:

$$P_T = \sqrt{P^2 + Pv^2}$$

4.2.4.3) Acción del hielo

El hielo que se puede formar alrededor del conductor hace aumentar considerablemente el peso del mismo, por lo que se eleva la tensión, pudiendo llegar a la rotura.

Por estos motivos el Reglamento considera diversos manguitos de hielo según la zona en la que está instalada la línea:

- En la zona A, entre 0 y 500 metros de altitud, no se considera la formación de hielo.

- En la zona B, entre 500 y 1000 metros, la fuerza del manguito por unidad de longitud P_H (kg/m) es (D en mm):

$$P_H = 0.18\sqrt{D}$$

- En la zona C con una altitud de más de 1000 metros se tiene:

$$P_H = 0.36\sqrt{D}$$

El hielo actúa de forma vertical, por lo que se suma al peso propio del conductor:

$$P_T = P + P_H$$

4.2.4.4) Acción de la temperatura

Debido a los cambios de temperatura, el conductor se dilata o se contrae. Esto origina variaciones en la tensión y en la flecha, que aunque no son muy importantes en vanos de pequeña longitud, se deben considerar en el cálculo mecánico.

Como la dilatación es lineal responde a la fórmula:

$$L_1 = L_0(1 + \alpha t)$$

en donde:

- L_O: Longitud del cable a cero grados (m).
- L_1: Longitud a la temperatura t (m).
- α: coeficiente de dilatación lineal ($^oC^{-1}$).
- t: temperatura considerada (^oC).

La variación de longitud entre dos temperaturas diferentes t_1 y t_2 se modela mediante la siguiente expresión:

$$L_1 - L_2 = L_0(1 + \alpha t_1 \ldots) - L_0(1 + \alpha t_2 \ldots) = L_0\alpha(t_1 - t_2)$$

4.2.4.5) Acción de la elasticidad

Cuando un conductor se ve sometido a una determinada tensión, se produce un alargamiento de su longitud que responde a la ley de Hooke.

Llamando ε al alargamiento elástico producido por un kilogramo, sobre un conductor de un metro de longitud y un milímetro cuadrado de sección, tendremos

que en general, el alargamiento producido por una tensión T_1 o T_2 sobre un conductor de longitud L_O y sección S resulta:

$$L_1 = L_0\left(1+\varepsilon\frac{T_1}{S}\right) \Rightarrow L_2 = L_0\left(1+\varepsilon\frac{T_1}{S}\right) \Rightarrow L_1 - L_2 = \varepsilon L_0\left(\frac{T_1 - T_2}{S}\right)$$

siendo el módulo de elasticidad E = $1/\varepsilon$, tendremos:

$$L_1 - L_2 = L_0\left(\frac{T_1 - T_2}{ES}\right)$$

Mediante esta ecuación es posible determinar la variación de longitud del cable cuando está sometido a una variación de tensión, T_1, T_2.

4.2.5) Ecuación de cambio de condiciones

Los distintos métodos de cálculo de las tensiones y flechas en los conductores requieren un modelo de cambio del cambio de la longitud del conductor con la tensión, la temperatura y el paso del tiempo.

El empleo de la ecuación de cambio de condiciones se caracteriza por su simplicidad, pero presenta una limitación que se debe considerar. Mediante el modelo deformación lineal basado en la ecuación de cambio de condiciones, la elongación del conductor con la tensión o la temperatura se considera totalmente elástica y reversible. Este modelo permite soluciones algebraicas para el cálculo mecánico, sin embargo, al ignorarse la elongación plástica del conductor la tensión del conductor sobre los apoyos se sobredimensiona, mientras que las flechas calculadas resultan inferiores a las que se tendrían considerando el alargamiento plástico de los conductores, por lo que es recomendable utilizar un cierto margen de seguridad en el cálculo de la flecha.

A continuación se plantea la ecuación de cambio de condiciones:

La variación de las condiciones de carga (hielo o viento) o de la temperatura, producen la modificación de la tensión de trabajo de los conductores.

La ecuación del cambio de condiciones relaciona dos estados o situaciones de una línea eléctrica. Si se conocen todos los parámetros de un estado o condición inicial (1), se puede hallar por medio de la ecuación los parámetros de otro estado arbitrario

o condición final (2).

Condiciones iniciales	Condiciones finales
Temperatura: t_1 (ºC)	Temperatura: t_2 (ºC)
Tracción horizontal: T_1 (daN)	Tracción horizontal: T_2 (daN)
Peso del conductor con su sobrecarga: P1=P.m1 (daN/m)	Peso del conductor con su sobrecarga: P2=P.m2 (daN/m)
Longitud: L_1 (m)	Longitud: L_2 (m)

Resumiendo las ecuaciones que intervienen en las variaciones que sufre un vano cualquiera al variar sus condiciones, tendremos:

Ecuación de la flecha:

$$f_1 = \frac{P_1 a^2}{8T_1} \Rightarrow f_2 = \frac{P_2 a^2}{8T_2} \quad [1]$$

Longitud del conductor en el vano:

$$longitud_1 \cong a + \frac{8 f_1^2}{3a} \Rightarrow f = \frac{P_1 a^2}{8T_1} \Rightarrow L_1 = a + \frac{P_1^2 a^3}{24 T_1^2}$$

$$longitud_2 \cong a + \frac{8 f_2^2}{3a} \Rightarrow f_2 = \frac{P_2 a^2}{8T_2} \Rightarrow L_2 = a + \frac{P_2^2 a^3}{24 T_2^2}$$

por lo tanto:

$$L_1 - L_2 = \frac{P_1^2 a^3}{24 T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24 T_2^2} \quad [2]$$

Influencia de la temperatura:

$$L_1 - L_2 = L_0 \alpha (t_1 - t_2) \quad [3]$$

Influencia de la elasticidad:

$$L_1 - L_2 = L_0\left(\frac{T_1 - T_2}{ES}\right) \quad [4]$$

en donde:

- L_0 = a: longitud del vano (m).

- f_1, f_2: flecha del conductor (m).

- L_1, L_2: longitud del conductor (m).

- t_1, t_2: temperatura ambiente (ºC).

- T_1, T_2: tensión en el conductor (kg).

- P_1, P_2: peso total unitario del conductor incluyendo la acción del viento y del hielo si lo indica el Reglamento (kg/m).

Con todas estas premisas ya estamos en condiciones de plantear la ecuación. Por una parte la diferencia entre las longitudes del conductor en dos condiciones diferentes está dada por la expresión [2], por lo tanto:

$$L_1 - L_2 = \frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} \quad [5]$$

Por otra parte, la diferencia de longitudes también viene dada por las expresiones [3] y [4], pues el conductor estará sometido a las variaciones de temperatura y a la elasticidad, por lo tanto esta diferencia (L_1 - L_2) será igual a la suma de estas variaciones:

$$\frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} = \alpha * a(t_1 - t_2) + \frac{a(T_1 - T_2)}{ES} \quad [6]$$

En esta ecuación hemos considerado que L_0 = a, pues la diferencia existente es despreciable.

Igualando [5] y [6] resulta:

$$\frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \alpha a t_1 - \frac{aT_1}{ES} = \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} - \alpha a t_2 - \frac{aT_2}{ES}$$

Agrupando los términos y dividiendo ambos miembros por a resulta:

$$\frac{P_1^2 a^2}{24T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{ES} = \frac{P_2^2 a^2}{24T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{ES}$$

Puesto que interesan las condiciones finales en función de las iniciales, y dando al primer miembro de la igualdad el valor de K_1:

$$K_1 = \frac{P_1^2 a^2}{24T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{ES}$$

Con lo cual:

$$K_1 = \frac{P_2^2 a^2}{24T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{ES}$$

Multiplicando ambos términos por $24T_2^2$:

$$K_1 24T_2^2 = P_2^2 a^2 - \alpha t_2 24T_2^2 - \frac{T_2 24T_2^2}{ES}$$

Pasando el segundo miembro al primero y reagrupando resulta:

$$\frac{24T_2^3}{ES} + (K_1 24 + 24\alpha t_2) \times T_2^2 - P_2^2 a^2 = 0$$

Dividiendo ambos miembros por 24:

$$\frac{T_2^3}{ES} + (K_1 + \alpha t_2) \times T_2^2 - \frac{P_2^2 a^2}{24} = 0$$

Multiplicando a continuación por ES:

$$T_2^3 + (K_1 + \alpha t_2) \times ES \times T_2^2 - \frac{P_2^2 a^2 ES}{24} = 0$$

Si se denomina K_2 y K_3 a:

$$K_2 = (K_1 + \alpha t_2) \times ES \qquad K_3 = \frac{P_2^2 a^2 ES}{24}$$

La ecuación de cambio de condiciones se puede expresar según:

$$T_2^3 + K_2 \times T_2^2 - K_3 = 0$$

Esta ecuación permite obtener la tracción mecánica que debe tener el conductor en unas condiciones dadas de temperatura y sobrecarga (por ejemplo, el día de tendido), partiendo de otras condiciones (hipótesis más desfavorables de tracción o de flecha máxima) prefijadas y exigidas por el RLAT. Debido a que esta ecuación se ha deducido partiendo de ciertas simplificaciones nos dará soluciones aproximadas y admisibles siempre que se aplique a vanos no muy largos y con inclinaciones pequeñas (longitudes menores de 300 m con pendientes menores del 10 %).

4.2.6) Tensión de cada día (Every Day Stress, EDS)

La aparición de fenómenos vibratorios en un conductor se encuentra condicionada por la tensión a la que éste se ve sometido. Para tensiones mecánicas elevadas aumentan las probabilidades de que se produzca este fenómeno.

Para evitar que se produzcan vibraciones en el cable que puedan conducir a la rotura de los hilos que lo componen es conveniente mantener dicha tensión dentro de unos límites.

A raíz de esta necesidad de mantener confinados los valores de tensión surgió el término "Tensión de Cada Día" (Every Day Stress). Se define la tensión de cada día como la tensión a la que está sometido el cable la mayor parte del tiempo correspondiente a la temperatura media, sin que exista sobrecarga alguna. Se expresa en tanto por ciento de la carga de rotura del cable y está ligado a una temperatura que se llama "temperatura de cada día".

Se calcula de la siguiente manera:

$$EDS\ \% = \frac{T}{C_r} \leq 15\ \%$$

Donde:

- T: Tensión a 15 °C sin sobrecarga.

- C_r: Carga de rotura.

La reglamentación permite el diseño de líneas con valores de 1% ≤ EDS ≤ 15%:

- Si se diseña con valores del 1%, el conductor posee poca tensión y se disminuye mucho la probabilidad de aparición de fenómenos vibratorios, aumentando de este modo la seguridad. El inconveniente radica en que debido a la baja tensión del conductor se incrementa el tamaño de las flechas y obliga a la colocación de un gran número de apoyos (con el incremento de coste que ello supone).

- El diseño con valores del 15% disminuye el tamaño de las flechas y, por tanto, el número de apoyos necesarios (disminución de coste), debido al aumento de la tensión del conductor. Por el contrario, este incremento de tensión aumenta las probabilidades de aparición de fenómenos vibratorios que puedan dañar al conductor.

Los valores de EDS a seleccionar deben responder a una solución intermedia, aproximándose al 15% para optimizar de este modo el diseño, pero considerando las condiciones climatológicas de la zona para garantizar la seguridad de la instalación.

En el presente proyecto se ha seleccionado en el diseño un EDS constante de 12% para el conductor LA-180 y un "EDS" constante de 15% para el cable de tierra T-50.

4.3) Cálculo mecánico del conductor

Los conductores empleados para la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto deben cumplir las siguientes condiciones:

1º) El coeficiente de seguridad a la rotura para el conductor, en las condiciones de máxima tensión será como mínimo igual a tres.

2º) La tensión de trabajo de los conductores a 15ºC sin sobrecarga no excederá del 15% de la carga de rotura, es decir, el EDS será menor o igual al 15%.

4.3.1) Tracción máxima admisible

En el Apartado 3.2.1 de la ITC-LAT 07 del RLAT se indican las consideraciones a tener en cuenta para el cálculo de las tracciones máximas admisibles de los conductores:

"La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a

su carga de rotura, mínima dividida por 2,5, si se trata de conductores cableados, o dividida por 3, si se trata de conductores de un alambre, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la tabla que se muestra a continuación en función de que la zona sea A, B ó C."

Teniendo en cuenta que la línea del presente proyecto discurre por "Zona B" y por "Zona A", la tracción máxima del conductor se produce:

Zona A			
Hipótesis	**Temperatura (ºC)**	**Sobrecarga Viento**	**Sobrecarga hielo**
Tracción máxima viento	-5	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Zona B			
Hipótesis	**Temperatura (ºC)**	**Sobrecarga Viento**	**Sobrecarga hielo**
Tracción máxima viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
(*)Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

(*) La hipótesis de tracción máxima de hielo +viento se aplica a las líneas de categoría especial y a todas aquellas líneas que la norma particular de la empresa eléctrica así lo establezca o cuando el proyectista considere que la línea pueda encontrarse sometida a la citada carga combinada.

La tracción máxima de los conductores y el cable de tierra en la línea diseñada en el presente proyecto no supera en ninguno de los casos los valores máximos establecidos por el Reglamento, a continuación se presenta una tabla con las tensiones máximas presentes en cada sección de la línea:

			CONDUCTOR LA-180				CABLE TIERRA T-50			
ZONAS	SERIES	LONGITUD VANOS (m)	TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA				TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA			
			A		B		A		B	
			-5º Viento		-15º Hielo $180\sqrt{d}$		-5º Viento		15º Hielo $180\sqrt{d}$	
			T	c.s	T	c.s	T	c.s	T	c.s
ZONA B	1	145	1304,5	5,05	1632,5	4,04	1208,5	4,95	1420,25	4,21
	2	198.7	1301,08	5,07	1644,71	4,01	1256,83	4,76	1514,79	3,95
		182	1302,08	5,06	1641,04	4,02	1241,8	4,81	1486,4	4,02
		212	1300,52	5,07	1646,68	4,01	1267,6	4,72	1536,8	3,89
	3	232	1299,72	5,07	1649,48	4	1283,6	4,66	1568,6	3,81
	4	301.4	1296,97	5,08	1657,08	3,98	1331,91	4,49	1565,75	3,59
		238	1299,48	5,07	1650,32	3,99	1288,4	4,65	1577,9	3,79
		244	1299,24	5,07	1651,16	3,99	1293	4,63	1566,8	3,77
		366	1295,68	5,09	1660,96	3,97	1368	4,37	1740	3,44
	5	170	1302,8	5,06	1638,4	4,02	1231	4,86	1465,5	4,08
	6	155.7	1303,66	5,05	1635,25	4,03	1218,13	4,91	1440,05	4,15
		151	1303,94	5,05	1634,22	4,03	1213,9	4,93	1431,35	4,18
		160	1303,4	5,05	1636,2	4,03	1222	4,89	1448	4,13
	7	161	1303,34	5,05	1636,42	4,03	1222,9	4,89	1449,75	4,13
	8	183.4	1302	5,06	1641,35	4,02	1243,06	4,81	1488,78	4,01
		164	1303,16	5,06	1637,08	4,02	1225,6	4,88	1455	4,11
		198	1301,12	5,07	1644,56	4,01	1256,2	4,77	1513,6	3,95
	9	200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	10	200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	11	209.8	1300,61	5,07	1646,37	4,01	1265,84	4,73	1533,17	3,9
		200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
		226	1299,96	5,07	1648,64	4	1278,8	4,68	1559,3	3,84
	12	225.5	1299,98	5,07	1648,57	4	1278,4	4,68	1558,53	3,84
		225	1300	5,07	1648,5	4	1278	4,68	1557,75	3,84
		226	1299,96	5,07	1648,64	4	1278,8	4,68	1559,3	3,84
	13	200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94

	14	**209.6**	1300,62	5,07	1646,34	4,01	1265,68	4,73	1532,84	3,9
		200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
		218	1300,28	5,07	1647,52	4	1272,4	4,7	1546,7	3,87
	15	**262**	1298,52	5,07	1653,2	3,99	1306,3	4,58	1512,8	3,7
	16	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	17	**220**	1300,2	5,07	1647,8	4	1274	4,69	1550	3,86
	18	**203.6**	1300,86	5,07	1645,5	4,01	1260,88	4,75	1522,94	3,93
		178	1302,32	5,06	1640,16	4,02	1238,2	4,83	1479,5	4,04
		222	1300,12	5,07	1648,08	4	1275,6	4,69	1553,1	3,85
	19	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	20	**204**	1300,84	5,07	1645,56	4,01	1261,2	4,75	1523,6	3,92
		175	1302,5	5,06	1639,5	4,02	1235,5	4,84	1474,25	4,06
		224	1300,04	5,07	1648,36	4	1277,2	4,68	1556,2	3,84
ZONA A	**21**	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	22	**202**	1300,92	5,07	1645,28	4,01	1259,6	4,75	1520,3	3,93
	23	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	24	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	25	**212**	1300,52	5,07	1646,68	4,01	1267,6	4,72	1536,8	3,89
	26	**210**	1300,6	5,07	1646,4	4,01	1266	4,73	1533,5	3,9
	27	**219**	1300,24	5,07	1647,66	4	1273,2	4,69	1548,35	3,86
		218	1300,28	5,07	1647,52	4	1272,4	4,7	1546,7	3,87
		220	1300,2	5,07	1647,8	4	1274	4,69	1550	3,86
	28	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	29	**200.7**	1300,97	5,07	1645,1	4,01	1258,56	4,76	1518,16	3,94
		200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
		202	1300,92	5,07	1645,28	4,01	1259,6	4,75	1520,3	3,93
	30	**230**	1299,8	5,07	1649,2	4	1282	4,67	1565,5	3,82
	31	**217.8**	1300,29	5,07	1647,49	4	1272,24	4,7	1546,37	3,87
		200	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
		232	1299,72	5,07	1649,48	4	1283,6	4,66	1568,6	3,81
	32	**196**	1301,24	5,07	1644,12	4,01	1254,4	4,77	1510,2	3,96
	33	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	34	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	35	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	36	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	37	**206**	1300,76	5,07	1645,84	4,01	1262,8	4,74	1526,9	3,92
	38	**227.1**	1299,92	5,07	1648,79	4	1279,68	4,67	1561,01	3,83
		224	1300,04	5,07	1648,36	4	1277,2	4,68	1556,2	3,84
		230	1299,8	5,07	1649,2	4	1282	4,67	1565,5	3,82

	39	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	40	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94
	41	**205.2**	1300,79	5,07	1645,73	4,01	1262,16	4,74	1525,58	3,92
		170	1302,8	5,06	1638,4	4,02	1231	4,86	1465,5	4,08
		228	1299,88	5,07	1648,92	4	1280,4	4,67	1562,4	3,83
	42	**167.1**	1302,97	5,06	1637,76	4,02	1228,39	4,87	1460,43	4,09
		136	1305,4	5,05	1629,8	4,04	1200,4	4,99	1403,6	4,26
		155	1303,7	5,05	1635,1	4,03	1217,5	4,91	1438,75	4,16
		194	1301,36	5,07	1643,68	4,01	1252,6	4,78	1506,8	3,97
	43	**304**	1296,92	5,08	1657,24	3,98	1333,6	4,48	1569	3,58
	44	**152.1**	1303,87	5,05	1634,46	4,03	1214,89	4,92	1433,39	4,17
		103	1309,7	5,03	1618,2	4,08	1169,7	5,11	1343,4	4,45
		153	1303,82	5,05	1634,66	4,03	1215,7	4,92	1435,05	4,17
		174	1302,56	5,06	1639,28	4,02	1234,6	4,84	1472,5	4,06
	45	**176.6**	1302,4	5,06	1639,85	4,02	1236,94	4,83	1477,05	4,05
		173	1302,62	5,06	1639,06	4,02	1233,7	4,84	1470,75	4,07
		180	1302,2	5,06	1640,6	4,02	1240	4,82	1483	4,03
	46	**259.4**	1298,62	5,07	1652,94	3,99	1304,55	4,58	1512,13	3,71
		220	1300,2	5,07	1647,8	4	1274	4,69	1550	3,86
		286	1297,56	5,08	1655,6	3,98	1321,9	4,53	1545,8	3,63
	47	**199**	1301,06	5,07	1644,78	4,01	1257,1	4,76	1515,3	3,94
		190	1301,6	5,07	1642,8	4,01	1249	4,79	1500	3,99
		207	1300,72	5,07	1645,98	4,01	1263,6	4,74	1528,55	3,91
	48	**233.5**	1299,66	5,07	1649,69	4	1284,8	4,66	1570,93	3,81
		194	1301,36	5,07	1643,68	4,01	1252,6	4,78	1506,8	3,97
		217	1300,32	5,07	1647,38	4	1271,6	4,7	1545,05	3,87
		246	1299,16	5,07	1651,44	3,99	1294,5	4,62	1559,7	3,76
		260	1298,6	5,07	1653	3,99	1305	4,58	1510	3,71
	49	**200**	1301	5,07	1645	4,01	1258	4,76	1517	3,94

4.3.2) Comprobación de fenómenos vibratorios

En el Apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07 del reglamento se establece que a la hora de determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra deberá tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden, no sólo acortar la vida útil de los mismos, sino también dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica y en el caso de conductores en haz, además, la vibración del subvano (entre separadores).

La elección de una tracción adecuada a la temperatura ambiente y el uso de amortiguadores y separadores debidamente posicionados ayudan a prevenir estos fenómenos.

En general, se recomienda que la tracción a temperatura de 15 ºC no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

También se recomienda la instalación de grapas de suspensión con varillas de protección.

En el presente proyecto la tracción a temperatura de 15 ºC, como ya se indicó anteriormente, no supera el 15 % (Se ha seleccionado un EDS del 12%), por tanto, no se requiere de la implantación en la línea de amortiguadores y separadores.

4.3.3) Flechas máximas de los conductores y cables de tierra

En el Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07 del reglamento se indica que, de acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el apartado 3.1.3, se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes para zonas A, B y C:

- *Hipótesis de viento*: Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de + 15 ºC.

- *Hipótesis de temperatura*: Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para las líneas de categoría especial, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 85 ºC para los conductores de fase ni inferior a + 50 ºC para los cables de tierra. Para el resto de líneas, tanto para los conductores de fase como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 50 ºC.

- *Hipótesis de hielo*: Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de 0 ºC.

Las longitudes de las flechas máximas y mínimas que se producen en los vanos que conforman el conjunto de la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto son:

			CONDUCTOR LA-180										CABLE TIERRA T-50									
ZONAS	SERIES	LONGITUD VANOS (m)	MÁXIMA FLECHA						MÍNIMA FLECHA				MÁXIMA FLECHA						MÍNIMA FLECHA			
			A-B				B		A		B		A-B				B		A		B	
			+15° Viento		+50° C		0° Hielo $360\sqrt{d}$		-5° C		-15° C		+15° Viento		+50° C		0° Hielo $360\sqrt{d}$		-5° C		-15° C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
ZONA B	1	145	1116,5	2,61	594,5	2,99	1469	2,56	984	1,81	1113,5	1,6	1064,25	1,66	655,75	1,57	1316,75	1,87	1067,25	0,97	1158,25	0,89
	2	198.7	1173,65	4,66	657,52	5,08	1531,52	4,61	903,87	3,7	975,22	3,43	1137,31	2,91	703,9	2,75	1427,47	3,23	1038,65	1,87	1116,98	1,73
		182	1156,28	4,01	638,48	4,42	1512,48	3,96	927,92	3,1	1016,64	2,85	1115,6	2,48	689,7	2,36	1394,9	2,78	1047	1,55	1129,5	1,44
		212	1182,92	5,3	667,64	5,72	1541,64	5,25	892,88	4,32	956,4	4,04	1153,4	3,26	714	3,09	1452,8	3,62	1031,4	2,14	1106,4	1,99
	3	232	1196,12	6,27	682,04	6,71	1556,04	6,23	877,68	5,27	930,4	4,98	1176,8	3,83	727,8	3,64	1489	4,24	1021	2,59	1091	2,42
	4	301.4	1229,35	10,23	719,39	10,69	1594,42	10,19	841,69	9,14	870,5	8,83	1246,19	6,12	767,7	5,82	1598,96	6,67	990,51	4,51	1043,23	4,27
		238	1200,08	6,56	686,36	7,01	1560,36	6,52	873,12	5,55	922,6	5,26	1183,7	4,01	731,7	3,8	1499,5	4,43	1018	2,72	1086,5	2,56
		244	1204,04	6,86	690,68	7,3	1564,68	6,82	868,56	5,84	914,8	5,54	1190,2	4,2	735,6	3,98	1509,6	4,62	1015,2	2,87	1082,2	2,7
		366	1245,5	15,08	737,48	15,55	1613,8	15,04	827,48	13,96	847,24	13,65	1296,2	8,7	795,1	8,32	1682,9	9,37	969,2	6,8	1009,3	6,53
	5	170	1143,8	3,55	624,8	3,95	1498,8	3,5	945,2	2,67	1046,4	2,43	1099,5	2,2	679	2,07	1370	2,47	1053,5	1,35	1139	1,25
		155.7	1128,93	2,99	608,5	3,38	1482,5	2,94	965,79	2,16	1081,86	1,93	1079,77	1,88	665,92	1,75	1339,76	2,12	1061,37	1,12	1150,23	1,03
	6	151	1124,04	2,81	603,14	3,2	1477,14	2,76	972,56	1,99	1093,52	1,77	1072,95	1,78	661,45	1,67	1329,65	2,01	1063,95	1,05	1153,75	0,97
		160	1133,4	3,16	613,4	3,55	1487,4	3,11	959,6	2,31	1071,2	2,08	1086	1,97	670	1,82	1349	2,22	1059	1,18	1147	1,09
	7	161	1134,44	3,2	614,54	3,59	1488,54	3,15	958,16	2,35	1068,72	2,12	1087,35	1,99	670,9	1,84	1351,1	2,25	1058,45	1,2	1146,2	1,11
	8	183.4	1157,74	4,07	640,08	4,48	1514,08	4,02	925,9	3,15	1013,17	2,9	1117,42	2,52	690,89	2,39	1397,63	2,81	1046,3	1,57	1128,45	1,46
		164	1137,56	3,31	617,96	3,71	1491,96	3,26	953,84	2,45	1061,28	2,22	1091,4	2,06	673,6	1,92	1357,4	2,32	1056,8	1,25	1143,8	1,15
		198	1172,92	4,63	656,72	5,05	1530,72	4,58	904,88	3,68	976,96	3,41	1136,4	2,89	703,3	2,73	1426,1	3,22	1039	1,85	1117,5	1,72
	9	200	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75

	10	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	11	**209.8**	1181,47	5,19	666,06	5,61	1540,06	5,14	894,55	4,21	959,26	3,94	1150,76	3,2	712,35	3,03	1448,62	3,56	1032,61	2,1	1108,16	1,95
		200	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
		226	1192,16	5,98	677,72	6,41	1551,72	5,93	882,24	4,98	938,2	4,7	1169,9	3,66	723,9	3,47	1478,5	4,05	1024	2,45	1095,5	2,29
	12	**225.5**	1191,83	5,95	677,36	6,39	1551,36	5,91	882,62	4,96	938,85	4,67	1169,33	3,64	723,58	3,45	1477,63	4,03	1024,25	2,44	1095,88	2,27
		225	1191,5	5,93	677	6,37	1551	5,89	883	4,94	939,5	4,65	1168,75	3,63	723,25	3,44	1476,75	4,02	1024,5	2,43	1096,25	2,26
		226	1192,16	5,98	677,72	6,41	1551,72	5,93	882,24	4,98	938,2	4,7	1169,9	3,66	723,9	3,47	1478,5	4,05	1024	2,45	1095,5	2,29
	13	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	14	**209.6**	1181,34	5,18	665,91	5,6	1539,91	5,13	894,7	4,21	959,52	3,93	1150,52	3,2	712,2	3,03	1448,24	3,55	1032,72	2,09	1108,32	1,94
		200	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
		218	1186,88	5,59	671,96	6,02	1545,96	5,54	888,32	4,6	948,6	4,32	1160,6	3,43	718,5	3,25	1464,2	3,8	1028,1	2,27	1101,6	2,11
	15	**262**	1213,04	7,86	700,76	8,32	1575	7,82	858,72	6,82	898,36	6,52	1208,9	4,77	747,1	4,51	1539,2	5,23	1007,1	3,35	1069,6	3,15
	16	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	17	**220**	1188,2	5,69	673,4	6,12	1547,4	5,64	886,8	4,7	946	4,42	1163	3,48	720	3,3	1468	3,86	1027	2,31	1100	2,15
	18	**203.6**	1177,38	4,89	661,59	5,31	1535,59	4,84	899,26	3,92	967,32	3,65	1143,32	3,04	707,7	2,87	1436,84	3,38	1036,02	1,97	1113,12	1,82
		178	1152,12	3,86	633,92	4,26	1507,92	3,81	933,68	2,96	1026,56	2,71	1110,3	2,38	686,2	2,26	1386,8	2,67	1049,1	1,48	1132,6	1,37
		222	1189,52	5,78	674,84	6,22	1548,84	5,74	885,28	4,79	943,4	4,51	1165,3	3,54	721,3	3,36	1471,5	3,92	1026	2,36	1098,5	2,2
	19	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	20	**204**	1177,64	4,91	661,88	5,33	1535,88	4,86	898,96	3,94	966,8	3,67	1143,8	3,05	708	2,88	1437,6	3,39	1035,8	1,97	1112,8	1,83
		175	1149	3,74	630,5	4,15	1504,5	3,69	938	2,85	1034	2,61	1106,25	2,32	683,5	2,19	1380,5	2,6	1050,75	1,43	1135	1,32
		224	1190,84	5,88	676,28	6,32	1550,28	5,84	883,76	4,89	940,8	4,6	1167,6	3,6	722,6	3,41	1475	3,99	1025	2,4	1097	2,24
ZONA A	**21**	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	22	**202**	1176,32	4,81	660,44	5,23	1534,44	4,76	900,48	3,84	969,4	3,57	1141,4	2,99	706,5	2,83	1433,8	3,33	1036,9	1,93	1114,4	1,79
	23	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75

	24	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	25	**212**	1182,92	5,3	667,64	5,72	1541,64	5,25	892,88	4,32	956,4	4,04	1153,4	3,26	714	3,09	1452,8	3,62	1031,4	2,14	1106,4	1,99
	26	**210**	1181,6	5,2	666,2	5,62	1540,2	5,15	894,4	4,22	959	3,95	1151	3,21	712,5	3,04	1449	3,57	1032,5	2,1	1108	1,95
	27	**219**	1187,54	5,64	672,68	6,07	1546,68	5,59	887,56	4,65	947,3	4,37	1161,8	3,45	719,25	3,27	1466,1	3,83	1027,55	2,29	1100,8	2,13
		218	1186,88	5,59	671,96	6,02	1545,96	5,54	888,32	4,6	948,6	4,32	1160,6	3,43	718,5	3,25	1464,2	3,8	1028,1	2,27	1101,6	2,11
		220	1188,2	5,69	673,4	6,12	1547,4	5,64	886,8	4,7	946	4,42	1163	3,48	720	3,3	1468	3,86	1027	2,31	1100	2,15
	28	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	29	**200.7**	1175,46	4,74	659,5	5,16	1533,5	4,69	901,47	3,78	971,09	3,51	1139,84	2,96	705,53	2,8	1431,33	3,29	1037,62	1,9	1115,44	1,76
		200	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
		202	1176,32	4,81	660,44	5,23	1534,44	4,76	900,48	3,84	969,4	3,57	1141,4	2,99	706,5	2,83	1433,8	3,33	1036,9	1,93	1114,4	1,79
	30	**230**	1194,8	6,17	680,6	6,61	1554,6	6,13	879,2	5,17	933	4,88	1174,5	3,78	726,5	3,58	1485,5	4,18	1022	2,54	1092,5	2,38
	31	**217.8**	1186,75	5,58	671,82	6,01	1545,82	5,53	888,47	4,59	948,86	4,31	1160,36	3,42	718,35	3,24	1463,82	3,8	1028,21	2,26	1101,76	2,11
		200	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
		232	1196,12	6,27	682,04	6,71	1556,04	6,23	877,68	5,27	930,4	4,98	1176,8	3,83	727,8	3,64	1489	4,24	1021	2,59	1091	2,42
	32	**196**	1170,84	4,55	654,44	4,97	1528,44	4,5	907,76	3,61	981,92	3,34	1133,8	2,84	701,6	2,69	1422,2	3,16	1040	1,81	1119	1,68
	33	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	34	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	35	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	36	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	37	**206**	1178,96	5	663,32	5,43	1537,32	4,95	897,44	4,03	964,2	3,76	1146,2	3,1	709,5	2,94	1441,4	3,45	1034,7	2,02	1111,2	1,87
	38	**227.1**	1192,89	6,03	678,51	6,47	1552,51	5,99	881,4	5,03	936,77	4,75	1171,17	3,69	724,62	3,5	1480,43	4,08	1023,45	2,47	1094,68	2,31
		224	1190,84	5,88	676,28	6,32	1550,28	5,84	883,76	4,89	940,8	4,6	1167,6	3,6	722,6	3,41	1475	3,99	1025	2,4	1097	2,24
		230	1194,8	6,17	680,6	6,61	1554,6	6,13	879,2	5,17	933	4,88	1174,5	3,78	726,5	3,58	1485,5	4,18	1022	2,54	1092,5	2,38
	39	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75

	40	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75
	41	**205.2**	1178,43	4,96	662,74	5,39	1536,74	4,91	898,05	4	965,24	3,72	1145,24	3,08	708,9	2,92	1439,88	3,42	1035,14	2	1111,84	1,85
		170	1143,8	3,55	624,8	3,95	1498,8	3,5	945,2	2,67	1046,4	2,43	1099,5	2,2	679	2,07	1370	2,47	1053,5	1,35	1139	1,25
		228	1193,48	6,08	679,16	6,51	1553,16	6,03	880,72	5,08	935,6	4,79	1172,2	3,72	725,2	3,52	1482	4,11	1023	2,49	1094	2,33
	42	**167.1**	1140,78	3,43	621,49	3,83	1495,49	3,38	949,38	2,57	1053,59	2,33	1095,59	2,13	676,39	1,99	1363,91	2,4	1055,1	1,3	1141,32	1,2
		136	1104	2,32	580,2	2,69	1455,6	2,27	1003,6	1,56	1146,6	1,36	1051,2	1,47	647,2	1,41	1297,4	1,66	1072,2	0,84	1165	0,77
		155	1128,2	2,96	607,7	3,36	1481,7	2,91	966,8	2,13	1083,6	1,91	1078,75	1,87	665,25	1,74	1338,25	2,1	1061,75	1,11	1150,75	1,02
		194	1168,76	4,48	652,16	4,89	1526,16	4,43	910,64	3,53	986,88	3,27	1131,2	2,79	699,9	2,64	1418,3	3,11	1041	1,78	1120,5	1,65
	43	**304**	1230	10,42	720,12	10,88	1595,2	10,38	841,12	9,34	869,56	9,03	1248,4	6,22	769	5,91	1602,6	6,77	989,6	4,59	1041,8	4,36
	44	**152.1**	1125,18	2,85	604,39	3,24	1478,39	2,8	970,98	2,03	1090,79	1,8	1074,55	1,8	662,5	1,69	1332,02	2,03	1063,35	1,07	1152,93	0,98
		103	1045,3	1,41	514,9	1,74	1397	1,36	1092	0,82	1286,5	0,7	1002,5	0,89	610,3	0,86	1222,75	1,02	1087,65	0,48	1187,05	0,44
		153	1126,12	2,89	605,42	3,28	1479,42	2,84	969,68	2,06	1088,56	1,84	1075,85	1,82	663,35	1,7	1333,95	2,06	1062,85	1,08	1152,25	1
		174	1147,96	3,7	629,36	4,11	1503,36	3,65	939,44	2,81	1036,48	2,57	1104,9	2,29	682,6	2,16	1378,4	2,57	1051,3	1,41	1135,8	1,31
	45	**176.6**	1150,66	3,8	632,32	4,21	1506,32	3,75	935,7	2,91	1030,03	2,66	1108,41	2,35	684,94	2,23	1383,86	2,64	1049,87	1,45	1133,72	1,35
		173	1146,92	3,66	628,22	4,07	1502,22	3,61	940,88	2,78	1038,96	2,54	1103,55	2,27	681,7	2,14	1376,3	2,55	1051,85	1,39	1136,6	1,29
		180	1154,2	3,93	636,2	4,34	1510,2	3,88	930,8	3,03	1021,6	2,78	1113	2,43	688	2,31	1391	2,72	1048	1,51	1131	1,4
	46	**259.4**	1211,95	7,71	699,51	8,16	1573,7	7,67	859,86	6,67	900,23	6,37	1206,37	4,68	745,61	4,43	1535,01	5,14	1008,27	3,27	1071,42	3,08
		220	1188,2	5,69	673,4	6,12	1547,4	5,64	886,8	4,7	946	4,42	1163	3,48	720	3,3	1468	3,86	1027	2,31	1100	2,15
		286	1223,12	9,29	712,28	9,75	1587	9,25	848,16	8,22	881,08	7,92	1231,7	5,57	760	5,29	1576,7	6,09	996,6	4,03	1053,1	3,82
	47	**199**	1173,96	4,67	657,86	5,09	1531,86	4,62	903,44	3,71	974,48	3,45	1137,7	2,91	704,15	2,76	1428,05	3,24	1038,5	1,87	1116,75	1,73
		190	1164,6	4,32	647,6	4,74	1521,6	4,27	916,4	3,39	996,8	3,13	1126	2,69	696,5	2,55	1410,5	3	1043	1,7	1123,5	1,58
		207	1179,62	5,05	664,04	5,48	1538,04	5	896,68	4,08	962,9	3,81	1147,4	3,13	710,25	2,96	1443,3	3,48	1034,15	2,04	1110,4	1,89
	48	**233.5**	1197,11	6,34	683,12	6,78	1557,12	6,3	876,54	5,34	928,45	5,05	1178,53	3,88	728,78	3,68	1491,63	4,29	1020,25	2,62	1089,88	2,45
		194	1168,76	4,48	652,16	4,89	1526,16	4,43	910,64	3,53	986,88	3,27	1131,2	2,79	699,9	2,64	1418,3	3,11	1041	1,78	1120,5	1,65

		217	1186,22	5,54	671,24	5,97	1545,24	5,49	889,08	4,56	949,9	4,28	1159,4	3,4	717,75	3,22	1462,3	3,77	1028,65	2,25	1102,4	2,09
		246	1205,36	6,95	692,12	7,4	1566,12	6,91	867,04	5,93	912,2	5,63	1192,3	4,26	736,9	4,04	1512,9	4,69	1014,3	2,93	1080,8	2,75
		260	1212,2	7,74	699,8	8,2	1574	7,7	859,6	6,7	899,8	6,4	1207	4,7	746	4,45	1536	5,16	1008	3,29	1071	3,09
	49	**200**	1175	4,71	659	5,13	1533	4,66	902	3,75	972	3,48	1139	2,94	705	2,78	1430	3,27	1038	1,89	1116	1,75

4.4) Vano ideal de regulación

Si el cálculo de las tensiones y flechas se hiciese de modo independiente para cada uno de los vanos del tramo, en función de las diferentes longitudes de los vanos, habría que tensar de manera distinta en vanos contiguos, pero como los cables cuelgan de cadenas de aisladores de suspensión, las diferencias de tensión quedarían automáticamente anuladas por las inclinaciones que en sentido longitudinal tomarían dichas cadenas, cuya posición correcta es precisamente vertical y no inclinada.

Puesto que en un tramo de línea constituido por una serie de apoyos de alineación, limitada por dos de anclaje, las cadenas de suspensión (verticales) no pueden absorber las diferencias de tensado, debidas a las distintas longitudes de los vanos, deberemos admitir que las tensiones de los cables, iguales en todos los vanos, varíen como lo haría el de un vano teórico llamado "**Vano ideal de regulación**".

Es necesario, por consiguiente, que las tablas de tendido de los distintos vanos tengan una misma tensión para cada valor de la temperatura, siendo la variación de la flecha quien compense las diferencias de longitud de los vanos.

Tal tensión variará, como se ha dicho antes, si lo hace la temperatura, las condiciones meteorológicas, las sobrecargas, etc., pero en todo momento deberá tener un valor uniforme a lo largo del tramo.

El vano ideal de regulación a_r puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$a_r = \sqrt{\frac{a_1^3 + a_2^3 + a_3^3 + ... + a_n^3}{a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n}} = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}}$$

Siendo:

- a_n: las diferentes longitudes de los vanos que forman una determinada alineación comprendida entre dos apoyos con amarre.

Una vez determinado el valor del vano ideal de regulación, se deben calcular su condición reglamentaria más desfavorable y la tabla de tendido correspondiente. De esta manera se obtiene el punto de partida para determinar las características de los vanos que integran esta serie.

Según la tabla de tendido, para cada temperatura le corresponde una tensión y una flecha, por lo tanto, al vano de regulación a_r le corresponde una flecha de regulación f_r cuyo valor resultará ser:

$$f_r = \frac{a_r^2 P}{8T}$$

Como la tensión en la serie de vanos que integran la alineación es igual en todos ellos, se concluye que la flecha para cada uno de los distintos vanos, será:

$$f_i = \frac{a_i^2 P}{8T}$$

Dividiendo estas dos igualdades, resulta:

$$f_i = \frac{a_i^2}{a_r^2} * f_r$$

Ecuación que proporciona el valor de la flecha f_i , de cada vano, en función la flecha de regulación f_r, y de sus correspondientes vanos a_i y a_r, para una condición determinada de temperatura, tensión y peso del conductor.

De este modo es posible construir la tabla de tendido en la que para las distintas temperaturas se obtiene la tensión y la flecha correspondiente, según la longitud de los diferentes vanos.

La tabla de tendido del presente proyecto se presenta a continuación, mostrándose las tensiones en kilogramos y las flechas en metros:

TABLA DE TENDIDO DE CONDUCTORES																							
SERIES (m)	**VANOS (m)**	**Temperaturas**																					
		+45ºC		**+40ºC**		**+35ºC**		**+30ºC**		**+25ºC**		**+20ºC**		**+15ºC**		**+10ºC**		**+5ºC**		**0ºC**		**-10ºC**	
		Tense	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**
Serie 1 ar_1**=145**	**1-2**: 145	615	2,89	638	2,78	662,5	2,68	690,5	2,57	720,5	2,47	754	2,36	791	2,25	832	2,14	877,5	2,02	928	1,91	1046	1,70
Serie 2 ar_2**=198.7**	**2-3**: 182	673.62	4,16	689,78	4,06	706,96	3,96	726,17	3,85	746,4	3,75	767,69	3,65	791	3,54	815,39	3,43	842,81	3,32	872,3	3,21	938,5	2,98
	3-4: 212		5,64		5,51		5,37		5,23		5,09		4,95		4,80		4,66		4,51		4,35		4,05
Serie 3 ar_3**=232**	**4-5**: 232	695,48	6,54	708,92	6,42	723,36	6,29	739,16	6,15	755,32	6,02	772,48	5,89	791	5,75	809,88	5,62	831,12	5,47	853,72	5,33	903,36	5,03
Serie 4 ar_4**=301.4**	**5-6**: 238	728,34	6,57	738,29	6,48	747,25	6,41	758,18	6,31	768,13	6,23	779,07	6,14	791	6,05	802,93	5,96	814,86	5,87	827,78	5,78	855,59	5,59
	6-7: 244		6,91		6,81		6,73		6,64		6,55		6,46		6,36		6,27		6,17		6,08		5,88
	7-8: 366		15,54		15,33		15,15		14,93		14,74		14,53		14,31		14,10		13,89		13,67		13,23
Serie 5 ar_5**=170**	**8-9**: 170	643,2	3,80	662,8	3,68	684	3,57	707,8	3,45	733,2	3,33	760,8	3,21	791	3,09	824	2,96	860,6	2,84	901	2,71	993,6	2,46
Serie 6 ar_6**=155.7**	**9-10**: 160	628,04	3,44	649,36	3,33	672,56	3,22	698,65	3,10	726,62	2,98	757,37	2,86	791	2,73	828,29	2,61	869,47	2,49	915,3	2,36	1021,06	2,12
	10-11: 151		3,07		2,97		2,86		2,76		2,65		2,54		2,44		2,33		2,22		2,10		1,89
Serie 7 ar_7**=161**	**11-12**: 161	633,66	3,46	654,34	3,35	676,8	3,24	702,04	3,12	729,06	3,00	758,64	2,89	791	2,77	826,7	2,65	866,18	2,53	910	2,41	1010,88	2,17

Serie 8 ar_8**=183.4**	**12-13**: 164	657,4	3,46	675,4	3,36	694,72	3,27	716,38	3,17	739,36	3,07	764,02	2,97	791	2,87	819,98	2,77	852,29	2,67	887,6	2,56	967,87	2,35
	13-14: 198		5,04		4,90		4,77		4,62		4,48		4,34		4,19		4,04		3,89		3,73		3,42
Serie 9 ar_9**=200**	**14-15**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	15-16: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
	16-17: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 10 ar_{10}**=200**	**17-18**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 11 ar_{11}**=209.8**	**18-19**: 200	681,27	4,96	696,49	4,85	712,7	4,74	730,72	4,63	749,55	4,51	769,37	4,39	791	4,27	813,43	4,16	838,67	4,03	865,71	3,90	926	3,65
	19-20: 200		4,96		4,85		4,74		4,63		4,51		4,39		4,27		4,16		4,03		3,90		3,65
	20-21: 226		6,34		6,20		6,06		5,91		5,76		5,61		5,46		5,31		5,15		4,99		4,66
Serie 12 ar_{12}**=225.5**	**21-22**: 225	691,32	6,19	705,28	6,07	720,24	5,94	736,69	5,81	753,63	5,68	771,57	5,54	791	5,41	810,92	5,28	833,33	5,13	857,23	4,99	909,99	4,70
	22-23: 226		6,24		6,12		5,99		5,86		5,73		5,59		5,46		5,32		5,18		5,03		4,74
Serie 13 ar_{13}**=200**	**23-24**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	24-25: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 14 ar_{14}**=209.6**	**25-26**: 200	681,14	4,96	696,38	4,85	712,61	4,74	730,65	4,63	749,5	4,51	769,34	4,39	791	4,27	813,46	4,16	838,74	4,03	865,82	3,90	926,21	3,65
	26-27: 218		5,90		5,77		5,64		5,50		5,36		5,22		5,08		4,94		4,79		4,64		4,34

Serie 15 ar_{15}**=262**	**27-28**: 262	712,04	8,15	723,56	8,02	735,6	7,89	748,88	7,75	761,92	7,61	775,96	7,48	791	7,33	806,04	7,20	822,6	7,05	840,16	6,90	878,04	6,61
Serie 16 ar_{16}**=200**	**28-29**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 17 ar_{17}**=220**	**29-30**: 220	687,8	5,95	702,2	5,82	717,6	5,70	734,6	5,57	752,2	5,44	770,8	5,31	791	5,17	811,8	5,04	835,2	4,90	860,2	4,75	915,6	4,47
Serie 18 ar_{18}**=203.6**	**30-31**: 222	677,3	6,15	693,02	6,01	709,73	5,87	728,37	5,72	747,94	5,57	768,5	5,42	791	5,26	814,42	5,11	840,78	4,95	869,06	4,79	932,33	4,47
	31-32: 178		3,95		3,86		3,77		3,68		3,58		3,48		3,38		3,29		3,18		3,08		2,87
Serie 19 ar_{19}**=200**	**32-33**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 20 ar_{20}**=204**	**33-34**: 224	677,56	6,26	693,24	6,12	709,92	5,97	728,52	5,82	748,04	5,67	768,56	5,52	791	5,36	814,36	5,21	840,64	5,04	868,84	4,88	931,92	4,55
	34-35: 175		3,82		3,73		3,65		3,55		3,46		3,37		3,27		3,18		3,08		2,98		2,78
Serie 21 ar_{21}**=200**	**35-36** 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	36-37: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 22 ar_{22}**=202**	**37-38**: 202	676,28	5,10	692,12	4,98	708,96	4,86	727,76	4,74	747,52	4,61	768,28	4,49	791	4,36	814,68	4,23	841,32	4,10	869,92	3,96	933,96	3,69
Serie 23 ar_{23}**=200**	**38-39**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	39-40: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61

Serie 24 ar_{24}**=200**	**40-41**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	41-42: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 25 ar_{25}**=212**	**42-43**: 212	682,68	5,56	697,72	5,44	713,76	5,32	731,56	5,19	750,12	5,06	769,68	4,93	791	4,80	813,08	4,67	837,92	4,53	864,52	4,39	923,76	4,11
Serie 26 ar_{26}**=210**	**43-44**: 210	681,4	5,47	696,6	5,35	712,8	5,23	730,8	5,10	749,6	4,97	769,4	4,84	791	4,71	813,4	4,58	838,6	4,44	865,6	4,31	925,8	4,03
Serie 27 ar_{27}**=219**	**44-45**: 220	687,16	5,95	701,64	5,83	717,12	5,70	734,22	5,57	751,94	5,44	770,66	5,31	791	5,17	811,96	5,04	835,54	4,89	860,74	4,75	916,62	4,46
	45-46: 218		5,84		5,72		5,60		5,47		5,34		5,21		5,08		4,95		4,81		4,67		4,38
Serie 28 ar_{28}**=200**	**46-47**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 29 ar_{29}**=200.7**	**47-48**: 200	675,45	5,00	691,39	4,89	708,34	4,77	727,27	4,65	747,18	4,52	768,1	4,40	791	4,27	814,89	4,15	841,76	4,02	870,62	3,88	935,29	3,61
	48-49: 200		5,00		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,02		3,88		3,61
	49-50: 202		5,10		4,99		4,87		4,74		4,61		4,49		4,36		4,23		4,10		3,96		3,69
Serie 30 ar_{30}**=230**	**50-51**: 230	694,2	6,44	707,8	6,32	722,4	6,19	738,4	6,05	754,8	5,92	772,2	5,79	791	5,65	810,2	5,52	831,8	5,37	854,8	5,23	905,4	4,94
	51-52: 230		6,44		6,32		6,19		6,05		5,92		5,79		5,65		5,52		5,37		5,23		4,94
Serie 31 ar_{31}**=217.8**	**52-53**: 232	686,39	6,63	700,97	6,49	716,54	6,35	733,76	6,20	751,63	6,05	770,49	5,90	791	5,75	812,15	5,60	835,95	5,44	861,39	5,28	917,84	4,96
	53-54: 200		4,92		4,82		4,72		4,61		4,50		4,39		4,27		4,16		4,04		3,92		3,68

Serie 32 ar_{32}**=196**	**54-55**: 196	670,76	4,84	687,24	4,72	704,8	4,61	724,44	4,48	745,16	4,36	767,04	4,23	791	4,10	816,2	3,98	844,48	3,84	875	3,71	943,68	3,44
Serie 33 ar_{33}**=200**	**55-56**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 34 ar_{34}**=200**	**56-57**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	57-58: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 35 ar_{35}**=200**	**58-59**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 36 ar_{36}**=200**	**59-60**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
	60-61: 200		5,01		4,89		4,77		4,65		4,52		4,40		4,27		4,15		4,01		3,88		3,61
Serie 37 ar_{37}**=206**	**61-62**: 206	678,84	5,28	694,36	5,16	710,88	5,04	729,28	4,92	748,56	4,79	768,84	4,66	791	4,53	814,04	4,40	839,96	4,27	867,76	4,13	929,88	3,86
Serie 38 ar_{38}**=227.1**	**62-63**: 230	692,34	6,46	706,18	6,33	721,01	6,20	737,3	6,06	754,05	5,93	771,79	5,79	791	5,65	810,66	5,51	832,79	5,37	856,37	5,22	908,36	4,92
	63-64: 224		6,12		6,00		5,88		5,75		5,62		5,49		5,36		5,23		5,09		4,95		4,67
Serie 39 ar_{39}**=200**	**64-65**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 40 ar_{40}**=200**	**65-66**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61
Serie 41	**66-67**: 170	678,33	3,60	693,91	3,52	710,5	3,44	728,98	3,35	748,35	3,26	768,73	3,18	791	3,09	814,17	3,00	840,23	2,91	868,19	2,81	930,7	2,62

ar_{41}=205.2	**67-68**: 228		6,48		6,33		6,18		6,03		5,87		5,71		5,55		5,40		5,23		5,06		4,72
Serie 42 ar_{42}=167.1	**68-69**: 155	640,13	3,17	660,07	3,08	681,68	2,98	705,94	2,88	731,87	2,77	760,1	2,67	791	2,57	824,87	2,46	862,4	2,35	903,9	2,25	999,17	2,03
	69-70: 136		2,44		2,37		2,29		2,21		2,14		2,06		1,98		1,89		1,81		1,73		1,56
	70-71: 194		4,97		4,82		4,67		4,50		4,35		4,18		4,02		3,86		3,69		3,52		3,18
Serie 43 ar_{43}=304	**71-72**: 304	728,96	10,71	738,84	10,57	747,72	10,44	758,52	10,30	768,36	10,16	779,2	10,02	791	9,87	802,8	9,73	814,6	9,59	827,36	9,44	854,84	9,14
Serie 44 ar_{44}=152.1	**72-73**: 103	624,23	1,44	645,97	1,39	669,68	1,34	696,34	1,29	724,97	1,24	756,5	1,19	791	1,13	829,37	1,08	871,7	1,03	918,9	0,98	1027,97	0,87
	73-74: 153		3,17		3,06		2,95		2,84		2,73		2,61		2,50		2,39		2,27		2,15		1,92
	74-75: 174		4,10		3,96		3,82		3,67		3,53		3,38		3,23		3,08		2,93		2,78		2,49
Serie 45 ar_{45}=176.6	**75-76**: 173	650,2	3,89	669	3,78	689,28	3,67	712,02	3,55	736,24	3,44	762,38	3,32	791	3,20	822,02	3,08	856,51	2,95	894,4	2,83	980,93	2,58
	76-77: 180		4,21		4,09		3,97		3,85		3,72		3,59		3,46		3,33		3,20		3,06		2,79
Serie 46 ar_{46}=259.4	**77-78**: 220	710,95	5,75	722,57	5,66	734,82	5,57	748,26	5,47	761,5	5,37	775,75	5,27	791	5,17	806,25	5,07	823,12	4,97	840,99	4,86	879,55	4,65
	78-79: 286		9,72		9,57		9,41		9,24		9,08		8,91		8,74		8,57		8,40		8,22		7,86
Serie 47 ar_{47}=199	**79-80**: 207	673,94	5,37	690,06	5,25	707,2	5,12	726,36	4,98	746,54	4,85	767,76	4,72	791	4,58	815,3	4,44	842,62	4,30	872	4,15	937,92	3,86
	80-81: 190		4,53		4,42		4,31		4,20		4,09		3,97		3,86		3,74		3,62		3,50		3,25
Serie 48	**81-82**: 217		5,71		5,61		5,50		5,38		5,27		5,15		5,03		4,91		4,79		4,67		4,41

ar_{48}=233.5	**82-83**: 246	696,44	7,34	709,76	7,20	724,08	7,06	739,73	6,91	755,71	6,77	772,69	6,62	791	6,46	809,64	6,32	830,61	6,16	852,91	6,00	901,83	5,67
	83-84: 260		8,20		8,05		7,89		7,72		7,56		7,39		7,22		7,06		6,88		6,70		6,33
	84-85: 194		4,57		4,48		4,39		4,30		4,21		4,12		4,02		3,93		3,83		3,73		3,53
Serie 49 ar_{49}=200	**85-86**: 200	675	5,01	691	4,89	708	4,77	727	4,65	747	4,52	768	4,40	791	4,27	815	4,15	842	4,01	871	3,88	936	3,61

TABLA DE TENDIDO CABLE DE TIERRA																							
SERIES (m)	**VANOS (m)**	**Temperaturas**																					
		+45ºC		**+40ºC**		**+35ºC**		**+30ºC**		**+25ºC**		**+20ºC**		**+15ºC**		**+10ºC**		**+5ºC**		**0ºC**		**-10ºC**	
		Tense	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**	**Tense**	**Flecha**
Serie 1 ar_1=145	**1-2**: 145	685,25	2,59	715,75	2,48	749	2,37	783,25	2,27	819,5	2,17	857,75	2,07	897	1,98	937,5	1,90	979,75	1,81	1023	1,74	1112,75	1,60
Serie 2 ar_2=198.7	**2-3**: 182	727,03	3,85	752,16	3,72	778,35	3,60	804,55	3,48	834,68	3,35	864,87	3,24	897	3,12	930,2	3,01	965,33	2,90	1001,52	2,79	1076,85	2,60
	3-4: 212		5,22		5,05		4,88		4,72		4,55		4,39		4,23		4,08		3,93		3,79		3,53
Serie 3 ar_3=232	**4-5**: 232	748,2	6,08	770	5,91	793,4	5,73	817,2	5,57	842,4	5,40	869,2	5,23	897	5,07	926,2	4,91	956,6	4,75	988,2	4,60	1055,2	4,31
Serie 4 ar_4=301.4	**5-6**: 238	783,63	6,11	800,49	5,98	818,42	5,85	836,35	5,72	856,21	5,59	876,14	5,46	897	5,34	918,86	5,21	941,72	5,08	965,65	4,96	1016,37	4,71
	6-7: 244		6,42		6,28		6,15		6,02		5,88		5,74		5,61		5,48		5,34		5,21		4,95
	7-8: 366		14,44		14,14		13,83		13,53		13,22		12,92		12,62		12,32		12,02		11,72		11,14
Serie 5 ar_5=170	**8-9**: 170	705,5	3,46	733,5	3,33	763,5	3,20	794	3,08	827	2,95	861,5	2,83	897	2,72	934,5	2,61	973	2,51	1013	2,41	1096	2,23
Serie 6 ar_6=155.7	**9-10**: 160	694,35	3,12	723,78	2,99	755,42	2,86	788,07	2,74	822,71	2,63	859,36	2,52	897	2,41	936,43	2,31	977,08	2,21	1018,72	2,12	1105,8	1,96
	10-11: 151		2,77		2,66		2,55		2,44		2,34		2,24		2,15		2,06		1,97		1,89		1,74

Serie 7 ar_7=161	**11-12**: 161	698,75	3,13	727,65	3,01	758,55	2,89	790,4	2,77	824,3	2,66	860,15	2,55	897	2,44	935,85	2,34	975,7	2,24	1016,6	2,15	1102,3	1,99
Serie 8 ar_8=183.4	**12-13**: 164	715,55	3,18	742,21	3,06	770,7	2,95	799,19	2,84	830,85	2,74	863,34	2,63	897	2,53	932,49	2,44	969,15	2,35	1007,64	2,26	1086,79	2,09
	13-14: 198		4,63		4,46		4,30		4,15		3,99		3,84		3,69		3,55		3,42		3,29		3,05
Serie 9 ar_9=200	**14-15**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	15-16: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
	16-17: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 10 ar_{10}=200	**17-18**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 11 ar_{11}=209.8	**18-19**: 200	734,37	4,60	758,39	4,46	783,41	4,31	808,92	4,18	837,45	4,04	866,47	3,90	897	3,77	929,02	3,64	962,06	3,51	997,08	3,39	1069,63	3,16
	19-20: 200		4,60		4,46		4,31		4,18		4,04		3,90		3,77		3,64		3,51		3,39		3,16
	20-21: 226		5,88		5,69		5,51		5,34		5,15		4,98		4,81		4,65		4,49		4,33		4,03
Serie 12 ar_{12}=225.5	**21-22**: 225	744,3	5,75	766,75	5,58	790,48	5,41	814,93	5,25	841,1	5,09	868,55	4,93	897	4,77	927,18	4,61	957,9	4,47	990,8	4,32	1059,43	4,04
	22-23: 226		5,80		5,63		5,46		5,30		5,13		4,97		4,81		4,65		4,51		4,36		4,07
Serie 13 ar_{13}=200	**23-24**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	24-25: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 14 ar_{14}=209.6	**25-26**: 200	734,24	4,60	758,28	4,46	783,32	4,31	808,84	4,18	837,4	4,04	866,44	3,90	897	3,77	929,04	3,64	962,12	3,51	997,16	3,39	1069,76	3,16
	26-27: 218		5,47		5,30		5,13		4,96		4,80		4,63		4,48		4,32		4,17		4,03		3,75

Serie 15 ar_{15}**=262**	**27-28**: 262	765	7,58	784,8	7,39	804,7	7,21	826,5	7,02	848,4	6,84	872,2	6,65	897	6,47	922,8	6,29	949,6	6,11	977,4	5,93	1037,8	5,59
Serie 16 ar_{16}**=200**	**28-29**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 17 ar_{17}**=220**	**29-30**: 220	741	5,52	764	5,35	788	5,19	813	5,03	840	4,87	868	4,71	897	4,56	928	4,41	959	4,26	993	4,12	1063	3,85
Serie 18 ar_{18}**=203.6**	**30-31**: 222	730,34	5,70	754,98	5,52	780,62	5,33	806,44	5,16	835,9	4,98	865,54	4,81	897	4,64	929,64	4,48	963,92	4,32	999,56	4,17	1073,66	3,88
	31-32: 178		3,67		3,55		3,43		3,32		3,20		3,09		2,98		2,88		2,78		2,68		2,49
Serie 19 ar_{19}**=200**	**32-33**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 20 ar_{20}**=204**	**33-34**: 224	730,6	5,80	755,2	5,61	780,8	5,43	806,6	5,26	836	5,07	865,6	4,90	897	4,73	929,6	4,56	963,8	4,40	999,4	4,24	1073,4	3,95
	34-35: 175		3,54		3,43		3,31		3,21		3,10		2,99		2,88		2,78		2,69		2,59		2,41
Serie 21 ar_{21}**=200**	**35-36** 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	36-37: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 22 ar_{22}**=202**	**37-38**: 202	729,3	4,73	754,1	4,57	779,9	4,42	805,8	4,28	835,5	4,13	865,3	3,98	897	3,84	929,8	3,71	964,4	3,58	1000,2	3,45	1074,7	3,21
Serie 23 ar_{23}**=200**	**38-39**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	39-40: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 24	**40-41**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14

ar_{24}=200	**41-42**: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 25 ar_{25}=212	**42-43**: 212	735,8	5,16	759,6	5,00	784,4	4,84	809,8	4,69	838	4,53	866,8	4,38	897	4,23	928,8	4,09	961,4	3,95	996,2	3,81	1068,2	3,56
Serie 26 ar_{26}=210	**43-44**: 210	734,5	5,07	758,5	4,91	783,5	4,76	809	4,61	837,5	4,45	866,5	4,30	897	4,15	929	4,01	962	3,87	997	3,74	1069,5	3,48
Serie 27 ar_{27}=219	**44-45**: 220	740,35	5,52	763,45	5,36	787,55	5,19	812,6	5,03	839,75	4,87	867,85	4,71	897	4,56	928,1	4,41	959,3	4,26	993,4	4,12	1063,65	3,85
	45-46: 218		5,42		5,26		5,10		4,94		4,78		4,63		4,48		4,33		4,19		4,04		3,78
Serie 28 ar_{28}=200	**46-47**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 29 ar_{29}=200.7	**47-48**: 200	728,46	4,64	753,39	4,49	779,32	4,34	805,28	4,20	835,18	4,05	865,11	3,91	897	3,77	929,93	3,63	964,79	3,50	1000,72	3,38	1075,55	3,14
	48-49: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
	49-50: 202		4,73		4,58		4,42		4,28		4,13		3,99		3,84		3,71		3,57		3,45		3,21
Serie 30 ar_{30}=230	**50-51**: 230	747	5,98	769	5,81	792,5	5,64	816,5	5,47	842	5,31	869	5,14	897	4,98	926,5	4,82	957	4,67	989	4,52	1056,5	4,23
	51-52: 230		5,98		5,81		5,64		5,47		5,31		5,14		4,98		4,82		4,67		4,52		4,23
Serie 31 ar_{31}=217.8	**52-53**: 232	739,57	6,15	762,79	5,96	787,01	5,78	812,12	5,60	839,45	5,42	867,67	5,24	897	5,07	928,22	4,90	959,66	4,74	993,88	4,58	1064,43	4,27
	53-54: 200		4,57		4,43		4,29		4,16		4,03		3,90		3,77		3,64		3,52		3,40		3,18

Serie 32 ar_{32}**=196**	**54-55**: 196	725	4,48	750,4	4,33	777	4,18	803,6	4,04	834	3,89	864,6	3,75	897	3,62	930,6	3,49	966	3,36	1002,6	3,24	1078,6	3,01
Serie 33 ar_{33}**=200**	**55-56**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 34 ar_{34}**=200**	**56-57**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	57-58: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 35 ar_{35}**=200**	**58-59**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 36 ar_{36}**=200**	**59-60**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
	60-61: 200		4,64		4,49		4,34		4,20		4,05		3,91		3,77		3,63		3,50		3,38		3,14
Serie 37 ar_{37}**=206**	**61-62**: 206	731,9	4,90	756,3	4,74	781,7	4,59	807,4	4,44	836,5	4,29	865,9	4,14	897	4,00	929,4	3,86	963,2	3,72	998,6	3,59	1072,1	3,34
Serie 38 ar_{38}**=227.1**	**62-63**: 230	745,26	6,00	767,55	5,82	791,2	5,65	815,49	5,48	841,42	5,31	868,71	5,15	897	4,98	926,94	4,82	957,58	4,67	990,16	4,51	1058,39	4,22
	63-64: 224		5,69		5,52		5,36		5,20		5,04		4,88		4,73		4,57		4,43		4,28		4,01
Serie 39 ar_{39}**=200**	**64-65**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14
Serie 40 ar_{40}**=200**	**65-66**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14

Serie 41 ar_{41}**=205.2**	**66-67**: 170	731,38	3,34	755,86	3,23	781,34	3,13	807,08	3,03	836,3	2,92	865,78	2,82	897	2,72	929,48	2,63	963,44	2,53	998,92	2,44	1072,62	2,28
	67-68: 228	731,38	6,01	755,86	5,81	781,34	5,62	807,08	5,44	836,3	5,25	865,78	5,07	897	4,90	929,48	4,73	963,44	4,56	998,92	4,40	1072,62	4,10
Serie 42 ar_{42}**=167.1**	**68-69**: 155	703,33	2,89	731,62	2,77	761,91	2,66	792,84	2,56	826,13	2,46	861,07	2,36	897	2,26	934,94	2,17	973,87	2,08	1014,16	2,00	1098,03	1,85
	69-70: 136		2,22		2,14		2,05		1,97		1,89		1,82		1,74		1,67		1,60		1,54		1,42
	70-71: 194		4,52		4,35		4,17		4,01		3,85		3,69		3,55		3,40		3,27		3,14		2,90
Serie 43 ar_{43}**=304**	**71-72**: 304	784,8	9,95	801,4	9,74	819,2	9,53	837	9,33	856,6	9,12	876,4	8,91	897	8,71	918,6	8,50	941,2	8,30	965	8,09	1015,2	7,69
Serie 44 ar_{44}**=152.1**	**72-73**: 103	691,29	1,30	721,08	1,24	753,26	1,19	786,45	1,14	821,63	1,09	858,82	1,04	897	1,00	936,79	0,96	977,98	0,92	1020,16	0,88	1108,14	0,81
	73-74: 153		2,86		2,74		2,63		2,52		2,41		2,30		2,21		2,11		2,02		1,94		1,79
	74-75: 174		3,70		3,55		3,40		3,25		3,11		2,98		2,85		2,73		2,62		2,51		2,31
Serie 45 ar_{45}**=176.6**	**75-76**: 173	710,45	3,56	737,79	3,43	767,13	3,30	796,64	3,17	828,98	3,05	862,49	2,93	897	2,82	933,51	2,71	971,02	2,60	1010,36	2,50	1091,38	2,32
	76-77: 180		3,85		3,71		3,57		3,44		3,30		3,17		3,05		2,93		2,82		2,71		2,51
Serie 46 ar_{46}**=259.4**	**77-78**: 220	763,67	5,36	783,7	5,22	803,79	5,09	825,82	4,95	847,88	4,82	871,94	4,69	897	4,56	923,06	4,43	950,15	4,30	978,21	4,18	1039,33	3,94
	78-79: 286		9,05		8,82		8,60		8,37		8,15		7,93		7,71		7,49		7,27		7,07		6,65
Serie 47 ar_{47}**=199**	**79-80**: 207	727,25	4,98	752,35	4,81	778,5	4,65	804,65	4,50	834,75	4,34	864,9	4,19	897	4,04	930,15	3,89	965,25	3,75	1001,4	3,62	1076,65	3,36
	80-81: 190		4,19		4,05		3,92		3,79		3,65		3,53		3,40		3,28		3,16		3,05		2,83

Serie 48 ar_{48}**=233.5**	**81-82**: 217	749,1	5,31	770,75	5,16	794,08	5,01	817,73	4,87	842,7	4,72	869,35	4,58	897	4,44	925,98	4,30	956,3	4,16	987,6	4,03	1054,23	3,77
	82-83: 246		6,83		6,63		6,44		6,25		6,07		5,88		5,70		5,52		5,35		5,18		4,85
	83-84: 260		7,63		7,41		7,19		6,99		6,78		6,57		6,37		6,17		5,97		5,78		5,42
	84-85: 194		4,25		4,13		4,00		3,89		3,77		3,66		3,55		3,43		3,33		3,22		3,02
Serie 49 ar_{49}**=200**	**85-86**: 200	728	4,64	753	4,49	779	4,34	805	4,20	835	4,05	865	3,91	897	3,77	930	3,63	965	3,50	1001	3,38	1076	3,14

5. TRAZADO DE LA LÍNEA Y DISTRIBUCIÓN DE APOYOS

5.1) Etapas de la determinación de la traza.

El carácter del terreno o localidad que la línea debe atravesar, debe considerarse dada la importancia que ello tiene para elegir el tipo de línea más conveniente. En zonas montañosas o próximas a ciudades, se pueden presentar circunstancias definitorias para la elección del conductor y apoyos más apropiados.

En líneas de Alta Tensión, las pequeñas reparaciones y recambios no constituyen un factor importante y por ello conviene sacrificar accesibilidad para acortar la longitud de la línea mediante un trazado directo de la misma.

Para el trazado de la línea debe evaluarse convenientemente el aspecto económico dado por los permisos de paso, costo de construcción y facilidad de mantenimiento de la línea. En terrenos montañosos o zonas pobladas, no se aconseja generalmente un trazado directo o bien realizarlo en largos tramos rectos. Los ángulos pequeños ($\alpha < 15^{o}$) cuestan poco y aumentan poco la longitud de la línea. Deben evitarse montañas y cumbres para proteger la línea de la acción del viento y de descargas atmosféricas.

En primer lugar se efectúa un reconocimiento general del lugar de trazado previsto, estableciéndose puntos de control y seleccionando zonas para estudios en detalle.

Luego, resueltas las dificultades presentadas y establecidas las normas generales del trazado, se debe establecer en forma muy precisa los criterios a seguir para considerar la existencia de líneas telefónicas, cruces de cauces navegables, rutas aéreas, aeropuertos, etc.

Antes de comenzar el replanteo definitivo, deben fijarse las especificaciones preliminares con indicaciones respecto a la norma a seguir en los asuntos generales y exponiendo las líneas principales del proyecto. En ellas deben figurar:

1) Dimensiones generales de las estructuras de apoyo.

2) Curvas de flechas

3) Vano máximo y ángulos de cada apoyo

4) Permisos o servidumbres de paso

Con esta información, sobre el terreno, se puede elegir el emplazamiento más adecuado para el proyecto.

Cuando los trabajos preliminares están totalmente terminados, se procede al replanteo del trazado en el terreno mismo, dividiéndose el trabajo en:

1) Grupos que elegirán el emplazamiento exacto de los soportes y abrirán caminos de acceso.

2) Grupos que determinarán elevaciones y desniveles.

3) Grupos que fijarán los límites de las propiedades afectadas.

4) Grupos que confeccionan los planos definitivos y los perfiles en base a datos relevados.

Finalmente, el trazado dependerá de la naturaleza del terreno, de la longitud y tipo de línea y disponibilidad de personal.

5.2) Servidumbre de paso.

El permiso de paso no es una compra firme del terreno, sino que establece una servidumbre perpetua en virtud de la cual el propietario otorga los permisos necesarios para la construcción y mantenimiento de la línea, pero conserva la propiedad y el uso del terreno. El ancho afectado por la servidumbre puede establecerse en una dimensión determinada, debiéndose considerar:

1) Medios de acceso a todas las estructuras

2) Permiso de erección de estructuras de apoyo

3) Desbroce de árboles y arbustos en un ancho no menor a 3m. a la distancia comprendida entre conductores, de manera que permita un espacio libre para el levantamiento de las estructuras.

4) Talado de los árboles que puedan llegar a acercarse demasiado a los conductores, aún en caso de balancearse bajo la acción de los vientos máximos y de todos los árboles cuya caída pudiese acercarlos a los conductores.

5) Distancia a montones de madera, pajares, etc. Que constituyen un peligro permanente de incendio. Una de las causas principales de las interrupciones importantes es la negligencia en atenerse estrictamente a un riguroso desbroce y/o despeje de los terrenos.

5.3) Distribución de los apoyos.

La distribución de los apoyos de una línea se hace en el perfil longitudinal del trazado de la misma. Si el terreno es regularmente llano, la repartición se puede realizar directamente en el plano general de la zona donde se dibuja la traza.

Para terrenos ondulados, es necesario confeccionar el perfil longitudinal del trazado y determinar la ubicación de los apoyos, debiéndose lograr que el punto más bajo del conductor en cualquier vano, permanezca superior a la altura mínima fijada de acuerdo a normas.

Si bien es lógico reducir al mínimo el número de apoyos, inevitablemente hay que prever apoyos especiales para salvar desniveles con grandes vanos, cruzar líneas eléctricas o zonas navegables mediante el incremento de altura de los soportes sobredimensionados de los mismos para resistir los esfuerzos.

5.4) Curva característica de un cable

Como se indicó anteriormente se aproximará la ecuación de la catenaria por mediación de la parábola, simplificando de este modo los cálculos. Teniendo en cuenta esta consideración la curva característica del conductor responde a la siguiente expresión:

$$Y = h + \frac{x^2}{2 \times h}$$

Suponiendo el eje de abscisas tangente a la parábola en su vértice, la ecuación adopta la siguiente expresión:

$$Y = \frac{x^2}{2 \times h}$$

Dado que el valor de la flecha será la diferencia de los valores para "x=a/2" y para "x=0", su valor resulta:

$$f = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2 \times h} - 0 = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2 \times h}$$

Por lo que el parámetro de la parábola se determina mediante la siguiente expresión:

$$2 \times h = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{f}$$

El parámetro de la parábola se determina para cada serie en función del valor del vano regulador representativo de la misma. En la tabla de tendido de conductores se presentan los mencionados valores.

5.5) Plantilla de distribución de apoyos

Una vez trazado el perfil del terreno se seleccionan las adecuadas escalas horizontales y verticales de manera que permitan observar los desniveles. Las escalas empleadas para el presente proyecto son:

- Escala horizontal: 1/2000

- Escala vertical: 1/500

Se construye la *plantilla de distribución de apoyos*, la cual se conforma con la "curva de flecha máximas", "curva de distancia mínima al terreno", "curva de pie de apoyo" y "curva de flechas mínimas". La escala utilizada para la plantilla de distribución de apoyos debe ser la misma que la utilizada en la construcción del perfil longitudinal del terreno.

La construcción de las curvas que conforman la plantilla se puede obtener utilizando las expresiones exactas o aproximadas de trabajando de acuerdo a ello en catenarias o parábolas.

$$\left.\begin{aligned} y &= \frac{H}{W} ch \frac{W}{H} x \\ f &= \frac{H}{W}\left(ch \frac{W}{H} x - 1 \right) \end{aligned}\right\} \quad \textit{Método exacto}$$

$$\left.\begin{aligned} y &= \frac{H}{W} + \frac{W}{2H}x^2 \\ f &= \frac{W}{2H}x^2 \end{aligned}\right\} \quad \textit{Método aproximado}$$

Con las expresiones indicadas, se calcula la flecha máxima ($f_{máx}$) para las condiciones más desfavorables y se representa en la escala elegida en función de la longitud del vano. Paralela a ella y distanciada un valor igual a la altura mínima, se construye la curva ($d_{mín}$). Finalmente, paralela a la primera y distanciada un valor igual a la altura del soporte (h_s) se construye la curva de ubicación de los mismos.

Para la determinación de la curva de flecha mínima ($f_{mín}$), se utilizan las mismas expresiones con las condiciones de trabajo más desfavorables.

Los pasos a seguir para la utilización de la plantilla de ubicación de apoyos, se puede resumir en la siguiente secuencia:

1) Confección del perfil longitudinal.

2) Superponer la plantilla de ubicación de apoyos al perfil longitudinal, haciendo quedar la curva de distancia mínimas ($d_{mín}$) tangente a dicho perfil longitudinal.

3) Determinar los puntos de corte entre la curva de pie de apoyo con el perfil longitudinal, dado que en dichos lugares se deben emplazar los respectivos soportes.

4) La distancia entre los puntos obtenidos en (3) y la curva de flecha máxima, determinar la altura del apoyo al que se debe adicionar la longitud de la cadena de aisladores.

Mediante esta construcción, se asegura que los conductores quedarán como mínimo a una altura h_m del terreno en las condiciones más desfavorables.

Ubicados los apoyos en el perfil longitudinal, se debe comprobar cuál de ellos puede quedar sometido a un tiro vertical hacia arriba al presentarse la condición de flecha mínima. Este es el motivo por el cual se debe dibujar dicha curva en la plantilla de distribución de apoyos.

Para la determinación de la parábola mínima, es necesario conocer previamente el valor del doble vano mínimo siendo éste, la suma de dos vanos contiguos. La razón de conocerlo es la de que así como la curva de $f_{máx}$ se pasa entre dos apoyos

(un vano), la curva de $f_{mín}$ se debe pasar entre cada tres apoyos (dos vanos) para comprobar si el apoyo intermedio tendrá o no tiro vertical hacia arriba.

Para evitar el tiro vertical hacia arriba, se debe replantear la ubicación de los apoyos o bien habrá que contrarrestar dicho tiro hacia arriba con contrapesos en las cadenas de aisladores.

Cuando el tendido de la línea se realiza sobre soportes ubicados en las laderas, se puede presentar el inconveniente de que una de las fases de la línea se encuentre próxima al terreno, situación que es necesaria analizar y solucionar.

Las parábolas de distribución de apoyos para cada uno de los vanos que conforman la línea eléctrica del presente proyecto, atendiendo a sus características, se presentan a continuación:

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	Hlibre (m)		
Serie 1 ar_1=145 m	1	F40-900	23	**1-2**: 145 m	1759.5
	2	150-4TA	18.95		
Serie 2 ar_2=198.7 m	2	150-4TA	18.95	**2-3**: 182 m	1945.7
	3	150-3TA	14.3	**3-4**: 212 m	
	4	150-4T	16.9		
Serie 3 ar_3=232 m	4	150-4T	16.9	**4-5**: 232 m	2018.5
	5	150-4T	16.9		
Serie 4 ar_4=301.4 m	5	150-4T	16.9	**5-6**: 238 m	2128.2
	6	150-3TA	14.3	**6-7**: 244 m	
	7	F40-300	23	**7-8**: 366 m	
	8	F40-300	13.95		
Serie 5 ar_5=170 m	8	F40-300	13.95	**8-9**: 170 m	1849.2
	9	150-3TA	14.3		
Serie 6 ar_6=155.7 m	9	150-3TA	14.3	**9-10**: 160 m	1801.1
	10	150-3T	12.35	**10-11**: 151 m	
	11	F40-1400	18.45		
Serie 7 ar_7=161 m	11	F40-1400	18.45	**11-12**: 161 m	1819
	12	150-4T	16.9		
Serie 8 ar_8=183.4 m	12	150-4T	16.9	**12-13**: 164 m	1894.2
	13	F40-300	16.20	**13-14**: 198 m	
	14	150-3TA	14.3		
Serie 9 ar_9=200 m	14	150-3TA	14.3	**14-15**: 200 m	1950
	15	150-4T	16.9	**15-16**: 200 m	
	16	150-4T	16.9	**16-17**: 200 m	
	17	150-3TA	14.3		
Serie 10 ar_{10}=200 m	17	150-3TA	14.3	**17-18**: 200 m	1950
	18	150-3T	12.35		
Serie 11 ar_{11}=209.8 m	18	150-3T	12.35	**18-19**: 200 m	1970.9
	19	150-3TA	14.3	**19-20**: 200 m	
	20	F40-300	18.45	**20-21**: 226 m	
	21	150-3TA	14.3		
Serie 12 ar_{12}=225.5 m	21	150-3TA	14.3	**21-22**: 225 m	2004.6
	22	150-3TA	14.3	**22-23**: 226 m	
	23	F40-1400	18.45		

Serie 13 ar_{13}**=200 m**	23	F40-1400	18.45	**23-24**: 200 m	1950
	24	150-4TA	18.95	**24-25**: 200 m	
	25	150-3TA	14.3		
Serie 14 ar_{14}**=209.6 m**	25	150-3TA	14.3	**25-26**: 200 m	1970.5
	26	F40-300	16.20	**26-27**: 218 m	
	27	150-3TA	14.3		
Serie 15 ar_{15}**=262 m**	27	150-3TA	14.3	**27-28**: 262 m	2073.8
	28	150-3TA	14.3		
Serie 16 ar_{16}**=200 m**	28	150-3TA	14.3	**28-29**: 200 m	1950
	29	150-3TA	14.3		
Serie 17 ar_{17}**=220 m**	29	150-3TA	14.3	**29-30**: 220 m	1992.8
	30	150-3TA	14.3		
Serie 18 ar_{18}**=203.6 m**	30	150-3TA	14.3	**30-31**: 222 m	1957.7
	31	150-4TA	18.95	**31-32**: 178 m	
	32	F40-300	18.45		
Serie 19 ar_{19}**=200 m**	32	F40-300	18.45	**32-33**: 200 m	1950
	33	150-3TA	14.3		
Serie 20 ar_{20}**=204 m**	33	150-3TA	14.3	**33-34**: 224 m	1958.5
	34	150-4T	16.9	**34-35**: 175 m	
	35	150-4T	16.9		
Serie 21 ar_{21}**=200 m**	35	150-4T	16.9	**35-36** 200 m	1950
	36	150-4T	16.9	**36-37**: 200 m	
	37	150-3TA	14.3		
Serie 22 ar_{22}**=202 m**	37	150-3TA	14.3	**37-38**: 202 m	1954.3
	38	150-4T	16.9		
Serie 23 ar_{23}**=200 m**	38	150-4T	16.9	**38-39**: 200 m	1950
	39	150-4T	16.9	**39-40**: 200 m	
	40	150-4T	16.9		
Serie 24 ar_{24}**=200 m**	40	150-4T	16.9	**40-41**: 200 m	1950
	41	150-4T	16.9	**41-42**: 200 m	
	42	150-3TA	14.3		
Serie 25 ar_{25}**=212 m**	42	150-3TA	14.3	**42-43**: 212 m	1975.7
	43	150-4T	16.9		
Serie 26 ar_{26}**=210 m**	43	150-4T	16.9	**43-44**: 210 m	1971.4
	44	150-3TA	14.3		
Serie 27 ar_{27}**=219 m**	44	150-3TA	14.3	**44-45**: 220 m	1990.7
	45	150-4T	16.9	**45-46**: 218 m	
	46	F40-1400	18.45		

Serie 28 ar_{28}**=200 m**	46	F40-1400	18.45	**46-47**: 200 m	1950
	47	150-3TA	14.3		
Serie 29 ar_{29}**=200.7 m**	47	150-3TA	14.3	**47-48**: 200 m	1951.4
	48	150-3TA	14.3	**48-49**: 200 m	
	49	150-4T	16.9	**49-50**: 202 m	
	50	150-3T	12.35		
Serie 30 ar_{30}**=230 m**	50	150-3T	12.35	**50-51**: 230 m	2014.2
	51	150-4T	16.9	**51-52**: 230 m	
	52	150-3TA	14.3		
Serie 31 ar_{31}**=217.8 m**	52	150-3TA	14.3	**52-53**: 232 m	1988
	53	150-3TA	14.3	**53-54**: 200 m	
	54	150-3TA	14.3		
Serie 32 ar_{32}**=196 m**	54	150-3TA	14.3	**54-55**: 196 m	1936.6
	55	275-3TA	14.35		
Serie 33 ar_{33}**=200 m**	55	275-3TA	14.35	**55-56**: 200 m	1950
	56	150-3TA	14.3		
Serie 34 ar_{34}**=200 m**	56	150-3TA	14.3	**56-57**: 200 m	1950
	57	150-4T	16.9	**57-58**: 200 m	
	58	150-3TA	14.3		
Serie 35 ar_{35}**=200 m**	58	150-3TA	14.3	**58-59**: 200 m	1950
	59	150-3TA	14.3		
Serie 36 ar_{36}**=200 m**	59	150-3TA	14.3	**59-60**: 200 m	1950
	60	150-3TA	14.3	**60-61**: 200 m	
	61	150-3TA	14.3		
Serie 37 ar_{37}**=206 m**	61	150-3TA	14.3	**61-62**: 206 m	1962.8
	62	150-4TA	18.95		
Serie 38 ar_{38}**=227.1 m**	62	150-4TA	18.95	**62-63**: 230 m	2007.9
	63	150-4TA	18.95	**63-64**: 224 m	
	64	150-4T	16.9		
Serie 39 ar_{39}**=200 m**	64	150-4T	16.9	**64-65**: 200 m	1950
	65	150-4T	16.9		
Serie 40 ar_{40}**=200 m**	65	150-4T	16.9	**65-66**: 200 m	1950
	66	150-4T	16.9		
Serie 41 ar_{41}**=205.2 m**	66	150-4T	16.9	**66-67**: 170 m	1961.2
	67	150-3TA	14.3	**67-68**: 228 m	
	68	150-4T	16.9		

Serie 42 ar_{42}**=167.1 m**	68	150-4T	16.9	**68-69**: 155 m	1839.4
	69	150-4T	16.9	**69-70**: 136 m	
	70	150-3TA	14.3	**70-71**: 194 m	
	71	150-3TA	14.3		
Serie 43 ar_{43}**=304 m**	71	150-3TA	14.3	**71-72**: 304 m	2130.3
	72	150-4T	16.9		
Serie 44 ar_{44}**=152.1 m**	72	150-4T	16.9	**72-73**: 103 m	1788.9
	73	F40-300	16.20	**73-74**: 153 m	
	74	150-4T	16.9	**74-75**: 174 m	
	75	150-3TA	14.3		
Serie 45 ar_{45}**=176.6 m**	75	150-3TA	14.3	**75-76**: 173 m	1871.4
	76	150-3TA	14.3	**76-77**: 180 m	
	77	150-3TA	14.3		
Serie 46 ar_{46}**=259.4 m**	77	150-3TA	14.3	**77-78**: 220 m	2070.1
	78	F40-300	18.45	**78-79**: 286 m	
	79	150-4T	16.9		
Serie 47 ar_{47}**=199 m**	79	150-4T	16.9	**79-80**: 207 m	1946.8
	80	150-3TA	14.3	**80-81**: 190 m	
	81	150-3TA	14.3		
Serie 48 ar_{48}**=233.5 m**	81	150-3TA	14.3	**81-82**: 217 m	2021.6
	82	150-3TA	14.3	**82-83**: 246 m	
	83	150-4T	16.9	**83-84**: 260 m	
	84	F40-300	18.45	**84-85**: 194 m	
	85	150-3TA	14.3		
Serie 49 ar_{49}**=200 m**	85	150-3TA	14.3	**85-86**: 200 m	1950
	86	F40-630	16.20		

5.6) Tipo de apoyo. Selección amarre o suspensión

Los apoyos seleccionados para implementar la línea eléctrica de alta tensión del presente proyecto son los correspondientes a la serie "Olmo" con armados "F5" y "F42" y los de la serie "Arce" con armado "F40".

Con el fin de justificar la elección de apoyos con amarre o suspensión se debe considerar lo siguiente:

- Para apoyos principio o final de línea y apoyos en ángulo: **AMARRE**

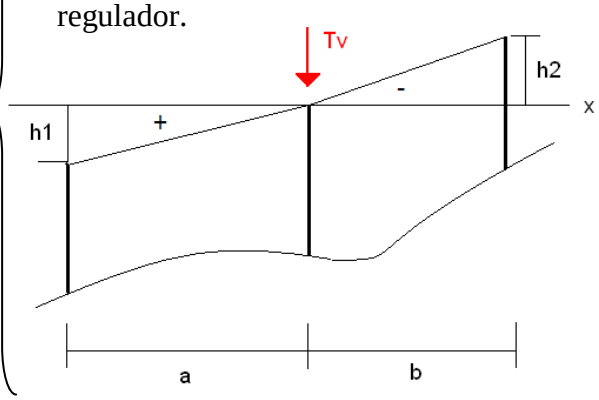
- En el resto de los casos, el procedimiento para determinar si se trata de amarre o suspensión es el que a continuación se muestra:

1º) Cálculo del tiro vertical:

$$Tv = \frac{a+b}{2} \times p + T_{min(-5º)} \times \left(\pm \frac{h1}{a} \pm \frac{h2}{b} \right)$$

p = 0.676 Kg/m

$T_{min(-5º)}$ = Hay que obtenerle de la tabla en función de cada vano regulador.



- Si $Tv < 0$: **AMARRE**

2º) Si $Tv > 0$ se debe calcular el ángulo de desviación debido al viento:

$$\alpha_{Teórico} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{pv}{2}}{p}\right) = 33.06º$$

Para LA-180: pv=0.88 Kg/m

$$\alpha_{Práctico} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{\frac{(a+b)\times pv}{2}}{2} + Viento\ cadena}{Tv + Peso\ cadena}\right)$$

- Si $\alpha_{Práctico} \geq \alpha_{Teórico}$: **AMARRE**
- Si $\alpha_{Práctico} \leq \alpha_{Teórico}$: **SUSPENSIÓN**

Siendo:

- Viento cadena = 10 kg
- Peso cadena:

Aislador (U-70): (3.4 kg/ud) ×5
Horquilla de bola: 0.76 Kg/ud
Rótula corta: 0.64 Kg/ud
Grapa de suspensión: 0.825 Kg/ud

→ Peso cadena = 19.5 Kg

Una vez expuestas todas las consideraciones necesarias para la justificación del amarre o la suspensión, se muestra a continuación una tabla en la que se analizan todos los apoyos presentes en la línea de alta tensión del proyecto:

Apoyo	**h1** (m)	**h2** (m)	**a** (m)	**b** (m)	**Tv** (Kg)	**Clase**	$\alpha_{Práctico}$	**Tipo de anclaje**
1	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-900	-	Amarre (Principio de línea)
2	-20,5	24	145	182	102,23	**OLMO** 150-4TA	33,94	Amarre
3	-24	34	182	212	158,03	**OLMO** 150-3TA	28,57	Suspensión
4	-34	28	212	232	115,47	**OLMO** 150-4T	38,58	Amarre
5	-28	-10	232	238	17	**OLMO** 150-4T	72,16	Amarre
6	10	-1,5	238	244	194,19	**OLMO** 150-3TA	28,5	Suspensión
7	1,5	10	244	366	235,36	**ARCE** F40-300	29,5	Suspensión
8	-10	-33	366	170	-11,91	**ARCE** F40-300	-	Amarre
9	33	-34,5	170	160	92,79	**OLMO** 150-3TA	36,34	Amarre
10	34,5	-31,5	160	151	111,24	**OLMO** 150-3T	30,96	Suspensión
11	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-1400	-	Amarre (Ángulo)
12	36	-38,5	161	164	99,81	**OLMO** 150-4T	34,34	Amarre
13	38,5	5	164	198	356,31	**ARCE** F40-300	13,42	Suspensión
14	-5	-2	198	200	102,8	**OLMO** 150-3TA	38,58	Amarre
15	2	22	200	200	243,18	**OLMO** 150-4T	20,46	Suspensión
16	-22	36	200	200	198,19	**OLMO** 150-4T	24,24	Suspensión
17	-36	25,5	200	200	87,96	**OLMO** 150-3TA	42,36	Amarre
18	-25,5	-13	200	200	-38,01	**OLMO** 150-3T	-	Amarre
19	13	-11,5	200	200	141,95	**OLMO** 150-3TA	31,26	Suspensión
20	11,5	20,5	200	226	277,35	**ARCE** F40-300	19,26	Suspensión
21	-20,5	5,5	226	225	92,81	**OLMO** 150-3TA	44,2	Amarre

22	-5,5	6	225	226	154,33	**OLMO** 150-3TA	32,14	Suspensión
23	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-1400	-	Amarre (Ángulo)
24	-32,5	33,5	200	200	139,65	**OLMO** 150-4TA	31,62	Suspensión
25	-33,5	-11	200	200	-63	**OLMO** 150-3TA	–	Amarre
26	11	31	200	218	316,95	**ARCE** F40-300	16,86	Suspensión
27	-31	25	218	262	120,57	**OLMO** 150-3TA	39,53	Amarre
28	-25	14,5	262	200	135,74	**OLMO** 150-3TA	35,72	Amarre
29	-14,5	-35,5	200	220	-66,37	**OLMO** 150-3TA	–	Amarre
30	35,5	-46	220	222	108,56	**OLMO** 150-3TA	39,94	Amarre
31	46	-8,5	222	178	277,24	**OLMO** 150-4TA	18,28	Suspensión
32	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-300	-	Amarre (Ángulo)
33	-37,5	28	200	224	87,19	**OLMO** 150-3TA	44,07	Amarre
34	-28	34,5	224	175	199,65	**OLMO** 150-4T	24,05	Suspensión
35	-34,5	31,5	175	200	91,15	**OLMO** 150-4T	39,89	Amarre
36	-31,5	42,5	200	200	184,59	**OLMO** 150-4T	25,65	Suspensión
37	-42,5	33,5	200	202	93,98	**OLMO** 150-3TA	40,94	Amarre
38	-33,5	25	202	200	99,2	**OLMO** 150-4T	39,67	Amarre
39	-25	26	200	200	139,69	**OLMO** 150-4T	31,62	Suspensión
40	-26	25	200	200	130,71	**OLMO** 150-4T	33,12	Amarre
41	-25	35	200	200	180,1	**OLMO** 150-4T	26,15	Suspensión
42	-35	31	200	212	113,42	**OLMO** 150-3TA	37,13	Amarre
43	-31	27	212	210	126,78	**OLMO** 150-4T	35,11	Amarre
44	-27	21	210	220	115,6	**OLMO** 150-3TA	37,75	Amarre
45	-21	36,5	220	218	212,68	**OLMO** 150-4T	24,61	Suspensión

46	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-1400	-	Amarre (Ángulo)
47	-7,5	3,5	200	200	117,34	**OLMO** 150-3TA	35,61	Amarre
48	-3,5	13,5	200	200	179,86	**OLMO** 150-3TA	26,18	Suspensión
49	-13,5	14,5	200	202	139,7	**OLMO** 150-4T	31,73	Suspensión
50	-14,5	-2	202	230	74,13	**OLMO** 150-3T	48,29	Amarre
51	2	3	230	230	174,9	**OLMO** 150-4T	29,77	Suspensión
52	-3	-3	230	232	132,96	**OLMO** 150-3TA	36,21	Amarre
53	3	2	232	200	166,5	**OLMO** 150-3TA	29,46	Suspensión
54	-2	1	200	196	129,47	**OLMO** 150-3TA	33,1	Amarre
55	-	-	-	-	-	**OLMO** 275-3TA	-	Amarre (Ángulo)
56	0,5	-4	200	200	119,52	**OLMO** 150-3TA	35,18	Amarre
57	4	9	200	200	193,45	**OLMO** 150-4T	24,71	Suspensión
58	-9	2	200	200	103,83	**OLMO** 150-3TA	38,47	Amarre
59	-2	1	200	200	130,72	**OLMO** 150-3TA	33,12	Amarre
60	-1	4	200	200	148,64	**OLMO** 150-3TA	30,24	Suspensión
61	-4	-41	200	206	-59,07	**OLMO** 150-3TA	-	Amarre
62	41	-49	206	230	134,81	**OLMO** 150-4TA	34,47	Amarre
63	49	-16,5	230	224	278,37	**OLMO** 150-4TA	20,25	Suspensión
64	-	-	-	-	-	**OLMO** 150-4T	-	Amarre (Ángulo)
65	-5	-4	200	200	95,13	**OLMO** 150-4T	40,53	Amarre
66	4	-14,5	200	170	66,92	**OLMO** 150-4T	46,61	Amarre
67	14,5	-11	170	228	167,52	**OLMO** 150-3TA	27,55	Suspensión
68	11	-15,5	228	155	83,37	**OLMO** 150-4T	42,5	Amarre
69	15,5	13,5	155	136	275,8	**OLMO** 150-4T	14,07	Suspensión

70	-13,5	44	136	194	225,11	**OLMO** 150-3TA	18,66	Suspensión
71	-44	-8	194	304	-57,08	**OLMO** 150-3TA	-	Amarre
72	8	-37	304	103	-158,89	**OLMO** 150-4T	-	Amarre
73	37	9	103	153	458,8	**ARCE** F40-300	7,89	Suspensión
74	-9	43	153	174	278,21	**OLMO** 150-4T	15,39	Suspensión
75	-43	19	174	173	-4,98	**OLMO** 150-3TA	-	Amarre
76	-19	23,5	173	180	137,77	**OLMO** 150-3TA	29,13	Suspensión
77	-23,5	-23,5	180	220	-76,18	**OLMO** 150-3TA	-	Amarre
78	23,5	27	220	286	350,22	**ARCE** F40-300	18,17	Suspensión
79	-27	-4,5	286	207	63,21	**OLMO** 150-4T	55,08	Amarre
80	4,5	-2	207	190	144,17	**OLMO** 150-3TA	30,74	Suspensión
81	2	-20,5	190	217	62,81	**OLMO** 150-3TA	50,41	Amarre
82	20,5	-7,5	217	246	213,47	**OLMO** 150-3TA	25,65	Suspensión
83	7,5	13	246	260	242,7	**OLMO** 150-4T	24,83	Suspensión
84	-13	47	260	194	324,67	**ARCE** F40-300	17,71	Suspensión
85	-47	44	194	200	113,34	**OLMO** 150-4T	36,05	Amarre
86	-	-	-	-	-	**ARCE** F40-630	-	Amarre (Final de línea)

6) AISLAMIENTO

6.1) Introducción

6.1.1) Condiciones generales

Los conductores empleados en líneas aéreas, en la mayor parte de los casos, son desnudos; por lo tanto, se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados generalmente de porcelana o vidrio. La sujeción del aislador al poste, se realiza por medio de herrajes. Pero además, un aislador debe tener las características

mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción o comprensión a los que está sometido.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:

• Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible. Esta rigidez depende de la calidad del vidrio o porcelana y del grueso del aislador. La tensión de perforación es la tensión con la cual se puede producir el arco a través de la masa del aislador.

• Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presente valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo, a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión con la cual se puede producir el arco a través del aire, siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga.

• Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser por lo menos igual a la del conductor que tenga que soportar.

• Resistencia a las variaciones de temperatura.

• Ausencia de envejecimiento.

Los aisladores son, de todos los elementos de la línea, aquellos en los que se pondrá el máximo cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción.

6.1.2) Materiales empleados en los aisladores

- *Aisladores de porcelana*

Su estructura debe ser homogénea y para dificultar las adherencias de la humedad y polvo, la superficie exterior está recubierta por una capa de esmalte. Están fabricados con caolín y cuarzo de primera calidad.

- *Aisladores de vidrio*

Están fabricados por una mezcla de arena silícea y de arena calcárea. El material es más barato que la porcelana, pero tienen un coeficiente de dilatación muy alto, que limita su aplicación en lugares con cambios grandes de temperatura; la resistencia al choque es menor que en la porcelana. Sin embargo, debido a que el costo es más reducido y su transparencia facilita el control visual, hacen que sustituyan en muchos casos a los de porcelana.

- *Aisladores de esteatita y resinas epóxicas*

Se emplean cuando han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que los de porcelana, y sus propiedades aislantes también son superiores; sin embargo, el inconveniente es que tienen mayor costo.

Su aplicación se centra fundamentalmente en aisladores de apoyo para aparamenta y subestaciones siendo menos común su uso para el tendido de líneas.

6.1.3) Tipos de aisladores

- *Aisladores fijos*

Están unidos al soporte por un herraje fijo y no pueden, por consiguiente, cambiar normalmente de posición después de su montaje. Su forma general es la de una campana que lleva en su parte superior una garganta sobre la que se fija el conductor por una ligadura (de hilo de cobre recocido para conductores de cobre o de hilo de aluminio para conductores a base de aluminio). Este aislador es el más simple y pertenece a las líneas de baja tensión.

- *Aisladores en cadena o suspendidos*

Están constituidos por un número variable de elementos según la tensión de servicio; estas cadenas son móviles alrededor de su punto de unión al soporte, y además, las articulaciones entre elementos deben tener bastante libertad para que los esfuerzos de flexión queden amortiguados; estas articulaciones suelen ser de rótula.

Este tipo de aislador es el más empleado en media y en alta tensión, ya que presenta las siguientes ventajas:

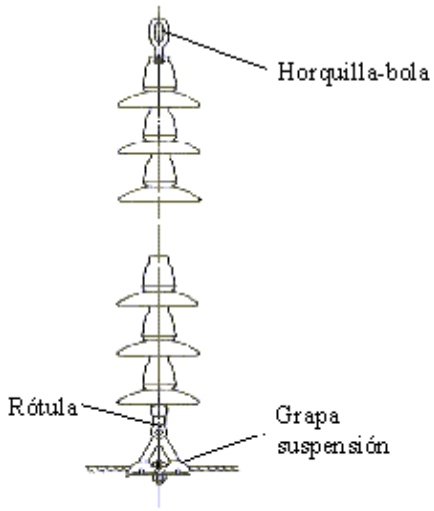
• Permite elevar la tensión de funcionamiento con sólo aumentar la longitud de la cadena, es decir, colocando más elementos.

• No se interrumpe el servicio por rotura de un aislador, ya que la cadena sigue sustentando al conductor.

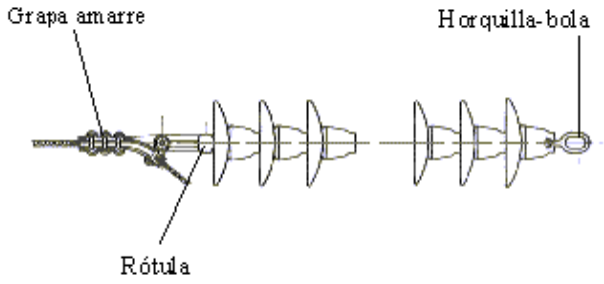
• Presenta una gran economía en la reparación de las cadenas, pues solamente es necesario cambiar el elemento averiado.

Existen diversos tipos de aisladores de cadena, que a continuación se detallan:

• *Caperuza-vástago*, este aislador se compone de una campana de porcelana o vidrio templado, en forma de disco y que lleva en su parte inferior algunas ondulaciones. En la parte superior de la campana está empotrada una caperuza de fundición o acero, y en su parte inferior en un hueco bastante reducido, lleva un vástago sellado al aislador.



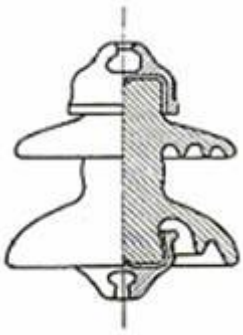
Aislador en cadena de suspensión



Aislador en cadena de amarre

• *Campana (discos),* este elemento está constituido por un núcleo cilíndrico de porcelana de diámetro comprendido entre 60 y 85 mm., y provisto de dos faldas anchas. La unión de los aisladores campana entre sí se hace con un pequeño vástago cilíndrico terminado en dos rótulas. La diferencia esencial entre el aislador campana y el elemento caperuza-vástago, reside en el hecho de que el primero es rigurosamente imperforable en servicio, mientras que el segundo puede, en ciertas

circunstancias, perforarse antes de ser contorneado, especialmente por la acción simultánea de esfuerzos mecánicos y acciones eléctricas.



Aislador tipo campana

• *Langstab* , este modelo es un mejoramiento del aislador Motor y se denomina Langstab (larga línea de fuga). Está constituido por un largo cilindro de porcelana de 80 a 100 cm., con ondulaciones bastante profundas y terminado en dos caperuzas.

Aislador Langstab

- *Aisladores especiales*

- *Antiniebla,* su principal característica consiste en tener ondulaciones más profundas que permitan una mayor tensión de contorneamiento.

- *De costa,* la campana exterior es más ancha y alta, de forma que protege completamente contra el rocío a las faldas interiores. Los depósitos de humedad (niebla, rocío, condensación de origen variable) lo mismo que el depósito de cuerpos conductores extraños (humos industriales) reducen considerablemente la tensión de contorneamiento de los aisladores. La protección más difícil de realizar es la de líneas en regiones industriales, pues los materiales contaminantes se introducen en todas las ranuras del aislador.

6.2) Coordinación del aislamiento

En función de los indicado en el Apartado 4.4 de la ITC-LAT 07 del RLAT, la coordinación de aislamiento comprende la selección de la rigidez dieléctrica de los materiales, en función de las tensiones que pueden aparecer en la red a la cual estos materiales están destinados y teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las características de los dispositivos de protección disponibles.

La rigidez dieléctrica de los materiales se considera aquí en el sentido de nivel de aislamiento normalizado.

Los principios y reglas de la coordinación de aislamiento son descritos en las normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2. El procedimiento para la coordinación de aislamiento consiste en la selección de un conjunto de tensiones soportadas normalizadas, las cuales caracterizan el nivel aislamiento.

Los niveles de aislamiento normalizados mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, correspondiéndole a la línea analizada de 55 kV según lo indicado en el Apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 la tensión más elevada de U_m = 72,5 kV, serán los reflejados en las tablas que se mostrarán más adelante.

Estas tablas especifican las tensiones soportadas normalizadas Uw para las gamas I y II. En ambas tablas, las tensiones soportadas normalizadas están agrupadas en niveles de aislamiento normalizados asociados a los valores de la tensión más elevada del material U_m.

En la gama I, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial y la tensión soportada a impulso tipo rayo. En la gama II, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada a impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo (esta última tabla no se considera debido a que no se requiere dadas las características de la línea).

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla se seguirá lo indicado en las Normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2. En el caso de proyectarse líneas a una tensión superior a las incluidas en esta tabla, para la fijación de los niveles de aislamiento se deberá seguir lo indicado en las normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2.

La tensión permanente a frecuencia industrial y las sobretensiones temporales determinan la longitud mínima necesaria de la cadena de aisladores. La forma de los aisladores se seleccionará en función del grado de polución en la zona por donde discurre la línea.

Niveles de aislamiento normalizados para la gama I (1 kV < Um ≤ 245 kV)		
Tensión más elevada para el material U_m kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3.6	10	20
		40
7.2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17.5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52	95	250
72.5	**140**	**325**
123	-185	450
	230	550
145	-185	-450
	230	550
	275	650
170	-230	-550
	275	650
	325	750
245	-275	-650
	-325	-750
	360	850
	395	950
	460	1050

Por tanto, los valores obtenidos analizando la tabla son:

- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 140 kV "eficaces".
- Tensión de ensayo al choque: 325 kV "cresta".

6.3) Cálculo eléctrico. Grado de aislamiento

El grado de aislamiento es la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (o la total de la cadena) y la tensión entre fases de línea. La longitud de la línea de fuga de un aislador se mide sobre la superficie del mismo. La de una cadena de aisladores es la de un solo aislador multiplicada por el número de los que la componen. Como tensión entre fases de línea se tomará el valor de la "tensión más elevada" de la tabla del apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT, para la línea analizada en el presente proyecto:

• Tensión nominal = 55 kV

• Tensión más elevada U_m = 72,5 kV

Grado de aislamiento recomendado según zonas que atraviesen las líneas

ZONAS	GRADOS DE AISLAMIENTO
Forestales y agrícolas	1.7 a 2 cm/kV
Industriales y próximas al mar	2.2 a 2.5 cm/kV
Industriales y muy próximas al mar	2.6 a 3.3 cm/kV
Industriales y muy próximas al mar con fábricas de productos químicos, centrales térmicas, etc.	Más de 3.2 cm/kV

El grado de aislamiento viene dado por la siguiente expresión:

$$GA = \frac{n \times L_f}{U_m}$$

Siendo:

- GA: Grado de aislamiento (cm/kV)

- n: número de aisladores

- L_f : Línea de fuga (mm)

- U_m : Tensión más elevada (kV)

A continuación se determina el número de aisladores requeridos en la línea eléctrica del presente proyecto para las siguientes consideraciones:

- La línea eléctrica discurre por una zona forestal y agrícola: GA = 1.7 cm/kV

- Se utilizarán aisladores E-70 BS cuyas características se detallan a continuación:

Aislador tipo E-70 BS

- Material ..... Vidrio templado
- Carga de rotura..... 7.000 daN
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante ..... 254 mm
- Paso nominal ..... 127 mm
- Línea de fuga ..... 292 mm
- Diámetro del vástago ..... 16.5 mm

En cadenas con dos elementos, las características de la mismas son:

- Tensión de contorneo bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto ... 72 kV
- Tensión a impulso tipo rayo, valor cresta ..... 190 kV

Por tanto:

$$n = \frac{GA \times U_m}{L_f} = \frac{1.7 \times 72.5}{29.2} = 4.22\ aisladores$$

Teniendo en cuenta que el número de aisladores debe ser un número entero, se toma el superior, es decir, se emplearán cadenas de aisladores formadas por **cinco aisladores**. El grado de aislamiento para este número de aisladores resulta:

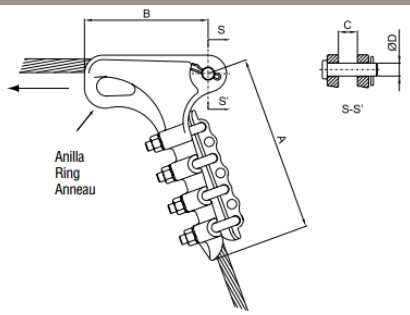
$$\boldsymbol{GA = \frac{n \times L_f}{U_m} = \frac{5 \times 29.2}{72.5} = 2.01\ cm/kV}$$

En vista de los resultados se detalla a continuación la composición de las distintas estructuras. Los componentes serán suministrados por la empresa *INAEL*, de cuyo catálogo se extraen las características que a continuación se presentan:

Formación cadena amarre del conductor

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (Kg)	TIPO
Grapa de amarre	1	1.80	GA-3
Aislador	5	3.5	U-70 BS
Horquilla de bola	1	0.75	HB-16
Rótula larga	1	0.64	R16P

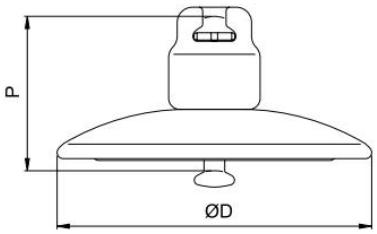
Grapas de amarre GA
Strain Clamps GA
Pinces d'ancrage GA



Tipo, Dimensiones y pesos
Types, dimensions and weights
Type, dimensions et poids

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm				Nº abarcones Nº U.bolts. Nº d'étriers	Par de apriete Torque of press Couple de serrage	ø Conductor. ø wire. ø Conducteur mm		Carga rotura UTS. Charge de rupture	Carga de rotura de la anilla UTS the ring Charge de rupture de l'anneau	Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	D		daN.m	Min.	Max.	kN	kN	kg	
GA 1	100	78	18.5	16	2xM10	2	5	10	35	14,4	0.45	50
GA1/1	110	124	20	16	2xM12	2	5	12	35	14,4	0.65	30
GA 2	165	140	20	16	3xM12	3.5	10	16	60	22,7	1.10	30
GA 3	240	170	22	16	4xM12	4.5	16	20	80	31	1.80	15

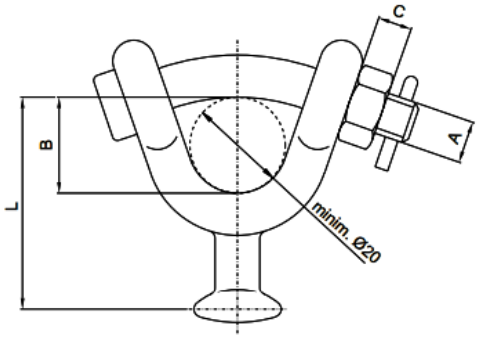
Aisladores de vidrio
Glass Insulators
Isolateur en verre



Características
Characteristics
Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm		Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite	Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d' assemblage CEI 60 120	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture	Peso Weight Poids	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	P	D	mm		kN	Kg.	
U 40 B	110	175	190	11	40	1,7	9
U 70 BS	127	255	295	16	70	3,5	7
U 70 BL	146	255	295	16	70	3,5	7
U 100 BS	127	255	295	16	100	3,7	7
U 120 B	146	255	295	16	120	3,8	7

Horquilla bola HB
Ball Clevis HB
Oeillet à rotule HB



Características
Characteristics
Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm				Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d' assemblage CEI 60120	Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Peso Weight Poids aprox. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	L				
HB 11	M12	30	11	60	11	75	0.245	100
HB 16	M16	40	15	82 (max)	16	100	0.750	25
HB 16 (RU 6617C)	M16	40	15	82 (max)	16	160	0.750	25

Alojamiento de rótula R
Socket eye R
Logement de rotule R

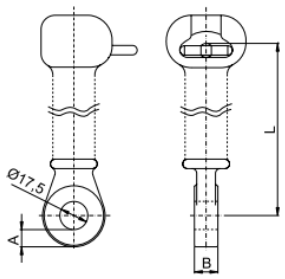


Fig. 5

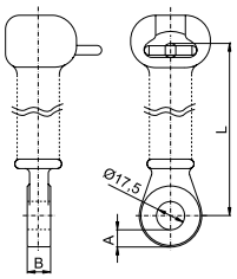


Fig. 6

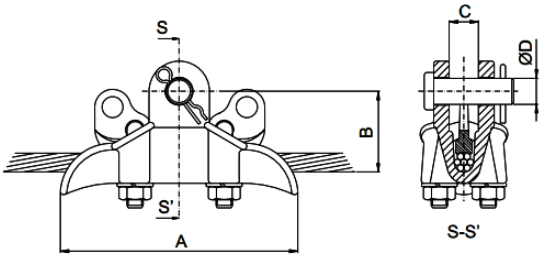
Características
Characteristics
Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm			Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga de rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg	Fig.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	L					
R11	7	16	41,5	11	70	0,180	5	100
R11P	7	16	117	11	75	0,270	5	50
R16	11	15	50,5	16 A	110	0,510	6	50
R16P	11	15	110,5	16 A	110	0,640	5	25
R16A	11	15	50,5	16 A	140	0,510	6	50
R16AP	11	16	133	16 A	160	0,64	5	25

Formación cadena suspensión del conductor

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (Kg)	TIPO
Grapa de suspensión	1	1.18	GS-4
Aislador	5	3.5	U-70 BS
Horquilla de bola	1	0.75	HB-16
Rótula corta	1	0.51	R16

Grapas de suspensión GS
Suspension clamps GS
Pinces de suspension GS



Tipo, Dimensiones y pesos
Types, dimensions and weights
Type, dimensions et poids

Tipo Type	Dimensiones. Dimensions. Dimensions mm				Nº abarcones Nº U.bolts. Nº d'étriers	Par de apriete Torque of press Couple de serrage (daN.m)	ø Conductor ø wire ø Conducteur mm		Carga rotura. UTS. Charge de rupture kN	Peso aprox. Aprox. weight Poids aprox. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	D			Min.	Max.			
GS1	144	50	18	16	2xM10	1.5	5	12	28	0.50	40
GS2	173	58	18	16	2xM12	3	12	17	48	0.88	30
GS3	210	71.5	27	16	2xM12	4	17	23	70	1.18	30

Alojamiento de rótula R
Socket eye R
Logement de rotule R

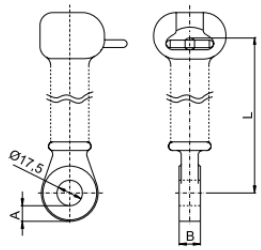


Fig. 5

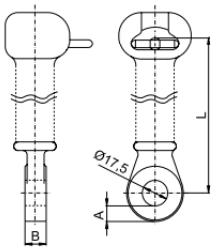


Fig. 6

Características
Characteristics
Caractéristiques

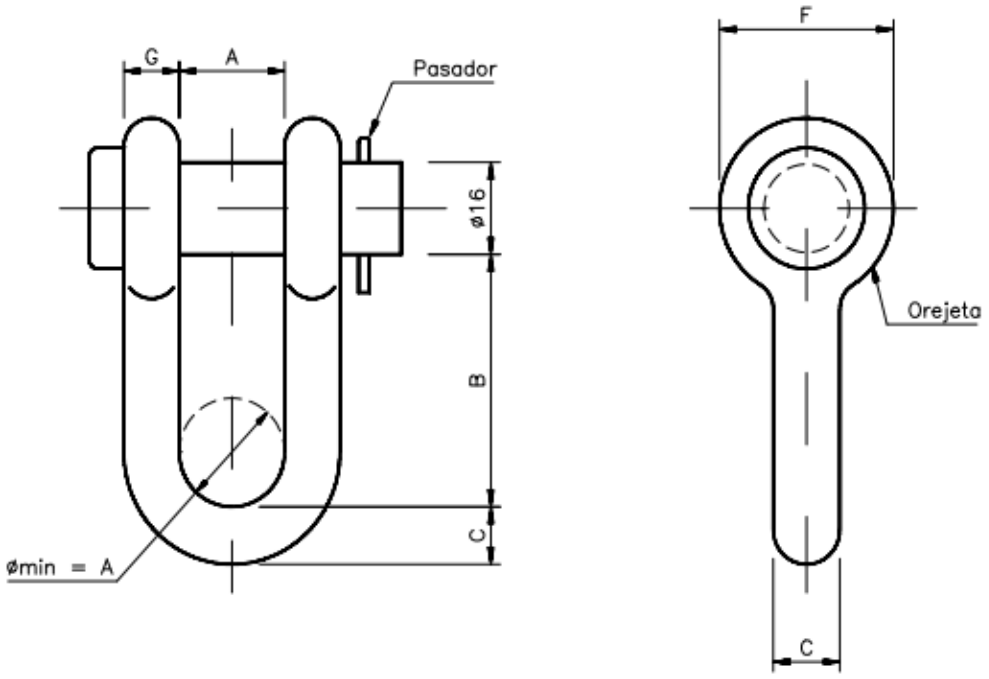
Tipo Type	Dimensiones Dimensions Dimensions mm			Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga de rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg	Fig.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	L					
R11	7	16	41,5	11	70	0,180	5	100
R11P	7	16	117	11	75	0,270	5	50
R16	11	15	50,5	16 A	110	0,510	6	50
R16P	11	15	110,5	16 A	110	0,640	5	25
R16A	11	15	50,5	16 A	140	0,510	6	50
R16AP	11	16	133	16 A	160	0,64	5	25

En el caso del cable de tierra T-50, las cadenas de amarre y suspensión no llevarán aisladores, solo están constituidas por herrajes.

Formación cadena amarre del cable de tierra

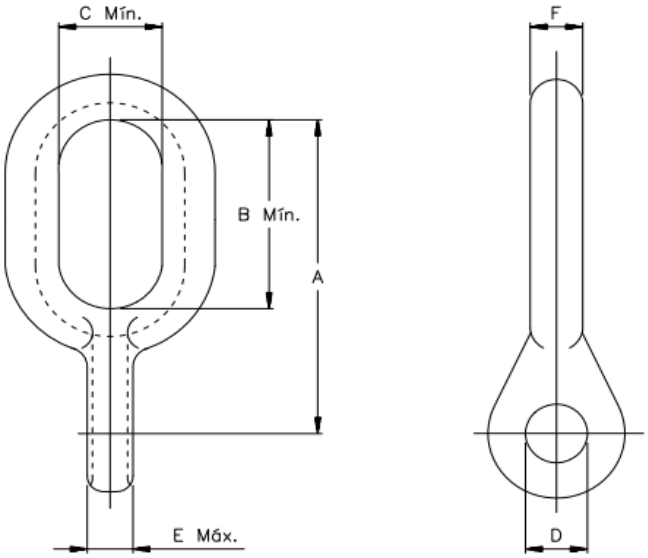
DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (Kg)	TIPO
Grillete recto	1	0.4	GNT
Eslabón revirado	1	0.475	ESPR
Grapa de amarre	1	0.4	GAT

GRILLETE NORMAL



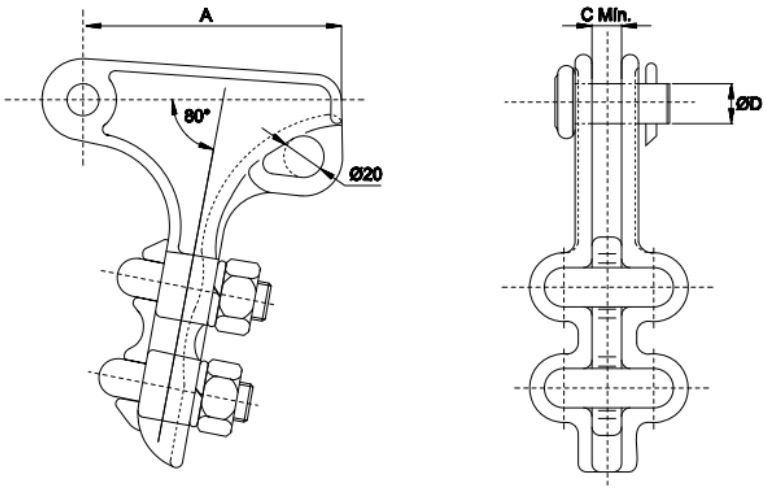
Designación	Dimensiones (mm)							Carga de rotura mínima (Kg)	Peso (Kg)
	A		B		C		F		
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Máximo		
GN o GNT	19	28	57	93	12	26	59	7650	0.4

ESLABÓN REVIRADO



Designación	Dimensiones (mm)						Carga de rotura mínima (Kg)	Peso (Kg)
	A	B	C	D	E	F		
	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.		
ESPR	100	58	28	17.5	14.5	14	7650	0.475

GRAPA DE AMARRE NORMAL HILO DE TIERRA

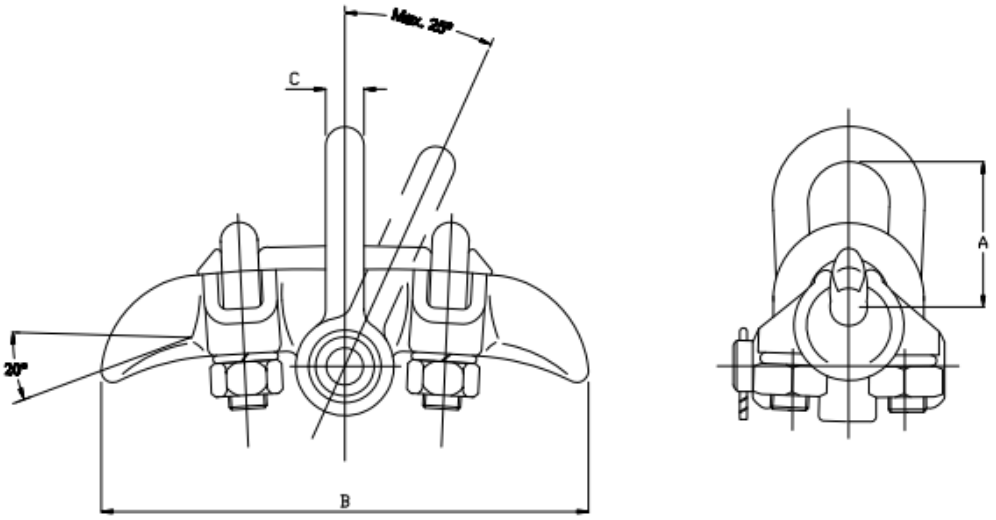


Designación	Dimensiones (mm)			Carga de rotura mínima (daN)	Peso (Kg)
	A (aprox.)	C (min.)	Φ D		
GAT	130	19	16	10000	0.46

Formación cadena suspensión del cable de tierra

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (Kg)	TIPO
Grillete recto	1	0.4	GNT
Eslabón revirado	1	0.475	ESPR
Grapa de suspensión	1	0.46	GST

GRAPA DE SUSPENSION HILO DE TIERRA



Designación	Dimensiones (mm)						Carga de rotura mínima (Kg)	Peso (Kg)
	A		B		C			
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	-	-		
GST	52		160		13		8000	0.46

A partir de los datos anteriormente expuesto es posible determinar los pesos y longitudes de las cadenas de amarre y suspensión, tanto para el conductor como para el cable de tierra.

Cadenas de amarre y suspensión para el conductor:

- *Pesos:*

• Peso aisladores = 5*3.5= 17.5 Kg

• Peso herraje cadena amarre = 1.8+0.75+0.64=3.19 Kg

• Peso herraje cadena suspensión = 1.18+0.75+0.51=2.44 Kg

• Peso cadena amarre= Peso aisladores + Peso herraje amarre

Peso cadena amarre = 17.5+3.19 = **20.69 Kg.**

•Peso cadena suspensión = Peso aisladores + Peso herraje suspensión

Peso cadena suspensión = 17.5+2.44=**19.94 Kg**

- *Las longitudes de las cadenas serán:*

• Cadena de suspensión: 802 mm

• Cadena de amarre: 1.111 mm

Cadenas de amarre y suspensión para el cable de tierra:

- *Pesos:*

• Peso cadena amarre= 0.4+0.475+0.4 = 1.275 Kg

• Peso cadena suspensión= 0.4+0.475+0.46= l.335 Kg

6.4) Cálculo mecánico

En el Apartado 3.4 de la ITC-LAT 07 del RLAT se indican las consideraciones para el cálculo mecánico de los aislantes.

El criterio de fallo será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y solicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrase sometidos.

El coeficiente de seguridad mecánica no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$\frac{CR}{P_T} \geq 3$$

Siendo:

CR: Carga de rotura

P_T: Suma de solicitaciones mecánicas.

Analizando el caso más desfavorable, vano de mayor longitud 366 m situado en Zona B, se comprueba el cumplimiento de la normativa vigente:

Conductor LA-180:

- Peso de una fase para cadena de amarre será:

$$P = 0.676 \times 366 = 247.416\ Kg$$

- Suma total de la cadena de amarre: 20.69 Kg

- Sumando todos los esfuerzos se tiene una carga total de:

$$P_T = 247.416 + 20.69 = 268.106$$

- La carga de rotura es de 6590 Kg, por lo que el coeficiente de seguridad resulta:

$$\frac{CR}{P_T} = \frac{6590}{268.106} = 24.58 \geq 3$$

Se observa que el coeficiente de seguridad es superior a 3, por tanto, se cumple lo establecido en el reglamento.

Cable de Tierra T-50:

- Peso de una fase para cadena de amarre será:

$$P = 0.391 \times 366 = 143.106\ Kg$$

- Suma total de la cadena de amarre: 1.275 Kg

- Sumando todos los esfuerzos se tiene una carga total de:

$$P_T = 143.106 + 1.275 = 144.381$$

- La carga de rotura es de 6590 Kg, por lo que el coeficiente de seguridad resulta:

$$\frac{CR}{P_T} = \frac{6590}{144.381} = 45.64 \geq 3$$

Se observa que el coeficiente de seguridad para el cable de tierra sigue siendo superior a 3, por tanto, se cumple la reglamentación.

7) CÁLCULO MECÁNICO EN LOS APOYOS

7.1) Introducción al cálculo mecánico en los apoyos

Para analizar los esfuerzos mecánicos a los que se ven sometidos los apoyos se consideraran las indicaciones de cálculo recogidas en los apartado 3.5. de la de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Tal y como se indica en el apartado 3.5.3 de esta instrucción técnica complementaria, se deben tener en cuenta, en función del tipo de apoyo y de la zona en la que se encuentre, las siguientes hipótesis:

- 1ª hipótesis: Viento
- 2ª hipótesis: Hielo
- 3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones
- 4ª hipótesis: Rotura de conductores

Debido al perfil del terreno por el que discurre el tendido eléctrico una parte de los apoyos se encuentra situada en zona B y otra en zona A, por ello se deberán considerar las diferencias en el procedimiento de cálculo especificadas en el Reglamento de Alta Tensión para cada caso.

A continuación se muestran las tablas presentes en el apartado 3.5.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión que recogen los cálculos requeridos en función la hipótesis analizada para cada tipo de apoyo y zona:

Nota: los cálculos se deben realizar tanto para los conductores de potencia como para el cable de tierra, teniendo en cuenta las especificaciones de cada uno para, posteriormente, sumar sus efectos sobre los apoyos y comprobar que éstos los resisten.

Para realizar los cálculos se deben considerar los tenses de los vanos reguladores, dado que al ser éstos los empleados para el tendido éstos serán los sufridos por los apoyos.

Apoyos de líneas situadas en zona A

Tabla 5. Apoyos de líneas situadas en zona A

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.	Desequilibrio de tracciones (apdo 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica	Desequilibrio de tracciones (apdo 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2)
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica	Desequilibrio detracciones (apartado 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	No aplica	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 ºC.

V = Esfuerzo vertical L = Esfuerzo longitudinal T = Esfuerzo transversal

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C

Tabla 7. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (1)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo.3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. de 3.1.3)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 ºC en zona B y-15 ºC en zona C.
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 ºC en zona B y-20 ºC en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

Tabla 8. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS (Hielo)	2ª HIPÓTESIS (Hielo+Viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 o 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	No aplica.	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 ºC en zona B y-15 ºC en zona C
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 ºC en zona B y -20 ºC en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

7.2) Apoyos situados en Zona B

La línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 6980 m. Analizando el tendido eléctrico del presente proyecto los apoyos que se encuentran en esta zona son los comprendidos entre el Apoyo 1 y el Apoyo 34, ambos inclusive.

A continuación se realiza el cálculo mecánico de los apoyos en función del tipo.

7.2.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación

Según lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se puede prescindir del cálculo de la 4º hipótesis:

En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

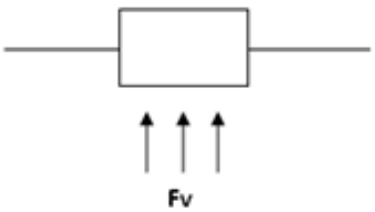
a. Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.

b. Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.

c. Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

A continuación se muestran los cálculos de los esfuerzos a los que se ven sometidos los apoyos en función de la hipótesis considerada:

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



El esfuerzo debido al viento "F_v" sobre los conductores y transmitido a los apoyos según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 del RLAT es:

$$F_v=n\times L\times P_v\times d$$

Siendo:

• F_v: Fuerza transversal de viento.

• n: Número de conductores de la línea (conductor potencia =3/cable de tierra =1)

• L: Vano de viento ((a+b)/2).

• a: Vano anterior en m.

• b: Vano posterior, en m.

• P_v: presión reglamentaria de viento (50 kg/m^2/ 60 kg/m^2).

• d: Diámetro en m del conductor (17´5 x 10-3 m/ 9 x 10-3 m).

A este esfuerzo horizontal, para el caso de apoyo en horizontal, no es necesario añadir el esfuerzo de tense pues este se compensa entre la línea que llega al apoyo y la que sale de éste.

En esta primera hipótesis también se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes:

- Peso por sobrecarga de viento:

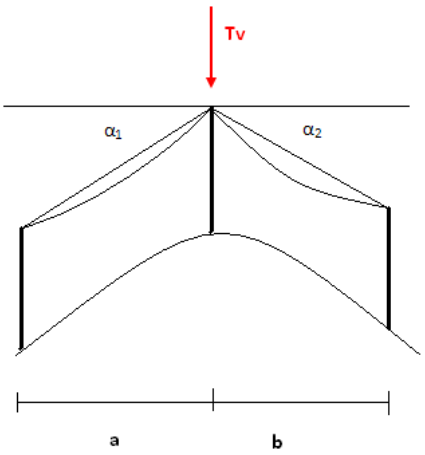
$$P_{sv} = n\times L\times\sqrt{p^2 + pv^2}$$

siendo:

$pv=P_v\times d$

$pt=\sqrt{p^2 + pv^2}$

- Esfuerzo vertical debido a desniveles:



$$F_{dv} = n \times T_{max} \times N$$

$$N = \frac{p}{pt} \times (tg\alpha_1 + tg\alpha_2)$$

$$T_{max} = T_{-5+viento} \text{ (Zona A)}$$

p= 676 Kg/km / 0.391Kg/m

- Peso cadena amarre: 20.69 Kg (x6 // Principio/fin de línea: x3)
- Peso cadena suspensión: 19.94 Kg (x3)
- Peso del armado: Ver en tablas según tipo.
- No se tiene en cuenta el peso del apoyo porque éste está diseñado para que lo soporte la propia estructura.

Nota: debido a que nos encontramos en zona B, en la 2º hipótesis se recalculan todos los esfuerzos anteriores pero considerando los efectos del hielo en lugar de los del viento. Este hecho hace que, dado que los efectos del hielo son más restrictivos, el caso más desfavorable sea el planteado por la 2º hipótesis y, por tanto, que dicha hipótesis predomine sobre la 1º a la hora de valorar la resistencia de los apoyos frente a los esfuerzos.

- 2º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al hielo*

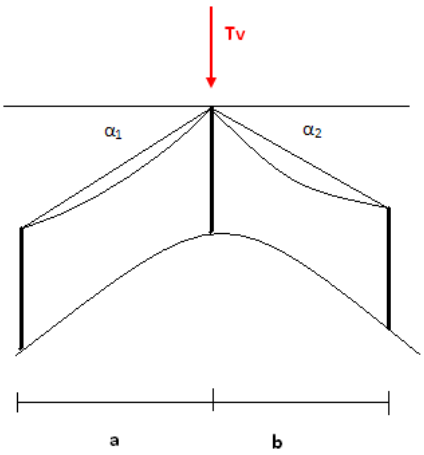
Los esfuerzos del hielo únicamente son de tipo vertical, por este motivo se considera en la 1º hipótesis la existencia de viento (esfuerzo transversal).

Los esfuerzos verticales a los que se ven sometidos los apoyos, cargas permanentes, debido al hielo son los siguientes:

- Peso por sobrecarga de hielo:

$$P_{sh} = n \times L \times (p + 0.18\sqrt{d})$$

- Esfuerzo vertical debido a desniveles:



$$F_{dh} = n \times T_{max} \times N$$

$N = tg\alpha_1 + tg\alpha_2$

$Tmax = T_{-15+Hielo}$ (Zona B)

p= 676 Kg/km / 0.391Kg/m

- Peso cadena amarre: 20.69 Kg (x6 // Principio/fin de línea: x3)
- Peso cadena suspensión: 19.94 Kg (x3)
- Peso del armado: Ver en tablas según tipo.
- No se tiene en cuenta el peso del apoyo porque éste está diseñado para que lo soporte la propia estructura.

- 3º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

$$Dt = n \times 8\% \times T_{max}$$

$T_{max} = T_{-15+Hielo}$ (Zona B)

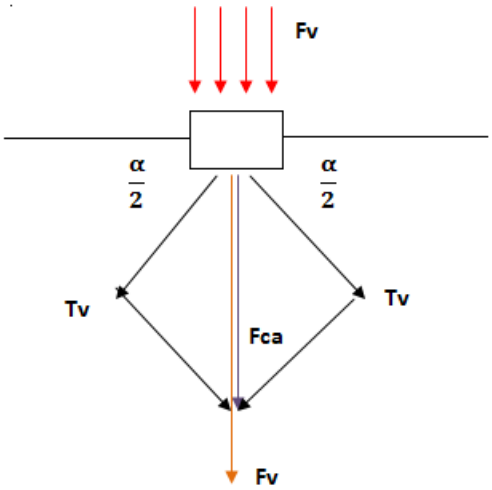
Situación límite: $T_{max} = \frac{Carga rotura}{3}$

7.2.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo

Según lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, al igual que para el apoyo en alineación, se puede prescindir del cálculo de la 4º hipótesis.

A continuación se muestran los cálculos de los esfuerzos a los que se ven sometidos los apoyos en función de la hipótesis considerada:

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



El esfuerzo total horizontal y transversal al apoyo "F_a" es el originado por la resultante "F_{ca}" de las tensiones de los conductores de los vanos adyacentes (fuerza de cambio de alineación), más la resultante "F_v" de las proyecciones de los esfuerzos transversales del viento sobre la semisuma de tales vanos adyacentes:

$$F_a = F_{ca} + F_v$$

$$\begin{cases} F_{ca} = n \times (T_1 + T_2) \times \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \\ F_v = n \times pv \times \frac{a+b}{2} \times \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \end{cases}$$

Siendo:

• T_v: la tensión media de los vanos contiguos ($T_v = T_1 + T_2$)

• a y b: la longitud de los vanos adyacentes.

• α: el ángulo de desviación de traza.

Del mismo modo que para el apoyo en alineación, en esta primera hipótesis se calculan los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

- 2º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al hielo*

En esta segunda hipótesis únicamente se consideran los esfuerzos generados por el hielo, por tanto, únicamente se analiza la fuerza de cambio de alineación:

$$F_a = F_{ca} = n \times (T_1 + T_2) \times \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Siendo las tensiones las correspondientes a la zona B (-15º+Hielo).

Del mismo modo que para el apoyo en alineación, en esta segunda hipótesis se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

Como ocurre en los apoyos en alineación, los esfuerzos generados por el hielo sobre los apoyos son más desfavorables, basta con comparar los valores de la resultante F_a y ver que la 2º hipótesis es más restrictiva y, por tanto, determina el diseño del apoyo.

- 3º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

$$Dt = n \times 8\% \times T_{max}$$

$T_{max} = T_{-15+Hielo}$ (Zona B)

Situación límite: $T_{max} = \frac{Carga\ rotura}{3}$

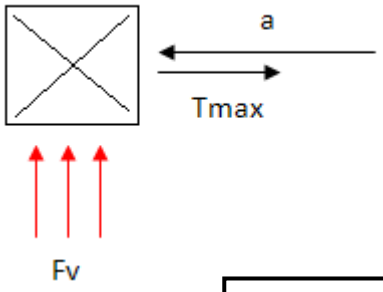
7.2.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje

Este tipo de apoyos se emplean cuando, debido a que el perfil del terreno es homogéneo, se permite la distribución con series largas compuestas por sucesivos apoyos en alineación. Para evitar la caída de toda la serie en caso de fallo mecánico, se colocan cada 2 km aproximadamente, dentro de estas largas series de apoyos en alineación, un apoyo en anclaje (similar a un apoyo en amarre).

Debido a que el perfil del terreno analizado para el presente proyecto posee muchos desniveles no se requiere el uso de este tipo de apoyos dado que no se poseen largas series con apoyos en alineación.

7.2.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y fin de línea

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



- Esfuerzo debido a la acción del viento: $F_v = n \times \frac{a}{2} \times pv$

- Esfuerzo longitudinal debido al desequilibrio de tracciones: $F_t = n \times T_{max\ (-5º+viento)}$

En la situación más desfavorable, cuando la dirección del viento coincide con la del tendido, el apoyo deberá soportar simultáneamente los dos esfuerzos anteriores:

$$F_r = F_v + F_t$$

Del mismo modo que para el apoyo en alineación y en ángulo, en esta primera hipótesis se calculan los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

- 2º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al hielo*

En esta segunda hipótesis únicamente se consideran los esfuerzos generados por el hielo, por tanto, únicamente se analizan los desequilibrios de tracciones:

$$F_r = F_t = n \times T_{max\ (-15º+Hielo)}$$

Del mismo modo que para el apoyo en alineación y en ángulo, en esta segunda hipótesis se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

Como ocurre en los apoyos en alineación y en ángulo, los esfuerzos generados por el hielo sobre los apoyos son más desfavorables, basta con comparar los valores de la resultante F_r y ver que la 2º hipótesis es más restrictiva y, por tanto, determina el diseño del apoyo.

- 3º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

$Dt = n \times 100\% \times T_{max}$

$T_{max} = T_{-15+Hielo}$ (Zona B)

Situación límite: $T_{max} = \frac{Carga\ rotura}{3}$

- 4º Hipótesis: *Esfuerzos Rotura de conductores*

En esta hipótesis se considera la rotura del conductor más alejado del eje del apoyo:

$Mt = T_{max} \times brazo$

$T_{max} = T_{-15+Hielo}$ (Zona B)
brazo: distancia del conductor más alejado al eje del apoyo.

7.3) Apoyos situados en Zona A

A una distancia de 6980 m del comienzo de la línea eléctrica en la subestación eólica y hasta el final de la misma, subestación de Ramales de la Victoria, los apoyos pasan a situarse en zona A (situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar). En función de lo anterior, los apoyos emplazados en esta zona son los comprendidos entre el Apoyo 35 y el Apoyo 86.

A continuación se realiza el cálculo mecánico de los apoyos en función del tipo.

7.3.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación

Según lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se puede prescindir del cálculo de la 4º hipótesis:

En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la

cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

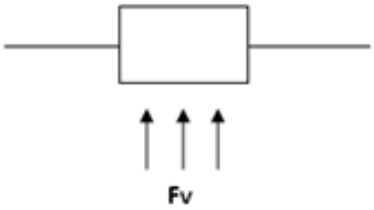
a. Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.

b. Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.

c. Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

A continuación se muestran los cálculos de los esfuerzos a los que se ven sometidos los apoyos en función de la hipótesis considerada:

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



El esfuerzo debido al viento "F_v" sobre los conductores y transmitido a los apoyos según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 del RLAT es:

$$F_v = n \times L \times P_v \times d$$

Siendo:

• F_v: Fuerza transversal de viento.

• n: Número de conductores de la línea (conductores potencia=3/cable de tierra=1)

• L: Vano de viento ((a+b)/2).

• a: Vano anterior en m.

• b: Vano posterior, en m.

• P_v: presión reglamentaria de viento (50 kg/m^2/ 60 kg/m^2).

• d: Diámetro en m del conductor (17´5 x 10-3 m/ 9 x 10-3 m).

A este esfuerzo horizontal, para el caso de apoyo en horizontal, no es necesario añadir el esfuerzo de tense pues este se compensa entre la línea que llega al apoyo y la que sale de éste.

En esta primera hipótesis también se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes:

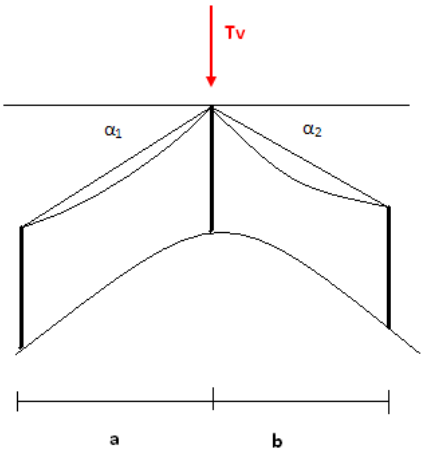
- Peso por sobrecarga de viento: $P_{sv} = n \times L \times \sqrt{p^2 + pv^2}$

siendo:

$pt = \sqrt{p^2 + pv^2}$

$pv = P_v \times d$

- Esfuerzo vertical debido a desniveles:



$F_{dv} = n \times T_{max} \times N$

$N = \frac{p}{pt} \times (tg\alpha_1 + tg\alpha_2)$

$T_{max} = T_{-5+viento}$ (Zona A)

p= 676 Kg/km / 0.391Kg/m

- Peso cadena amarre: 20.69 Kg (x6 // Principio/fin de línea: x3)
- Peso cadena suspensión: 19.94 Kg (x3)
- Peso del armado: Ver en tablas según tipo.
- No se tiene en cuenta el peso del apoyo porque éste está diseñado para que lo soporte la propia estructura.

- 3º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

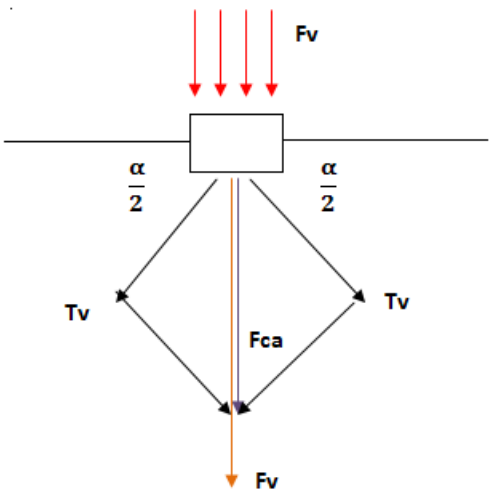
$$Dt = n \times 8\% \times T_{max} \begin{cases} T_{max} = T_{-5+viento} \text{ (Zona A)} \\ \text{Situación límite: } T_{max} = \frac{Carga\,rotura}{3} \end{cases}$$

7.3.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo

Según lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, al igual que para el apoyo en alineación, se puede prescindir del cálculo de la 4º hipótesis.

A continuación se muestran los cálculos de los esfuerzos a los que se ven sometidos los apoyos en función de la hipótesis considerada:

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



El esfuerzo total horizontal y transversal al apoyo "F_a" es el originado por la resultante "F_{ca}" de las tensiones de los conductores de los vanos adyacentes (fuerza de cambio de alineación), más la resultante "F_v" de las proyecciones de los esfuerzos transversales del viento sobre la semisuma de tales vanos adyacentes:

$$F_a = F_{ca} + F_v \begin{cases} F_{ca} = n \times (T_1 + T_2) \times \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \\ F_v = n \times pv \times \frac{a+b}{2} \times \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \end{cases}$$

Siendo:

• T_v: la tensión media de los vanos contiguos ($T_v=T_1+T_2$)

• a y b: la longitud de los vanos adyacentes.

• α: el ángulo de desviación de traza.

Del mismo modo que para el apoyo en alineación, en esta primera hipótesis se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

- 3º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

$$Dt = n \times 8\% \times T_{max}$$

$T_{max} = T_{-5+viento}$ (Zona A)

Situación límite: $T_{max} = \frac{Carga\ rotura}{3}$

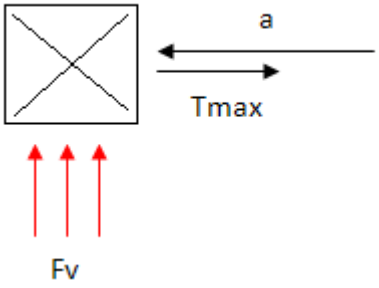
7.3.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje

Este tipo de apoyos se emplean cuando, debido a que el perfil del terreno es homogéneo, se permite la distribución con series largas compuestas por sucesivos apoyos en alineación. Para evitar la caída de toda la serie en caso de fallo mecánico, se colocan cada 2 km aproximadamente, dentro de estas largas series de apoyos en alineación, un apoyo en anclaje (similar a un apoyo en amarre).

Debido a que el perfil del terreno analizado para el presente proyecto posee muchos desniveles no se requiere el uso de este tipo de apoyos dado que no se poseen largas series con apoyos en alineación.

7.3.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y fin de línea

- 1º Hipótesis: *Esfuerzos en los apoyos debido al viento*



- Esfuerzo debido a la acción del viento: $F_v = n \times \frac{a}{2} \times pv$

- Esfuerzo longitudinal debido al desequilibrio de tracciones: $F_t = n \times T_{max}$

En la situación más desfavorable, cuando la dirección del viento coincide con la del tendido, el apoyo deberá soportar simultáneamente los dos esfuerzos anteriores:

$$F_r = F_v + F_t$$

Del mismo modo que para el apoyo en alineación y en ángulo, en esta primera hipótesis se deben calcular los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo debido a las cargas permanentes.

- 3º Hipótesis: Esfuerzos *en los apoyos debido al desequilibrio de tracciones*

$Dt = n \times 100\% \times T_{max}$

$T_{max} = T_{-5+viento}$ (Zona A)

Situación límite: $T_{max} = \frac{Carga rotura}{3}$

- 4º Hipótesis: *Esfuerzos Rotura de conductores*

En esta hipótesis se considera la rotura del conductor más alejado del eje del apoyo:

$Mt = T_{max} \times brazo$

$T_{max} = T_{-5+viento}$ (Zona A)

brazo: distancia del conductor más alejado al eje del apoyo.

7.4) Resultado cálculo mecánico

Una vez se han calculado los esfuerzos generados tanto por los conductores como por el cable de tierra se debe analizar el apoyo y armado seleccionados para saber si es correcto o es necesario modificarlo:

Esfuerzos horizontales

Observando en la tabla, para armado F5 o F42 (según corresponda), se comprueba que el esfuerzo útil horizontal del armado es superior al que se obtiene al sumar la

resultante horizontal de la 1º hipótesis de los conductores y del cable de tierra. Si ninguno de los armados para el apoyo olmo tiene una resistencia mayor es necesario seleccionar un apoyo superior, el Arce, y el menor de sus armados (pues seguramente con este sea suficiente).

Armado	Esfuerzo útil horizontal	OLMO			
		150	275	400	610
C	F	1745	3250	4770	6485
	S	2305	3570	5010	7260
E5/F5	F	1665	3100	4555	6190
	S	2200	3410	4780	6930
E42/F42	F	1625	3030	4450	6050
	S	2150	3330	4670	6770
E51/F51	F	1600	2980	4380	5950
	S	2115	3280	4595	6660
G41/H41	F	1550	2890	4245	5765
	S	2050	3175	4455	6455
G5/H5	F	1425	2665	3900	5300
	S	1880	2920	4090	5930

	Esfuerzo útil horizontal	ARCE				
		300	630	900	1400	1800
F40/E40	F	3125	6000	9000	14000	18000
F42/E42	S	3560	6610	9530	14400	18000
F60/E60	F	2665	5140	8145	11800	15355
F62/E62						
H30/G30	S	3100	5840	8375	12370	15355
H40/G40	F	2180	4195	6410	10130	14325
	S	2420	4465	6990	10400	14325

Esfuerzos verticales

Si el apoyo resiste un esfuerzo vertical superior al que se genera por un lado debido a los conductores y por otro al cable de tierra. Se analiza la resistencia característica del apoyo en la situación más desfavorable, situación con viento de 120 Km/h con coeficiente de seguridad de 1.5:

Apoyos Olmo { 420 Kg por conductor
180 Kg el cable de tierra.

Apoyos Arce { 650 Kg por conductor
240 Kg el cable de tierra.

Desequilibrio de tracciones:

La restricción impuesta por el desequilibrio de tracciones se ve siempre solventada en el diseño de esta línea debido al empleo de un EDS 12% con coeficientes de seguridad superior a tres para todas las tensiones máximas y longitudes de vanos presentes.

Rotura de conductores:

Para aquellos apoyos en los que se deba tener en cuenta esta hipótesis hay que comprobar que el esfuerzo longitudinal de rotura del apoyo es superior al generado. En caso de que con un apoyo Olmo no sea suficiente se seleccionará un Arce.

Esfuerzo longitudinal de rotura	**OLMO**			
	150	**275**	**400**	**610**
T	2000	2000	2000	2375
t	2000	2000	2000	2000

Armado	**Esfuerzo longitudinal de rotura**	**ARCE**				
		300	**630**	**900**	**1400**	**1800**
F40	T	2620	2620	5125	5125	5125
F60	t	2000	2000	2300	2300	2300
F42	T	2300	2300	4500	4500	4500
F62						
H30	t	2000	2000	2300		
H40	T	2000	2000	3850	3850	3850
	t	2000	2000	2300	2300	2300

A continuación se presentan en una tabla los valores de comparación y el tipo de apoyo seleccionado para soportar los esfuerzos a los que se ve sometido:

Zona	Apoyo		1º HIPOTESIS			2º HIPOTESIS			3º HIPOTESIS		4º HIPOTESIS	Apoyo seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante Horizontal	Resultante Vertical		Resultante Horizontal	Resultante Vertical		Potencia	Tierra	Momento	Tipo	Hlibre (m)
			Total (Kg)	Pot total (Kg)	Tierra total (Kg)	Total (Kg)	Pot total (Kg)	Tierra total (Kg)	Dt	Dt			
ZONA B	1	Principio de línea (Amarre)	5351,46	360,75	81,18	6317,75	502,24	121,10	4897,50	1420,25	3754,75	**ARCE** F40-900	23
	2	Alineación (Amarre)	517,48	368,12	68,00	0,00	420,97	82,41	394,73	121,18	-	**OLMO** 150-4TA	18.95
	3	Alineación (Suspensión)	623,51	408,34	82,45	0,00	472,02	107,20	394,73	121,18	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	4	Alineación (Amarre)	702,63	432,80	81,00	0,00	504,57	100,56	395,88	125,49	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	5	Alineación (Amarre)	743,78	447,18	83,89	0,00	523,15	104,60	397,70	125,49	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	6	Alineación (Suspensión)	762,77	462,75	94,56	0,00	540,66	125,18	397,70	125,26	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	7	Alineación (Suspensión)	965,33	552,95	108,16	0,00	651,55	143,79	397,70	125,26	-	**ARCE** F40-300	23
	8	Alineación (Amarre)	848,22	483,66	91,22	0,00	570,30	114,84	397,70	125,26	-	**ARCE** F40-300	13.95
	9	Alineación (Amarre)	522,23	369,78	68,33	0,00	423,12	82,87	393,22	117,24	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	10	Alineación (Suspensión)	492,16	345,36	67,89	0,00	395,63	83,29	392,46	115,20	-	**OLMO** 150-3T	12.35
	11	Ángulo (Amarre)	10192,92	359,82	66,33	12610,18	410,26	80,08	392,74	115,98	-	**ARCE** F40-1400	18.45
	12	Alineación (Amarre)	514,31	367,01	67,78	0,00	419,54	82,10	393,92	119,10	-	**OLMO** 150-4T	16.20
	13	Alineación (Suspensión)	572,87	588,27	135,07	0,00	633,45	216,87	393,92	119,10	-	**ARCE** F40-300	16.20
	14	Alineación (Amarre)	629,84	407,37	75,89	0,00	471,70	93,42	394,80	121,36	-	**OLMO** 150-3TA	14.3

	15	Alineación (Suspensión)	633,00	484,42	105,62	0,00	549,08	154,41	394,80	121,36	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	16	Alineación (Suspensión)	633,00	444,65	93,33	0,00	509,31	129,13	394,80	121,36	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	17	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	0,00	473,13	93,73	394,80	121,36	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	18	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	0,00	473,13	93,73	395,13	122,65	-	**OLMO** 150-3T	12.35
	19	Alineación (Suspensión)	633,00	394,94	77,97	0,00	459,60	97,57	395,13	122,65	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	20	Alineación (Suspensión)	674,15	521,20	115,68	0,00	590,06	173,51	395,13	122,65	-	**ARCE** F40-300	18.45
	21	Alineación (Amarre)	713,71	436,67	81,78	0,00	509,57	101,65	395,66	124,68	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	22	Alineación (Suspensión)	713,71	418,84	82,31	0,00	491,74	102,74	395,66	124,68	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	23	Ángulo (Amarre)	10330,64	530,98	112,98	12943,71	599,84	168,40	395,66	124,68	-	**ARCE** F40-1400	18.45
	24	Alineación (Suspensión)	633,00	392,95	77,34	0,00	457,61	96,26	394,80	121,36	-	**OLMO** 150-4TA	18.95
	25	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	0,00	473,13	93,73	395,12	122,63	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	26	Alineación (Suspensión)	661,49	555,73	126,91	0,00	623,30	197,29	395,12	122,63	-	**ARCE** F40-300	16.20
	27	Alineación (Amarre)	759,60	452,70	85,00	0,00	530,29	106,15	396,77	122,63	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	28	Alineación (Amarre)	731,12	442,75	83,00	0,00	517,43	103,35	396,77	121,36	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	29	Alineación (Amarre)	664,65	419,53	78,34	0,00	487,42	96,84	395,47	124,00	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	30	Alineación (Amarre)	699,47	431,70	80,78	0,00	503,14	100,25	395,47	124,00	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	31	Alineación (Suspensión)	633,00	515,79	115,42	0,00	580,45	174,68	394,92	121,84	-	**OLMO** 150-4TA	18.95

	32	Ángulo (Amarre)	1315,56	583,43	131,66	900,77	644,53	209,74	394,92	121,84	-	**ARCE** F40-300	18.45
	33	Alineación (Amarre)	670,98	421,74	78,78	0,00	490,28	97,46	394,93	121,89	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	34	Alineación (Suspensión)	631,42	445,80	93,79	0,00	510,29	130,22	394,93	121,89	-	**OLMO** 150-4T	16.9
ZONA A	**35**	Alineación (Amarre)	593,44	394,65	73,34	-	-	-	312,24	100,90	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	36	Alineación (Suspensión)	633,00	432,72	89,64	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	37	Alineación (Amarre)	636,17	409,58	76,34	-	-	-	312,24	100,77	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	38	Alineación (Amarre)	636,17	409,58	76,34	-	-	-	312,24	100,77	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	39	Alineación (Suspensión)	633,00	392,95	77,34	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	40	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	41	Alineación (Suspensión)	633,00	428,75	88,41	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	42	Alineación (Amarre)	651,99	415,11	77,45	-	-	-	312,24	101,41	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	43	Alineación (Amarre)	667,82	420,64	78,56	-	-	-	312,14	101,41	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	44	Alineación (Amarre)	680,48	425,06	79,45	-	-	-	312,14	101,86	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	45	Alineación (Suspensión)	693,14	467,20	98,25	-	-	-	312,06	101,86	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	46	Ángulo (Amarre)	10331,84	418,43	78,11	-	-	-	312,24	101,86	-	**ARCE** F40-1400	18.45
	47	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,68	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	48	Alineación (Suspensión)	633,00	388,98	76,11	-	-	-	312,23	100,68	-	**OLMO** 150-3TA	14.3

	49	Alineación (Suspensión)	636,17	433,26	89,69	-	-	-	312,23	100,68	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	50	Alineación (Amarre)	683,64	426,17	79,67	-	-	-	312,23	102,56	-	**OLMO** 150-3T	12.35
	51	Alineación (Suspensión)	727,95	439,42	88,23	-	-	-	311,95	102,56	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	52	Alineación (Amarre)	731,12	442,75	83,00	-	-	-	312,07	102,56	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	53	Alineación (Suspensión)	683,64	424,90	85,37	-	-	-	312,07	101,78	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	54	Alineación (Amarre)	626,67	406,26	75,67	-	-	-	312,30	101,78	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	55	Ángulo (Amarre)	1963,17	406,26	75,67	-	-	-	312,30	100,64	-	**OLMO** 275-3TA	14.35
	56	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	57	Alineación (Suspensión)	633,00	440,68	92,10	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	58	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	59	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	60	Alineación (Suspensión)	633,00	400,91	79,80	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	61	Alineación (Amarre)	642,50	411,79	76,78	-	-	-	312,24	101,02	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	62	Alineación (Amarre)	689,97	428,38	80,11	-	-	-	312,18	102,37	-	**OLMO** 150-4TA	18.95
	63	Alineación (Suspensión)	718,46	529,60	116,98	-	-	-	311,98	102,37	-	**OLMO** 150-4TA	18.95
	64	Ángulo (Amarre)	1478,15	500,22	103,46	-	-	-	312,24	102,37	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	65	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,24	100,64	-	**OLMO** 150-4T	16.9

	66	Alineación (Amarre)	585,53	391,89	72,78	-	-	-	312,24	100,97	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	67	Alineación (Suspensión)	629,84	417,33	85,03	-	-	-	312,19	100,97	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	68	Alineación (Amarre)	606,10	399,08	74,22	-	-	-	312,71	100,97	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	69	Alineación (Suspensión)	460,51	487,45	111,85	-	-	-	312,71	98,27	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	70	Alineación (Suspensión)	522,23	451,87	98,96	-	-	-	312,71	98,27	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	71	Alineación (Amarre)	788,09	483,99	87,00	-	-	-	312,71	106,69	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	72	Alineación (Amarre)	644,08	412,35	76,89	-	-	-	312,93	106,69	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	73	Alineación (Suspensión)	405,12	642,61	159,40	-	-	-	312,93	97,19	-	**ARCE** F40-300	16.20
	74	Alineación (Suspensión)	517,48	498,72	112,72	-	-	-	312,93	97,19	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	75	Alineación (Amarre)	549,13	379,17	70,22	-	-	-	312,93	98,96	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	76	Alineación (Suspensión)	558,62	379,50	75,90	-	-	-	312,58	98,96	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	77	Alineación (Amarre)	633,00	408,48	76,11	-	-	-	312,58	104,36	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	78	Alineación (Suspensión)	800,75	628,67	139,21	-	-	-	311,67	104,36	-	**ARCE** F40-300	18.45
	79	Alineación (Amarre)	780,17	459,89	86,45	-	-	-	312,25	104,36	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	80	Alineación (Suspensión)	628,25	396,24	78,54	-	-	-	312,25	100,57	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	81	Alineación (Amarre)	644,08	412,35	76,89	-	-	-	312,25	102,78	-	**OLMO** 150-3TA	14.3
	82	Alineación (Suspensión)	732,70	474,64	99,18	-	-	-	311,92	102,78	-	**OLMO** 150-3TA	14.3

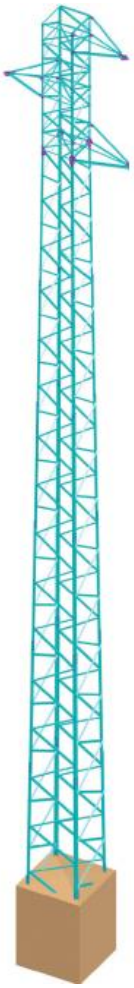
	83	Alineación (Suspensión)	800,75	511,53	108,11	-	-	-	311,92	102,78	-	**OLMO** 150-4T	16.9
	84	Alineación (Suspensión)	718,46	571,60	130,40	-	-	-	311,92	102,78	-	**ARCE** F40-300	18.45
	85	Alineación (Amarre)	623,51	405,16	75,45	-	-	-	312,24	102,78	-	**OLMO** 150-4T	14.3
	86	Final de línea (Amarre)	5477,50	278,40	53,89	-	-	-	3903,00	1258,00	2992,3	**ARCE** F40-630	16.20

8) CIMENTACIONES

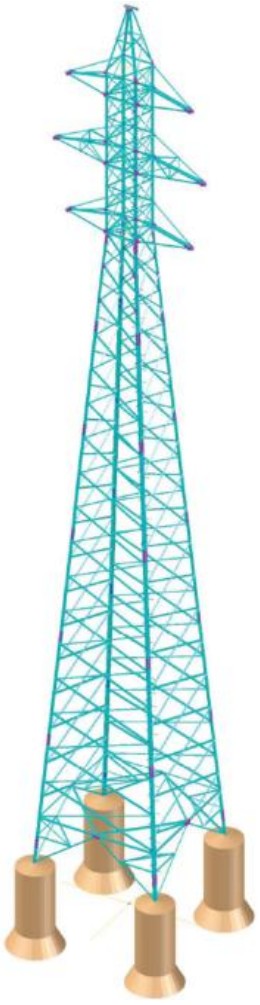
8.1) Introducción al cálculo de cimentaciones

La manera más usual de fijar los apoyos al suelo, es mediante macizos de hormigón. El macizo, que ha de sustentar el apoyo, transmite al terreno todas las solicitaciones que existen en su base como consecuencia de la actuación de los diferentes esfuerzos a los que está sometido.

Las cimentaciones, en función de la dimensiones del apoyo se ejecutan, en forma de macizos monobloque (un solo macizo para todo el apoyo) o en forma de macizos independientes (patas separadas):



Cimentación monobloque



Cimentaciones de patas separadas

8.2) Cimentaciones monobloque

8.2.1) Características

Las cimentaciones monobloque poseen las siguientes características:

- Consisten en un macizo de hormigón en masa de forma prismática.

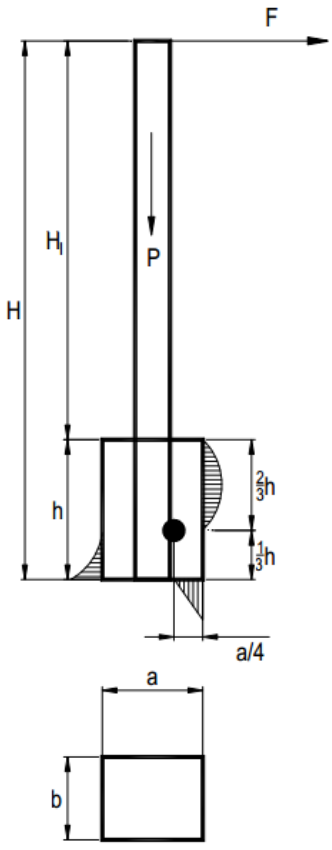
- Son utilizadas en esfuerzos de apoyos de bajo - medio esfuerzo nominal.

- Presentan la ventaja de la pequeña ocupación del terreno.

- Para las mismas solicitaciones, las cimentaciones monobloque, necesitan un volumen de hormigón mayor que las cimentaciones de patas separadas, ya que no utilizan tan favorablemente la acción estabilizadora del terreno. Es por esto que su empleo ha de evitarse en terrenos de poca consistencia.

8.2.2) Cálculo de las cimentaciones monobloque

El cálculo de las cimentaciones se realiza partiendo de las hipótesis de cálculo planteadas por el ingeniero Sulzberger. Dichas hipótesis de cálculo se presentan a continuación:



- El macizo de hormigón puede girar, como máximo, un ángulo α, definido por la tg(α)=0.01, independientemente de las características del terreno. Esta condición se exige en el Apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07, donde se indica que:

"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."

- El terreno se comporta como un cuerpo plástico y elástico, y por ello los desplazamientos del macizo dan origen a reacciones del terreno proporcionales a estos desplazamientos.

- La resistencia del terreno es nula en la superficie y crece proporcionalmente con la profundidad.

- No se toman en consideración las fuerzas de rozamiento.

- El tipo de terreno está caracterizado por esta resistencia a una profundidad de 2 metros: Ct

- El macizo de hormigón gira en un punto situado a 2/3 partes de su altura.

- El momento estabilizador debe ser superior al momento al vuelco con el coeficiente de seguridad apropiado:

  - 1,5 hipótesis normales

  - 1,2 hipótesis anormales

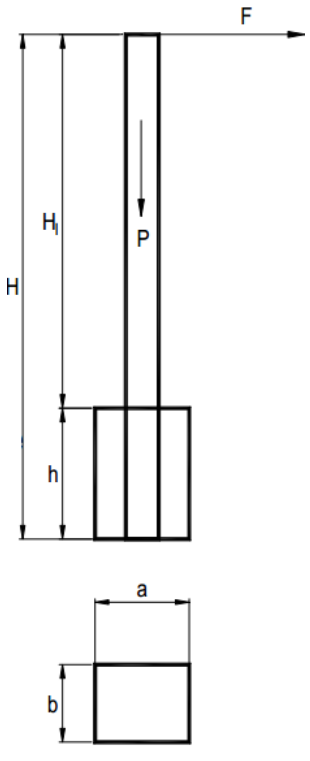
- El momento al vuelco viene dado por:

$$M_v = F \times \left(H_l + \frac{2}{3}h\right), \text{ en daN.m}$$

- El momento estabilizador que se opone al vuelco tiene dos componentes:

- Momento estabilizador debido a las reacciones laterales del terreno:

$$M_1 = \frac{b \cdot h^3}{36} C'_t \cdot \tan(\alpha)$$



- Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno:

$$M_2 = P \cdot a \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^3 C'_t \cdot \tan(\alpha)}}\right)$$

C'_t es el coeficiente de compresibilidad a h metros de profundidad, esta dado en daN/cm^3:

$$C'_t = \frac{C_t \cdot \left(\frac{daN}{m^3}\right)}{2(m)} \cdot h(m) = \frac{C_t \left(\frac{daN}{cm^3}\right) 10^6}{2(m)} \cdot h \cdot (m)$$

Donde:

F: Esfuerzo nominal del apoyo en daN.

h: Altura libre del apoyo en m.

t: Profundidad libre del apoyo en m.

P: Peso del conjunto macizo en daN.

a: Anchura de la cimentación en m.

b: Espesor de la cimentación en m.

C'_t: Coeficiente de compresibilidad del terreno a t metros de la profundidad en daN/cm·cm^2

Ct: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de la profundidad en daN/cm·cm^2 (indicado en el Apartado 3.6.5 de la ITC-LAT 07, del RLAT.

tgα: 0,01 correspondiente al ángulo máximo de giro macizo.

El diseño de las cimentaciones monobloques (cimentaciones estrechas y profundas) debe de cumplir con la condición de estabilidad indicada en el RLAT, y por tanto la estabilidad del apoyo, al estar confiada a las reacciones horizontales del terreno, está condicionada principalmente a que tgα, sea igual o inferior a 0.01.

Por tanto debe cumplirse que:

$$\mathbf{M_v = M_1 + M_2}\text{, para } tg\alpha \leq 0{,}01$$

Cuando las reacciones laterales del terreno sean más débiles que las verticales, $M_1<M_2$, el RLAT en el Apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07, indica que se debe considerar un coeficiente de seguridad.

"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 las reacciones y empujes pasivos 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"

Aunque este coeficiente no es necesario tenerlo en cuenta en el caso de cimentaciones estrechas y profundas, conviene tenerlo en cuenta, y por tanto la condición de estabilidad puede modificarse de la siguiente forma:

$\mathbf{M_1 + M_2 > K \times M_v}$, con un coeficiente K=1.2 como mínimo.

Para cimentaciones anchas y poco profundas se utilizará un coeficiente de seguridad de 1.5 o 1.2 según que el esfuerzo aplicado sobre el apoyo, F, se obtenga de las hipótesis de cálculo normales (viento y hielo) o anormales (desequilibrio de tracciones y rotura de conductores).

8.3) Cimentaciones de macizos independientes o de patas separadas

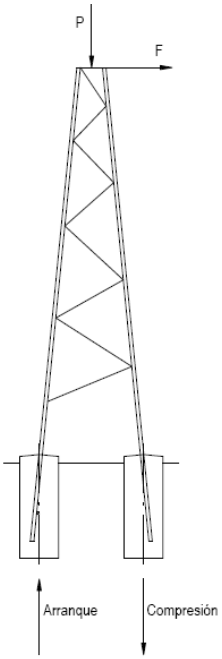
8.3.1) Características

Las cimentaciones de patas separadas se caracterizan por:

- Están formadas por macizos independientes para cada pata.

- Se utilizan en líneas de muy alta tensión cuando las alturas y esfuerzos son grandes y las cimentaciones monobloque requieren del empleo de mucho hormigón.

8.3.2) Cálculo de las cimentaciones de macizos independientes o de patas separadas



El RLAT establece que este tipo de cimentaciones deben absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite al suelo. De los cuatro macizos constituyentes de la cimentación, para un determinado esfuerzo transversal o longitudinal aplicado al apoyo, dos de ellos trabajan al arranque y otros dos a la compresión. El cálculo de las cargas de compresión y de arranque está basado en el método del talud natural o ángulo de arrastre de tierras.

Por tanto, para el diseño de cimentaciones de patas separadas se deben considerar dos hipótesis:

- Comprobación arranque, basado en el método del talud natural.

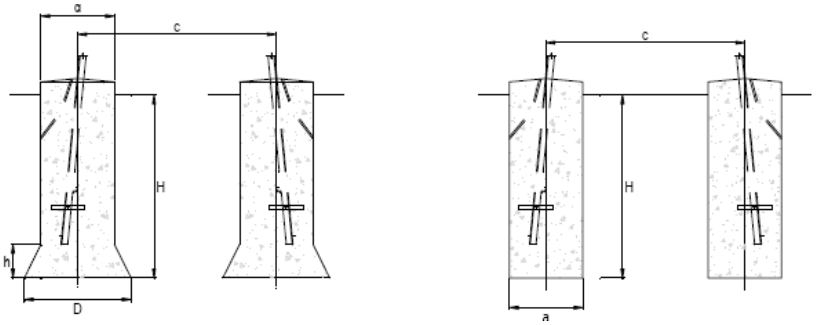
- Comprobación a la compresión.

- Además es necesario comprobar la adherencia entre el anclaje y la cimentación.

La realización de la pata de elefante presenta complicaciones en algunos tipos de terrenos por desprendimientos, por lo que cada vez es más habitual la utilización de cimentaciones prismáticas.

No obstante, dado que las características resistentes del terreno en el que se realizará la línea son adecuadas, se emplearán cimentaciones de pata de elefante, minimizando de este modo el volumen de hormigón requerido.

Cimentación pata elefante *Cimentación prismática*



8.3.2.1) Comprobación al arranque

Según se especifica en el Apartado 3.6.2 de la ITC-LAT 07:

"Se considerarán todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

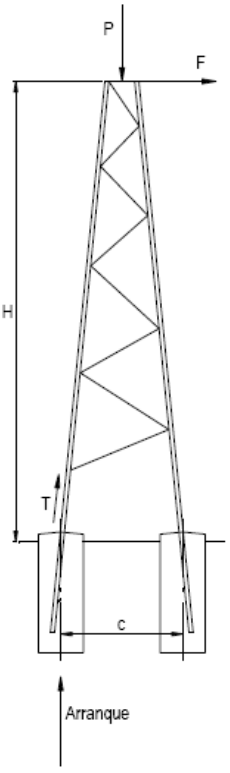
a) Peso del apoyo.

b) Peso propio de la cimentación.

c) Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.

d) Carga resistente de los pernos, en el caso de realizarse cimentaciones mixtas o en roca.

Se comprobará que el coeficiente de estabilidad de la cimentación, definido como la relación entre las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo y la carga nominal de arranque, no sea inferior a 1,5 para las hipótesis normales y 1,2 para las hipótesis anormales.



En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea, se recomienda utilizar como ángulo de talud natural o de arranque de tierras: 30° para terreno normal y 20° para terreno flojo."

En el cálculo al arranque se analizan las fuerzas que intentan arrancar el macizo del terreno. El esfuerzo de tracción sobre el montante se determina mediante la siguiente expresión:

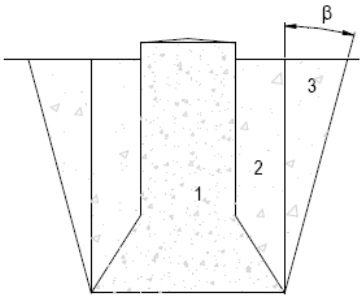
$$T = \frac{F \cdot H}{2 \cdot c} - \frac{P + Peso_{apoyo}}{4}$$

Por tanto, los esfuerzos que se oponen al arranque son:

a) Peso del macizo de hormigón (1)

b) Peso de las tierras que gravitan sobre la pata (2)

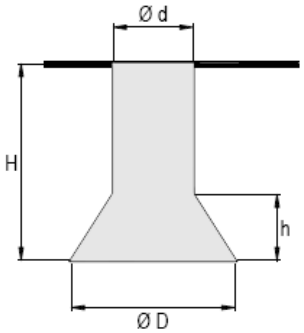
c) Peso de las tierras arrancadas según el ángulo natural del terreno (3)



a) Peso del macizo de hormigón (1)

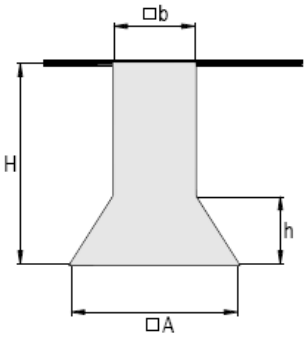
- *Si la cimentación es circular en pata de elefante*

$$P_h = \delta_{hgon} \cdot \pi \left[(H - h) \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{h}{3} \left(\frac{D^2 + D \cdot d + d^2}{4} \right) \right]$$



- Si la cimentación es cuadrada en pata de elefante

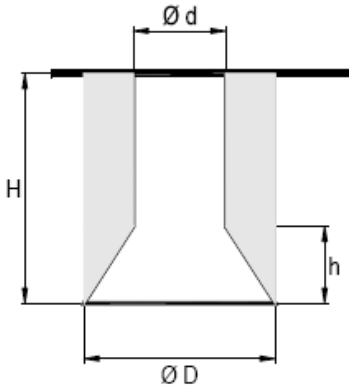
$$P_{hc} = \delta_{hgon} \cdot \left[(H - h) \cdot b^2 + \frac{h}{3}\left(A^2 + A \cdot b + b^2\right) \right]$$



b) Peso de las tierras que gravitan sobre la pata (2)

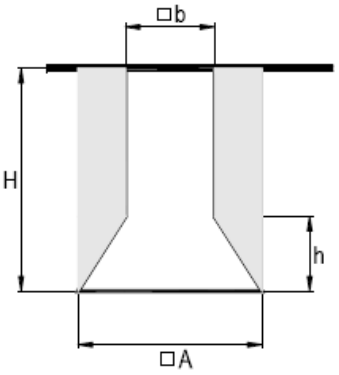
- Si la cimentación es circular en pata de elefante

$$P_t = \delta_{terr} \cdot \left(\pi \cdot H \cdot \frac{D^2}{4} - \frac{P_h}{\delta_h} \right)$$



- Si la cimentación es cuadrada en pata de elefante

$$P_{tc} = \delta_{terr} \cdot \left(H \cdot A^2 - \frac{P_h}{\delta_h} \right)$$

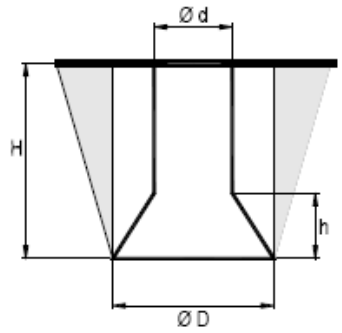


- En el caso de cimentaciones prismáticas este valor es nulo, dado que no existen tierras sobre la cimentación.

c) Peso de las tierras arrancadas según el ángulo natural del terreno (3)

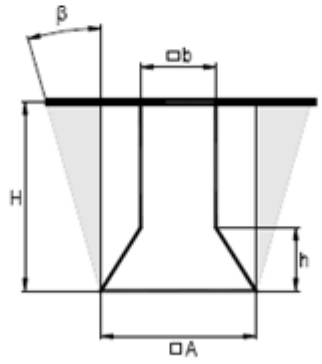
- Si la cimentación es circular en pata de elefante

$$P_{\beta} = \delta_{terr} \cdot \left[\pi \cdot \frac{H}{3} \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + H \cdot \tan(\beta) \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \left(\frac{D}{2} + H \cdot \tan(\beta) \right) + \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] - \pi \cdot H \cdot \frac{D^2}{4} \right]$$

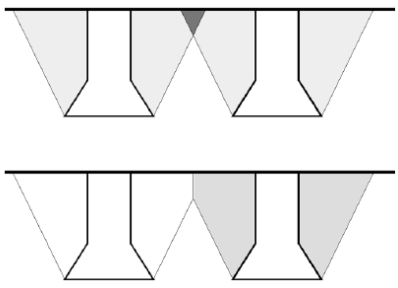


- Si la cimentación es cuadrada en pata de elefante

$$P_{\beta c} = \delta_{terr} \cdot \left[\frac{H}{3} \cdot \left[(A + 2 \cdot H \cdot \tan(\beta))^2 + A \cdot (A + 2H \cdot \tan(\beta)) + A^2 \right] - H \cdot A^2 \right]$$



Hay que tener en cuenta una posible interferencia entre la tierra arrancada de las dos patas que trabajan al arranque:

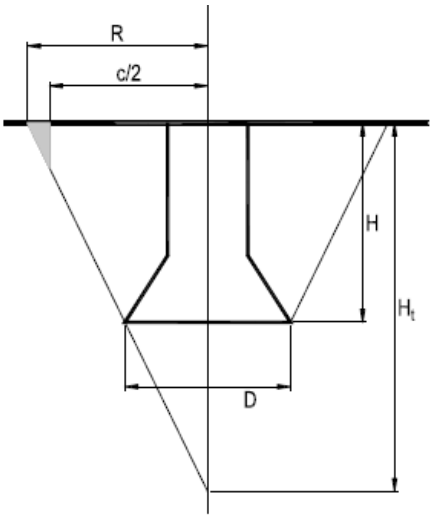


- La interferencia en cimentaciones se produce si el valor R > c/2 y para tipo circulares es:

$$V_{int} = \frac{H_t}{3}\cdot R^2 \cdot \operatorname{acos}\left(\frac{c}{2\cdot R}\right) + \frac{c^3}{8\cdot R}\ln\left[2\,\frac{\sqrt{R^2-\left(\frac{c}{2}\right)^2}+R}{c}\right] - c\cdot\sqrt{R^2-\left(\frac{c}{2}\right)^2}$$

Siendo "c" la distancia entre patas y

$$R = \frac{D}{2} + H\cdot\tan(\beta) \qquad H_t = \frac{R}{\tan\beta}$$



- Para cimentaciones rectas la interferencia se produce si B > c/2 y el cálculo es:

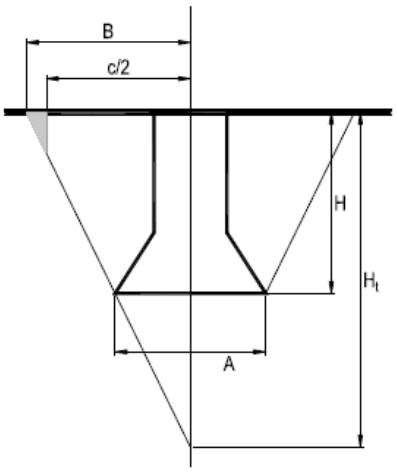
$$V_{int} = \left(B - \frac{c}{2}\right)\cdot\frac{B-\frac{c}{2}}{2\cdot\tan(\beta)}\cdot 2\cdot B$$

Simplificando:

$$V_{int} = \frac{B\cdot(c-2\cdot B)^2}{4\cdot\tan(\beta)}$$

Siendo:

$$B = \frac{A}{2} + H\cdot\tan(\beta)$$



Por tanto si se produce interferencia al valor calculado se restará el peso del valor de interferencia, en general:

$$P = P_h + P_t + P_\beta - \delta_{hgon} \cdot V_{int}$$

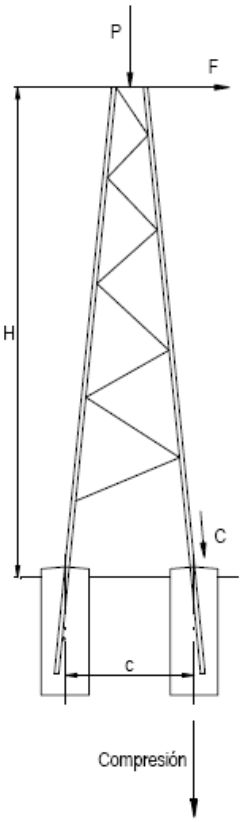
Para el correcto dimensionamiento de la cimentación al arranque se debe cumplir:

$$P > CS \cdot T$$

• C.S. 1,5: Hipótesis normales

• C.S. 1,2: Hipótesis anormales

8.3.2.2) Comprobación a la compresión



Según se especifica en el Apartado 3.6.3 de la ITC-LAT 07:

"Se considerarán todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

a) Peso del apoyo.

b) Peso propio de la cimentación.

c) Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.

d) Carga de compresión ejercida por el apoyo.

Se comprobará que todas las cargas de compresión anteriores, divididas por la superficie de la solera de la cimentación, no sobrepasa la carga admisible del terreno.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea se recomienda considerar como carga admisible para terreno normal 3 daN/cm2, y para terreno flojo 2 daN/cm2. En el caso de cimentaciones mixtas o en roca se recomienda utilizar como carga admisible para la roca 10 daN/cm2."

En el cálculo a compresión:

- Se producen esfuerzos que intentan comprimir la cimentación al del terreno.

- La resistencia máxima del terreno debe ser superior a la carga por unidad de superficie que ejerce la cimentación.

- El esfuerzo a compresión será la carga sobre el montante más el peso de la cimentación y las tierra que gravitan sobre esta última.

El esfuerzo de compresión sobre el montante es:

$$C = \frac{F \cdot H}{2 \cdot c} + \frac{P + Peso_{apoyo}}{4}$$

El peso de la cimentación más las tierras que gravitan sobre esta se han calculado anteriormente:

$$P_h + P_t$$

Por tanto la presión sobre el terreno será esa fuerza entre la superficie:

- Para cimentación circular en pata de elefante es:

$$\sigma_t = \frac{\frac{F \cdot H}{2 \cdot c} + \frac{P + Peso_{apoyo}}{4} + P_h + P_t}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}$$

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot F \cdot H + P \cdot c + 4 \cdot P_h \cdot c + 4 \cdot P_t \cdot c + Peso_{apoyo} \cdot c}{\pi \cdot D^2 \cdot c}$$

- Para cimentación cuadrada en pata de elefante tiene por valor:

$$\sigma_t = \frac{\frac{F \cdot H}{2 \cdot c} + \frac{P + Peso_{apoyo}}{4} + P_h + P_t}{A^2}$$

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot F \cdot H + P \cdot c + 4 \cdot P_h \cdot c + 4 \cdot P_t \cdot c + Peso_{apoyo} \cdot c}{4 \cdot A^2 \cdot c}$$

El correcto dimensionamiento de la cimentación a la compresión, se producirá cuando la carga admisible del terreno sea mayor a la presión que ejerce la cimentación sobre el mismo, es decir, cuando:

$$\sigma_{adm} > \sigma_t$$

Cuando no se disponga de las características reales del terreno, se recomienda considerar como carga admisible para terreno normal de 3 daN/cm^2 y para terreno flojo de 2 daN/cm^2. En el caso de cimentaciones mixtas o en roca se recomienda usar una carga admisible de 10 daN/cm^2.

8.3.2.3) Comprobación de la adherencia entre el anclaje y la cimentación

De acuerdo con lo indicado en el RLAT, Apartado 3.6.4 de la ITC-LAT 07:

"De la carga mayor que transmite el anclaje a la cimentación, normalmente la carga de compresión, cuando el anclaje y la unión a la estructura estén embebidas en el hormigón, se considerará que la mitad de esta carga la absorbe la adherencia entre el anclaje y la cimentación y la otra mitad los casquillos del anclaje por la cortadura de los tornillos de unión entre casquillos y anclaje. Los coeficientes de seguridad de ambas cargas opuestas a que el anclaje deslice de la cimentación, no deberán ser inferiores a 1,5."

En la siguiente figura se representa dos patas de un apoyo con cimentación de macizos independientes. En ella se muestran cuatro esfuerzos diferentes:

- Carga vertical total aplicada sobre las patas de la figura es:

$$F'_{VT} = \frac{F_{VT}}{2}$$

Siendo F_{VT} la carga vertical total aplicada sobre el apoyo incluido su peso.

- Carga transversal aplicada sobre las patas:

$$F'_t = \frac{F_t}{2}$$

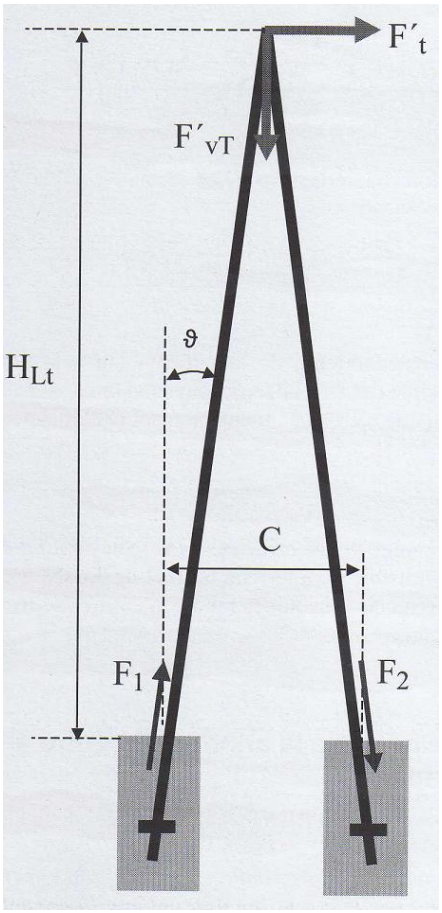
Siendo F_t el esfuerzo transversal aplicado sobre el apoyo.

- El esfuerzo a tracción que se produce sobre los angulares de cada una de las patas:

$$F_1 = \frac{F'_t \times H_t}{C \times (cos\theta)^2} - \frac{F'_{VT}}{2 \times (cos\theta)^2}$$

- El esfuerzo a compresión que se produce sobre los angulares de cada una de las patas:

$$F_2 = \frac{F'_t \times H_t}{C \times (cos\theta)^2} + \frac{F'_{VT}}{2 \times (cos\theta)^2}$$



Siendo θ el ángulo que forma la pata del apoyo en el punto dónde el angular penetra en la cimentación con el eje vertical.

Cálculo de la adherencia

- La fuerza de adherencia, entre el hormigón y el angular embebido en el mismo, tiene por expresión:

$$\mathbf{F_{adh} = \tau_{adh} \times S_{contacto}}$$

donde:

- La presión de adherencia se puede determinar mediante:

$$\mathbf{\tau_{adh} = 0.253 \times \sqrt{f_c}}$$

Siendo f_c la resistencia característica del hormigón en MPa:

$$\mathbf{f_c = 25\ MPa}$$

$$\mathbf{\tau_{adh} = 1.265\ MPa}$$

- La superficie de contacto de la parte angular embebida en el hormigón, denominando a la anchura angular a_L y a la longitud de la parte angular embebida en el hormigón l_L, viene dada por la siguiente expresión:

$$\mathbf{S_{contacto} = 4 \times a_L \times l_L}$$

Según especifica el RLAT en el Apartado 3.6.4 de la ITC-LAT 07, la fuerza de adherencia debe ser la mitad de la fuerza, F_2, con un coeficiente de seguridad de 1,5, es decir:

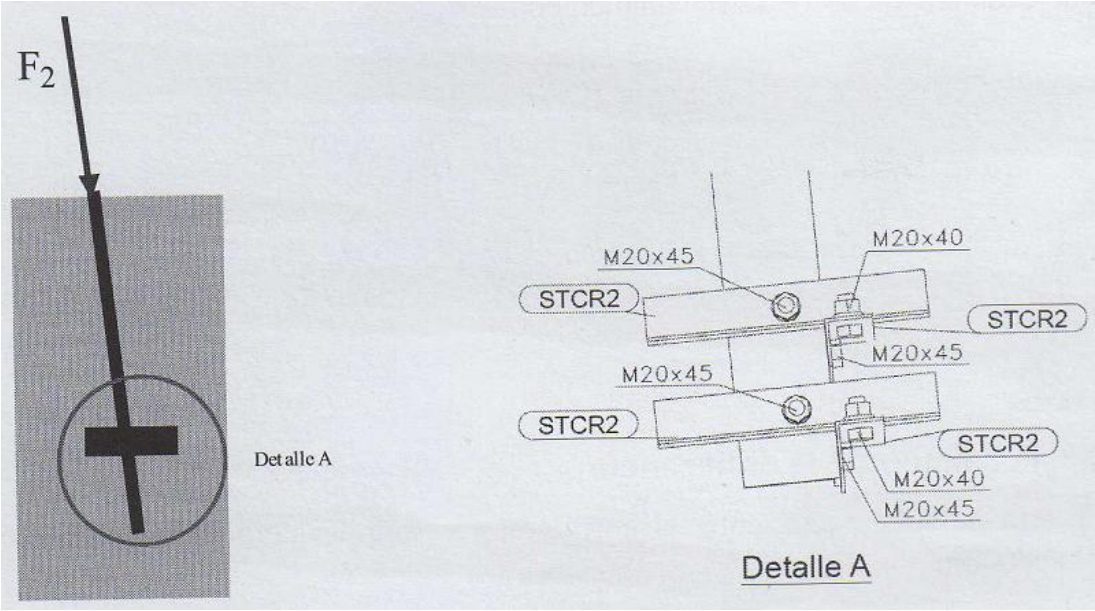
$$\mathbf{F_{adh} \geq 0.75 \times F_2}$$

Se puede calcular, por tanto, la longitud mínima de angular embebida en el hormigón, para cumplir con la condición anterior, mediante la expresión:

$$\mathbf{l_L \geq \frac{0.75 \times F_2}{\tau_{adh} \times 4 \times a_L}}$$

8.3.2.4) Cálculo a cortadura de los tornillos del casquillo

El angular embebido en la cimentación, debe llevar unos casquillos unidos al angular mediante tornillos, tal y como se muestra en la siguiente figura:



La mitad de la carga a compresión, $0.5 \times F_2$, la absorberán los casquillos del anclaje por cortadura de los tornillos de unión entre casquillos y anclaje.

La resistencia a cortante, en la sección transversal del tornillo, se determina mediante la siguiente expresión:

$$F_c = n \times \frac{0.5 \times f_{ub} \times A_{torn}}{\gamma_{M2}}$$

siendo:

n = número de planos de corte (número de tornillos).

f_{ub} = resistencia última del acero del tornillo, en unidades de presión.

γ_{M2} = coeficiente de seguridad del tornillo, se suele utilizar 1.25.

A_{torn} = sección transversal de la caña del tornillo o de su parte roscada, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

Según especifica el RLAT la fuerza a cortante debe ser la mitad de la fuerza, F_2, con un coeficiente de seguridad de 1.5, por tanto el cumplimiento de esta condición viene dado por la relación:

$$F_c \geq 0.75 \times F_2$$

8.4) Cimentaciones en los apoyos presentes en el proyecto

Los apoyos tipo OLMO poseen una cimentación monobloque constituida por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de cuerpo formado por secciones troncopiramidales cuadradas y cabezas prismáticas. La celosía del apoyo es sencilla, siendo las cuatro caras iguales. Los tramos de fuste se unen entre sí de manera telescópica.

Los apoyos de la serie ARCE empleados en el presente proyecto poseerán unas cimentaciones del tipo "Pata de Elefante", fraccionadas en cuatro bloques independientes y secciones circulares. El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 20 cm, formando un zócalo (denominado peana), con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Sobre cada uno de los bloques de hormigón se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura, y un ángulo de arranque de tierras de 30°.

Los fabricantes de apoyos, en colaboración con las compañías eléctricas, ofrecen en sus catálogos las dimensiones de las cimentaciones requeridas en función el tipo de apoyo seleccionado basándose en los cálculos expuestos en los apartados anteriores.

Tras consultar dichas tablas de dimensionamiento de cimentaciones y contrastar los valores con los obtenidos mediante el empleo de las ecuaciones propuestas para dicho fin, se puede garantizar la validez de estos datos y proceder a su uso en el presente proyecto.

El fabricante MADE ofrece en su catálogo de productos, en función de la serie y clase de apoyo las siguientes dimensiones de las cimentaciones:

Se incluyen cimentaciones para distintos tipos de terreno, según el módulo de balasto:

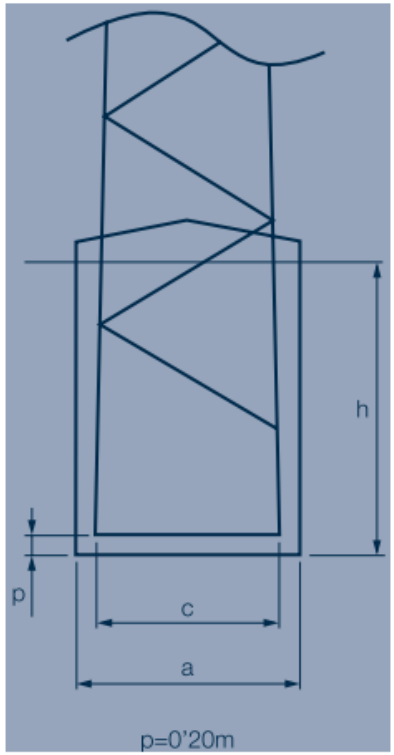
- Terreno medio normal (K=12 kg/cm^3)

- Terreno flojo (K=8 kg/cm^3).

- Terreno duro (K=16 kg/cm^3).

En función de lo anterior las dimensiones para los apoyos del presente proyecto son:

Apoyos Serie Olmo



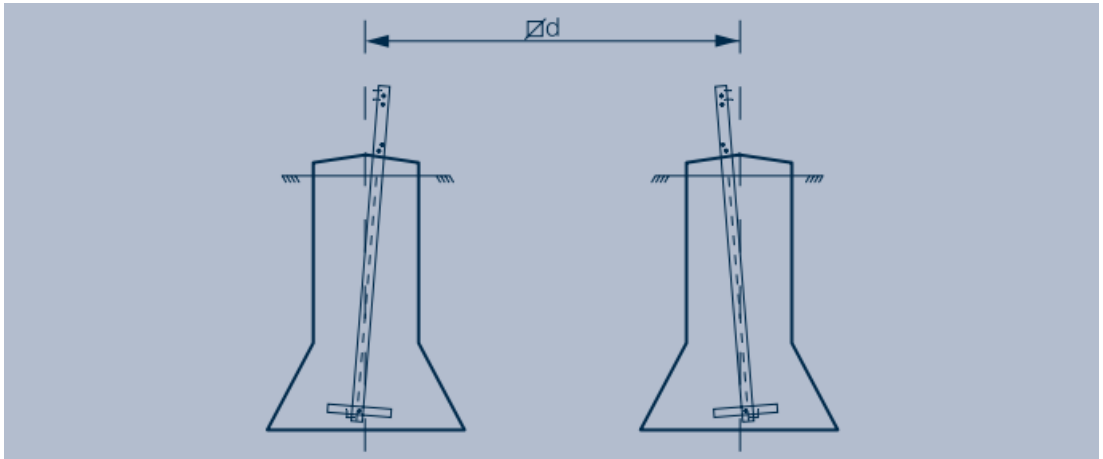
OLMO 150		Compresibilidad K (kg/cm³)		
Dimensiones		K=8	K=12	K=16
Altura	h (m)	1,90	1,75	1,65
3T	a (m)	1,70	1,70	1,70
H=14,30	V (m³)	5,48	5,06	4,77
c=1,40	Hu (m)	12,60	12,75	12,85
Altura	h (m)	1,95	1,80	1,70
3TA	a (m)	1,75	1,75	1,75
H=16,25	V (m³)	5,97	5,51	5,21
c=1,46	Hu (m)	14,50	14,65	14,75
Altura	h (m)	2,05	1,85	1,75
4T	a (m)	1,80	1,80	1,80
H=18,90	V (m³)	6,64	5,99	5,67
c=1,52	Hu (m)	17,05	17,25	17,35
Altura	h (m)	2,10	1,85	1,75
4TA	a (m)	1,85	1,85	1,85
H=20,95	V (m³)	7,19	6,33	5,99
c=1,58	Hu (m)	19,05	19,30	19,40
OLMO 275		**Compresibilidad K (kg/cm³)**		
Dimensiones		K=8	K=12	K=16
Altura	h (m)	2,45	2,15	1,95
3TA	a (m)	1,75	1,75	1,75
H=16,65	V (m³)	7,50	6,58	5,97
c=1,47	Hu (m)	14,40	14,70	14,90

Apoyos Serie Arce

Los esfuerzos nominales sobre anclajes de los distintos apoyos y alturas, expresados en daN:

			Altura de fuste				
			13,95 m	18,45 m	23,00 m	27,50 m	30,00 m
Altura de fuste (m)	300	Compresión	10.470	11.565	12.580	13.410	14.350
		Tracción	8.880	9.845	10.645	11.280	12.100
	630	Compresión	18.700	20.065	21.280	22.240	22.900
		Tracción	16.570	18.085	19.285	20.190	20.800
	900	Compresión	26.330	28.590	30.420	31.856	32.400
		Tracción	24.550	26.595	28.210	29.380	30.450
	1400	Compresión	39.630	42.825	45.325	47.230	49.100
		Tracción	37.775	40.692	42.940	44.530	46.320

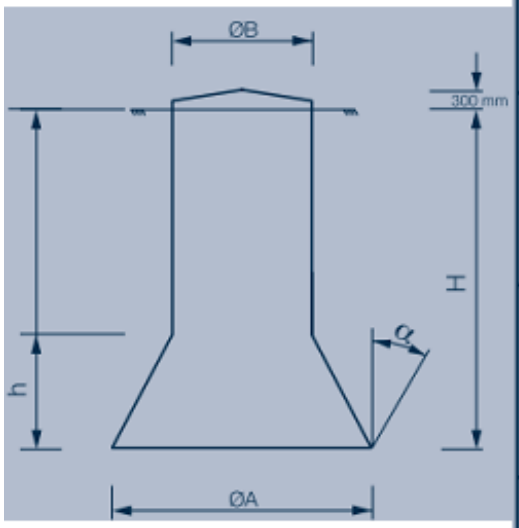
La distancia entre macizos para las distintas alturas son las siguientes, expresadas en metros:



Hu	9,45	11,70	13,95	16,20	18,45	20,70	23,00	25,00	27,50	30,00
d	2,55	2,85	3,15	3,45	3,75	4,05	4,35	4,65	4,95	5,30

Dimensión de las cimentaciones en terreno medio normal:
α=30º y σ=2.5 Kg/cm^2

Cimentación tipo "pata de elefante":



Apoyo	Altura (m)	D (m)	d (m)	H (m)	h (m)	V (m³)
ARCE 300	9,45 - 13,95	1,30	0,90	1,70	0,40	1,21
	16,20 - 18,45	1,30	0,90	1,80	0,40	1,27
	20,70 - 23,00	1,30	0,90	1,90	0,40	1,34
	25,00-27,50	1,30	0,90	1,95	0,40	1,37
	30,00	1,30	0,90	1,95	0,40	1,37
ARCE 630	9,45 - 13,95	1,40	1,00	2,30	0,40	1,95
	16,20 - 18,45	1,40	1,00	2,35	0,40	1,99
	20,70 - 23,00	1,40	1,00	2,45	0,40	2,07
	25,00-27,50	1,40	1,00	2,50	0,40	2,11
	30,00	1,40	1,00	2,50	0,40	2,11
ARCE 900	9,45 - 13,95	1,60	1,00	2,65	0,55	2,40
	16,20 - 18,45	1,60	1,00	2,70	0,55	2,43
	20,70 - 23,00	1,60	1,00	2,75	0,55	2,47
	25,00-27,50	1,60	1,00	2,80	0,55	2,51
	30,00	1,60	1,00	2,85	0,55	2,55
ARCE 1400	9,45 - 13,95	1,90	1,20	3,05	0,65	3,96
	16,20 - 18,45	1,90	1,20	3,10	0,65	4,02
	20,70 - 23,00	1,90	1,20	3,15	0,65	4,08
	25,00-27,50	1,90	1,20	3,20	0,65	4,13
	30,00	1,90	1,20	3,25	0,65	4,19

ANEXO III:

PUESTA A TIERRA

ANEXO III: PUESTA A TIERRA

Índice

Página

1.- INTRODUCCIÓN 1
2.- CLASIFICACIÓN PUESTAS A TIERRA 2
2.1) PUESTAS A TIERRA EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN 2
2.2) PUESTAS A TIERRA DE LOS APOYOS 3
3.- PARTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA DE UN APOYO 5
4.- CIRCULACIÓN DE CORRIENTES POR EL TERRENO 6
5.- TENSIONES DE PASO Y CONTACTO 7
5.1) VALORES ADMISIBLES DE LA TENSIÓN DE PASO Y CONTACTO 9
5.1.1) Tensión de contacto admisible (U_{ca}) 9
5.1.2) Tensión de paso admisible (U_{pa}) 10
5.2) VALORES MÁXIMOS DE LA TENSIÓN DE PASO Y CONTACTO 11
5.2.1) Tensión de contacto máxima (U_c) 11
5.2.2) Tensión de paso máxima (U_p) 13
6.- EFECTO DE LA CORRIENTE SOBRE EL CUERPO HUMANO 14
7.- MEDICIONES 23
7.1) MEDICIONES DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO 23
7.1.1) Características del suelo y resistividad 23
7.1.2) Métodos de medición de la resistividad del suelo 25
7.2) CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA TIERRA 28
7.3) MEDICIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO 28
8.- PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTO DE UN RAYO 29
9.- VIGILANCIA PERIÓDICA 33

10.- DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA 33

10.1) CONSIDERACIONES PREVIAS 33

10.2) SELECCIÓN DEL NÚMERO DE PICAS Y DISPOSICIÓN ÓPTIMA 33

10.3) VALIDACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA SELECCIONADA 34

1. INTRODUCCIÓN

Un circuito de puesta a tierra consiste en la unión mediante conductores de todas las partes metálicas de una instalación de alta tensión no destinadas a la conducción de la corriente eléctrica, con unos conductores desnudos o electrodos que se entierran en el terreno.

La finalidad de la puesta a tierra es prevenir la aparición de diferencias de potencial excesivas entre estructuras metálicas y tierra, bien sea durante la aparición de un defecto, o en condiciones normales de servicio, pretendiendo facilitar un camino de baja impedancia a las corrientes de defecto, y favoreciendo, en consecuencia, un funcionamiento rápido de los dispositivos de protección. También es de utilidad como camino de evacuación de descargas atmosféricas.

Por tanto las funciones básicas del sistema de puesta a tierra son:

- Proteger al personal y al equipo instalado, limitando las tensiones que, respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado las masas metálicas o puedan aparecer entre dos puntos de la superficie del terreno.

- Limitar el valor de sobretensiones que puedan aparecer en el sistema eléctrico en las diferentes condiciones de explotación.

- Hacer posible la localización y facilitar la desconexión de las afectadas por una falta a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra en una instalación de alta tensión, por ejemplo en un apoyo de una línea, se provoca la elevación del potencial del electrodo a través del cual circula la corriente de defecto. Asimismo, al disiparse dicha corriente por tierra aparecerán en el terreno tensiones y gradientes de potencial que pueden ser elevados. Al diseñar la forma y disposición de los electrodos de puesta a tierra de deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las sobretensiones deben limitarse a valores que no excedan el nivel de aislamiento de las instalaciones.

- La seguridad de las personas con relación a las elevaciones de potencial.

- El valor de la intensidad de defecto debe ser lo suficientemente alto para que actúen las protecciones y eliminen la falta a tierra, por lo que la resistencia de puesta a tierra no debe ser demasiado elevada.

En el diseño de la puesta a tierra del presente proyecto se tendrán en cuenta la ITC-LAT 07 del Reglamento Líneas Aéreas de alta Tensión y la MIE-RAT 13 (Instalaciones de puesta a tierra) del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, en las cuales se trata el diseño, la construcción y el mantenimiento de estas instalaciones. Del mismo modo se contemplan los efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo humano en función de su magnitud y duración reflejados en la norma UNE-IEC/TS 60479-1.

Los criterios de diseño para garantizar la seguridad de las personas no indican un valor máximos admisible de resistencia de puesta a tierra (una baja resistencia de puesta a tierra no garantiza la seguridad), sino que establecen que las tensiones de paso y contacto que puedan ser puenteadas por una persona en caso de defecto a tierra sean menores que unos valores máximos admisibles.

Los parámetros más importantes del diseño sobre los que se puede actuar para conseguir valores de tensiones de paso y contacto admisibles son:

- La geometría y las dimensiones de la instalación de puesta a tierra.
- El tiempo de actuación de las protecciones.
- La intensidad de defecto a tierra.
- La resistividad del terreno.

2. CLASIFICACIÓN PUESTAS A TIERRA

2.1) Puestas a tierra en centros de transformación

En la instrucción MIE-RAT 01 se definen dos tipos de puestas a tierra en función de la función que realizan dentro del sistema eléctrico en el que se sitúan:

Puesta a tierra de protección

Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una

instalación no sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas.

En el Apartado 6.1 de la instrucción MIE-RAT 13 se indica que atendiendo al concepto de puesta a tierra de protección, en el presente diseño de una línea aérea de alta tensión se deben conectar a tierra los cables de tierra.

Puesta a tierra de servicio

Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión o permanentemente ciertos puntos de los circuitos de servicio.

Estas puestas a tierra pueden ser:

- Directas: cuando no contienen otra resistencia que la propia de paso a tierra.

- Indirectas: cuando se realizan a través de resistencias o impedancias adicionales.

Según lo indicado en el Apartado 6.2 de la instrucción MIE-RAT 13, según la definición de puesta a tierra de servicio se debe conectar a tierra en el presente proyecto los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

2.2) Puestas a tierra de los apoyos

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

En el reglamento se clasifican los apoyos en dos grupos según su ubicación, con exigencias de la puesta a tierra específicas para cada uno:

Apoyos frecuentados

Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espera que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de

áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que solamente se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aíslen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.

- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).

- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- *Apoyos frecuentados con calzado*. Se considerará como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado, R_{a1}, y la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2}. Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1000 Ω.

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1{,}5\rho_s$$

Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.

- *Apoyos frecuentados sin calzado*. Se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2}. La resistencia adicional del calzado, R_{a1}, será nula.

$$R_a = R_{a2} = 1{,}5\rho_s$$

Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra para los apoyos frecuentados no debe ser superior a 10 Ω.

Apoyos no frecuentados

Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.

El valor de la resistencia de puesta a tierra para los apoyos no frecuentados no debe ser superior a 20 Ω.

3. PARTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA DE UN APOYO

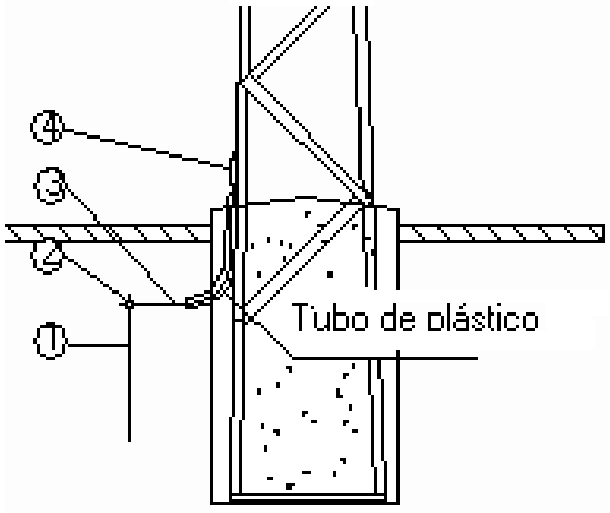
A continuación se representan las distintas partes que componen el circuito de puesta a tierra de un apoyo:

1) Electrodo de tierra formado por la combinación de una pica cilíndrica de acero-cobre de 2 metros de longitud y 25 mm de diámetro, con un conductor de 50 mm^2 de cobre formando un anillo perimetral alrededor del poste.

2) Grapa de conexión entre la pica cilíndrica y el cable de 50 mm^2 de cobre.

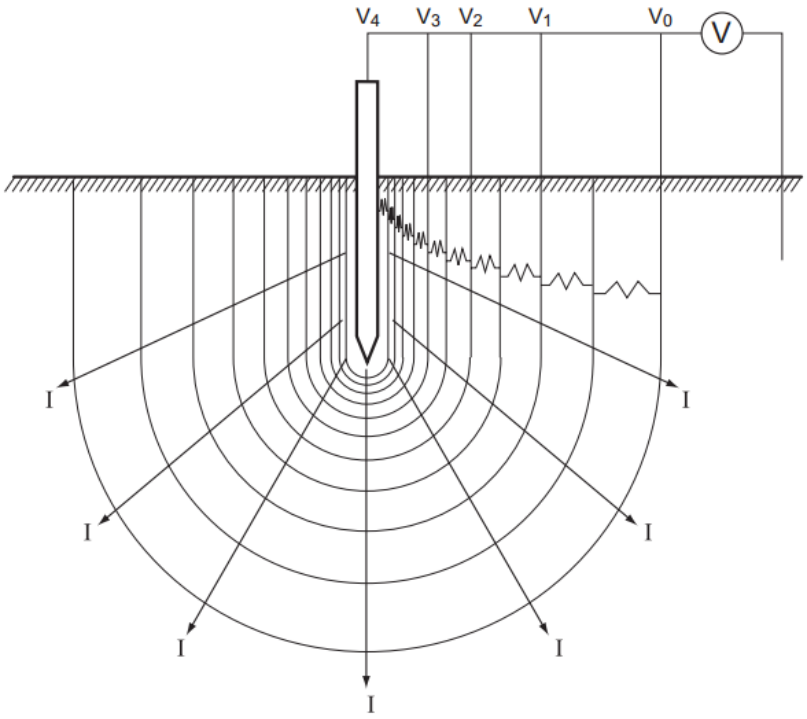
3) Línea de tierra con conductor de 50 mm^2 de cobre (solo la parte aislada del terreno se denomina *línea de tierra,* el resto es el electrodo.

4) Punto de puesta a tierra con grapa de conexión tipo paralelo para el cable de cobre.



4. CIRCULACIÓN DE CORRIENTES POR EL TERRENO

Una corriente de defecto pasa al terreno repartiéndose por todos los puntos de la superficie del electrodo en contacto con la tierra, por tanto, en todas las direcciones a partir del mismo. En la figura mostrada más abajo se representa este paso, en el caso de una pica vertical.

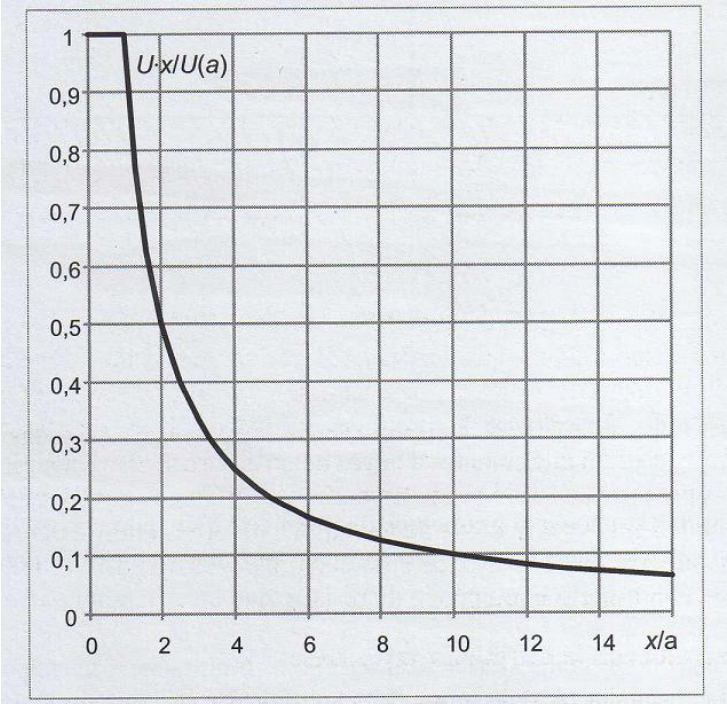


Una vez ya en el terreno, la corriente se va difundiendo por el mismo. Con terrenos de resistividad ρ_t homogénea puede idealizarse este paso suponiendo el terreno formado por capas concéntricas alrededor del electrodo, todas del mismo espesor L. La corriente va pasando sucesivamente de una capa a la siguiente. Véase que cada vez la superficie de paso es mayor, y por tanto la resistencia R de cada capa va siendo cada vez menor, hasta llegar a ser despreciable.

La resistencia de cada capa es $R = \rho\ L/S$. Estas resistencias se suman, pues están en serie, $\rho_t \times (L/S1 + L/S2 + L/S3..... L/Sn)$.

Si se multiplican estas resistencias por el valor I de la corriente se tendrá la caída de tensión $U = IR$ en cada una de las sucesivas capas concéntricas. Al ser la resistencia R cada vez menor, también lo será la caída de tensión hasta hacerse despreciable.

En consecuencia, el valor de la tensión U en cada punto del terreno, en función de su distancia del electrodo, será según la curva representada en la siguiente figura:



Variación de la tensión en el terreno con la distancia al electrodo

Esta curva es válida para todas las direcciones con origen en el electrodo. Geométricamente se trata del corte de una figura de revolución cuyo eje es el electrodo. Entre dos puntos de la superficie del terreno, habrá pues una diferencia de tensión función de la distancia entre ellos y al electrodo.

5. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

Cuando se produce un defecto se provoca una elevación del potencial del apoyo de la línea y de la instalación de la puesta a tierra que canaliza la corriente de defecto hacia el terreno.

Como consecuencia de la disipación de corriente de defecto por tierra aparecerán en el terreno, tal y como vimos en el apartado anterior, gradientes o diferencias de tensión potencialmente peligrosas para una persona que toque un apoyo justo cuando se produce el defecto, o que se encontrara caminando, en ese instante, en las proximidades del apoyo en defecto. Cuanto más separados estén los pies de la

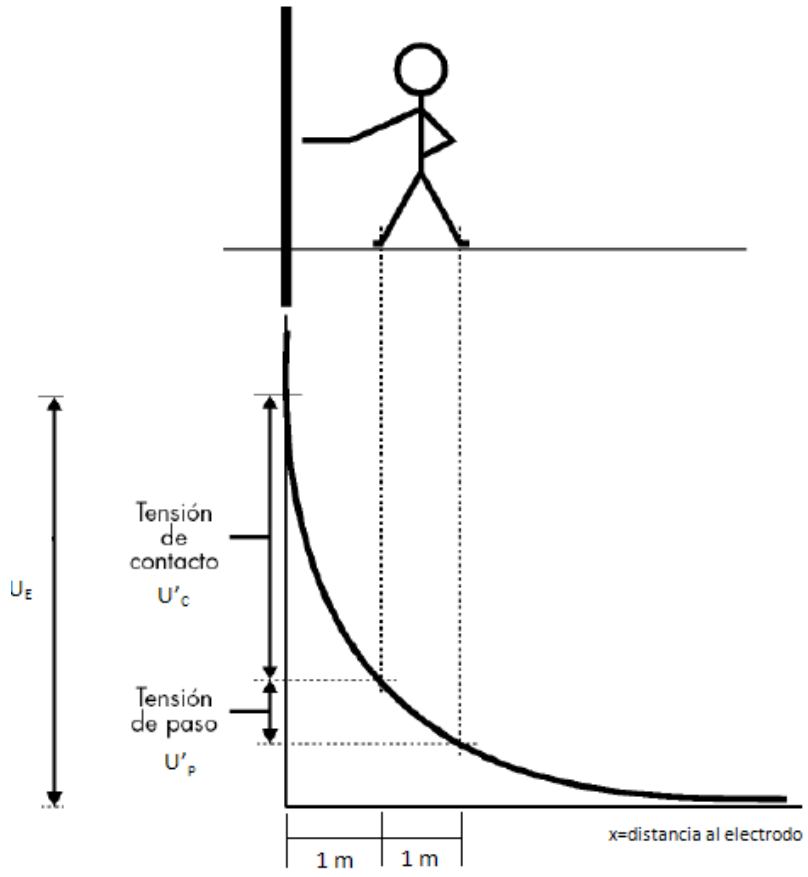
persona, mayor será el peligro, pues mayor será también la tensión puenteada entre ambos pies.

La tensión que adquiere el apoyo respecto a un punto del terreno suficientemente alejado para considerar su potencial nulo, es la tensión de puesta a tierra U_E, igual al producto de la resistencia de la puesta a tierra del apoyo por la intensidad de puesta a tierra que se difunde al terreno a través de los electrodos conectados al apoyo:

$$U_E = R \times I_E$$

La tensión de contacto, U'_c, es la diferencia entre la tensión que adquiere el apoyo y un punto del terreno a una distancia de un metro del apoyo. La tensión de paso, U'_p, es la diferencia de tensión entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un metro. Lógicamente, para garantizar la seguridad, las tensiones de paso y contacto que aparecen en la instalación de alta tensión en caso de defecto deben ser menores que unos valores admisibles.

Tensiones de paso y contacto



La peligrosidad de la tensión de contacto es superior a la de la tensión de paso, pues si bien ambas pueden producir un paso de corriente por la persona, el debido a la tensión de contacto tiene un recorrido por el organismo que puede afectar órganos más vitales. Por ejemplo, un recorrido mano-pies puede afectar al corazón, pulmones, extensa parte del tejido nervioso, etc.

5.1) Valores admisibles de la tensión de paso y contacto

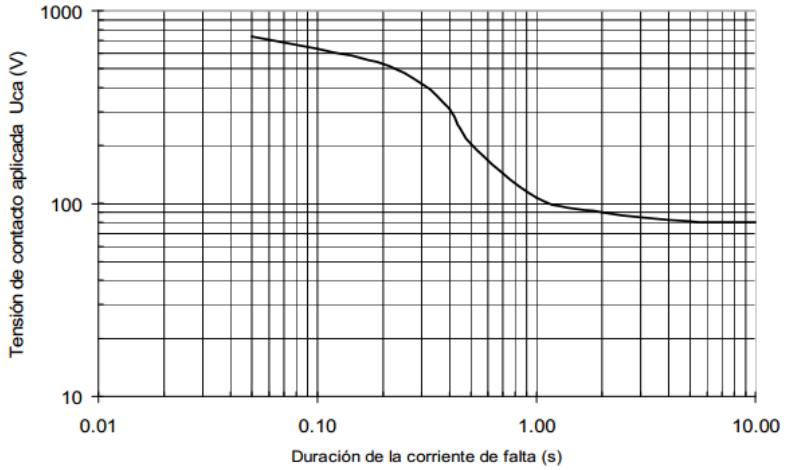
5.1.1) Tensión de contacto admisible (U_{ca})

Los valores admisibles de la tensión de contacto a la que puede estar sometido un cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, en función de lo establecido en la norma UNE-IEC/TS 60479-1 que versa sobre los efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo humano en función de su magnitud y duración.

Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{CA}
en función de la duración de la corriente de falta t_F

Duración de la corriente de falta t_f (s)	**Tensión de contacto aplicada admisible U_{CA} (V)**
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta.



Para determinar estos valores se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- La corriente circula entre manos y pies.

- Sólo se considera la propia impedancia del cuerpo humano, sin resistencias adicionales.

- La impedancia del cuerpo humano utilizada tiene un 50% de probabilidad de que su valor sea menor o igual al considerado.

- Una probabilidad de fibrilación ventricular del 5%.

El valor admisible de la tensión de contacto aplicada sabiendo que al línea posee unas protecciones con un tiempo de actuación promedio de 0.5 segundos y atendiendo a lo anteriormente expuesto resulta:

$$\mathbf{U_{CA} = 204\ V}$$

5.1.2) Tensión de paso admisible (U_{pa})

Como ya se indicó anteriormente se consideran mucho más peligrosos los efectos de la tensión de contacto que los de paso, por ello, la tensión de paso admisible aplicada entre los pies de una persona, considerando únicamente la propia

impedancia del cuerpo humano, se define como diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada:

$$U_{pa} = 10 \times U_{ca}$$

Por lo tanto, para el presente estudio:

$$U_{pa} = 10 \times U_{ca} = 10 \times 204 = \mathbf{2040\ V}$$

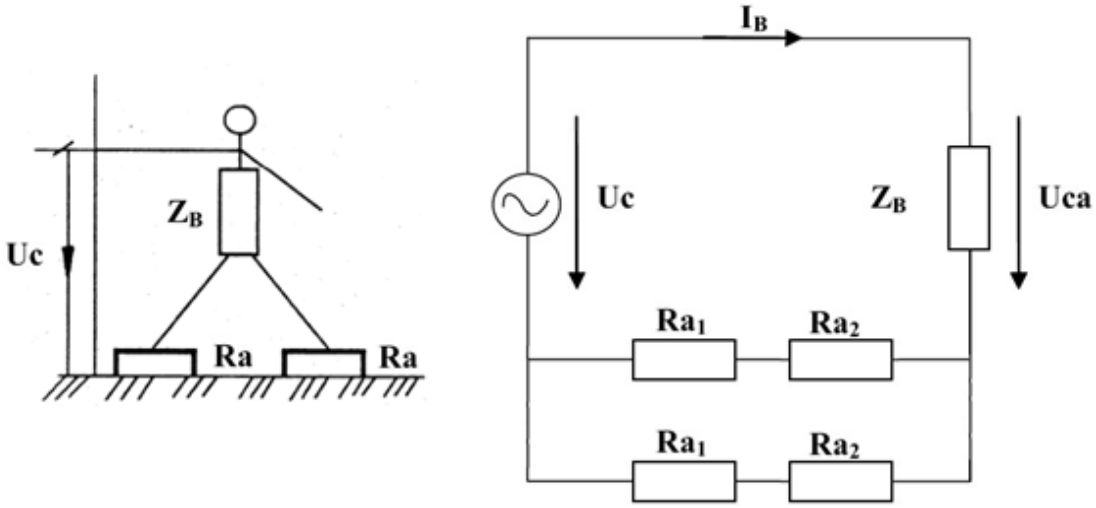
5.2) Valores máximos de la tensión de paso y contacto

Una vez determinados los valores admisibles de tensión es posible obtener los valores máximos de tensiones de paso y contacto en una instalación considerando todas las resistencias que intervienen.

5.2.1) Tensión de contacto máxima (U_c)

A continuación se muestra el circuito equivalente que permite calcular la tensión de contacto máxima admisible en una instalación:

Circuito equivalente para calcular la tensión de contacto Uc admisible en una instalación



La corriente equivalente que circula por el circuito resulta:

$$I_B = \frac{U_{ca}}{Z_b} = \frac{U_c}{Z_b + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2}}$$

Siendo:

U_{ca}= tensión de contacto aplicada admisible que puede soportar el cuerpo humano entre una mano y los pies.

Z_b = impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor resistivo de 1000 Ω

U_c = tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.

R_a = resistencia adicional total suma de las resistencias adicionales individuales.

R_{a1} = trata de simular la resistencia del calzado, empleando un valor de 2000 Ω. Se considerará nula esta resistencia en los lugares en los que la gente pueda estar descalzas (piscinas, jardines, etc.).

R_{a2} = resistencia a tierra del punto de contacto de un pie con el terreno. $R_{a2} = 3.\rho_s$, siendo ρ_s la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Por tanto, la ecuación que determina la tensión máxima admisible en la instalación es:

$$\boldsymbol{U_c = U_{ca} \times \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \times Z_b}\right] = U_{ca} \times \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1.5 \times \rho_s}{1000}\right]}$$

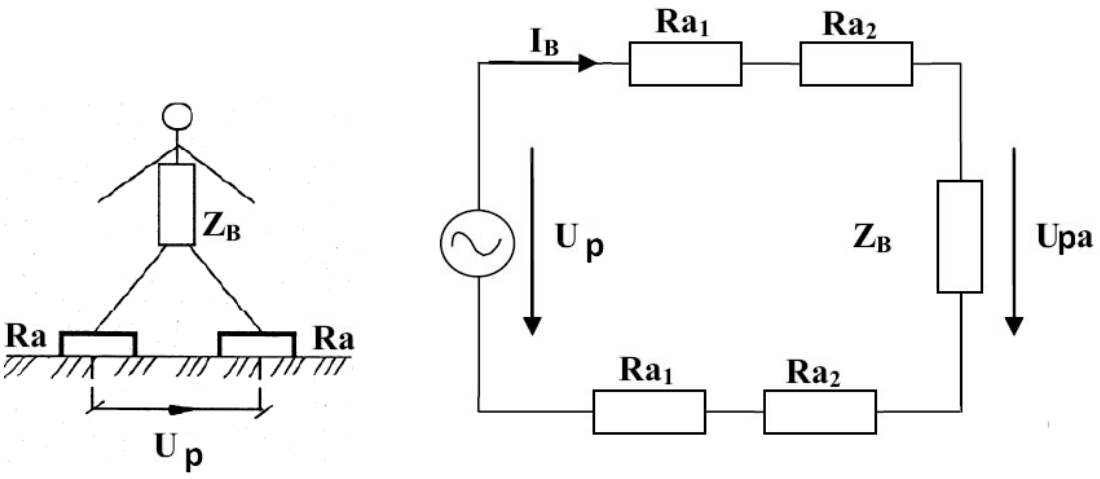
Siendo el valor máximo en este estudio:

$$\boldsymbol{U_c} = 204 \times \left[1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1.5 \times 50}{1000}\right] = \boldsymbol{423.3\ V}$$

5.2.2) Tensión de paso máxima (U_p)

El circuito equivalente que permite calcular la tensión de paso máxima admisible en una instalación es el siguiente:

Circuito equivalente para calcular la tensión de paso U_p admisible en una instalación



La corriente equivalente que circula por el circuito resulta:

$$I_B = \frac{U_{pa}}{Z_b} = \frac{U_p}{Z_b + 2 \times (R_{a1} + R_{a2})}$$

Siendo:

U_{pa}= tensión de paso aplicada admisible que puede soportar el cuerpo humano entre los pies ($U_{pa} = 10.U_{ca}$).

Z_b = impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor resistivo de 1000 Ω

U_p = tensión de paso máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.

R_a = resistencia adicional total suma de las resistencias adicionales individuales.

R_{a1} = trata de simular la resistencia del calzado, empleando un valor de 2000 Ω. Se considerará nula esta resistencia en los lugares en los que la gente pueda estar descalzas (piscinas, jardines, etc.).

R_{a2} = resistencia a tierra del punto de contacto de un pie con el terreno. $R_{a2} = 3.\rho_s$, siendo ρ_s la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Por tanto, la ecuación que determina la tensión máxima admisible en la instalación es:

$$U_p = U_{pa} \times \left[1 + \frac{2 \times (R_{a1} + R_{a2})}{Z_b}\right] = 10 \times U_{ca} \times \left[1 + \frac{2 \times R_{a1} + 6 \times \rho_s}{1000}\right]$$

La tensión máxima en este caso es:

$$U_p = 10 \times 204 \times \left[1 + \frac{2 \times 2000 + 6 \times 50}{1000}\right] = \mathbf{10812\ V}$$

En caso de que una persona se encuentre pisando zonas de diferentes resistividades con cada pie:

$$U_{p,acceso} = 10 \times U_{ca} \times \left[1 + \frac{2 \times R_{a1} + 3 \times \rho_s + 3 \times \rho'_s}{1000}\right]$$

Siendo ρ_s y ρ'_s las diferentes resistividades del terreno.

Para el diseño de la línea aérea de alta tensión se comprueba que los valores de las tensiones de paso y contacto en los apoyos metálicos frecuentados (situados en lugares de acceso público) no superan, en las condiciones más desfavorables, las tensiones máximas antes descritas.

6. EFECTO DE LA CORRIENTE SOBRE EL CUERPO HUMANO

A continuación se describen los efectos de la corriente eléctrica al pasar por el cuerpo humano para corrientes alternas de frecuencia comprendida entre 15 Hz y 100 Hz, tal y como se presenta en la norma UNE-IEC/TS 60479-1.

- Umbral de percepción

Este umbral depende de varios parámetros tales como la superficie del cuerpo en contacto con un electrodo (superficie de contacto), las condiciones de contacto (seca, húmeda, presión, temperatura), así como de las características fisiológicas del individuo.

- Umbral de reacción

Este umbral depende de varios parámetros tales como la superficie del cuerpo en contacto con un electrodo (superficie de contacto), las condiciones de contacto (seca, húmeda, presión, temperatura), así como de las características fisiológicas del individuo.

Se toma en consideración un valor general de 0,5 mA, cualquiera que sea el tiempo, para el umbral de reacción.

- Inmovilización

En este documento, inmovilización significa que los efectos de la corriente eléctrica son tales que el cuerpo humano (o una parte) no se puede mover voluntariamente.

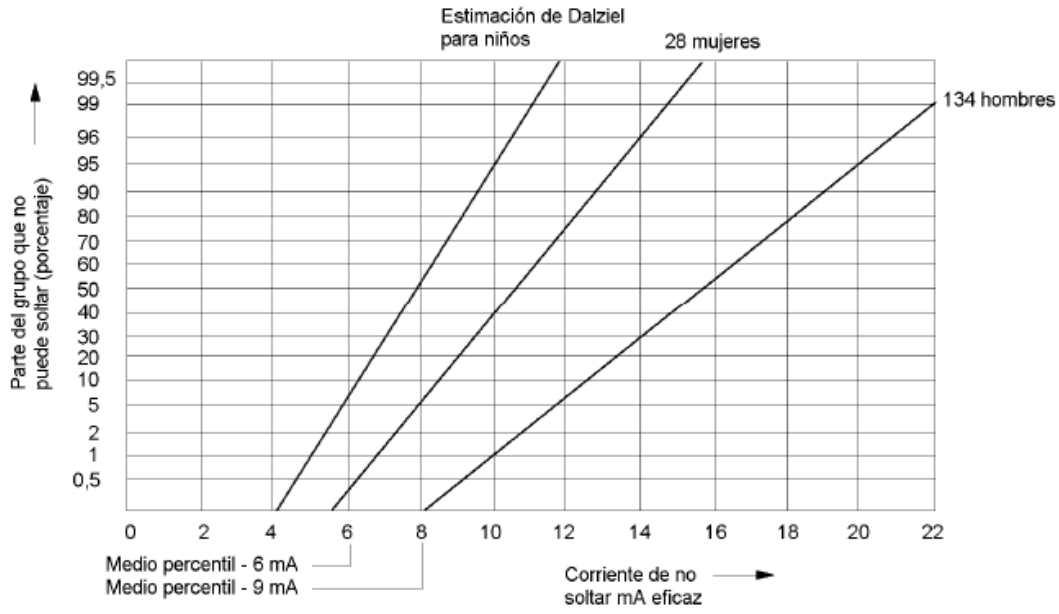
Los efectos sobre los músculos pueden ser debidos a un paso de corriente en los músculos afectados, o en los nervios asociados, o en la parte asociada del cerebro.

Los valores de la corriente que producen la inmovilización dependen del volumen de los músculos afectados, del tipo de nervios y las partes del cerebro afectados por la corriente.

- Umbral de no soltar

El umbral de no soltar depende de varios parámetros tales como la superficie de contacto, la forma y las dimensiones de los electrodos y de las características fisiológicas de las personas.

Se toma en consideración un valor de alrededor de 10 mA para los adultos masculinos. Si se considera un valor de 5 mA cubre el conjunto de la población.

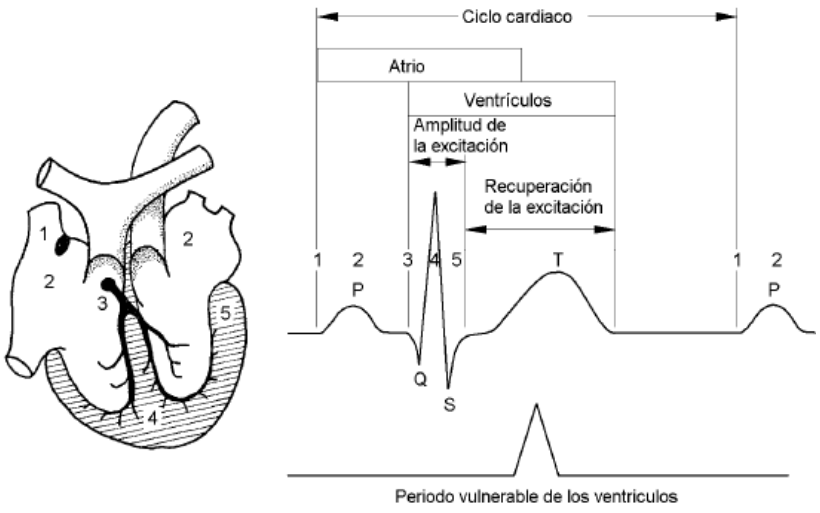


Corrientes de no soltar para una corriente sinusoidal de 60 Hz

- Umbral de fibrilación ventricular

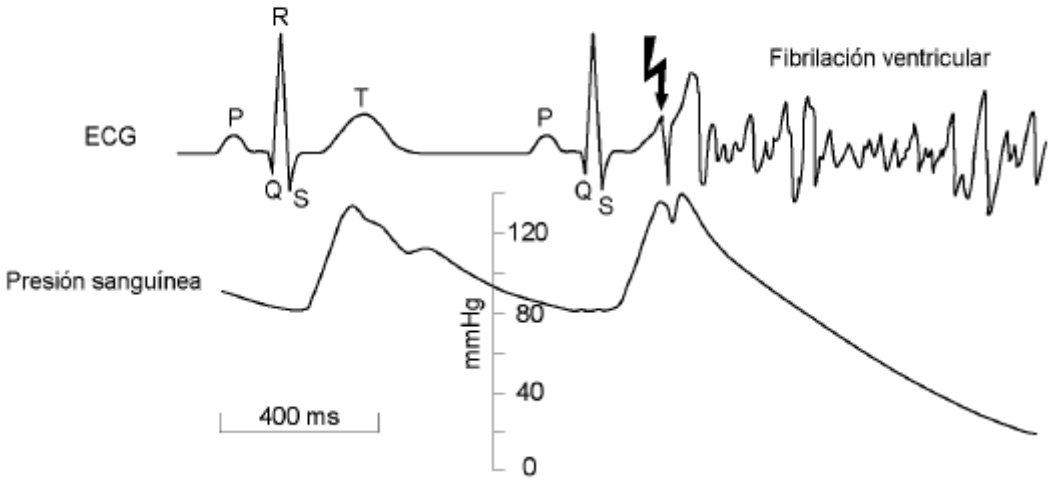
El umbral de fibrilación ventricular depende tanto de parámetros fisiológicos (anatomía del cuerpo, estado de las funciones cardíacas), como de parámetros eléctricos (duración y recorrido de la corriente, característica de la corriente, etc.). Una descripción de la actividad del corazón se da en las figuras que se muestran a continuación:

Ocurrencia del período vulnerable de los ventrículos durante el ciclo cardíaco



NOTA Los números indican los estados consecutivos de la propagación de la excitación.

Desencadenamiento de la fibrilación ventricular en el período vulnerable – Efectos sobre el electrocardiograma (ECG), y la presión sanguínea

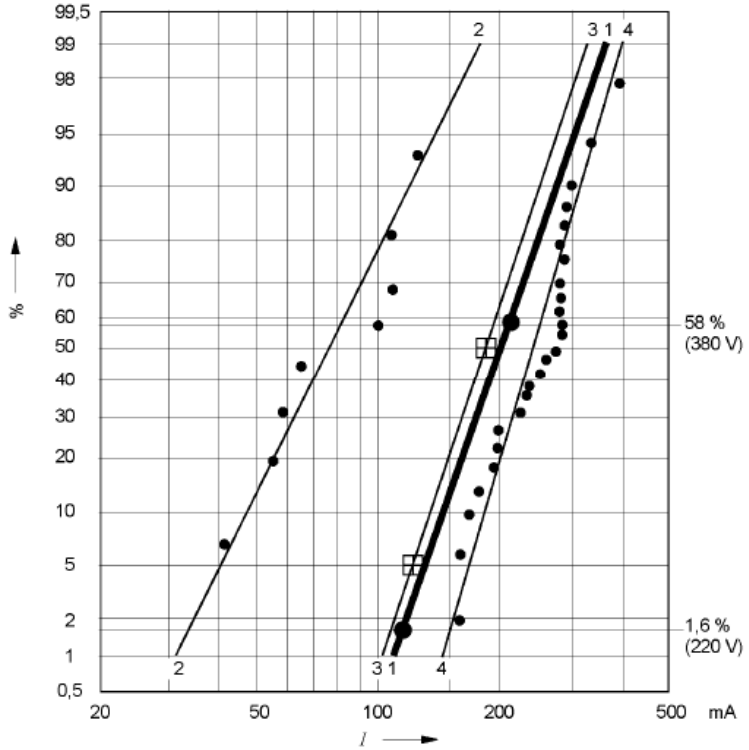


En corriente alterna sinusoidal (50 Hz o 60 Hz) el umbral de fibrilación decrece considerablemente si la duración de paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Este efecto resulta del aumento de la heterogeneidad del estado de excitación debido a las extrasístoles producidas por la corriente.

- Para duraciones de choque inferiores a 0,1 s, la fibrilación puede producirse por corrientes de intensidad superior a 500 mA, y es probable que ocurra por una corriente de intensidad del orden de varios amperios, solamente si el choque se produce durante el período vulnerable. Para choques de tales intensidades y de duración superior a un ciclo cardíaco, puede producirse una parada cardiaca reversible.

- Para duraciones de paso de corriente más largas que un ciclo cardíaco, en la siguiente figura se presenta una comparación entre los umbrales de fibrilación ventricular efectuados por experiencias sobre animales y para seres humanos calculadas según las estadísticas de accidentes eléctricos.

Datos de fibrilación para los perros, los cerdos y las ovejas a partir de experiencias y para las personas, calculados a partir de accidentes eléctricos con una dirección transversal de la corriente mano a mano y para tensiones de contacto U_T = 220 V y 380 V en corriente alterna con impedancias del cuerpo Z_T (5%)



Leyenda

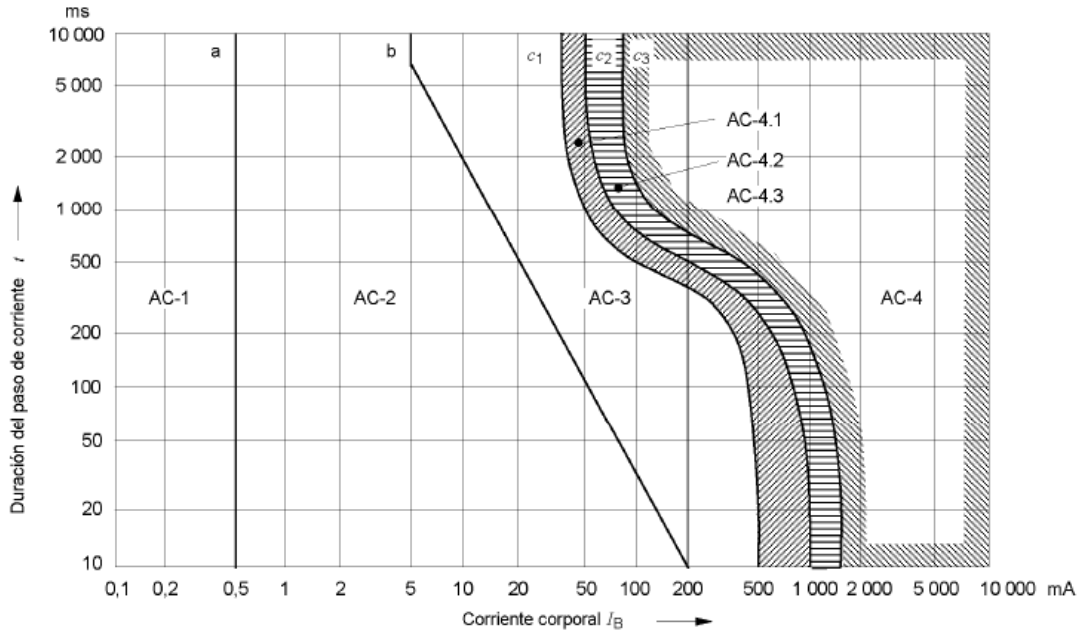
1 Datos de fibrilación para las personas, calculados a partir de las estadísticas de accidentes (U_T = 220 V, 1,6%, U_T = 380 V, 58%).
2 Datos de fibrilación para los perros, duración del flujo de corriente 5 s.
3 Datos de fibrilación para los cerdos, duración del flujo de corriente t > 1,5 * período cardíaco.
4 Datos de fibrilación para las ovejas, duración del flujo de corriente 3 s.
⊙ Valores calculados en base a estadísticas de accidentes. (U_T = 220 V, 1,6% y U_T = 380 V, 58%, I_T = 110 mA y 220 mA respectivamente) (1).
⊞ Valores estadísticos de medidas sobre cerdos [I (5%) = 120 mA, I (50%) = 180 mA].
(1) Valores corregidos con el factor de corriente del corazón F = 0,4.

Adaptando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales y seres humanos, se ha establecido una curva *c*1 para una trayectoria de corriente que va de la mano izquierda a los dos pies, por debajo de la cual la fibrilación no es susceptible de producirse. El umbral elevado, para cortas duraciones de exposición, entre 10 ms y 100 ms se sitúa sobre una recta que va de 500 mA a 400 mA. Sobre la base de informaciones sobre accidentes eléctricos, el umbral inferior para duraciones superiores a 1 s se sitúa sobre una recta que va de 50 mA para 1 s a 40 mA para duraciones superiores a 3 s. Los dos umbrales están unidos por una curva continua.

La evaluación estadística de las experiencias efectuadas sobre animales ha

permitido el trazado de las curvas *c*2 y *c*3 que definen probabilidades respectivas de fibrilación del 5% y del 50% aproximadamente. Las curvas *c*1, *c*2 y *c*3 se aplican para una trayectoria de corriente que va de la mano izquierda a los dos pies.

Zonas/tiempo/corriente convencionales de los efectos de corrientes alternas (15 Hz a 100 Hz) sobre personas para una trayectoria correspondiente de mano izquierda a pies



Zonas tiempo / corriente en corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz para una trayectoria mano a pie

Zonas	Límites	Efectos fisiológicos
AC-1	Hasta 0,5 mA curva a	Posible percepción pero habitualmente no hay reacción al choque
AC-2	De 0,5 mA hasta la curva b	Percepción y eventuales contracciones musculares involuntarias pero habitualmente sin efectos fisiológicos eléctricos nocivos
AC-3	Curva b y por encima	Fuertes contracciones musculares involuntarias. Dificultades de respiración. Perturbaciones reversibles de las funciones del corazón. Puede producirse una inmovilización. Aumento de los efectos con la magnitud de la corriente. Habitualmente sin daños orgánicos
AC-4 [1)]	Por encima de la curva c_1	Efectos patofisiológicos tales como parada de corazón, parada de la respiración y quemaduras graves u otros daños celulares. Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo
	$c_1 - c_2$	AC-4.1 Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando hasta alrededor del 5%
	$c_2 - c_3$	AC-4.2 Probabilidad de fibrilación ventricular hasta alrededor del 50%
	Por encima de la curva c_3	AC-4.3 Probabilidad de fibrilación ventricular superior al 50%

1) Para duraciones de paso de corriente por debajo de 200 ms, la fibrilación ventricular no se puede iniciar más que durante el período vulnerable si se superan los umbrales. En cuanto a la fibrilación ventricular, esta figura describe los efectos de la corriente pasando de la mano izquierda a los pies. Para otros recorridos, debe considerarse el factor de corriente del corazón.

- Otros efectos de la corriente relacionados con los choques eléctricos

Pueden aparecer otros efectos eléctricos tales como contracciones musculares, la elevación de la presión de la sangre, perturbaciones de la formación y de la conductividad de los impulsos cardíacos (comprendida la fibrilación auricular y perturbaciones transitorias de ritmos). Tales efectos no son generalmente mortales.

Con corrientes de varios amperios que duran varios segundos, pueden aparecer quemaduras profundas y otras lesiones internas. También pueden verse quemaduras en superficie.

Los accidentes en alta tensión no comportan generalmente fibrilación ventricular, dando lugar a otras formas de parada cardiaca. Eso se demuestra por estadísticas de accidentes y está confirmado por experiencias sobre animales. Sin embargo, no existen actualmente suficientes datos para diferenciar la probabilidad de tales condiciones.

La fibrilación ventricular es mortal porque impide el paso de la sangre transportando el oxígeno. Los accidentes eléctricos que no implican fibrilación ventricular pueden también ser mortales. Otros efectos pueden afectar a la respiración e impedir a la persona requerir ayuda. Estos mecanismos asociados comprenden la perturbación funcional del control respiratorio, la parálisis de los músculos respiratorios, daños en los centros nerviosos de esos músculos y daños sobre los mecanismos de control respiratorio en los pulmones. Esos efectos, si son permanentes, conducen inevitablemente a la muerte. Si la persona no se recupera de un efecto respiratorio reversible, se requiere una ayuda respiratoria artificial. No obstante, la persona sigue en el riesgo de morir. Si la corriente recorre partes críticas tales como la médula espinal o el centro de control respiratorio, puede sobrevenir la muerte. Estos efectos están en estudio y los umbrales no están todavía definidos.

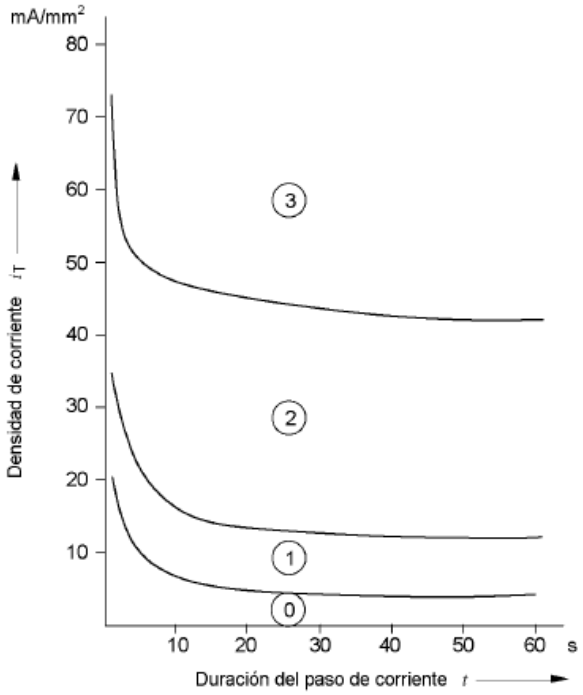
Los campos eléctricos elevados que pueden atravesar las membranas pueden comportar daños para las células, especialmente las células largas tales como las células de los músculos del esqueleto. Esto no es un efecto térmico. Este hecho ha sido observado por ejemplo con corrientes elevadas y de duración corta (tales como corrientes de contacto momentáneas con líneas de distribución de alta tensión). Un

campo eléctrico elevado a través de las membranas de las células puede inducir a la formación de agujeros en la membrana. Este efecto se denomina electroperforación. Los poros pueden ser estables y cerrarse enseguida, o agrandarse, llegar a ser inestables y consecuentemente conducir a la ruptura de la membrana de las células. Los tejidos son en ese caso destruidos irreversiblemente. Puede aparecer una necrosis de los tejidos, requiriendo a menudo la amputación de los miembros dañados. La electroperforación no está limitada a un valor de la corriente, a un paso particular de la corriente o a una duración de paso. Heridas no eléctricas asociadas, tales como heridas traumáticas, deberían ser también consideradas.

- Efectos de la corriente en la piel

En la siguiente figura se muestra la dependencia de las alteraciones de la piel humana frente a la densidad de la corriente i_T (mA/mm^2) y a la duración del paso de corriente.

Dependencia de la alteración de la piel humana en función de la densidad de corriente i_T y de la duración de paso de corriente



Leyenda

Zona 3: carbonización de la piel.
Zona 2: marcas de corriente.
Zona 1: enrojecimiento de la piel.
Zona 0: ningún efecto.

A título de guía, se pueden dar los valores siguientes:

- Por debajo de 10 mA/mm^2, en general, no se observa ninguna alteración de la piel. Para duraciones mayores de paso de corriente (varios segundos), la piel situada bajo el electrodo puede llegar a convertirse en blanco-gris con una superficie rugosa (zona 0).

- Entre 10 mA/mm^2 y 20 mA/mm^2, aparece un color rojizo en la piel con una inflamación en forma de ampolla de color blanquecina a lo largo de los bordes del electrodo (zona 1).

- Entre 20 mA/mm^2 y 50 mA/mm^2, aparece un color marrón bajo el electrodo colocado en la piel. Para mayores duraciones de paso de corriente (varias decenas de segundos), se observan marcas de corriente claras (ampollas) alrededor del electrodo (zona 2).

- Por encima de 50 mA/mm^2 se produce una carbonización de la piel (zona 3).

- Para superficies de contacto grandes, las densidades de corriente pueden ser suficientemente pequeñas de tal manera que no se produce alteración alguna de la piel aunque las corrientes sean mortales.

- Aplicación del factor de corriente del corazón (*F*)

El factor de corriente del corazón permite calcular las corrientes I_h para recorridos distintos de la mano izquierda a los pies, que representan el mismo riesgo de fibrilación ventricular que los correspondientes a la corriente de referencia I_{ref} entre la mano izquierda y los pies.

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

donde:

I_{ref} : es la corriente que pasa de la mano izquierda a los dos pies.

I_h: es la corriente que pasa por el cuerpo para las trayectorias indicadas en la tabla mostrada a continuación.

F: es el factor de corriente del corazón indicado en la tabla siguiente.

El factor de corriente del corazón se debe considerar como una estimación aproximada de los riesgos correspondiente a las diferentes trayectorias de la corriente, desde el punto de vista de fibrilación ventricular.

Para las diferentes trayectorias de la corriente, el factor de corriente del corazón es el valor indicado en la siguiente tabla:

Factor de corriente del corazón *F* para diferentes trayectorias de la corriente

Trayectoria de la corriente	Factor de corriente del corazón *F*
Mano izquierda al pie izquierdo, al pie derecho o a los dos pies	1,0
Ambas manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha al pie izquierdo, al pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano izquierda	1,3
Pecho a la mano derecha	1,5
Posaderas a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos	0,7
Pie izquierdo a pie derecho	0,04

7. MEDICIONES

7.1) Mediciones de la resistividad del terreno

Conocer la resistividad del terreno es especialmente necesario para determinar el diseño de la conexión a tierra de instalaciones nuevas para poder satisfacer las necesidades de resistencia de tierra. Lo ideal sería que encontrase un lugar con la menor resistencia posible. No obstante, las malas condiciones del terreno pueden superarse con sistemas de conexión a tierra más elaborados.

7.1.1) Características del suelo y resistividad

Los principales factores que determinan la resistividad del suelo son:

• Tipo de suelo.

• Composición química y concentración de sales contenidas en el suelo.

• Humedad del suelo.

• Granulometría del material que compone el suelo y su distribución.

• Compactación del suelo.

• Homogeneidad del suelo

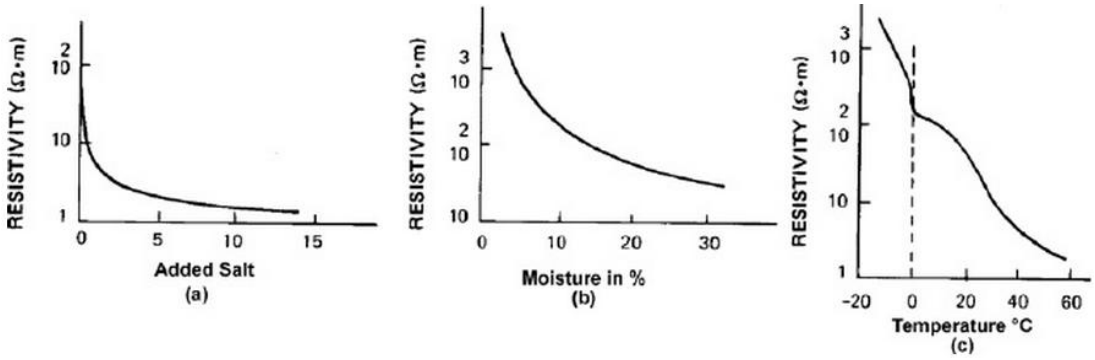
El tipo de suelo es muy importante en la determinación del valor de la resistividad, pero el valor de ésta para los diversos tipos de suelo no es tan claramente definido. A continuación se presentan unos valores orientativos de resistividad del suelo citados en el Apartado 4 de la instrucción MIE-RAT 13

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD (Ω.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 del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2.000 a 3.000
Balasto o grava	3.000 a 5.000

La resistividad del suelo resulta muy influenciada por la presencia de agua. El contenido en humedad cambia según la estación del año, varía en función de la naturaleza de las subcapas de la tierra y la profundidad del nivel de agua subterránea permanente. Dado que el terreno y el agua generalmente son más estables en estratos más profundos, se recomienda que las varillas de toma de tierra se coloquen lo más profundo posible en la tierra, en el nivel de agua subterránea si fuera posible.

Asimismo, las varillas de toma de tierra se deben instalar en un lugar donde haya temperatura estable, por ejemplo, por debajo de la profundidad de la helada.

A continuación se muestra la variación de resistividad del suelo con la concentración de sal, humedad y la temperatura del suelo:



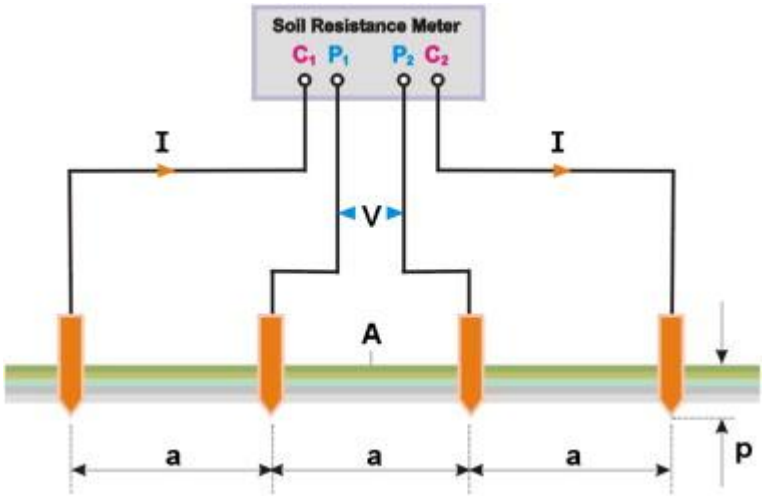
7.1.2) Métodos de medición de la resistividad del suelo

Los métodos tradicionales de medición de la resistividad del suelo, involucran la inyección de una corriente conocida en el suelo y la medición de la diferencia de potencial o intensidad de campo eléctrico resultante.

Están encuadrados en estos procedimientos respectivamente los métodos de Wenner y Schlumberger. El método de Wenner emplea grandes espaciamientos entre electrodo de potencial y mide la diferencia de potencial, en cuanto que el método de Schlumberger adopta pequeños espaciamientos entre electrodos de potencial y mide el gradiente de potencial.

Método de Wenner de los cuatro electrodos

El método desarrollado por F. Wenner alrededor de 1915 es aún el método más usado en mediciones de resistividad del suelo y es la base de otros procesos de medición. En el método de Wenner, dos electrodos de corriente y dos de potencial son fijados con espaciamientos iguales entre si, como está indicado en la siguiente figura:



La resistividad del suelo, expresada en Ω.m, está dada por la expresión:

$$\rho = 2\pi aR$$

donde *a* es el espaciamiento entre electrodos en metros y R la resistencia en Ohm debido a la caída de tensión V para la inyección de una corrientes de ensayo I. El término 2·π·a representa un factor geométrico relacionado con la distribución de corriente en el suelo considerado como una semiesfera homogénea e isotrópica.

Los electrodos de ensayo son clavados en el suelo a una profundidad que en general es una pequeña fracción del espaciamiento entre electrodos adyacentes. La resistencia de contacto de los electrodos, es en general, despreciable en los cálculos de la resistividad del suelo. No obstante, si la superficie del suelo presenta una resistencia de contacto considerable se pueden emplear varios electrodos en cada punto, tendiente a disminuir la resistencia de contacto, dado que no es suficiente el aumento de la profundidad de un único electrodo.

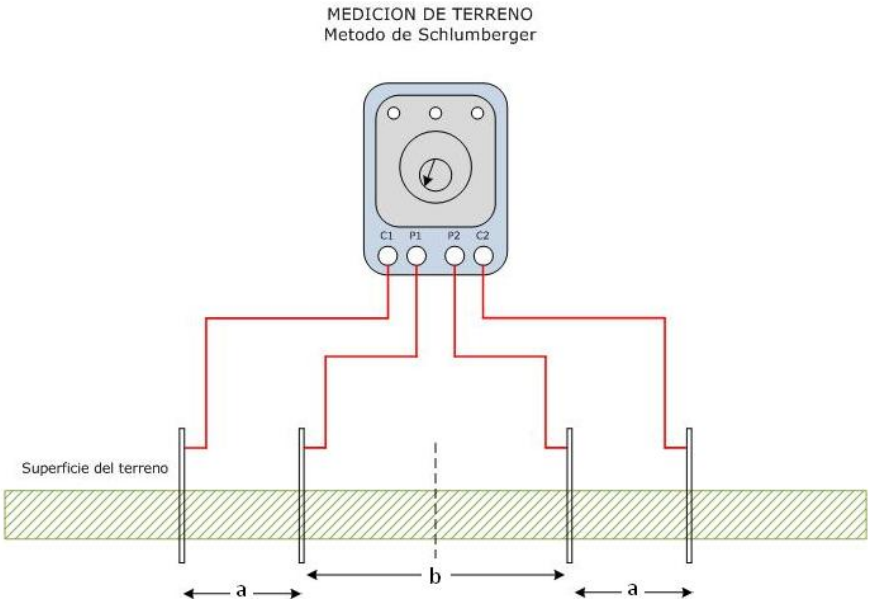
El método Wenner entrega con razonable precisión el valor de la resistividad solamente para suelos homogéneo, en estas condiciones la mitad del espaciamiento entre electrodos es igual a la profundidad del volumen de suelo cuya resistividad está siendo medida. Si hay una discontinuidad en la composición del suelo se establece un límite de precisión del método.

Suponiendo un suelo de estratos horizontales, lo que se obtiene con las mediciones de resistividad con espaciamientos entre electrodos mayores que el espesor de las capas superficial del suelo, son valores de resistividad aparente, que en la mayoría de los casos, son diferentes de los valores reales de las distintas capas del suelo. No obstante, los puntos de inflexión de la curva de resistividad aparente indican la profundidad del suelo donde se da la variación de la resistividad. El método de Wenner también puede fácilmente determinar variaciones laterales de resistividad del suelo.

Los valores de resistividad obtenidos por el método de Wenner son suficientemente precisos para dimensionamientos de sistemas de puestas a tierra. Las mediciones de terreno pueden llevarse a cabo por un equipo pequeño, de dos o tres personas, sin que haya necesidad de un alto grado de especialización.

Método de Schlumberger

El método de Schlumberger, que es comúnmente usado en prospecciones geofísicas, permite la determinación de capas de resistividad. Los electrodos de potencial son alineados a los electrodos de corriente como está indicado en la siguiente figura:



Una relación entre espaciamientos usualmente utilizados por el método de Schlumberger es que la distancia entre los electrodos de corriente y potencial sea

superior a 5 veces distancia entre los electrodos de potencial (a>5b), para que se obtenga un valor de resistividad del orden de 5% del valor real.

La expresión de la resistividad es la mostrada a continuación:

$$\rho = \pi R n(n+1)a$$

Esta expresión es derivada del límite de gradiente de potencial y separación entre electrodos de potencial cuando ambos se aproximan a cero. La profundidad efectiva de la sonda utilizada por el método de Schlumberger es definida como la mitad del espaciamiento entre electrodos de corriente. La precisión en la determinación de la ocurrencia de una discontinuidad horizontal del valor de resistividad es más acentuada en el método de Schlumberger que en el método de Wenner.

7.2) Consideraciones para la medición de la resistencia de puesta tierra

Para obtener la resistencia de la puesta a tierra con mayor precisión es necesario tener en cuenta la influencia del valor de la propia resistencia del cable de tierra y la resistencia de tierra de los electrodos auxiliares de inyección y medida que, aunque no influye en la medición de la resistencia a tierra, si pueden afectar a la sensibilidad del instrumento de medida.

Para evitar esta última circunstancia, será suficiente que estos electrodos sean redondos de acero, con unas dimensiones de 400 mm de longitud y 14 mm de diámetro.

En función del tipo de puesta a tierra efectuada se llevan a cabo unos determinados métodos para tener en cuenta los efectos antes mencionados y, de este modo, obtener una correcta interpretación de los resultados de las mediciones.

7.3) Medición de las tensiones de paso y contacto

En el Apartado 8.1 de la Instrucción MIE-RAT 13 se establece que el Director de Obra deberá verificar que las tensiones de paso y contacto aplicadas están dentro de los límites admitidos con un voltímetro de resistencia interna de mil ohmios.

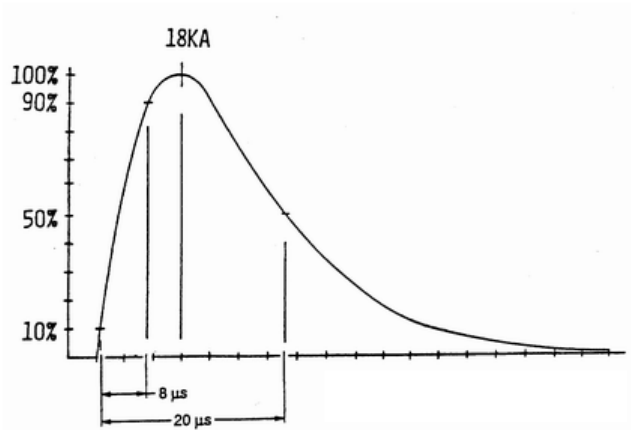
Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener una superficie de 200 cm^2 cada uno y deberán ejercer sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N cada uno.

Se emplearan fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno. Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes parásitas, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurara que la intensidad inyectada sea del orden del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 amperios para centrales y subestaciones y 5 amperios para centros de transformación.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones posibles máximas.

8. PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTO DE UN RAYO

La descarga del rayo sobre cualquier cable conductor provoca transitorios que se caracterizan por su corta duración, crecimiento rápido y valores de cresta muy elevados (varios cientos de kV) tal y como se representa a continuación:



La descarga de un rayo se propaga en un radio de varios kilómetros y su dispersión en la tierra eleva su potencial, induciendo fuertes sobretensiones en los cables subterráneos y aumentando la tensión en las tomas de tierra.

El rayo no es el único causante de sobretensiones transitorias, también lo son:

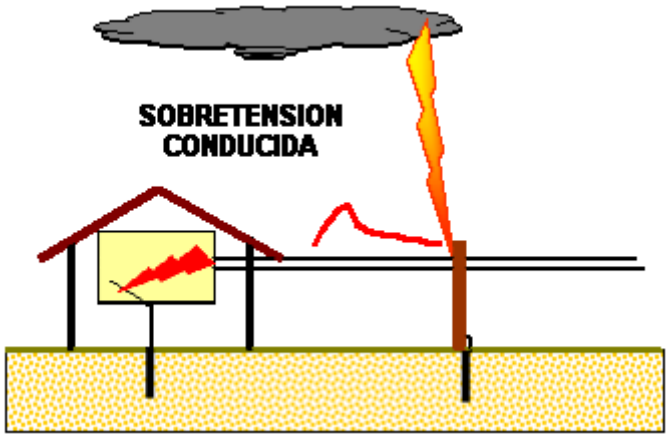
- Conmutaciones de compañías eléctricas.
- Actuación de dispositivos de protección de redes.

- Cortocircuitos.
- Entrada / Salida de cargas inductivas.
- Conmutaciones de máquinas de gran potencia.
- Descargas electroestáticas.
- Actuación de bancos capacitivos
- Transferencias de energía (grupos electrógenos)

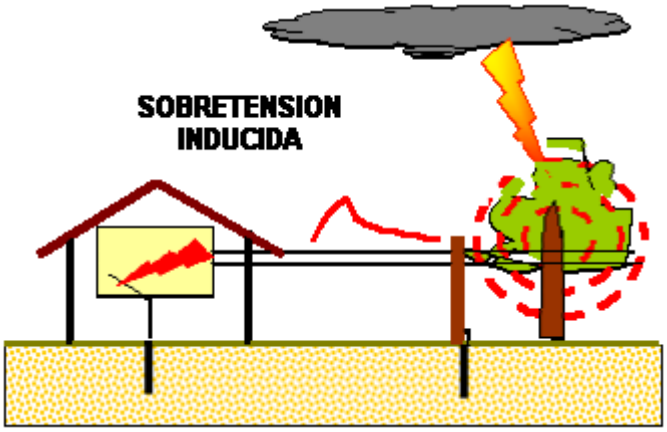
En una instalación eléctrica todos los conductores que acceden desde el exterior son susceptibles de facilitar el camino a las sobretensiones transitorias, provocando así perturbaciones en la alimentación de todos los sistemas conectados.

Las sobretensiones producidas por fenómenos atmosféricos llegan hasta las instalaciones de tres formas:

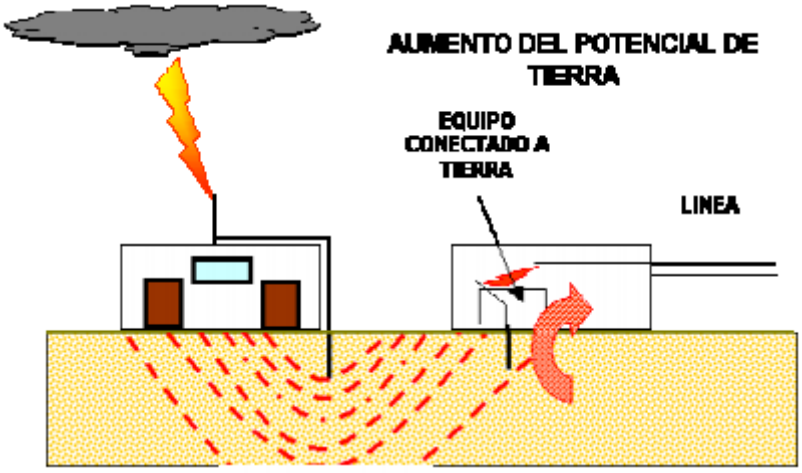
- *Sobretensión conducida:* El rayo puede caer directamente en las líneas aéreas, propagándose la sobretensión a lo largo de varios kilómetros; llegando al usuario y derivándose a tierra a través de sus equipos, produciéndoles averías o su total destrucción. Es sabido que una descarga de rayo sobre una línea, incluso dotada de cable de tierra, y el rayo caiga en la cúspide del apoyo, puede provocar además el contorneo de las cadenas de aisladores y dar lugar a un cortocircuito al menos monofásico y probablemente trifásico.



• *Sobretensión inducida:* La radiación emitida por el impacto del rayo sobre un objeto (poste, árbol, pararrayos, etc.) próximo a líneas eléctricas, induce corrientes transitorias en éstas, transmitiéndose al interior de nuestras instalaciones provocando averías o destrucción de los equipos conectados.



• *Aumento del potencial de tierra:* Cuando un rayo cae directamente al suelo o a través de una estructura conectada a tierra la corriente de descarga del rayo puede elevar el potencial de tierra varios miles de voltios como consecuencia de la corriente que circula por el terreno.



En cualquiera de los casos, el resultado final será la aparición de una corriente de defecto, a frecuencia industrial, y la intensidad de corriente de Puesta a Tierra a través del Electrodo de Puesta a tierra.

El valor de la Resistencia de difusión de Tierra del Electrodo de Puesta a Tierra del apoyo tiene, a estos efectos una importancia primordial.

La filosofía de la protección de líneas, contra los efectos de las descargas atmosféricas se basa, simultáneamente en:

• La colocación de hilos de tierra adecuadamente dispuestos.

• Conseguir una resistencia de Puesta a Tierra, de los apoyos, reducida.

En lo que afecta al segundo aspecto, conviene poner de manifiesto la importancia que tiene el valor de la Resistencia de Puesta a Tierra, en la tensión que resulte aplicada a las cadenas de aisladores de la línea, como consecuencia de una descarga atmosférica en un apoyo o en un vano, a pesar de que la línea está dotada de cable de tierra.

En el Apartado 7.3.5 de la ITC-LAT 07 del RLAT se establece que, desde el punto de vista del criterio de coordinación de aislamiento, debería tenerse en cuenta, en el caso de descargas atmosféricas, que la magnitud a considerar es la impedancia de onda del electrodo de tierra, que también depende de su forma, dimensiones y resistividad del suelo. El valor de esta impedancia es prácticamente igual al valor de la resistencia, si la longitud del electrodo no supera una longitud crítica L_c. El valor de la longitud crítica depende del valor de la resistividad y de la frecuencia de la onda representativa de la descarga (1 MHz), y viene expresada por la fórmula:

$$L_c(m) = \sqrt{\frac{\rho(\Omega.m)}{f(MHz)}}$$

Para electrodos de longitud mayor que la crítica, la impedancia de onda será mayor que la resistencia de tierra. Por lo tanto, es preferible disponer un sistema de tierra compuesto por múltiples electrodos que por uno solo de gran longitud.

9. VIGILANCIA PERIÓDICA

Según lo establecido en la instrucción MIE-RAT 13 las instalaciones de tierra serán revisadas, al menos, una vez cada tres años a fin de comprobar el estado de las mismas.

La vigilancia periódica de las líneas aéreas permitirá detectar modificaciones sustanciales de sus condiciones de diseño que justifiquen la verificación de la medida de la tensión de contacto aplicada. Por ejemplo, cuando un apoyo no frecuentado adquiera la condición de frecuentado debido a desarrollos urbanísticos o nuevas infraestructuras, o aquellos casos en los que el terreno donde se sitúa un apoyo frecuentado cambia sustancialmente su resistividad, debido por ejemplo a su asfaltado o ajardinamiento.

10. DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA

10.1) Consideraciones previas

En la actualidad se presentan multitud de disposiciones diferentes para la implementación de la puesta a tierra en los apoyos de una línea eléctrica de alta tensión:

- Con anillo difusor y electrodos de pica.
- Con electrodos oblicuos.
- Colocación de un anillo de cobre.
- Empleo de un anillo de cobre y picas.
- Colocación de picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
- Etc.

La determinación de una disposición u otra, y el empleo de una única pica o de varias, se basará en el cumplimiento de la normativa vigente incurriendo en unos costes mínimos.

10.2) Selección del número de picas y disposición óptima

Para el sistema de puesta a tierra del presente proyecto se procederá a la colocación de las picas en hilera unidas por un conductor horizontal:

- Para los apoyos tipo "OLMO" será el empleo de una pica de cobre-acero de 4 metros de longitud y 25 mm de diámetro y un conductor de cobre de 50 mm^2 de sección.

- En los apoyos tipo "ARCE", se efectuará la toma de tierra con dos picas de cobre-acero de 4 metros de longitud y 25 mm de diámetro y un conductor de cobre de 50 mm^2 de sección.

10.3) Validación de la puesta a tierra seleccionada

Valor de la resistencia de puesta a tierra

Como se indicó anteriormente, el valor de la resistencia de puesta a tierra admisible varía según la ubicación del apoyo objeto de análisis:

- Apoyos frecuentados:

$$R_t < 10\ \Omega$$

- Apoyos no frecuentados:

$$R_t < 20\ \Omega$$

El valor de la resistencia de puesta a tierra es función de la resistividad del terreno y de la longitud y el diámetro de las picas seleccionadas. La expresión para determinar su valor es la indicada a continuación:

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

El valor de la resistencia de puesta a tierra, considerando un valor medio de resistividad del terreno de ρ=50 Ω.m, en el presente proyecto resulta:

$$\boldsymbol{R_t = \frac{50}{2\pi \times 4} ln\left(\frac{4 \times 4}{0.025}\right) = 12.85\ \Omega}$$

En vista de los resultados es posible aceptar el diseño de la puesta a tierra planteado.

Relación entre la resistencia de puesta a tierra y las tensiones de paso y contacto

A continuación se detalla la relación entre la resistencia de puesta a tierra y las tensiones de paso y contacto.

Conocidas las expresiones para determinar la resistencia de puesta a tierra y el potencial en un punto x:

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

$$U_x = \frac{I_d \cdot \rho}{2\pi L} ln\left(\frac{L + \sqrt{x^2 + L^2}}{x}\right)$$

Siendo:

R_t: Resistencia de puesta a tierra.

U_x: Potencial en el putno 'x'.

ρ: resistividad del terreno.

I_d: Intensidad de defecto.

L: longitud de la pica.

d: diámetro de la pica.

x: distancia de la pica al punto 'x'.

Denominando:

- Resistencia unitaria:

$$K_r = \frac{ln\left(\frac{4L}{d}\right)}{2\pi L}$$

- Potencial unitario:

$$K_x = \frac{ln\left(\frac{L + \sqrt{x^2 + L^2}}{x}\right)}{2\pi L}$$

Se pueden expresar la resistencia del terreno y el potencial en un punto según las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{R_t = \rho \times K_r}$$

$$\boldsymbol{U_x = I_d . \rho \times K_x}$$

Análogamente se determinan para las tensiones de paso y contacto, las expresiones siguientes:

- Tensión unitaria de paso:

$$\boldsymbol{V'_p = U_{x1} - U_{x2} = I_d . \rho \times K_{x1} - I_d . \rho \times K_{x2} = I_d . \rho \times K_p}$$

- Tensión unitaria de contacto:

$$\boldsymbol{V'_c = R_t . I_d - U_{x1} = I_d . \rho \times K_r - I_d . \rho \times K_{x1} = I_d . \rho \times K_c}$$

De las expresiones anteriores se deduce que la relación entre la resistencia de puesta a tierra y las tensiones de paso y contacto, para una geometría de electrodo concreta, quedarán determinadas por las fórmulas siguientes:

$$\frac{V'_p}{R_t} = \frac{I_d . K_p}{K_r} \qquad \frac{V'_c}{R_t} = \frac{I_d . K_c}{K_r}$$

- Analizando el diseño de la puesta a tierra del presente proyecto, 1 pica de 4 m de longitud dispuesta en hilera y conectada mediante un conductor horizontal, se poseen los siguientes valores:

$R_t = 12.85\ \Omega$ $K_r = 0.1582$ $K_p = 0.0312$ $K_c = 0.0793$

Siendo:

$$I_d = \frac{U/\sqrt{3}}{\sqrt{X^2 + {R_t}^2}} = \frac{55000/\sqrt{3}}{\sqrt{6.873^2 + 12.85^2}} = 2179\ A$$

Los valores tensión de paso y contacto resultan:

$$V'_p = 339.93\ V$$

$$V'_c = 8639.89\ V$$

Los valores de la tensión de paso y contacto son inferiores a los máximos admisibles que calculados en el apartado 5, por lo que se concluye la viabilidad del sistema se puesta a tierra diseñado.

ANEXO IV:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Índice

Página

1.- INTRODUCCIÓN 1
1.1) OBJETIVOS GENERALES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO 1
1.2) CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES DELEGADOS DE PREVENCIÓN 1
2.- CARACTERÍTICAS GENERALES 2
2.1) DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 2
2.2) RIESGOS DE LOS TRABAJOS 3
3.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL 3
3.1) EQUIPAMIENTO GENERAL 3
3.2) EQUIPAMIENTO PARA TRABAJOS ELÉCTRICOS 4
4.- HERRAMIENTAS MANUALES 5
4.1) PRESCRIPCIONES GENERALES SOBRE EL USO DE HERRAMIENTAS 5
4.2) PARA TRABAJOS ELÉCTRICOS 6
5.- MANIPULACIÓN DE MATERIALEY TRANSPORTE 6
5.1) MANIPULACIÓN DE CARGAS MEDIANTE MAQUINAS 6
5.2) MANIPULACIÓN DE CARGAS MANUALES 8
5.2.1) Características de la carga 8
5.2.2) Esfuerzo físico necesario 9
5.2.3) Características del medio de trabajo 9
5.2.4) Exigencias de la actividad 10
5.2.5) Factores individuales de riesgo 10
5.2.6) Instrucciones operativas 10
6.- ESCALERAS Y ANDAMIOS 16
6.1) ESCALERAS 16
6.2) ANDAMIOS 17

7.- LOCALES Y ZONAS DE TRABAJO 17
7.1) GENERALES 17
7.2) PARA TRABAJOS ELÉCTRICOS 18
8.- PELIGRO INCENDIOS 19
9.- APARATOS DE SOLDADURA Y CORTE 20
10.- MANEJO DE LOS GASES Y AIRE COMPRIMIDO 21
11.- SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS 23
11.1) OPERACIONES PREVIAS AL TRABAJO 23
11.2) INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN 23
11.2.1) Prescripciones generales 23
11.2.2) Aparatos de corte 24
11.2.3) Transformadores 24
11.3) TRABAJOS EN LAS PROXIMIDADES DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN EN SERVICIO 25
11.4.) REPOSICIÓN DEL SERVICIO 25
11.5) TRABAJOS EN REDES SUBTERRÁNEAS 26
11.6) PUESTAS A TIERRA TEMPORALES 27
12.- MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS 27
12.1) BOTIQUINES 27
12.2) ASISTENCIA A ACCIDENTADOS 27
12.3) RECONOCIMIENTO MÉDICO 28
13.- FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL 28
14.- VALORACIÓN ECONÓMICA SEGURIDAD Y SALUD 29

1. INTRODUCCIÓN

1.1) Objetivos generales del estudio de seguridad e higiene en el trabajo

Este estudio tiene por objeto definir y desarrollar las líneas de actuación en seguridad e higiene del trabajo efectuado por todas las empresas y trabajadores que intervengan a lo largo del desarrollo de la presente obra, cualquiera que sea su carácter o participación, estableciendo consecuentemente las medidas oportunas para la vigilancia de su funcionamiento y control de los resultados.

Este estudio pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Atender a las necesidades de los trabajadores en orden a la protección de su integridad física durante la ejecución de los trabajos.

- Organizar conjunta, homogénea y racionalmente todas las actividades preventivas de tal forma que la acción resulte técnicamente idónea y económicamente rentable, tanto para las empresas participantes como para la propiedad.

- Cumplir las disposiciones legales vigentes relativas a la seguridad e higiene en el trabajo, procurando la mayor eficacia en la aplicación de las diferentes medidas preceptivas. En el presente documento se exponen las prescripciones de seguridad para la realización de los trabajos propios de una empresa eléctrica y que están de acuerdo con las medidas de seguridad establecidas en la vigente Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.). Las prescripciones de la citada ordenanza son generales, es decir, válidas para todo tipo de trabajos, dedicándose los artículos 51 a 70 exclusivamente a medidas de seguridad contra los riesgos eléctricos, prestándose en este documento una mayor atención a lo referido a los citados riesgos.

1.2) Consulta y participación de los trabajadores 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. Los Delegados de Prevención serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas a

que se refiere el artículo 34 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, con arreglo a la siguiente escala:

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.

- 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 4000 en adelante 8 Delegados de Prevención.

En todo caso, la designación de Delegados de Prevención será siempre facultativa de los propios trabajadores, nunca podrá ser una imposición.

Las competencias de los Delegados de Prevención son:

a) Colaborar con la dirección de la empresa en la mejora de la acción preventiva.

b) Promover y fomentar la cooperación de los trabajadores en la ejecución de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

c) Ser consultados por el empresario, con carácter previo a su ejecución.

d) Ejercer una labor de vigilancia y control sobre el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

2. CARACTERÍTICAS GENERALES

2.1) Descripción de la obra

El estudio de este proyecto tiene como objeto la construcción de una línea aérea de alta tensión de 55 kV, con el fin de conectar la subestación de Ramales de la Victoria y una futura subestación situada en Alisas perteneciente al término municipal de Arredondo.

La construcción de esta línea constará de tres fases:

1º. Se realizarán las cimentaciones necesarias.

2º. Se procederá al armado e izado de los apoyos.

3º. Se concluirá la obre con el tendido de los conductores y cables de tierra.

2.2) Riesgos de los trabajos

Atendiendo a las características de los trabajos a realizar para la ejecución de las obras diseñadas en el presente proyecto se determina la existencia de los siguientes riesgos:

- Riesgos producidos por agentes atmosféricos adversos.

- Riesgo por tráfico de vehículos.

- Riesgos por trabajos de altura.

- Riesgos en excavaciones.

- Riesgos eléctricos de media tensión.

- Riesgos de manutención mecánica.

3. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

3.1) Equipamiento general

Se tiene en cuenta las siguientes prescripciones en lo referido al equipamiento general de protección personal:

- Se utiliza el equipo de seguridad que la empresa ponga a disposición del operario.

- El casco de seguridad se utiliza en todos los trabajos en que exista riesgo de lesiones la cabeza y de forma general en los trabajos a distinto nivel del suelo o cuando existan trabajos a nivel superior.

- Se emplean gafas de protección cuando se produzca cualquier condición peligrosa para los ojos como proyección de partículas sólidas o líquidas, deslumbramiento, etc.

- Se utilizan mascarillas, caretas, filtros o equipos respiratorios en los trabajos que exista riesgo de aspirar sustancias o materiales nocivos.

- Se utilizan guantes en todos los trabajos que puedan producir lesiones en las manos. Para B.T. y maniobras en A.T. se recomienda usar guantes especiales.

- En los trabajos con riesgo de producirse lesiones en los pies se emplean botas o zapatos de seguridad.

- Las ropas de trabajo deben de ajustarse bien, no debiendo de poseer partes rotas o sueltas.

- El operario debe mantener su equipo en perfecto estado, comunicando cualquier deficiencia y cambiarlo cuando este deteriorado.

3.2) Equipamiento para trabajos eléctricos

Para la selección del equipo individual apropiado, es necesario el estudio de las operaciones que se van a realizar. De manera general la elección depende de:

- Los riesgos posibles.

- Las condiciones de trabajo.

- La parte del cuerpo a proteger.

Por otro lado se tiene en cuenta que el equipo debe de proteger, pero también evitar condiciones de trabajo incomodas o desagradables, teniendo en cuenta además:

- Por razones de higiene, el equipo debe ser personal.

- Se debe dar a los trabajadores normas para su utilización.

A continuación se exponen los componentes del equipo de protección personal para electricistas:

Casco protector

Para la protección de la cabeza se emplean cascos protectores ligeros, debiendo ser garantía contra un riesgos determinado y adaptarse perfectamente a la cabeza pero permitiendo la circulación del aire para la ventilación de la cabeza. El casco protector está prescrito en la O.G.S.H.T. en los artículos 68 y 143, y para los electricistas debe ser un casco de material aislante para evitar los posibles contactos con partes bajo tensión.

Guantes protectores

Los guantes protectores están prescritos en los artículos 63, 67 y 149 de la O.G.S.H.T. y para los electricistas se emplean sobre todo guantes de cinco dedos prolongados con manoplas, más o menos largas, que protegen el antebrazo. El material es principalmente, de caucho con tramado interior de algodón para B.T. y de caucho puro para A.T., debiéndose emplear siempre asociados con uno o varios elementos de protección.

Calzado protector

El calzado protector será de material aislante y para evitar perforaciones a causa de objetos punzantes dispondrá de plantillas imperforables en el interior constituidas por chapa de acero inoxidable e imperforable recubierta por dos capas de yute trenzado, inamovible e higiénico. Es inadecuado su uso como único aislamiento eléctrico por lo que su uso estará asociado a otro u otros elementos de protección.

Taburetes y alfombras aislantes

Los taburetes aislantes están prescritos en la O.G.S.H.T. tanto para A.T. (art.63) como para B.T. (art. 67). De forma general están formados por una plataforma de 60 x 60 cm de madera, con patas inclinadas para evitar el vuelco y provistas de campanas para evitar, en caso de lluvia, la formación de una película continúa de agua.

Las alfombrillas aislantes tienen idéntica misión y están constituidas por una capa de 3 mm de caucho de alto poder dieléctrico.

4. HERRAMIENTAS MANUALES

4.1) Prescripciones generales sobre el uso de herramientas

En la O.G.S.H.T. se exponen una serie de prescripciones para el adecuado empleo y manejo de las herramientas manuales las cuales se resumen a continuación:

- Se usan para fines específicos, debiendo ser inspeccionadas periódicamente.
- Las defectuosas se retiran del uso.
- Los mangos adaptables a las mismas están firmemente sujetos.
- Para los trabajos eléctricos se emplean herramientas aisladas.

- No se depositan sobre las maquinas, excepto en lugres destinados para ello no durante la revisión de las mismas.

- No se llevan en los bolsillos salvo que estos estén adaptados para ellos o que la herramienta este prevista para llevarla en el mismo.

- Las brocas, cinceles, barrenas, etc., se deben mantener afilados y las herramientas de percusión sin rebabas.

- Las cortantes o punzantes se deben dejar en lugares que no den lugar a accidentes o bien se dispondrá de fundas para filos y puntas.

- No se deben emplear limas sin mango, debiendo conservarse limpias, secas y separadas de las demás herramientas.

- Las llaves deben ser del tamaño adecuado al trabajo que se realice, recomendándose el uso de llaves fijas.

- No se deben golpear ni se deben emplear tubos de acoplamiento sobre el mango de las llaves salvo si estas han sido previstas para ello.

- En alturas se deben pasar por una cuerda o bolsa portaherramientas.

- No se deben golpear superficies con martillos del mismo material sino que deben ser de un metal más blando o cuero.

- En atmósfera donde existan gases inflamables, líquidos altamente volátiles o sustancias explosivas las herramientas que se deben utilizar serán de material antichispas.

4.2) Para trabajos eléctricos

Como se ha especificado en el apartado anterior, para los trabajos eléctricos se emplean herramientas manuales aisladas, estando prescritas por la O.G.S.H.T.

5. MANIPULACIÓN DE MATERIALES Y TRANSPORTE

5.1) Manipulación de cargas mediante maquinas

A la hora de utilizar maquinas de elevación con el fin de mover o desplazar cualquier material se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Será de obligado cumplimiento la normativa legal de Seguridad vigente, además

de las Instrucciones Específicas de Seguridad de la Empresa.

- Previamente al izado de cargas el operador deberá:

- Tensar los cables una vez enganchada la carga.

- Elevar ligeramente, para permitir que la carga adquiera su posición de equilibrio.

- Asegúrese de que los cables no patinan y de que los ramales están tendidos por igual.

- Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada deposítese sobre el suelo y vuélvase a amarrar bien. Sí el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, no insistir en ello.

- La carga puede engancharse en algún posible obstáculo, y es necesario desengancharla antes.

- No sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden cogidas entre la carga y los cables.

- El movimiento de izado debe realizarse solo y evitando todo balanceo de la carga al despegarse del suelo y sin efectuar tiros sesgados de la misma.

- Para el desplazamiento de la carga deberán tenerse presentes las siguientes recomendaciones:

- Debe realizarse el desplazamiento cuando la carga se encuentre lo bastante alta para no encontrar obstáculos.

- Si el recorrido es bastante grande, debe realizarse el transporte a poca altura y a marcha moderada.

- Debe procederse al desplazamiento de la carga teniendo ante la vista al operador del aparato de izar.

- En planta estará acotada al paso la zona situada en la vertical de la carga.

- Para la colocación de las cargas se tendrá presente:

- No dejarlas suspendidas encima de un paso.

- No ordenar el descenso sino cuando la carga ha quedado inmovilizado.

- No balancear las cargas para depositarlas más lejos.

- Procúrese no depositar las cargas en pasillos de circulación.

- Deposítese la carga sobre calzos.

- Deposítese las cargas en lugares sólidos y evítese las tapas de bocas subterráneas o de alcantarillas.

- No aprisionar los cables al depositar la carga.

- Comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.

- Realizadas las maniobras se volverán a colocar las eslingas en sus soportes y si se dejan en el gancho de la grúa, reunirla en varios tramos y elevar el gancho lo más alto posible.

- El operador o responsable del estrobo, si aprecian cualquier anomalía en los aparatos de izar y medios auxiliares conexos, interrumpirán la operación depositando la carga en lugar estable y poniendo al corriente de la anomalía al mando directo.

5.2) Manipulación de cargas manuales

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particular dorsolumbares, para los trabajadores.

5.2.1) Características de la carga

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

- Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.

- Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.

- Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.

- Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.

- Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

5.2.2) Esfuerzo físico necesario

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

- Cuando es demasiado importante.

- Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.

- Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.

- Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.

- Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

5.2.3) Características del medio de trabajo

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorsolumbar en los casos siguientes:

- Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.

- Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.

- Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.

- Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.

- Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.

- Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.

- Cuando la iluminación no sea adecuada.

- Cuando exista exposición a vibraciones.

5.2.4) Exigencias de la actividad

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorsolumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

- Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.

- Período insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.

- Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

- Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

5.2.5) Factores individuales de riesgo

Constituyen factores individuales de riesgo:

- La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.

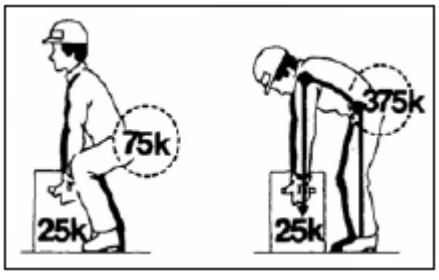
- La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.

- La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.

- La existencia previa de patología dorsolumbar.

5.2.6) Instrucciones operativas

Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del hombre debe estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.



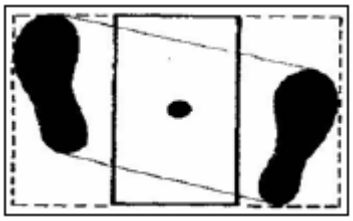
El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:

- Enmarcando la carga

- Ligeramente separados

- Ligeramente adelantado uno respecto del otro.

Para levantar una carga, el centro de gravedad del operario debe situarse siempre dentro del polígono de sustentación.



Técnica segura del levantamiento:

- Sitúe el peso cerca del cuerpo.

- Mantenga la espalda plana.

- No doble la espalda mientras levanta la caja

- Use los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.

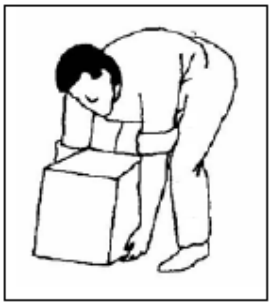
Asir mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para mejor sentir un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de asirlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.

Las cargas deben levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.

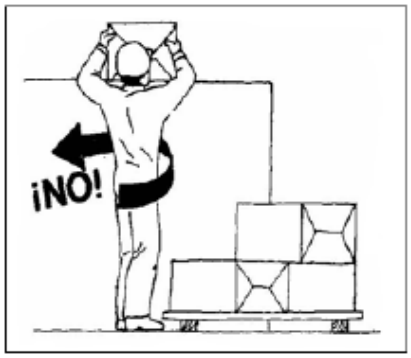
Para mantener la espalda recta se deben "meter" ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.

El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no

sea demasiado pesada.



La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones.

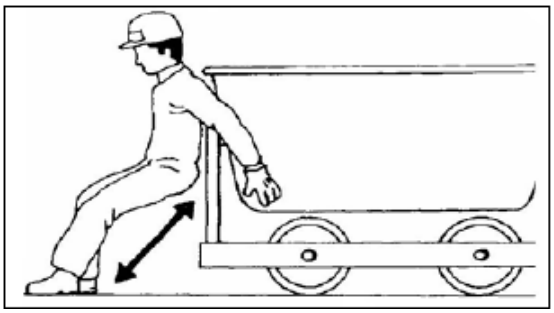


En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos.

O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.

Utilizaremos los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90º).

Los músculos de las piernas deben utilIzarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.

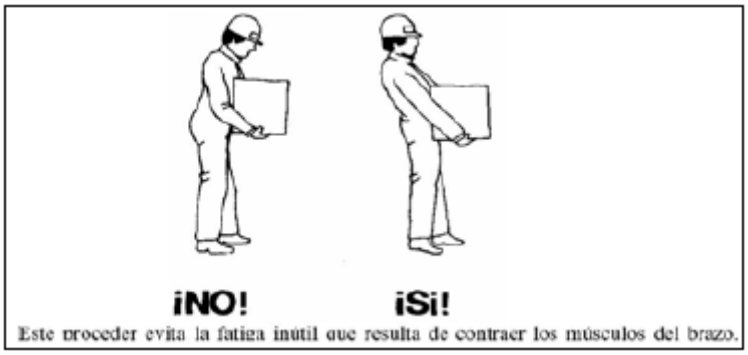


En la medida de lo posible, los brazos deben trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deben mantener suspendida la carga, pero no elevarla.

La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar natural.

En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.

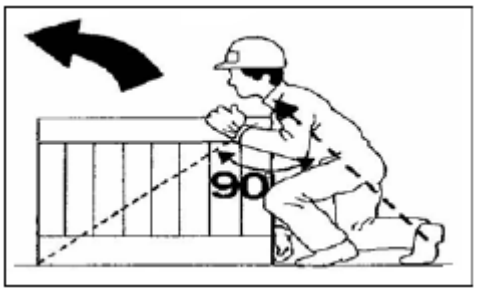
Para transportar una carga, ésta debe mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionado.



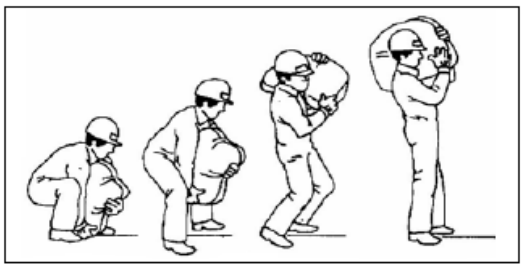
Este proceder evita la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.

La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de manutención manual permite reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.

Para levantar una caja grande del suelo, el empuje debe aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.



Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deben encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.



Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deben excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los porteadores puede lesionar a varios.

Debe designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá a tender a:

- La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de porteadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.

- La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.

- La explicación a los porteadores de los detalles de la operación (ademanes a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)

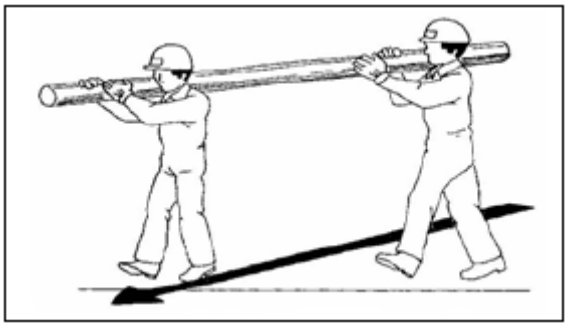
- La situación de los porteadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).

El transporte se debe efectuar:

- Estando el porteador de detrás ligeramente desplazado del de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.

- A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.

- Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.



Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.

Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.

Nunca deben tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.

Conviene preparar la carga antes de cogerla.

Aspirar en el momento de iniciar el esfuerzo.

El suelo se mantendrá limpio para evitar cualquier resbalón.

Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.

Se utilizarán guantes y calzado para proteger las manos y pies de la caída de objetos.

En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

Cualquier malestar o dolor debe ser comunicado a efectos de la correspondiente intervención del servicio médico.

6. ESCALERAS Y ANDAMIOS

Para evitar los accidentes provocados por el empleo inadecuado de estos elementos se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

6.1) Escaleras

- Antes de su uso comprobará que esta en buen estado.

- No se deben utilizar escaleras empalmadas unas a otras salvo que estén preparadas para ello.

- Cuando se emplee una escalera en las proximidades de zonas con tensión, su manejo será vigilado directamente por el Jefe de Trabajo delimitándose la zona de trabajo e indicando la prohibición de desplazar la escalera.

- Cuando no se empleen se resguardarán del sol y la lluvia y no se deben dejar nunca en el suelo.

- No se deben emplear para otro fin que no sea el que han sido diseñadas.

- Cuando se trabaje sobre ellas se deben tomar las precauciones propias de trabajos en alturas.

- No se deben subir cargas de más de 300 kg sobre escaleras no reforzadas. Las de madera no se deben cargar con más de 100 kg.

- Para evitar que se resbale se deben inmovilizar por su parte superior o por su base.

- El pie de la escalera se sitúa como mínimo a ¼ de la longitud de la escalera respecto a la pared de apoyo. No se coloca delante de las puertas que abran hacia ellas a menos que se bloqueen estando abiertas o se cierren con llave.

- Deben sobrepasar por lo menos en un metro al lugar más alto a que deban subir quienes las utilicen.

- Para trabajar sobre ella, el extremo superior de la misma, debe queda a la altura de la cintura del operario cuando este se encuentre en su posición más elevada.

- Los peldaños se limpiar de toda materia deslizante.

- Se asciende y desciende con las manos libres y dando frente a la escalera.

No se emplean cajas, sillas, etc., en sustitución de las escaleras o como complemento de estas.

6.2) Andamios

- Se construyen de madera sólida, provistos de barandillas y rodapiés.

- Cuando se trabaje sobre un andamio o cualquier otro lugar elevado, a más de 3 metros de altura y que no posea una barandilla de más de 0,9 metros, el operario debe utilizar cinturón de seguridad.

- No se almacenan sobre el andamio más material que el necesario.

- Los tablones se clavan o atan de forma que sea imposible su deslizamiento o basculamiento.

- No se maniobran andamios colgantes ni se prepara o colocan andamios sobre el personal. A su vez no se permanece debajo de los andamios durante su preparación, montaje o cuando se realicen trabajos por operarios situados sobre ellos.

- Todos los andamios, plataformas de trabajo y pasarelas deben tener por lo menos dos tablones de ancho no debiendo el personal trabajar nunca sobre un solo tablón.

7. LOCALES Y ZONAS DE TRABAJO

7.1) Generales

Se deben cumplir las siguientes prescripciones de carácter general:

- Debe existir, siempre, orden y limpieza de carácter general.

- Se limpian lo antes posible los charcos de aceite o grasa.

- Al recoger vidrios rotos, virutas, objetos cortantes, etc. se hace con medios adecuados y las manos protegidas.

- Los desperdicios se depositan en los recipientes dispuestos para ello y no se vierten sobre ellos líquidos inflamables.

- Como líquido de limpieza se usan preferentemente detergentes y casos imprescindibles se limpia o desengrasa con gasolina o producto inflamable.

- Las zonas de paseo señalización como peligrosas, se deben mantener libres de obstáculos.

- Los huecos se protegen con cuerdas, barandillas, etc., de una altura mínima de 0,9 metros y deben estar iluminados de forma que se vean claramente las protecciones.

- Se acotan y señalizan todos los lugares donde pueda existir peligro.

- No se almacenan materiales de forma que impidan el libre acceso a los extintores o salidas de emergencia.

- Las botellas que contengan gases se almacenan verticalmente asegurándolas contra las caídas y protegiéndolas de las variaciones notables de temperatura.

- Todas las zonas de trabajo y transito deben tener, durante el tiempo de uso, una iluminación natural o artificial apropiada.

- Se debe mantener una ventilación eficiente, natural o artificial en las zonas de trabajo y en especial en los lugares cerrados donde se producen gases o vapores tóxicos, explosivos o inflamables.

- Las escaleras y pasos elevados deben disponer de barandillas fijas de construcción sólida.

- Está terminantemente prohibido fumar en los locales de almacenamiento de materiales combustibles.

7.2) Para trabajos eléctricos

En la O.G.S.H.T. (artículos 62, 65 y 69) se especifica que en todos los trabajos que se realicen en instalaciones de A.T. o en sus proximidades, se delimita la zona de trabajo colocándose las correspondientes señales de seguridad. Para ello se utilizan los siguientes dispositivos:

- Cintas de delimitación.

- Barreras extensibles.

- Banderolas, estandartes y colgaduras.

Además, y según los artículos 52, 67 y 69, se señalizan permanentemente las zonas en las que el peligro se presenta de forma continua (electrocución, incendio, explosión, etc.).

En estos casos se distinguen entre las señales que expresan una prohibición tajante, señales con disco circular rojo y figura o leyenda en blanco con orla blanca, y las que se limitan a advertir del peligro, forma triangular con fondo amarillo y figura o leyenda en negro con orla negra.

8. PELIGRO INCENDIOS

Para prevenir los incendios se toman las siguientes precauciones:

- Está prohibido encender fuego a menos de 6 metros de distancia de materiales inflamables ni debajo de conductores eléctricos.

- Los líquidos inflamables se guardan en envases apropiadas con identificación de su contenido y se almacenan en lugares destinados al efecto.

- Se prohíbe encender fuego o fumar en todas las zonas de almacenamiento o empleo de líquidos o gases inflamables.

- Los extintores situados en los locales de trabajo se colocan convenientemente y deben estar libres de toda clase de obstáculos que impidan el acceso.

- Los aparatos contra incendios se deben inspeccionar periódicamente.

- Si se produjese un incendio se debe cortar inmediatamente la corriente en la zona en que se ha declarado.

- Todo el personal de la instalación debe estar familiarizado con el empleo de los sistemas de extinción de la misma.

- En caso de incendio eléctrico se debe mantener el extremo más cercano del extintor a una distancia de la instalación de:

  - 1 metro para instalaciones hasta 15 kV.

  - 2 metros para instalaciones entre 15 kV y 60 kV.

- 3 metros para el resto.

- En caso de incendio eléctrico el manejo del extintor se realiza con guantes aislantes.

- No se debe penetrar sin ventilación previa en un lugar cerrado en el cual ha funcionado una instalación de protección de CO2.

- En caso de usar extintores de tetracloruro de carbono o de bromuro de metilo, u otros gases tóxicos no se debe permanecer largo tiempo, al menos que se usen caretas adecuadas, y una vez sofocado el fuego se ventile el local inmediatamente.

- Se prohíbe el uso de extintores de espuma química, soda-ácido o agua (excepto si esta está pulverizada y se emplea de acuerdo con las recomendaciones pertinentes) en incendios que afectan a instalaciones eléctricas con tensión, debiéndose emplear los polvos secos y bióxido de carbono, tetracloruro de carbono o bromuro de metilo o cualquier otro sistema equivalente.

- Como final, indicar que el éxito en la extinción de un fuego dependerá principalmente de la rapidez con que se acuda a sofocarlo.

9. APARATOS DE SOLDADURA Y CORTE

La negligencia o el descuido en el manejo de estos aparatos puede provocar graves accidentes laborales por lo que, para evitarlos, se deben tener en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte en locales que contengan material combustible o en lugares donde exista riesgo de explosión.

- Los puestos de trabajo de soldadura y corte donde trabajen otras personas deben de tener resguardos de pantallas opacas.

- Se prohíbe realizar trabajos de soldadura o corte en recipientes que hayan contenido sustancias inflamables o explosivas sin haberlos limpiado correctamente y ventilado interiormente. Para su limpieza se empleará vapor de agua.

- Cuando se realicen trabajos de soldadura o corte se deben emplear los equipos de protección consistentes en:

- Guantes de cuero. - Gafas.
- Delantal de cuero. - Pantalla.
- Calzado apropiado. - Polainas.

- Si el soldador trabaja con ayudante este debe usar las mismas protecciones.

- Cuando se trabaje e espacios reducidos se debe procurar una buena ventilación.

- Si el trabajo se realiza en posiciones elevadas se toman precauciones para que las chispas o metal caliente no caigan sobre personas o material inflamable.

- En los trabajos en locales húmedos o mojados o en el interior de recintos metálicos y cuando se empleen grupos de soldadura de una tensión en vacío superior a 24 V se aislará el puesto de trabajo.

- Siempre que el soldador abandone el tajo de soldadura debe desconectarse el grupo de soldadura.

- Cuando se cambien los electrodos se mantienen aislados del suelo o de objetos metálicos próximos.

- Si es necesario pasar los electrodos por un espacio reducido se abre anteriormente el interruptor principal.

- Al soldar en tubos o calderas, la máquina de soldar se situará fuera de ellos.

No se conectan los cables de masa a elementos extraños a la obra en ejecución.

- No habrá menos de un metro de distancia del punto de soldadura a trapos, papeles, aceites o sustancias combustibles.

- Se prohíbe totalmente soldar a menos de 6 metros de distancia de líquidos inflamables y sustancias explosivas.

10. MANEJO DE LOS GASES Y AIRE COMPRIMIDO

Para evitar accidentes laborales por causa de una manipulación inadecuada de estos elementos se siguen las siguientes prescripciones:

- Las válvulas de la botella y la reductora de presión de las botellas de oxigeno se mantienen limpias de grasa o aceite.

- Las botellas se protegen convenientemente contra las variaciones excesivas de temperatura y los rayos directos del sol. También se protegen contra la humedad la válvula de la botella.

- Se aíslan las botellas de oxigeno de las de acetileno y las de hidrógeno.

- No se descongelan las válvulas con una llama, se realiza con vapor o agua caliente.

- No colocarse nunca frente a las válvulas sino a un lado de la botella.

- Las botellas de gases combustibles o comburentes se aíslan de cualquier contacto eléctrico.

- Antes de transportar cualquier botella se asegura que la válvula está cerrada.

- No se levantan las botellas cogiéndolas por las válvulas.

- Para transportar las botellas se emplean aparatos adecuados.

- No se emplean las botellas de oxigeno o acetileno para colgar el soplete.

- En el soplado de piezas con aire comprimido, el operario utiliza gafas de protección.

- En el almacenamiento de botellas de gases comprimidos se toman las siguientes precauciones:

- Se emplazan en locales donde el riesgo de incendio sea mínimo.

- Se colocan convenientemente para evitar que vuelquen o rueden.

- No se emplean llama desnuda en los locales donde estén almacenadas botellas de acetileno.

- No se almacenan las botellas llenas junto con las vacías.

- Se prohíbe trabajo en todos los locales.

- No se realiza trabajo alguno en aparatos, tuberías o elementos que contengan aire a presión.

- En las uniones y conexiones de las mangueras flexibles de aire es obligatorio el empleo de racores de abrazaderas.

- No se dirige la manguera de aire comprimido hacia si mismo o hacia otra persona.

- Las válvulas de seguridad y los separadores de aceite se deben limpiar frecuentemente.

11. SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS

11.1) Operaciones previas al trabajo

Solamente se inicia un trabajo en una instalación eléctrica cuando se hayan realizado todas las operaciones que se citan a continuación:

- Desconectar, con corte visible, todas las posibles fuentes de tensión.

- Enclavar o bloquear, si es posible, los aparatos de tensión.

- Hacer constar al jefe de trabajo tal situación, el cual se hará cargo de la misma.

- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.

- Reconocer o comprobar la ausencia de tensión en el lugar de trabajo poner a tierra y en cortocircuito el propio lugar de trabajo.

- Colocar la señalización de seguridad adecuada en la zona de trabajo.

11.2) Instalaciones de alta tensión

11.2.1) Prescripciones generales

Para las instalaciones de A.T., tensiones nominales iguales o superiores a 1 kV, se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- Cada brigada dispondrá del material de seguridad correspondiente y un botiquín de urgencia para prestar los primeros auxilios en caso de accidente.

- Todo trabajo irá precedido de una solicitud de autorización para trabajar en las instalaciones en la que constará la identidad del solicitante.

- Antes de comenzar los trabajos se deben seguir las incidencias dadas en el apartado 11.1.

- Solamente se considera corte admisible el corte visible. Por otro lado, el corte con interruptor, no se admite nada más que cuando sean visibles las piezas de

contacto y se tengan garantías de la imposibilidad de su cierre intempestivo. En el caso de los seccionadores, se asegurará que todas las cuchillas queden bien abiertas.

- Se prohíbe retirar los enrejados de protección de las celdas antes de dejarla sin tensión o dar tensión sin antes situar los enrejados de protección.

- Se prohíbe almacenar materiales en o junto las instalaciones permitiéndose solamente tener piezas de repuesto cuyas dimensiones no den origen a contactos peligrosos.

11.2.2) Aparatos de corte

En lo referente a seccionadores e interruptores, se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- Antes de abrir o cerrar un seccionador habrá que asegurarse de que posee la suficiente capacidad de corte.

- Para el aislamiento del personal en las operaciones de maniobra, los elementos de protección más usuales son:

- Pértiga aislante.

- Guantes aislantes.

- Taburete o alfombra aislante

- Se utilizará, en todos los casos, dos de las protecciones señaladas anteriormente, siendo recomendable el empleo de las tres.

- Si su funcionamiento fuera por mando no manual se toman todas las precauciones para que bajo ninguna circunstancia se ponga en funcionamiento intempestivo.

- En todos los casos se colocará un letrero sobre el mando con una inscripción tal como "NO CONECTAR", "TRABAJOS", etc., que debe quedar bien visible.

11.2.3) Transformadores

Para el caso de los transformadores se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- La maniobra normal para dejar sin servicio un transformador es abrir la salida de B.T. y a continuación abrir el aparato de corte en la parte de A.T.

- Para poner en servicio un transformador se comenzará por cerrar el aparato de corte de A.T. un transformador A.T./B.T., desconectado de la A.T., es peligroso si existe la posibilidad de que reciba corriente por la B.T., observación igualmente válida para transformadores de tensión.

- El circuito secundario de un transformador de intensidad debe estar siempre cerrado.

- Es peligroso acercar llamas a las proximidades de los transformadores en aceite debido al riesgo de incendio.

- Cuando se realicen trabajos de manipulación de aceites, se tendrán a mano los elementos adecuados para extinción de incendios.

11.3) Trabajos en las proximidades de instalaciones de alta tensión en servicio

En el caso de necesidad de realizar el trabajo en las proximidades de conductores o aparatos de A.T. no protegidos, estos se realizaran bajo las siguientes condiciones:

- Se atenderán las instrucciones que para cada caso particular dé el Jefe de Trabajo.

- El trabajo se realizará bajo la vigilancia del Jefe de Trabajo o persona responsable por el nombrada, que se ocupará de que se mantengan las medidas de seguridad necesarias.

- Si a pesar de las medidas de seguridad tomadas, el peligro no desapareciera, se tramitará una autorización de desconexión y se seguirán las indicaciones dadas en el apartado 11.1.

11.4.) Reposición del servicio

El servicio de una instalación se restablecerá cuando se tenga la seguridad de que no queda nadie trabajando en dicha instalación.

Las operaciones para la puesta en servicio se hacen en el siguiente orden:

- En el lugar de trabajo se retirarán las puestas a tierra y el material de protección y el Jefe de Trabajo, tras un último reconocimiento, avisará que el mismo ha terminado.

- En el origen de la alimentación, una vez recibida la comunicación de que se ha terminado el trabajo, se retirarán las puestas a tierra, el material de señalización y se desbloquearán los aparatos de corte y maniobra, con lo que quedará todo dispuesto para reponer el servicio.

11.5) Trabajos en redes subterráneas

En todos los trabajos que se realicen en redes subterráneas, se deben cumplir las especificaciones dadas en los apartados anteriores y además se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones especiales:

- Antes de iniciar cualquier trabajo en un cable subterráneo, se procederá a ponerlo en cortocircuito y a tierra en los terminales más próximos.

- Antes de realizar un corte en un cable subterráneo, se identificara y se comprobará la ausencia de tensión mediante aparatos adecuados.

- Las excavaciones y zanjas de alguna profundidad deben presentar un talud suficiente, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno. Si no se cumple esto, se entibarán convenientemente sus paredes.

- Para realizar excavaciones por debajo o en las proximidades de construcciones existentes, carreteras o caminos y vías férreas, deberán apuntalarse adecuadamente.

- Cuando las zanjas se abran en aceras y zonas transitadas, se colocarán pasos para las personas, de suficiente amplitud y que no presenten riesgos de caída.

- En los trabajos de apertura de zanjas se dejarán, siempre que sea posible, un pasillo entre el borde de la zanja y el montón de tierra procedente de la misma.

- Para calentar o fundir materiales aislantes para el relleno de las cajas, terminales y empalmes, se usarán solamente recipientes destinados a tal fin y nunca más de 2/3 de su capacidad.

- No se añadirá nueva materia aislante sin antes aparatar el recipiente del fuego, añadiendo el aislante en trozos pequeños para evitar proyección.

- Para estos trabajos y para el manejo de los cables es obligatorio el uso de guantes adecuados.

11.6) Puestas a tierra temporales

Para poner a tierra una instalación se siguen las siguientes indicaciones:

- La instalación se realizará conectando primero los conductores de puesta a tierra a la toma de tierra y a continuación se conectarán, mediante pértigas especiales, a la instalación a proteger. Para quitar la tierra se procede a la inversa.

- Para que la puesta a tierra y en cortocircuito sea más efectiva, se realizará lo más cerca posible del lugar de trabajo y a ambas partes del mismo.

- Las tierras temporales tendrán un contacto eléctrico perfecto, tanto con las partes metálicas que se deseen poner a tierra como con el electrodo que constituye la toma de tierra.

- Si la puesta atierra se realiza por medio de seccionadores de puesta a tierra, se asegurará que las cuchillas de estos queden todas en posición de cerrado.

- Cuando se trabaje en la red general de tierras de una instalación, se suspenderá el trabajo durante el tiempo de tormentas, pruebas de líneas, etc.

- Antes de efectuar cortes en circuitos de tierra en servicio, se colocará una pasta conductora en el lugar de corte y la persona que realice este trabajo estará perfectamente aislada eléctricamente.

- Se vigilará que, durante los trabajos, el personal no entre en contacto simultaneo con dos circuitos de tierra que no estén unidos eléctricamente, ya que estos pueden estar a potenciales diferentes.

12. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

12.1) Botiquines

Se debe disponer de un botiquín conteniendo el material específico en la ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

12.2) Asistencia a accidentados

Se debe informar a la Obra del emplazamiento de los diferentes centros médicos a donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

12.3) Reconocimiento médico

Todo el personal que empiece a trabajar en la Obra debe pasar un reconocimiento médico previo al trabajo y será repetido en el periodo de un año.

13. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL

Todos los participantes en la obra, antes del comienzo de sus actividades, deberán haber recibido la formación de prevención de riesgos laborales necesaria para la correcta y segura realización de sus trabajos.

Respecto a la información, cada trabajador deberá recibir por parte del responsable de su empresa:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.

- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en este documento.

- Normas de utilización y control de maquinaria, equipos, y equipos de protección individual

- Las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores a adoptar en posibles situaciones de emergencia.

14. VALORACIÓN ECONÓMICA SEGURIDAD Y SALUD

A continuación se muestra una lista detallada del equipamiento y coste del mismo para garantizar la seguridad y salud en el trabajo:

Concepto	Total de Unidades	Precio Unidad (€)	Coste total (€)
Casco de protección	14	6	84
Gafas de protección	29	10	290
Mascarilla	345	0,86	296,7
Protector auditivo	14	11,5	161
Guantes de trabajo	172 p	8,75	1505
Botas de seguridad	14 p	45	630

Botas de agua	29 p	32	928
Ropa de trabajo	29	31,5	913,5
Traje de agua	29	41	1189
Cinta señalización	718 m	0,3	215,4
Arnés de seguridad	14	150	2100
Dispositivo anticaída cinturón	14	100	1400

Cuerda dispositivo anticaída	359 m	4,25	1525,75
Verificador de tensión	1	600	600
Equipo de PAT+Pértiga	1	458	458
Guante aislante para AT	2:00 PM	67	134
Extintor de 15 Kg de polvo	1	236	236
Botiquín de primeros auxilios	1	59	59

Camilla de evacuación	1	252	252
		Coste Total	**12977,35**

ANEXO V:

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

ANEXO V: IMPACTO MEDIOAMBUENTAL

Índice

Página

1.- OBTETIVO DEL PROYECTO Y LOCALIZACIÓN 1
2.- LEGISLACIÓN REGULADORA 1
3.- DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA Y SU ENTORNO 3
3.1) CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA 3
3.1.1) Flora 3
3.1.2) Fauna 5
3.2) VALORACIÓN AMBIENTAL 8
3.2.1) Vegetación 8
3.2.2) Fauna 9
3.2.3) Paisaje 10
4.- IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS 11
4.1) ACTIVIDADES IMPLICADAS EN EL DESARROLLO Y PUESTA EN SERVICIO DEL PROYECTO 11
4.1.1) Fase de construcción 11
4.1.2) Fase de explotación 13
4.2) VALORACIÓN DE IMPACTOS 13
4.2.1) Método de valoración 13
4.2.2) Medida de los impactos medioambientales 15
4.2.2.1) Impactos sobre la geología y geomorfología 16
4.2.2.2) Impactos sobre la edafología 16
4.2.2.3) Impactos sobre la hidrología 18
4.2.2.4) Impactos sobre el aire 19
4.2.2.5) Impactos sobre la vegetación 21
4.2.2.6) Impactos sobre la fauna 22

4.2.2.7) Impactos sobre el medio socioeconómico 27
4.2.2.8) Impactos sobre el paisaje 29
5.- MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS 31
5.1) MEDIDAS PROTECTORAS 31
5.1.1) Suelo 31
5.1.2) Agua 32
5.1.3) Aire 32
5.1.4) Vegetación 32
5.1.5) Fauna 33
5.1.6) Medio Socioeconómico 33
5.1.7) Patrimonio Histórico-Artístico 33
5.1.8) Paisaje 34
5.2) MEDIDAS CORRECTORAS 34
6.- PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 35
6.1) FASE DE CONSTRUCCIÓN 36
6.2) FASE DE FUNCIONAMIENTO 36

1. OBTETIVO DEL PROYECTO Y LOCALIZACIÓN

El objetivo del presente proyecto es la construcción de una línea aérea de alta tensión que conecte una futura subestación colectora de un parque eólico con la subestación situada en el término municipal de Ramales de la Victoria, con el fin de inyectar en la red de distribución la energía generada por el parque eólico.

Los términos municipales en los que se localiza el estudio son:

- Alto de Alisas (Arredondo): lugar en el que se emplazará el parque eólico y la futura subestación colectora.

- Término municipal de Ramales de la Victoria: emplazamiento de la subestación de distribución.

Los objetivos del presente Estudio de Impacto Medioambiental son los siguientes:

1) Disponer de datos que permitan introducir en las decisiones empresariales los efectos del desarrollo del presente proyecto en el medio natural y social, siempre difíciles de cuantificar y evaluar.

2) Presentar una información integrada sobre los impactos de nuestra actividad sobre el medio ambiente.

3) Integrar a los diversos organismos públicos y privados que tienen algún grado de responsabilidad sobre las decisiones que afectan al medio ambiente.

En definitiva, el principal objetivo de este estudio es el de indicar los elementos y características medioambientales susceptibles de ser afectados por la ejecución y puesta en servicio del presente proyecto, sobre los que se establecerán las recomendaciones de acciones correctoras, temporales o permanentes, y la definición de los criterios generales y específicos de restauración y recuperación de terrenos o de otros usos alternativos de rehabilitación.

2. LEGISLACIÓN REGULADORA

La primera Administración en intervenir en el tema fue la Comunidad Económica Europea, que en 1985 dictó la Directiva 85/377/CEE, de 27 de junio relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

Dicha Directiva se traspuso a derecho estatal español mediante el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, (B.O.E. 30-6-86). Esta norma es desarrollada por el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, (B.O.E. 5-10-88). En marzo de 1997 se aprueba una nueva Directiva, la 97/11/CE del Consejo, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE, (D.O.C.E. Nº L 73/5, de 14-III-1997), ampliándose considerablemente su ámbito de obligatoriedad.

Consecuentemente con la nueva Directiva, la legislación de carácter básico del Estado, ha sido modificada por el Real Decreto Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986 y posteriormente, y de momento por última vez, por la nueva Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.

Dicho Real Decreto Legislativo fue objeto de posteriores modificaciones. Así, fue modificado por el artículo 127 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social; por la Disposición Final Primera de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas sobre el medio ambiente y la Disposición Final Primera de la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

No obstante, el Real Decreto Legislativo 1302/1986, con todas las modificaciones que ha sufrido, ha sido derogado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

En el ámbito regional, Cantabria ejerció su derecho estatutario a dictar normas de desarrollo de la legislación básica del Estado en materia de protección del medio ambiente, aprobando el Decreto 50/1991 de Evaluación de Impacto Ambiental para Cantabria. En el mismo, se establecen unos anexos de proyectos o actuaciones que

deben tramitar un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, en sentido estricto si están en el anexo I (Declaración de Impacto Ambiental), o por un procedimiento simplificado y cualitativo si están en el anexo II (Estimación de Impacto Ambiental). El Decreto 50/1991, de 29 de abril, ha sido derogado por la Disposición Derogatoria Única de la Ley de Cantabria 17/2006, de 11 de diciembre, de Control Ambiental Integrado. Dicha Ley ha establecido un único trámite ambiental para la evaluación de impacto ambiental de proyectos: la Declaración de Impacto Ambiental.

3. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA Y SU ENTORNO

3.1) Características de la zona

El tendido de la línea eléctrica se extiende entre el Puerto de Alisas (Arredondo) y el término municipal de Ramales de la Victoria.

Desde el punto de vista medioambiental la zona del proyecto, así como sus aledaños, se caracterizan por ser una zona mixta entre formaciones arbustivas y arbóreas de árboles autóctonos y de replantación y zonas de uso ganadero y comunal como zonas de pasto del ganado.

A continuación se presenta la flora y fauna predominante en la zona de influencia del proyecto:

3.1.1) Flora

La vegetación de la zona en la que discurre realiza la línea aérea se compone principalmente por plantas características de praderas y pastizales, de monte bajo y por formaciones boscosas.

Con el fin de evitar las masas de arbolado de interés ambiental se procede a la realización de los pertinentes de cambios de dirección en el tendido de la línea. Con lo anterior se minimiza el daño ocasionado a la flora autóctona, afectándose únicamente en localizaciones puntuales y de manera reversible, evitando la necesidad de realizar talas o podas.

En lo referido a las características botánicas de la zona, predomina principalmente la vegetación de montaña y monte bajo así como masas de árboles autóctonos, masas arbóreas de repoblación y pastizales de montaña.

Las especies vegetales catalogadas en la zona de estudio son:

Tojo (***Genista hirsuta)***

Brezo (***Erica arbórea****)*

Brezo (***Calluna vulgaris****)*

Retama (***Retama sphaerocarpa***)

Enebro rastrero (***Juniperus communis)***

Zarza (***Rubus***)

Haya (***Fagus sylvatica)***

Roble albar (***Quercus pétrea)***

Pastizal montaña (***Helianthemum urrielense)***

Pino (***Pinus nigra)***

3.1.2) Fauna

En las zonas de pendientes suaves con praderas y pastos la fauna predominante son mamíferos de pequeño tamaño, principalmente roedores:

Ratas (***Rattus norvégicus***)

Ratones (***Mus musculus***)

Topo (***Talpa europea***)

En esta zona, beneficiándose de las ventajas para la caza en las zonas abiertas, existe una gran diversidad de rapaces:

Cernícalos (***Falco tinnunculus***)

Ratoneros (***Buteo buteo***)

Milanos (***Milvus milvus***)

Dentro de las aves de pequeño y mediano tamaño que se pueden encontrar destacan:

Gorriones (***Passer domesticus***)

Carboneros (***Parus major***)

Urracas (***Pica pica***)

Cornejas (***Corvus corone***)

Los grandes mamíferos se localizan en zonas donde la vegetación es de mayor envergadura, como los bosques de robles y las repoblaciones de pino.

Zorro común (***Vukpes vulpes)***

Jabalí (***Sus scrofa)***

Liebre de piornal (***lepus castroviejoi***)

3.2) Valoración ambiental

A continuación se evalúa la calidad del medio natural en el que se va a desarrollar el proyecto considerando la vegetación y fauna presentes en la misma.

3.2.1) Vegetación

Para valorar la vegetación se realiza la siguiente clasificación y evaluación del entorno:

1) *Especies protegidas*: presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.

2) *Especies singulares*: especies que presentan peculiaridades o características que les confieren un grado de diferenciación y singularidad que es necesario conservar.

3) *Vegetación natural*: Presencia de formaciones vegetales desarrolladas ecológicamente, presentando un alto grado de madurez y diversidad.

4) *Pastos y cultivos*: presencia de especies vegetales características de estos sistemas, sometidas a la explotación humana y en general con una rotación temporal y espacial a lo largo del año.

5) *Ruderales*: especies presentes en bordes de caminos, escombreras y zonas degradadas. No exigentes ecológicamente y con una facilidad para colonizar distintos nichos ecológicos.

TIPOS DE VEGETACIÓN	
Especies protegidas	Ausentes
Especies singulares	Presentes
Vegetación natural	Presentes
Pastos y cultivos	Presentes
Ruderales	Presentes

La superficie por la que discurre la línea tiene por tanto un grado de conservación medio-alto.

3.2.2) Fauna

De igual modo se evalúa el entorno en base a la fauna que alberga y según la siguiente clasificación:

1) *Especies protegidas*: Presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat; recogidas en la legislación estatal o autonómica.

2) *Especies singulares o características de un hábitat*: Presencia de especies faunísticas que componen una estructura trófica y ecológica característica de un ecosistema o nicho ecológico maduro.

3) *Especies generalistas no representativas de un hábitat*: Especies faunísticas que se encuentran repartidas en distintos nichos ecológicos a los que se adapta con facilidad, con una distribución más o menos extensa.

4) *Especies de interés económico*: Especies introducidas por el hombre que ven favorecida su pervivencia por intervenciones directas sobre ellas o el hábitat. En general presentan un valor económico o estético.

FAUNA	
Especies protegidas	Ausentes
Especies singulares	Presentes
Especies generalistas	Presentes
Especies de interés económico	Presentes

En base al análisis anterior se concluye que la calidad de la fauna de la zona del proyecto es Media.

3.2.3) Paisaje

Para evaluar la calidad del paisaje presente en la zona de estudio se analiza en función de los siguientes criterios:

1) *Naturalidad*: Grado de transformación y alteración paisajística generada por la acción del hombre.

2) *Singularidad*: Presencia de elementos tanto bióticos como abióticos que confieren al paisaje una característica peculiar que lo revaloriza.

3) *Fragilidad*: Capacidad de un paisaje para absorber la alteración generada por el proyecto, que depende principalmente de la estructura, topología y grado de alteración del paisaje de partida.

PAISAJE	
Naturalidad	Grado de alteración medio
Singularidad	No existen elementos singulares
Fragilidad	Capacidad de absorción media

Se concluye que la calidad del paisaje es Media, sin afección a medios singulares y con capacidad para asumir las modificaciones ocasionadas por la ejecución del proyecto.

4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

4.1) Actividades implicadas en el desarrollo y puesta en servicio del proyecto.

A continuación se analizan todos los efectos que pueden provocar perturbaciones ambientales, tanto durante la fase de construcción del proyecto como durante la fase de explotación del mismo.

4.1.1) Fase de construcción

En la fase de construcción es posible diferenciar las siguientes actividades:

- *Construcción de pistas y accesos*

Para la realización del presente proyecto no es necesaria la construcción de accesos, debido a que en el diseño se consideraron y aprovecharon las pistas y carreteras existentes con el fin de optimizar los recursos existentes.

- Desbroce y despeje de la base del apoyo

Esta tarea cosiste en la eliminación mediante podas o métodos similares de la vegetación arbustiva que ocupe el lugar a ocupar por la base de los distintos apoyos que componen la línea. Analizando la flora del entorno en el que se emplazarán los apoyos constituyentes de la línea aérea se determina una escasa necesidad de desbroce y despeje, salvo en apoyos concretos.

- *Excavación de la base*

Es la completa eliminación de la cubierta vegetal de la futura base del apoyo y la excavación del lugar en el que irá cimentado. Esto genera escombros de piedras y tierra que deben ser depositados en vertederos controlados. Realizado un análisis de las características del terreno se determina una leve generación de escombros.

- *Acopio de materiales*

Transporte de componentes y materiales necesarios para la construcción de la línea hasta los lugares en los que se ubicarán los apoyos. Como se indicó anteriormente los apoyos se localizan en puntos de fácil acceso que no requieren modificaciones.

- *Hormigonado*

Para realizar el hormigonado de los distintos apoyos se emplearán camiones cuba, minimizando con ellos la existencia de fugas. En el caso de producirse algún vertido no deseado de hormigón se procederá a retirarlas a un vertedero controlado.

- *Armado e izado de los apoyos*

Se procederá al izado de los apoyos y sus correspondientes armados mediante grúas o plumas en los puntos donde se encuentren sus bases previamente hormigonadas. El impacto ambiental que este proceso conlleva es muy reducido.

- *Franja de seguridad*

Consiste en una limpieza mediante podas y talas de vegetación arbórea y arbustiva a lo largo de la línea aérea de alta tensión para garantizar unas distancias de seguridad mínimas exigidas en el RLAT. En el trazado de la línea del presente proyecto se ha tratado de evitar en lo posible el transcurso a través de las masas arbóreas presentes en la zona, garantizando de este modo minimizar un proceso que genera un importante impacto ambiental.

- *Tendido de la línea*

Consiste en la instalación y tendido del cable conductor. Esta fase se realiza con la maquinaria y mecanismos adecuados como cabrestantes, tambores de freno y el uso de un cable de acero que sirve de guía. Estos trabajos no afectarán significativamente a la vegetación de la zona ni provocan grandes impactos ambientales.

- *Ruidos*

Algunos de los procesos anteriormente señalados requieren del uso de maquinaría, compresores, martillos neumáticos, etc., que implican una inevitable generación de ruido. No obstante, estos trabajos se efectúan de manera puntual y con una generación de ruido que no altera significativamente los valores acústicos del entorno.

4.1.2) Fase de explotación

A continuación se describen las diversas implicaciones sobre el medioambiente que la línea eléctrica constituye durante su uso, una vez se ha terminado la fase de construcción.

- *Intrusión en el paisaje*

La presencia de la línea eléctrica en el paisaje genera una inevitable distorsión en el mismo. No obstante, para el diseño de la misma se han contemplado los diversos emplazamientos posibles y seleccionado aquel que logra minimizar este efecto.

- *Ruidos*

El ruido que genera el transporte de corriente eléctrica para este tipo de líneas es de muy baja intensidad y se produce de manera puntuales, no contribuyendo a un aumento significativo de los valores acústicos del entorno.

- *Riesgo de incendio*

La línea eléctrica dispone de un sistema de tierras diseñado para minimizar el riesgo de incendios que pueda provocar una descarga eléctrica.

- *Colisiones y electrocuciones de aves*

La electrocución y la colisión en las estructuras de conducción eléctrica de la avifauna es una de las principales causas de mortalidad no natural. Por tanto, para el diseño de la línea eléctrica se consideran las medidas de seguridad impuestas por el reglamento en lo referente a este aspecto.

4.2) Valoración de impactos

4.2.1) Método de valoración

Con objeto de valorar las acciones del proyecto sobre la calidad ambiental de la zona en la que se va a desarrollar se empleará una matriz de impactos que nos permitirá indicar de manera cualitativa dichas acciones.

La valoración de los impactos se establece según la siguiente clasificación:

- *Signo:* El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

- *NULO (...):* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones no es relevante o su afección es inapreciable en el medio ambiente.

- *Impacto NO SIGNIFICATIVO:* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es bajo no alterando de manera significativa en el medio ambiente.

- *Impacto COMAPTIBLE:* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es compatible, es decir, sus acciones no alteran de manera significativa en el medio ambiente, son asumibles por este.

- *Impacto MODERADO:* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones producen una alteración moderada sobre el medio ambiente.

- *Impacto SEVERO:* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones genera una alteración importante sobre el medio ambiente.

- *Impacto CRÍTICO:* El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es irrecuperable, alterando gravemente el medio ambiente.

Los impactos Severos y Críticos son susceptibles de reducir su intensidad mediante la aplicación de medidas correctoras que disminuyan o neutralicen la magnitud del impacto causado sobre los distintos factores ambientales.

4.2.2) Medida de los impactos medioambientales

En la tabla siguiente se resumen los distintos efectos generados por el Proyecto en fase de construcción y funcionamiento.

	FASE DE CONSTRUCCIÓN	**FASE DE FUNCIONAMIENTO**
GEOLOGÍA/GEOMORFOLOGÍA	C	…
EDAFOLOGÍA	C	NS
HIDROLOGÍA	C	NS
AIRE	NS-C	-
VEGETACIÓN	M	C
FAUNA	C	M
POBLACIÓN	+/C	+/C
SECTORES ECONÓMICOS	+/C	+/C
PATRIMONIO HISTÓRICO	-	-
ESPACIOS NATURALES	NS	…
SISTEMA TERRITORIAL	NS	…
INFRAESTRUCTURAS	C	…
PAISAJE	C	C

+ Impacto Positivo

… Impacto NULO

NS Impacto NO SIGNIFICATIVO

C Impacto COMPATIBLE

M Impacto MODERADO

S Impacto SEVERO

C Impacto CRÍTICO

- No se considera el impacto

A continuación se describen los principales impactos ambientales.

4.2.2.1) Impactos sobre la geología y geomorfología

Respecto a la Geología/Geomorfología, las únicas alteraciones que se pueden producir son las relativas a los cambios de relieve que pueden tener lugar como consecuencia, fundamentalmente, de los movimientos de tierra asociados a la construcción de la línea.

Durante la fase de explotación, ni la propia presencia de las infraestructuras ni las labores de mantenimiento producirán efectos sobre la geología/geomorfología del territorio, por lo que en este sentido no se considera impacto.

En cuanto a la accesibilidad que presenta la zona hasta la base de los apoyos, es bastante buena por la existencia de numerosos caminos rurales. Por ello, se prevé que la necesidad de apertura de accesos será baja y siempre de mínima longitud.

- *Fase de construcción*

Los movimientos de tierra a realizar durante la construcción de la línea serán de escasa envergadura debido a que el volumen de excavación es muy pequeño y se centra sólo en las cimentaciones de cada apoyo. Por otro lado y como se ha comentado anteriormente, la densidad de viales para acceder a los apoyos es alta. En su caso, la mejora de los accesos existentes o apertura de alguno nuevo de escasa longitud producirá un mínimo cambio en el relieve, considerado como de muy baja magnitud.

Los cambios previstos en la morfología actual son, por tanto, de escasa magnitud, y serán debidos fundamentalmente a las cimentaciones de los apoyos. El impacto se considera COMPATIBLE.

4.2.2.2) Impactos sobre la edafología

Las modificaciones causadas en el suelo por la instalación de la línea en proyecto han de medirse por los cambios que se producen en sus características físicas y químicas. El resultado es una distinta cualificación o aptitud de ese suelo al variar sus propiedades y su capacidad agrológica.

- *Fase de construcción*

La principal afección se debe a los movimientos de tierra de derivados de la excavación de las cimentaciones de los apoyos y apertura de accesos que, tal como se ha detallado en el apartado anterior, no serán de importancia.

La superficie afectada por cada apoyo es escasa y además hay que tener en cuenta que la pérdida de calidad se producirá realmente en los lugares de ubicación de las patas de cada apoyo.

Como se ha señalado en el punto anterior, los volúmenes de excavación para las cimentaciones de los apoyos no pueden considerarse de importancia; de la misma forma, el acopio de materiales extraídos requerirá un espacio no demasiado grande y posteriormente será reutilizado en el caso de que se pueda.

Los suelos de la zona afectada (cambisoles) no tienen una capacidad agrológica destacable.

Por lo tanto, la disminución de calidad del suelo por la pérdida de horizontes edáficos que supone la extracción o depósito de materiales que conllevan los movimientos de tierras. El impacto se considera COMPATIBLE.

Por otra parte, se producirá un efecto de compactación y degradación del suelo de magnitud mínima por el movimiento de maquinaria, tendido de conductores, etc. que lleva consigo la realización de las obras. Debido a la escasa magnitud de estas operaciones el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

Durante la fase de construcción, la posible contaminación de los suelos de la zona se evitará mediante la aplicación de las medidas protectoras, minimizándose los riesgos de vertidos accidentales causados por cambios de aceite de maquinaria, vertidos del hormigón sobrante, etc., por lo que el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

En cuanto al posible aumento del riesgo de erosión cabe mencionar que, tal como se ha especificado en el inventario ambiental, el riesgo de erosión de la zona puede considerarse como muy bajo.

Por todo lo comentado, debido al estado de la zona en general y a que el proyecto analizado no genera grandes movimientos de tierras, este impacto se considera COMPATIBLE.

- *Fase de explotación*

En esta fase, el impacto referido a la compactación y degradación del suelo que puede tener lugar durante la realización de las labores de mantenimiento será de baja intensidad, debido a que estas tareas de mantenimiento tendrán un carácter muy esporádico. El impacto se considera NO SIGNIFICATIVO.

Durante la fase de explotación el incremento del riesgo de erosión se considera NO SIGNIFICATIVO.

4.2.2.3) Impactos sobre la hidrología

- *Fase de construcción*

El trazado de línea eléctrica cruza el Río Asón en 3 puntos, no obstante, no se prevén afecciones considerables en lo que respecta a la posible alteración a la red de drenaje por interrupción de la misma. Por todo ello y considerando la escasa magnitud de las

obras, el impacto por posibilidad de interrupción de la red de drenaje se considera COMPATIBLE.

La posible contaminación por vertidos accidentales considerando la aplicación de medidas protectoras se considera un impacto NO SIGNIFICATIVO.

Por lo que respecta a la hidrología subterránea, las reducidas dimensiones de las cimentaciones hacen que no se prevea alteración significativa sobre la red de drenaje subterránea de la zona. Por otro lado, el posible vertido accidental de aceites, hormigón, etc. tampoco afectaría a la red de drenaje debido a su escasa probabilidad de ocurrencia. Se ha valorado el impacto como COMPATIBLE.

- *Fase de explotación*

Durante la fase de explotación, en las labores de mantenimiento, tal como se ha detallado en el apartado de impactos sobre el suelo y debido a la escasa magnitud de

esta acción, el impacto por posible contaminación se considera como NO SIGNIFICATIVO.

4.2.2.4) Impactos sobre el aire

La implantación de la línea eléctrica tendrá unos efectos inapreciables sobre el clima y la calidad del aire. Los impactos considerados en el presente Estudio son los relativos a cambios en la calidad del aire, aumento de niveles sonoros y producción de campos eléctricos y magnéticos.

- *Fase de construcción*

Durante esta fase, uno de los posibles impactos sobre la calidad del aire se centra en el aumento de partículas en suspensión y contaminantes atmosféricos provocado por el movimiento de la maquinaria y tierras asociado a los distintos trabajos de la obra. La emisión de partículas puede afectar a la radiación natural a través de los procesos de absorción y reflexión. La cantidad de partículas de polvo producidas por las obras dependerá de la magnitud de las mismas, así como de la humedad del suelo. Por lo general, las emisiones gaseosas de la maquinaria serán de poca importancia si ésta funciona correctamente, y las de partículas sólidas quedarán minimizadas con las medidas cautelares de proyecto tales como riegos de caminos y zona de obras.

La contaminación generada por las obras no será significativa por varias razones, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Los movimientos de tierras no son de gran envergadura.

- Las emisiones de gases de la maquinaria serán muy escasas dado que, debido a la magnitud del proyecto, la presencia de maquinaria será escasa.

- Al producirse estas alteraciones durante la fase de construcción, los efectos serán, en todo caso, temporales, desapareciendo una vez finalizadas las obras.

La alteración se considera NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE.

El aumento de niveles sonoros está producido fundamentalmente por las labores de excavación de cimentaciones y acondicionamiento del terreno, y apertura y/o mejora de vías de acceso.

Teniendo en cuenta la escasa magnitud de las obras (y, por consiguiente, el nivel de ruidos), el impacto se considera NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE.

- *Fase de explotación*

Una vez que la línea entre en servicio, el impacto por aumento de ruido se considera NO SIGNIFICATIVO debido a los bajos niveles de ruido generados por una línea eléctrica.

Por lo que respecta a la producción de ozono como consecuencia del efecto corona, se ha comprobado que debido a las características de los conductores, con un diámetro aparente importante, un bajo coeficiente de rugosidad, con elevada distancia entre conductores y unas condiciones atmosféricas generales poco favorables a su iniciación, hacen que la tensión máxima eficaz en la línea será inferior a la tensión crítica disruptiva en condiciones habituales de funcionamiento de la línea, por lo cual en dichas condiciones no se producirán pérdidas apreciables por el efecto corona. Por lo tanto se considera un impacto NO SIGNIFICATIVO.

Por último, señalar que en la página WEB de la Organización Mundial de la Salud, se indica que la producción de ruidos y ozono por el efecto corona no son acciones suficientemente importantes para afectar a la salud.

Durante la fase de funcionamiento, en las líneas eléctricas se generan campos eléctricos y magnéticos como consecuencia del paso de la corriente.

Se puede afirmar que los valores máximos de campo eléctrico y magnético generados por una línea de 400 kV en España están en torno a 3-5 kV/m y 3-15 µT respectivamente. Sin embargo, a 30 m el nivel de campo eléctrico oscila entre 0,1 y 1,3 kV/m y el de campo magnético entre 0,2 y 2 µT; siendo prácticamente imperceptibles a partir de los 100 m de distancia.

Por otra parte, en estudios efectuados en los que se han calculado valores de campo magnético para líneas aéreas a 55 kV se obtienen valores para el caso más desfavorable, que es cuando los cables se encuentran próximos al suelo, de 4,3 µT y de 0,087 µT a 100 metros de distancia. Son valores, por tanto, muy inferiores a los más restrictivos citados anteriormente.

Teniendo en cuenta todo lo comentado, no se considera impacto en este sentido.

4.2.2.5) Impactos sobre la vegetación

- *Fase de construcción*

Las afecciones que se producen a la vegetación por eliminación de la misma en esta fase están ligadas principalmente a las actuaciones para la preparación del terreno, apertura/mejora de accesos, instalación de apoyos y tendido del cableado.

Los indicadores utilizados para la valoración de la eliminación de vegetación son: superficies afectadas y valor ecológico de la vegetación alterada.

En lo que se refiere a superficies afectadas, éstas se corresponden con las ocupadas por las excavaciones de las cimentaciones de los apoyos y las correspondientes a los accesos que haya que abrir o mejorar y que, como ya se ha señalado, serán escasos y de pequeño tamaño.

Teniendo en cuenta que para los casos en los que se prevea afección a arbolado autóctono se procederá a la poda, siempre que sea posible, en lugar de la tala, el montaje de los apoyos en estos casos se realizará mediante pluma y el tendido será manual, se evitará la apertura de calle de anchura constante y se evaluará la conveniencia de elevar los apoyos o desplazarlos ligeramente para salvar la vegetación que se encuentre en mejor estado, el impacto sobre la vegetación se valora del siguiente modo:

− NO SIGNIFICATIVO para las zonas de vegetación ruderal-nitrófila.

− COMPATIBLE para las zonas de lastonar y prados y cultivos ya que serán restituidas una vez finalizadas las obras.

− MODERADO en las áreas en que se atraviesan encinas y robles.

Por otro lado, se producirá también una degradación de la vegetación por el movimiento de maquinaria, la emisión de contaminantes y partículas en suspensión asociados a los distintos trabajos de construcción de la línea. Esta afección es no es muy elevada por lo que este impacto se valora como COMPATIBLE.

- *Fase de funcionamiento*

Durante la fase de explotación los impactos sobre la vegetación van a ser mínimos, debido al reducido deterioro que suponen las labores de mantenimiento.

Teniendo en cuenta que en las zonas en que la línea atraviesa los robles se valorará la elevación de los apoyos y el desplazamiento diferencial de los mismos con objeto de no abrir calle de seguridad o que ésta sea lo más pequeña posible, este impacto se considera COMPATIBLE.

4.2.2.6) Impactos sobre la fauna

Los biotopos faunísticos se asemejan en cierta forma a las unidades de vegetación, ya que este factor es el más importante para el desarrollo de los distintos tipos de hábitats.

- *Fase de construcción*

Las afecciones que va a provocar la línea eléctrica sobre la fauna son alteración y/o eliminación de hábitats, alteración de las poblaciones y eliminación de ejemplares.

Los impactos sobre la fauna terrestre en la fase de construcción se deben a las actuaciones de preparación del terreno, excavación de las cimentaciones y apertura/mejora de accesos, lo que provocará una alteración y/o eliminación de los hábitats que, a su vez, producirán una alteración en el comportamiento de las especies faunísticas afectadas. Esta alteración o eliminación del hábitat puede conllevar un desplazamiento de los ejemplares a áreas próximas, así como una alteración del comportamiento de los mismos.

Se prevé que la apertura de nuevos accesos sea mínima y de corta longitud. Además, esta zona ya muestra un grado de antropización considerable (vehículos, carreteras, caminos, subestación...), por lo que las alteraciones introducidas –además de ser muy puntuales en el tiempo- quedarán mitigadas por el propio entorno. El impacto por alteración de hábitats se considera COMPATIBLE.

El incremento de vehículos, la emisión de ruidos asociados a las labores de instalación de apoyos, tendido de conductores y acopio de material producirán una alteración en las poblaciones que conllevará a un desplazamiento de los ejemplares, afección que no será de mucha importancia por la magnitud de las obras a realizar; además, se trata de un efecto temporal que desaparecerá una vez acabadas las obras. Se considera NO SIGNIFICATIVO-COMPATIBLE.

También se producirá, como consecuencia de las tareas de construcción, una eliminación directa de ejemplares que afectará, fundamentalmente, a invertebrados edáficos y micromamíferos que viven en estas zonas, ya que la fauna con mayor movilidad, aves y mamíferos, podrá desplazarse a áreas próximas. Dada la escasa magnitud de las obras a realizar, el impacto eliminación de ejemplares de invertebrados edáficos y micromamíferos se valora como NO SIGNIFICATIVO.

- *Fase de explotación*

Analizando los efectos sobre la avifauna, se tiene en cuenta que las líneas eléctricas se presentan como una de las principales causas de mortalidad por accidente de aves. Los accidentes que con más frecuencia se producen son por contacto simultáneo del ave con dos conductores, siendo más frecuente el contacto a un conductor y derivación a tierra. Las líneas en las que se da este impacto con mayor frecuencia son las de menos de 45 kV, por la menor separación entre conductores.

Según las conclusiones del proyecto de análisis de los impactos de las líneas eléctricas sobre la avifauna en espacios naturales protegidos [dentro del Programa de

Investigación Electrotécnico (PIE)] se establece que:

- La incidencia global de la mortalidad por colisión sobre la avifauna es proporcionalmente baja y está muy localizada espacialmente. No obstante, en el caso concreto de algunas especies que se encuentran en un estado de conservación especialmente precario su repercusión sobre las poblaciones puede llegar a ser importante.

- Como regla general, se han identificado como especies más propensas a sufrir accidentes de colisión aquellas que presentan un elevado peso corporal pero una escasa envergadura alar, lo que se traduce en un vuelo de características pesadas con escasa capacidad de maniobra, tales como las anátidas, determinadas especies terrestres (avutardas, sisones, alcaravanes, etc.), algunas zancudas (cigüeñas, grullas, flamencos, etc.) y buitres.

- El comportamiento gregario y la formación de grandes concentraciones de ejemplares, ya sea con fines reproductivos, en lugares de alimentación o durante los

movimientos migratorios, igualmente aumenta el riesgo de accidentes por colisión. Los grupos que pueden manifestar estos comportamientos son las limícolas, las gaviotas, las aves acuáticas y algunas zancudas.

- La mortalidad por colisión en un tendido viene determinada por las características del hábitat atravesado y por las especies presentes en su entorno, más que por las características técnicas del mismo.

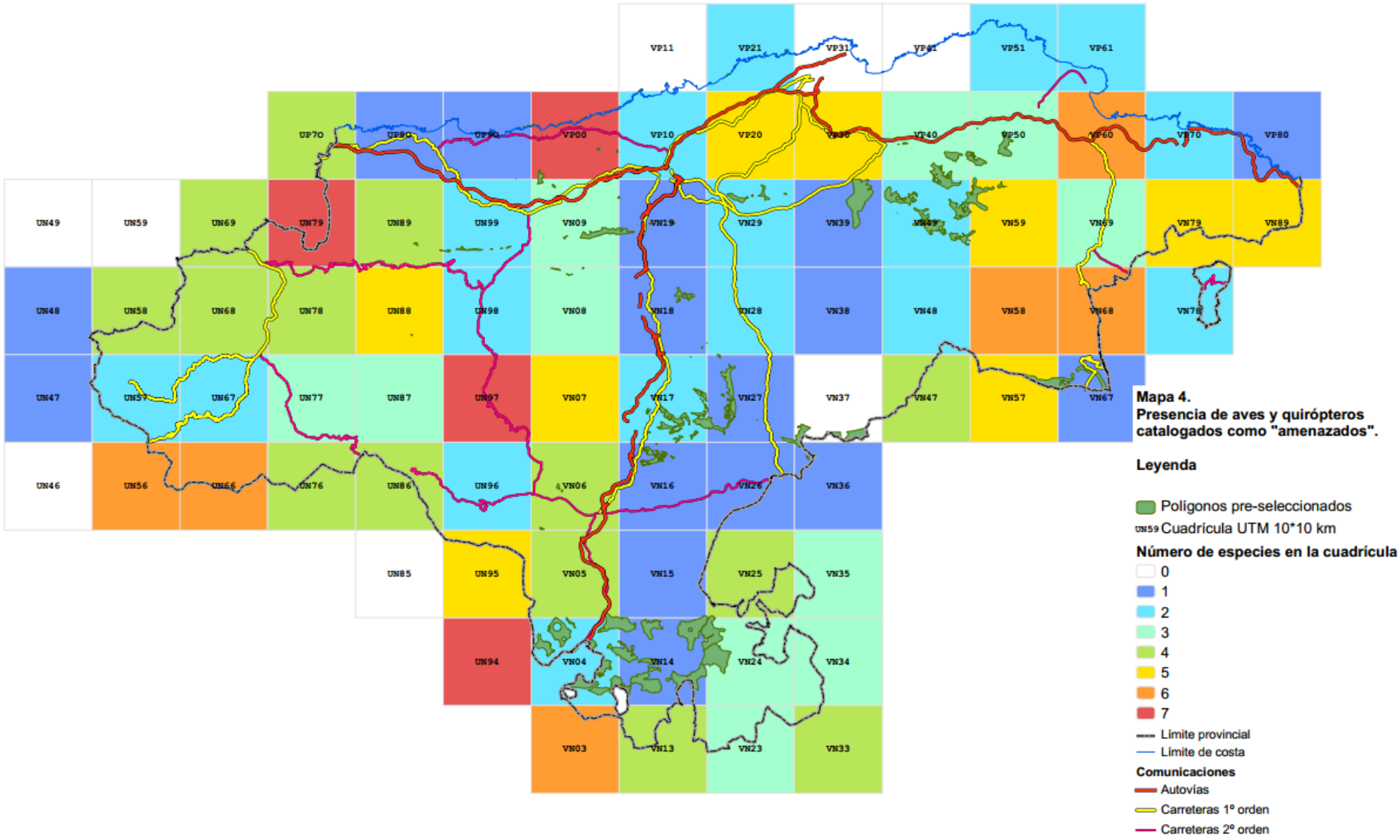
- La merma de la visibilidad por condiciones atmosféricas adversas (niebla o precipitaciones), por el relieve del terreno o por la vegetación y los tumultos en reacciones de huida, incrementan la probabilidad de los accidentes de colisión con un tendido.

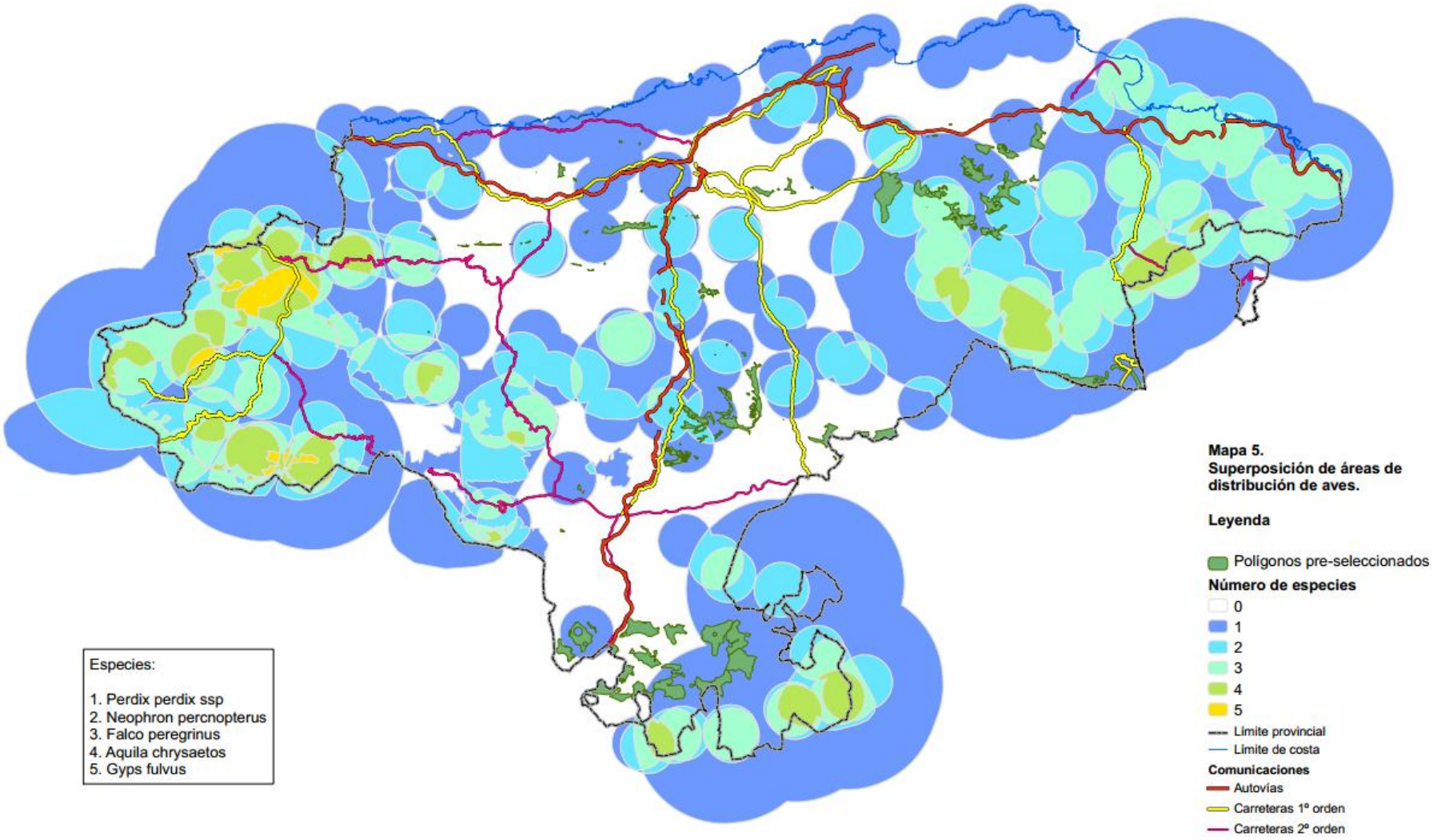
Para minimizar en la medida de lo posible el riesgo que supone la instalación de una línea eléctrica se consideran las medidas de seguridad establecidas por la legislación vigente.

A continuación se muestran dos mapas en los que, de manera orientativa, se presenta la distribución de las distintas poblaciones de aves en la región cántabra.

Se puede apreciar que en la zona sobre la que se ejecutará el proyecto existe un número considerable de especies de aves, hecho que se valora a la hora de diseñar las medidas de seguridad pertinentes.

Por todo lo señalado el impacto se considera MODERADO.


VP11
VP21
VP31
VP41
VP51
VP61
UP70
UP80
UP90
VP00
VP10
VP20
VP30
VP40
VP50
VP60
VP70
VP80
UN49
UN59
UN69
UN79
UN89
UN99
VN09
VN19
VN29
VN39
VN49
VN59
VN69
VN79
VN89
UN48
UN58
UN68
UN78
UN88
UN98
VN08
VN18
VN28
VN38
VN48
VN58
VN68
VN78
UN47
UN57
UN67
UN77
UN87
UN97
VN07
VN17
VN27
VN37
VN47
VN57
VN67
UN46
UN56
UN66
UN76
UN86
UN96
VN06
VN16
VN26
VN36
UN85
UN95
VN05
VN15
VN25
VN35
UN94
VN04
VN14
VN24
VN34
VN03
VN13
VN23
VN33
Mapa 4.
Presencia de aves y quirópteros catalogados como "amenazados".
Leyenda
Polígonos pre-seleccionados
UN59 Cuadrícula UTM 10*10 km
Número de especies en la cuadrícula
0
1
2
3
4
5
6
7
Límite provincial
Límite de costa
Comunicaciones
Autovías
Carreteras 1º orden
Carreteras 2º orden


Especies:
1. Perdix perdix ssp
2. Neophron percnopterus
3. Falco peregrinus
4. Aquila chrysaetos
5. Gyps fulvus
Mapa 5.
Superposición de áreas de distribución de aves.
Leyenda
Polígonos pre-seleccionados
Número de especies
0
1
2
3
4
5
Límite provincial
Límite de costa
Comunicaciones
Autovías
Carreteras 1º orden
Carreteras 2º orden

4.2.2.7) Impactos sobre el medio socioeconómico

- *Fase de construcción*

Población

La implantación de la línea demandará un volumen de mano de obra durante la construcción de la misma, lo que conlleva un efecto positivo de carácter temporal. Se producirá una contratación temporal de personal para las diversas tareas que lleva asociada la obra, ya sea tanto por la instalación como por las posibles acciones asociadas a la misma.

La dinamización laboral se considera un efecto positivo de magnitud BAJA.

Por otra parte, la construcción de la línea eléctrica generará molestias a la población de la zona, consecuencia fundamentalmente del incremento del nivel de ruidos y tráfico debido, principalmente, a los movimientos de la maquinaria. Teniendo en cuenta que la magnitud de estos movimientos de tierra no es muy elevada, que la densidad de habitantes no es grande y que se trata de un efecto claramente temporal que cesará cuando terminen los trabajos, el impacto se considera COMPATIBLE.

En lo que respecta a la afección a la propiedad, se establecerán las oportunas negociaciones con los propietarios por lo que el impacto se valora como NO SIGNIFICATIVO.

Sectores económicos

La pérdida de productividad del suelo que conlleva la fase de obras tendrá lugar debido a la instalación de apoyos, así como el acceso hasta los mismos. Están referidos al deterioro de los cultivos presentes en el momento de la ejecución y a la compactación superficial del terreno por el paso de la maquinaria. Ambos impactos son de carácter temporal y en general permiten que el medio pueda regenerarse una vez finalizadas las obras.

Teniendo en cuenta que la presencia de la línea va a ser compatible con las actividades agrícolas e industriales de la zona, se produce una afección que se valora como COMPATIBLE.

Por otro lado, durante la fase de construcción de la línea, se debe considerar las contrataciones temporales de servicios a empresas (personal de obra, materiales de construcción, subcontrataciones, etc.), por lo que aumentará la demanda de servicios mientras duren las actividades correspondientes a la construcción de la línea. Se considera un impacto positivo de BAJA magnitud.

Patrimonio Histórico-Artístico

Según la información aportada por el inventario, no existe ningún yacimiento arqueológico que se pueda ver afectado por el trazado de línea eléctrica.

No obstante, se recomienda la presencia en la zona de un arqueólogo de forma previa al inicio de las obras con objeto de constatar la no presencia de restos de interés histórico, arqueológico o paleontológico no inventariados, para, en caso de ser detectado alguno, definir las adecuadas medidas protectoras.

Teniendo en cuenta lo anterior no se considera impacto sobre el Patrimonio Histórico-Artístico.

Sistema Territorial

Por lo que respecta a Espacios Naturales Protegidos u otros lugares de interés, tal como se ha especificado en el inventario ambiental, el área de estudio no incluye ninguna zona protegida o en vías de protección, por lo que este impacto se considera NULO.

Sobre el Planeamiento Urbanístico hay que señalar que de acuerdo con el Planeamiento Urbanístico vigente de Arredondo y Ramales de la Victoria el trazado discurre por zonas catalogadas como Suelo No Urbanizable de Protección Forestal, Suelo No Urbanizable de Producción Agrícola-Ganadero y Suelo Urbano Industrial. El impacto se considera como NO SIGNIFICATIVO.

En lo que respecta a los posibles impactos sobre los usos del suelo, toda la zona afectada por el proyecto está dedicada al uso agrícola e industrial. Dado que el suelo que se verá afectado se limitará realmente a la zona de instalación de los apoyos proyectados y no ocupará gran superficie, el impacto de la línea en proyecto sobre los usos del suelo se considera NO SIGNIFICATIVO.

Infraestructuras

La ubicación del trazado seleccionado implicará el cruce de caminos, si bien no se afectará ninguno de estos permitiendo el libre paso por los mismos. Asimismo, se atravesará la siguiente infraestructura lineal: una línea eléctrica a 20 kV. En este caso se respetarán las medidas oportunas por lo que el impacto sobre estas infraestructuras se considera COMPATIBLE.

- *Fase de explotación*

Población

En lo que respecta a efectos sobre el bienestar y la calidad de vida, se puede considerar como un impacto positivo la construcción de esta línea, ya que posibilitará el desarrollo industrial de la zona. Se considera un impacto positivo de magnitud BAJA.

Por otra parte, durante las labores de mantenimiento se puede generar empleo temporal por actividades de carácter muy puntual y esporádico. Se considera un impacto positivo de magnitud MUY BAJA.

Sectores económicos

La pérdida de productividad del suelo agrícola que conlleva el establecimiento de la zona de servidumbre, produce una afección al sector primario que no implicará grandes trastornos a los propietarios de las tierras agrícolas, ya que la presencia de la línea en el territorio es compatible con este tipo de aprovechamiento, a excepción de los puntos en donde se encuentren los apoyos. Se considera COMPATIBLE.

La línea proyectada supone una clara mejora de la infraestructura eléctrica de la zona. Se trata de un impacto POSITIVO de duración permanente, ya que durará mientras permanezca la línea en servicio, manifestándose a corto plazo.

4.2.2.8) Impactos sobre el paisaje

En este apartado se analizan de forma conjunta los impactos sobre el paisaje que se van a producir durante las fases de construcción y funcionamiento, ya que en esta última se mantienen los impactos creados en la fase de construcción sin que se generen nuevos impactos (se considera el armado e izado de apoyos en esta fase).

Los impactos producidos sobre el paisaje durante la fase de construcción son la pérdida de calidad del paisaje, debida a un cambio en la estructura del mismo, y la intrusión visual causada por la introducción de elementos artificiales. Ambos impactos están relacionados y dependen uno del otro al estar generados por la presencia de la línea eléctrica.

De forma general se puede considerar que:

- El impacto visual será tanto mayor cuanto mayor sea el número de apoyos percibidos.

- El impacto visual será tanto menor cuanto mayor sea la distancia a la que se encuentra el observador.

El trazado se localiza en una zona en la que predomina de prado-matorral, si bien a la llegada a la subestación de Ramales de la Victoria el paisaje se torna industrial.

La cuenca visual de esta zona es media si bien presenta cierta complejidad al haber un gran número de "huecos", es decir, zonas en donde se dificulta la visión de la instalación por los desniveles del propio terreno.

La pérdida de calidad se produce por la apertura/mejora de accesos, preparación del terreno, cimentaciones e instalación de los apoyos. Los indicadores elegidos para caracterizar y valorar el impacto han sido las superficies alteradas y la calidad del paisaje de la unidad donde se encuentran ubicadas.

Las superficies alteradas por la obra corresponden a las zonas de ubicación de los apoyos y a los accesos. Según la valoración realizada en el inventario, la calidad del paisaje es en su mayor parte media-alta dado que, como se ha comentado anteriormente, la principal unidad atravesada es la de prados y matorrales.

Valorando los aspectos señalados en los párrafos anteriores, el impacto por pérdida de calidad del paisaje se considera COMPATIBLE.

La intrusión visual se debe a la introducción de elementos artificiales visibles en el paisaje, especialmente si no existían con anterioridad. Está producida por las mismas acciones que causan la pérdida de calidad, a las que se añaden el armado e izado de apoyos, movimientos de maquinaria, etc.

Se puede caracterizar el impacto sobre este elemento como COMPATIBLE.

5. MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS

A continuación se indican las medidas protectoras y correctoras definidas en el Estudio de Impacto Ambiental con objeto de evitar y/o reducir los impactos ambientales derivados de la construcción y funcionamiento del Proyecto.

5.1) Medidas protectoras

La mayor parte de los impactos se generan en la etapa de construcción o son debidos al diseño del trazado y de los elementos que componen la línea; por ello, la adopción de medidas protectoras con antelación al inicio de los trabajos es esencial para evitar que se provoquen la mayor parte de los efectos negativos.

La principal medida protectora considerada en el presente Estudio ha sido la relativa a la selección de un trazado que, siendo viable desde el punto de vista técnico y económico, lleve asociados los impactos de menor magnitud desde el punto de vista medioambiental.

A continuación se describen las principales medidas a adoptar durante la construcción de la línea, diferenciadas en función de los elementos del medio a los que aplican. No obstante, se considera imprescindible informar a los operarios, a pie de obra, de la necesidad de cumplir con los requisitos establecidos para el correcto desarrollo de las diferentes actividades.

5.1.1) Suelo

Durante la fase de instalación de la línea se considera necesario tener en cuenta ciertos aspectos, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Aprovechamiento al máximo de la red de caminos existente, evitándose en lo posible la creación de nuevos accesos.

- Evitar los daños a caminos existentes.

- Minimización de las zonas de acopio de materiales de montaje de la infraestructura o procedentes de la excavación.

- La maquinaria que se vaya a utilizar durante la ejecución de las obras será

revisada, con objeto de evitar pérdidas de lubricantes, combustibles, etc. Los cambios de aceites, reparaciones y lavados de la maquinaria, en el supuesto de que fuera necesario realizarlos, se llevarán a cabo en las zonas destinadas a ello, en las que no existirá riesgo de contaminación de los suelos.

- Retirar de forma adecuada los restos y desperdicios que se vayan generando.

- Evitar en lo posible todas aquellas prácticas que puedan suponer riesgo de vertidos y realizarlas en su caso en zonas específicas donde no haya riesgo de contaminación del suelo.

5.1.2) Agua

Se evitará en la zona cualquier tipo de vertido, tales como aceites, grasas, hormigón, etc., que pueda llevar consigo la contaminación de las aguas subterráneas. En todo caso, los cambios de aceites y reparaciones de la maquinaria se llevarán a cabo en zonas establecidas para tal fin.

5.1.3) Aire

Con el fin de atenuar el ruido producido durante el período de construcción se procederá a la utilización de maquinaria que no genere elevados niveles de ruido, evitando, en la medida de lo posible, el funcionamiento simultáneo de maquinaria pesada, así como las operaciones bruscas de aceleración y retención. Igualmente, el ruido generado por la maquinaria se minimizará con el mantenimiento periódico de los vehículos.

5.1.4) Vegetación

Se considerarán las siguientes medidas:

- Aprovechamiento al máximo de la red de caminos existente.

- Minimización de las zonas de acopio de materiales de montaje de la infraestructura o procedentes de la excavación.

- Se señalizarán adecuadamente las zonas de paso de la maquinaria y de trabajo de la misma.

- Se preservará, siempre que sea posible y que exista, la vegetación herbácea y

arbustiva que quede debajo de la línea con la finalidad de mantener en superficie una cubierta vegetal.

- El montaje de los apoyos ubicados junto a encinas y robles se realizará mediante pluma y el tendido se realizará manualmente.

- Se evaluará la conveniencia de elevar los apoyos o desplazarlos ligeramente para salvar la vegetación que se encuentre en mejor estado.

- En aquellos casos en los que se prevea afección a arbolado autóctono, se procederá a la poda, siempre que sea posible, en lugar de la tala.

- En el paso por zonas arboladas, el mantenimiento de la distancia de seguridad se realizará mediante podas y/o talas selectivas, evitándose la apertura de calle de anchura constante.

- Las actuaciones sobre la vegetación autóctona quedarán sujetas a las especificaciones contenidas en la Norma Foral sobre Régimen específico de diversas especies forestales autóctonas.

5.1.5) Fauna

La mayor parte de las medidas aplicadas sobre la vegetación repercuten de forma positiva sobre la fauna.

5.1.6) Medio Socioeconómico

- Se realizarán las obras en el menor tiempo posible, con el fin de paliar las molestias a la población.

- Se señalizará de forma adecuada la obra.

- En relación con la seguridad vial de las carreteras que dan acceso a los caminos que conducen hasta la zona de instalación del tendido, será necesario señalizar los cruces advirtiendo de la salida y entrada de vehículos pesados.

5.1.7) Patrimonio Histórico-Artístico

- Se realizará un reconocimiento de la zona de forma previa al inicio de las obras por parte de un arqueólogo. En caso de detectarse algún resto no catalogado, se propondrán las medidas protectoras a adoptar.

- Si en el transcurso de la obras se produjera algún hallazgo que suponga un indicio de carácter arqueológico, se informará inmediatamente al Departamento pertinente y se seguirán aquellas medidas que dicho organismo indique.

5.1.8) Paisaje

Muchas de las medidas cautelares de proyecto y construcción señaladas anteriormente repercuten de forma positiva en las posibles alteraciones que se podrían causar sobre el paisaje.

5.2) Medidas correctoras

Una vez terminadas las labores de construcción, la aplicación de medidas correctoras tendrá por objeto reducir los impactos residuales.

Las medidas correctoras a considerar una vez finalizadas las obras son las siguientes:

- Eliminación adecuada de los materiales sobrantes en las obras y de cualquier vertido accidental, una vez hayan finalizado los trabajos de instalación de los apoyos y tendido de conductores, restituyendo la forma y aspectos originales del terreno.

- Restitución de los caminos y de todas las zonas que ha sido necesario cruzar y/o utilizar y que hayan resultado dañadas. Limpieza del material acumulado, préstamos o desperdicios, efectuando dicha limpieza de forma inmediata en el caso de que el material impida el paso de vehículos o peatones, o pueda suponer cualquier tipo de peligro para la población.

- Si accidentalmente se produce algún vertido directo de materiales grasos procedentes de la maquinaria, se procederá a recoger éstos de manera adecuada, junto con la parte afectada de terreno, para su posterior tratamiento o eliminación en centros apropiados.

- Con el fin de evitar la electrocución de las aves se colocarán elementos disuasorios de posada. Son dispositivos colocados sobre los apoyos, que impiden la posada del ave o facilitan ésta en una ubicación segura.

- Para minimizar la colisión de las aves con la línea eléctrica, en zonas de especial riesgo, se procederá a la señalización con espirales y cintas "salvapájaros". Se

colocan al tresbolillo en los cables de tierra, de menor grosor y menos visibles que los conductores.

6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El plan de vigilancia ambiental representa un programa de seguimiento de los impactos residuales y constituye un sistema de control de la aplicación de las medidas correctoras y una comprobación de su eficacia.

Un aspecto importante a seguir en el plan de vigilancia es la evolución de la vegetación en los lugares que hayan sido repoblados, bien para proteger zonas inestables (taludes de los caminos de acceso, márgenes erosionables) o bien para camuflar las estructuras de la obra que pueden producir alteraciones paisajísticas desde los puntos de posible observación.

La frecuencia temporal de las labores que definen el plan de vigilancia se establece en función de las condiciones particulares.

En cualquier caso, es conveniente que el plan de vigilancia comience a actuar desde la elaboración del proyecto, incidiendo en aquellos aspectos que deben respetar ciertas normas vigentes en el territorio nacional o en las distintas Comunidades Autónomas.

Durante la fase de construcción de la línea eléctrica y hasta la finalización de la misma, el plan de vigilancia debe seguir y controlar la integración en las obras de las medidas correctoras que se adoptan en este estudio.

Al entrar en funcionamiento la instalación empieza a actuar un programa de seguimiento de la eficacia de las medidas correctoras adoptadas y de los impactos residuales.

Para dicho programa se establece un calendario adecuado, en el que se especifique la frecuencia de los muestreos, análisis y otras labores que son necesarias.

Las medidas de revegetación deben vigilarse hasta que se haya logrado el establecimiento de las plantas y se hayan cumplido los objetivos que determinaron la adopción de dichas medidas (estabilización de taludes y márgenes).

A continuación se especifican las medidas a adoptar en cada una de las dos grandes fases del presente proyecto:

6.1) Fase de construcción

Durante esta fase se realizará un control permanente de la obra, de manera que se garantice que ésta se ejecuta de acuerdo con lo indicado en el apartado de medidas protectoras. En concreto, se vigilarán los siguientes aspectos:

- Se comprobará la señalización de los tajos de obra y las zonas de movimiento de la maquinaria.

- Supervisión del trazado de la línea: Se controlará a pie de obra que el trazado de la línea sobre el terreno discurre según lo establecido.

- Una vez finalizadas las obras se efectuará una revisión completa de la línea controlando la correcta limpieza de los restos de obra en los distintos tajos. Se señalarán posibles vertidos incontrolados de residuos sólidos y/o líquidos, o compactación y deterioro de suelos en zonas inicialmente no previstas, informando a los responsables de la instalación para que procedan a la retirada inmediata de estos vertidos (en el caso de que se hayan producido) y la restauración de los suelos compactados.

6.2) Fase de funcionamiento

- En esta fase se efectuarán revisiones periódicas que verifiquen el buen estado del lugar, comprobando que no hayan aparecido nuevos impactos.

- Una vez que la línea entre en servicio, en las revisiones que se efectúen, además de verificar el buen estado y funcionamiento de la línea, se controlará si en algún momento fuera necesario adoptar algún tipo de medida correctora.

Para poder llevar un control y seguimiento del presente Programa de Vigilancia se realizará un informe final de seguimiento de las obras y otro al año de funcionamiento de la instalación.

Santander, a Junio de 2013

Fdo: Miguel Ángel Cobo Plasencia

PLANOS

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

Índice

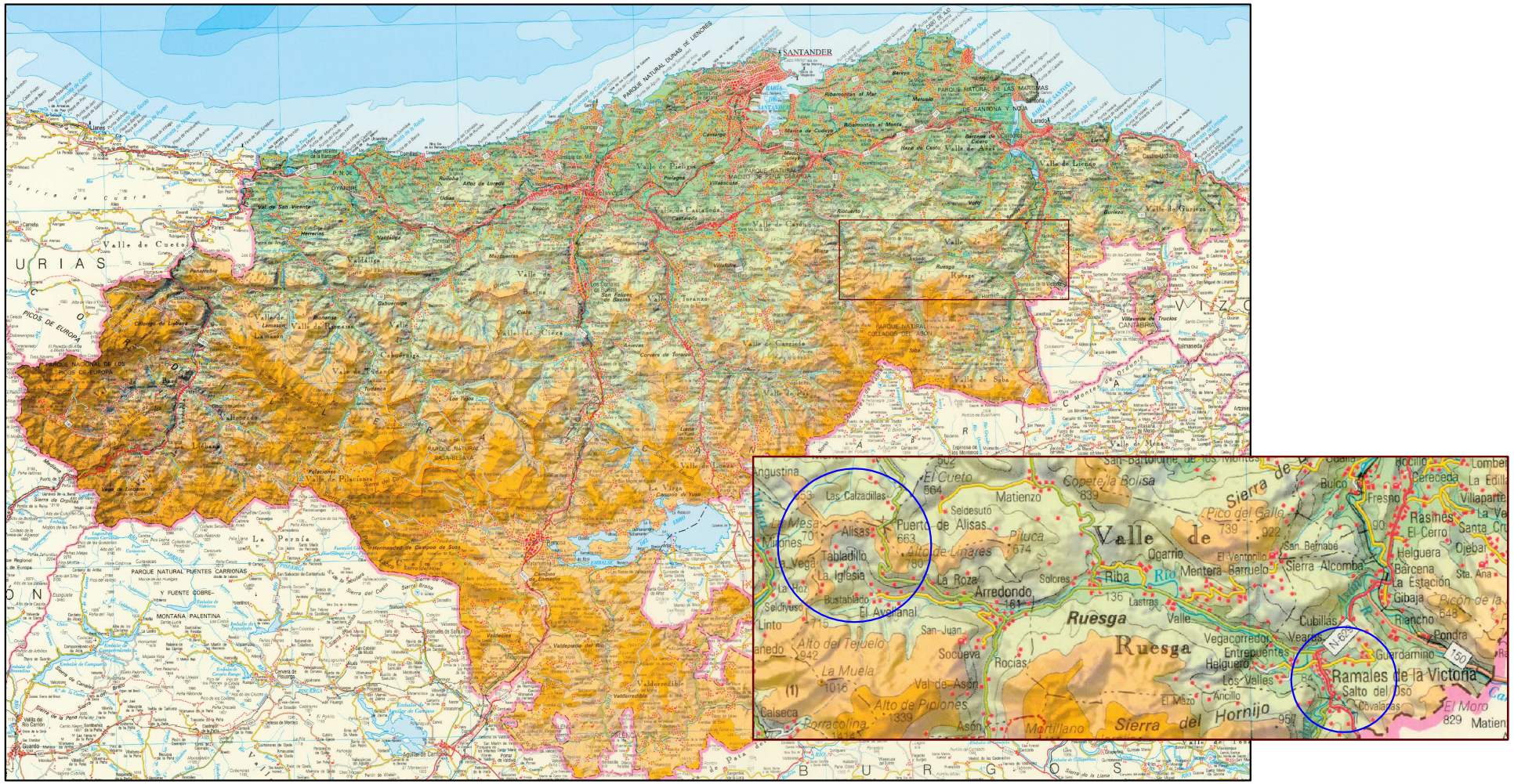
1. – PLANO DE SITUACIÓN
2. – PLANO DE EMPLAZAMIENTO
3. – LOCALIZACIÓN MOLINOS
4. – TRAZADOS ALTERNATIVOS
5. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 1
6. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 2
7. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 3
8. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 4
9. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 5
10. – PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 6
11. – APOYOS OLMO
12. – APOYOS ARCE
13. – CADENA AMARRE CONDUCTOR
14. – CADENA SUSPENSIÓN CONDUCTOR
15. – CADENAS DE CABLES DE TIERRA
16. - AISLADOR
17. – GRAPA DE AMARRE CONDUCTOR
18. – GRAPA DE AMARRE CABLE DE TIERRA
19. – GRAPA DE SUSPENSIÓN CODNCUTOR
20. – GRAPA DE SUSPENSIÓN CABLE DE TIERRA
21. – GRILLETE RECTO
22. – HORQULLA DE BOLA
23. – ALOJAMIENTO DE RÓTULA
24. – ESLABÓN REVIRADO
25. – SECCIONADOR
26. – PUESTA A TIERRA APOYO OLMO

27. – PUESTA A TIERRA APOYO ARCE

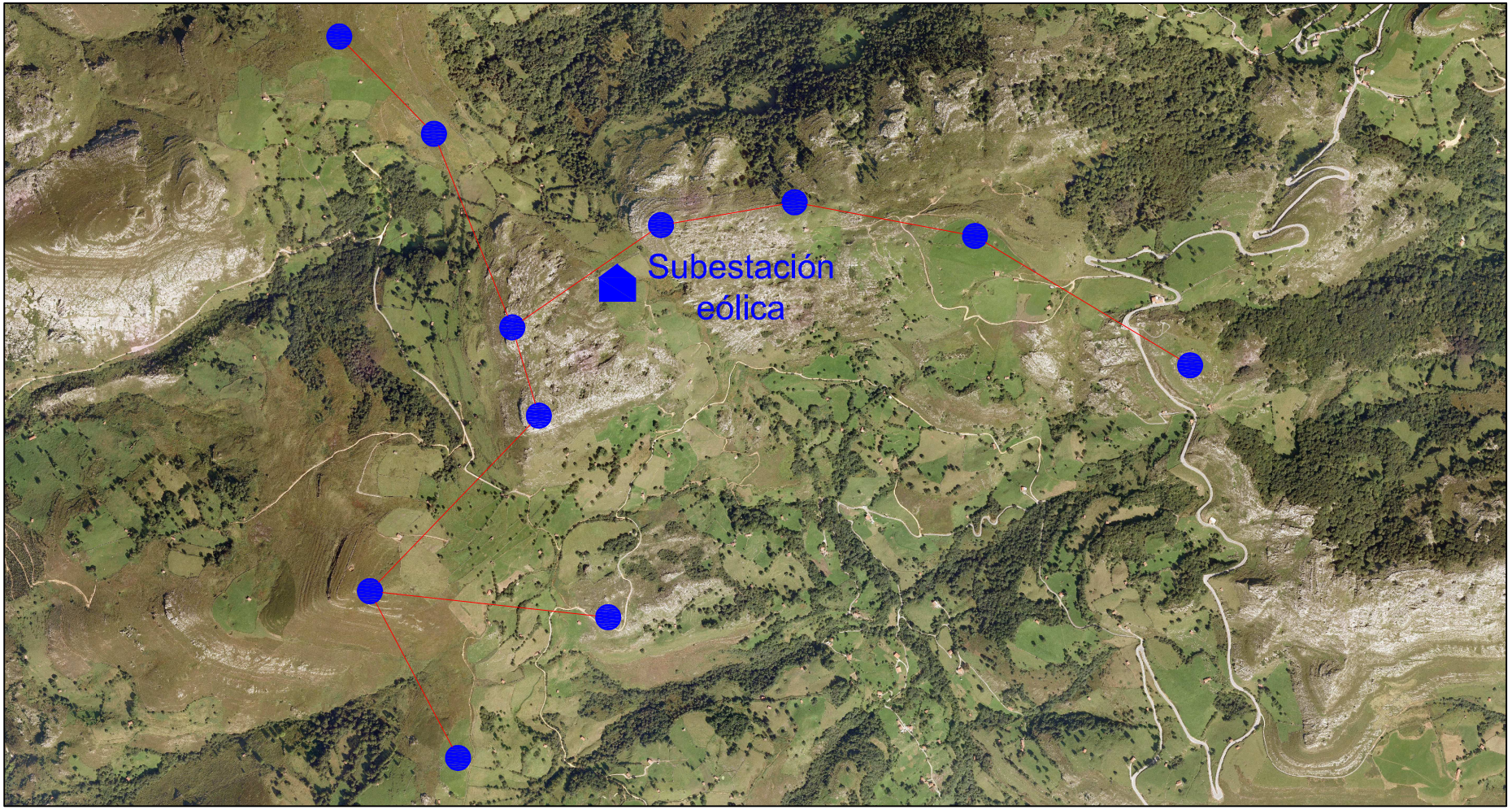
28. - DÍGITOS NUMERACIÓN APOYOS

29. – PLACA IDENTIFICADORA TENSIÓN

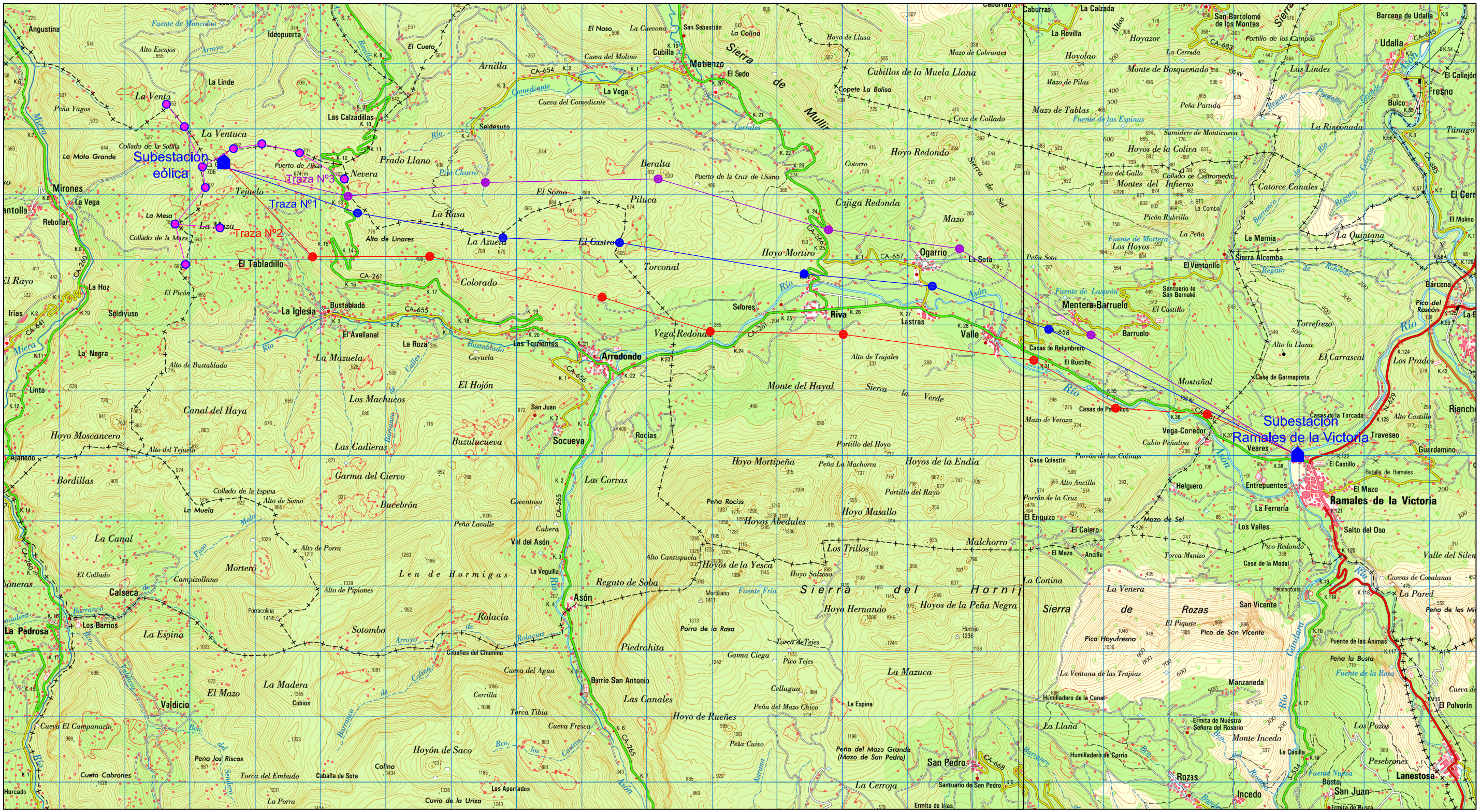
30. – PLACA RIESGO ELÉCTRICO CE


SANTANDER
PARQUE NATURAL DUNAS DE LIENCRES
PARQUE NATURAL DE LAS MARISMAS DE SANTOÑA Y NOJA
PARQUE NATURAL MACIZO DE PEÑA CABARGA
PARQUE NACIONAL DE LOS PICOS DE EUROPA
PARQUE NATURAL FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA
PARQUE NATURAL COLLADOS DEL ASÓN
PARQUE NATURAL DE SARBIJA
Valle de Cuerto
Valle de Polaciones
Valle de Ruesga
Valle de Soba
Valle de Liendo
Valle de Guriezo
Valle de Villaverde de Trucios
Valle de Mena
Valle de Tobalina
Valle de Manzanedo
Valle de Losa
Valle de Tudanca
Valle de Cayón
Valle de Cabuérniga
Valle de Cieza
Valle de Carriedo
Valle de Castañeda
Valle de Pielagos
Valle de Liébana
Valle de Buelna
Valle de Toranzo
Valle de Camaleño
Valle de Valdeprado del Río
Valle de Valderredible
Valle de Cabezón de la Sal
Valle de Iguña
Valle de Cabuérniga
Valle de Penagos
Valle de Cayón
Valle de Cieza
Valle de Soba
Valle de Manzanedo
Valle de Losa
Valle de Tobalina
Valle de Mena
Valle de Valderredible
Valle de Valdeprado del Río
Valle de Camaleño
Valle de Iguña
Valle de Cabezón de la Sal
Valle de Penagos
Valle de Liébana
Valle de Buelna
Valle de Toranzo
Valle de Carriedo
Valle de Castañeda
Valle de Pielagos
Valle de Liendo
Valle de Guriezo
Valle de Villaverde de Trucios
Valle de Mena
Valle de Tobalina
Valle de Manzanedo
Valle de Losa
Valle de Tudanca
Valle de Cayón
Valle de Cabuérniga
Valle de Cieza
Valle de Carriedo
Valle de Castañeda
Valle de Pielagos
Valle de Liébana
Valle de Buelna
Valle de Toranzo

Subestación eólica
1
11
23
32
46
55
64
Subestación Ramales de la Victoria
86
Matienzo
Cubilla
Arredondo
Socueva
Asón
Ogarrio
Riva
Ramales de la Victoria
Udalla
Fresno
Mirones
Valdicio
Calseca
La Pedrosa
Lanestosa
San Pedro
Incedo
Rozas
Mentera-Barruelo
El Tabladillo
Bustablado
Selores
Lestras
Valle
Veares
Sierra de Mullir
Sierra de Hornijo
Sierra de Sel
Sierra de Rozas
Monte del Hayal
Vega Redonda
Torconal
Hoyo Mortiro
Cajiga Redonda
Hoyo Redondo
Piluca
Beralta
Prado Llano
Arnilla
Las Cadieras
Las Corvas
Hoyos Abedules
Hoyos de la Yesca
Hoyos de la Peña Negra
Piedrahita
Las Canales
Hoyo de Rueñes
Hoyón de Saco
Regato de Soba
Rolacia
Len de Hormigas
Cubillos de la Muela Llana
Mazo de Tablas
Monte de Bosquenado
Hoyos de la Colira
Montes del Infierno
Catorce Canales
La Rinconada
La Quintana
Sierra Alcomba
Los Hoyos
Los Prados
Los Pozos
Pesebrones
Monte Incedo
Manzaneda
Pico Hoyufresno
Pico de San Vicente
Pico Redondo
Casa de la Medal
Salto del Oso
Valle del Silencio
Cuevas de Covalanas
La Pared
Peña de las Mi
Puente de las Animas
Peña la Busta
Fuente de la Rosa
El Polvorín
Bárcena
Barcena de Udalla
Sierra Alcomba
Ermita de Nuestra Señora del Rosario
Ermita de Busta
Ermita de Ilias
Santuario de San Pedro
Cabañas del Chumino
Cubios
Cabaña de Sota
Los Aparados
Cuvio de la Uriza
Barrio San Antonio
Ideopuerta
Las Calzadillas
Las Mazuelas
Los Machucos
Canal del Haya
Garma del Ciervo
Bucebrón
Hoyo Moscancero
Hoyo Mortipeña
Hoyo Masallo
Malchorro
Los Trillos
Hoyo Salzano
Hoyo Hernando
Porra de la Rasa
Gama Ciega
Pico Tejes
Cellagua
Peña del Mazo Chico
Peña del Mazo Grande (Mazo de San Pedro)
La Cerroja
La Llaña
La Cortina
La Venera
Sierra de Rozas
Los Valles
Entrepuentes
El Mazo
Helgueros
El Enguizo
El Calero
Casa Colestín
Porrón de las Colinas
Porrón de la Cruz
Portillo del Rayo
Peña Rocías
Rocías
Peña La Machorra
Portillo del Hoyo
Cubio Peñalisa
Casas de Pandillos
Casas de Relumbrero
El Bustillo
Barruelo
El Castillo
Casa de Garmapreta
Alto de la Llana
El Carrascal
Torrefrezo
Montañal
Casas de la Torcada
Traveseo
Guerdamino
Batalla de Ramales
Alto Castillo
Riancho
Casa Colestín
Alto Ancillo
Torca Manizo
Mazo de Sel
Mazo de Veraza
Mazo de Cobrantes
Mazo de Pilas
Cruz de Collado
Copete La Bolisa
Cueva del Comediente
Cueva del Molino
Cueva del Agua
Cueva Fresca
Cueva El Campanario
Cueto Cabrones
Peña los Riscos
Torca del Embudo
Torca Tibia
Alto de Porra
Alto de Pipiones
Alto de Somo
Alto de Bustablado
Alto del Tejuelo
Alto Escajos
Alto de Linares
Alto Cantispuela
Alto de Tnjales
Peña Lavalle
Peña Rocías
Peña Cuivo
Peña Partida
Peña Sota
Peña Yagos
Peña Rubrillo
Peña la Busta
Peña de San Vicente
Peña Sota
Fuente Fría
Fuente de las Espinas
Fuente de Lasprón
Fuente de Morteras
Fuente Nueva
Fuente de la Rosa
Puente de las Animas
Puente de Alisas
Puente de Rolacias
Puente de Cubios
Puente de Cabañas
Puente de Cabaña de Sota
Puente de Cuevas
Puente de Cuevas de Covalanas
Puente de Cuevas de Covalanas
Puente de Cuevas de Covalan



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: LOCALIZACIÓN MOLINOS	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/20.000	Rev: A	Fecha: Octubre 2012	Idioma: ES	Hoja: 3

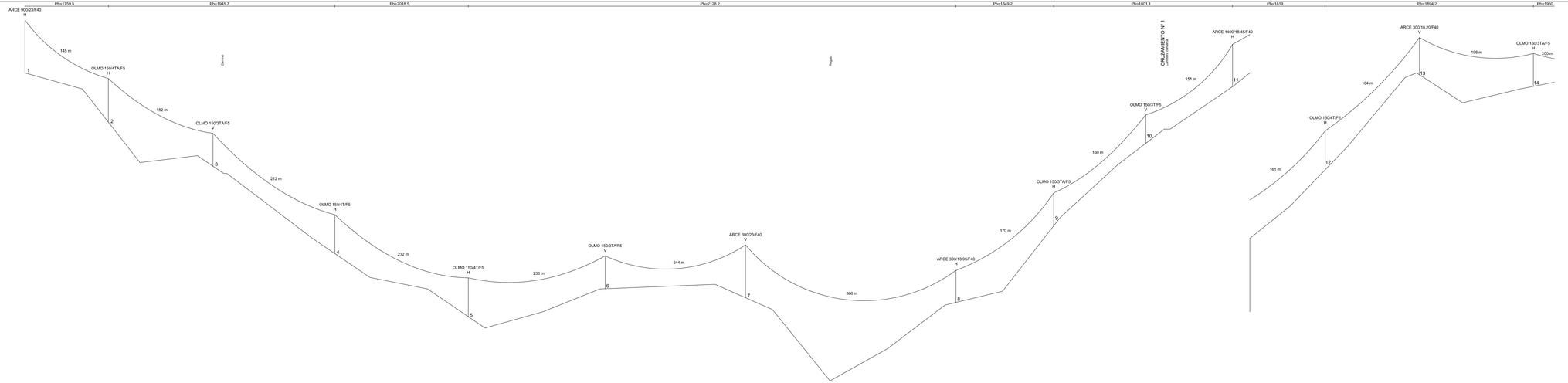

Subestación eólica
Traza Nº1
Traza Nº2
Traza Nº3
Subestación Ramales de la Victoria
Matienzo
Arredondo
Riva
Ogarrio
Valle
Ramales de la Victoria
Asón
Sierra de Mullir
Sierra de Sel
Sierra del Hornij
Sierra de Rozas
Monte del Hayal
Sierra la Verde
Las Canales
Piedrahita
Hoyo de Rueñes
Hoyos Abedules
Hoyos de la Yesca
Hoyos de la Peña Negra
Hoyo Redondo
Cajiga Redonda
Hoyo Mortiro
Cubillos de la Muela Llana
Mazo de Tablas
Montes del Infierno
Catorce Canales
Mentera-Barruelo
Sierra Alcomba
Monte de Bosquenado
Hoyos de la Colira
Hoyazor
Hoyolao
Udalla
Fresno
Bulco
Barcena de Udalla
Las Lindes
La Rinconada
Los Hoyos
Fuente de Lasprón
Fuente de Mortera
Fuente de las Espinas
Regato de Soba
Regato de Rolacias
Regato de Rebredi
Regato de Barranco
Río Asón
Río Miera
Río Calera
Río Gándara
Río Rosario
Río Bustablado
Río Churro
Río Carriles
Río Comediente
Río Malo
Río Paso
Río Pedroso
Río Tejadillas
Río Calina
Río Calles
Río Barranco
Río Arroyo
Río Bco. de los Carros
Río Bco. del Seguero
Río Bco. de Calina
Río Bco. de Relacias
Río Bco. de Barranco
Río Bco. de Arroyo
Río Bco. de Bustablado
Río Bco. de Calles

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

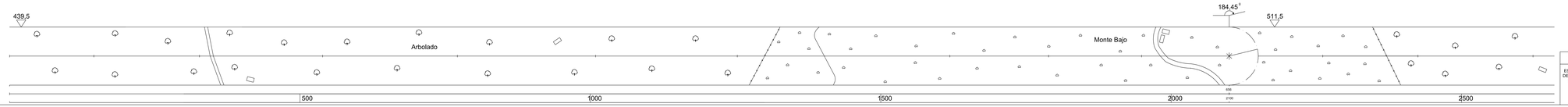
ZONAS: B



PLANO DE COMPARACION

PLANTA

COTAS DEL TERRENO
DISTANCIAS AL ORIGEN



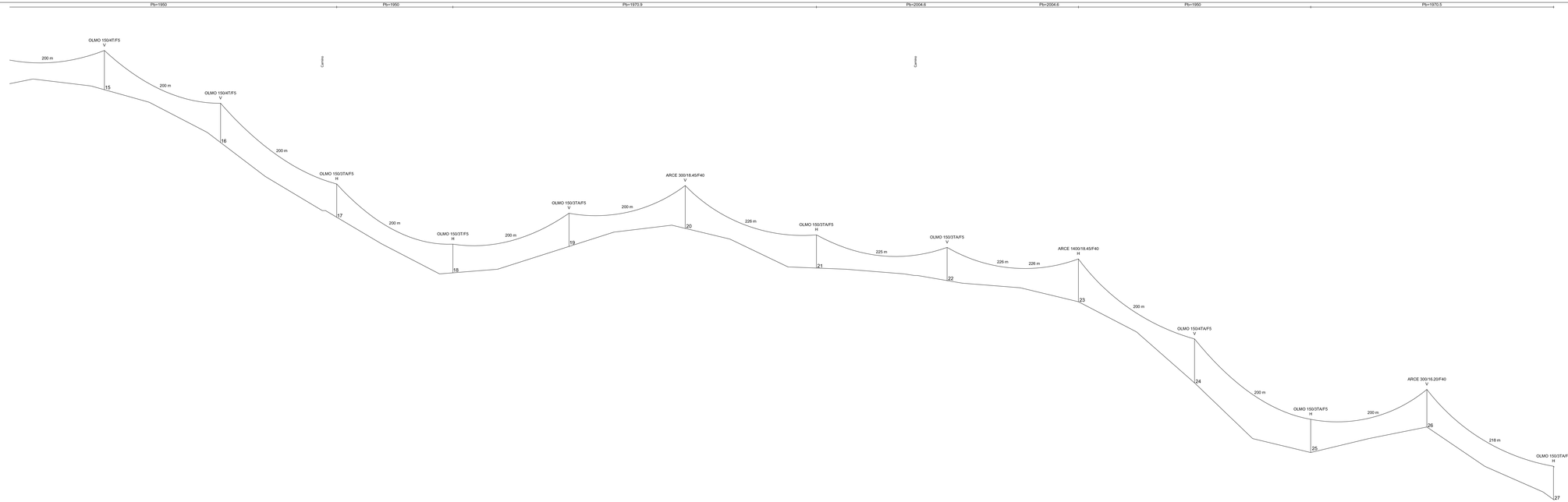
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Angel Cobo Plasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Meza	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA ARTICOS 1 Y 14		Estado del documento: Editado	
	ESCALA: V : 1/500 H : 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES / Hoja: 0

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

ZONAS: B

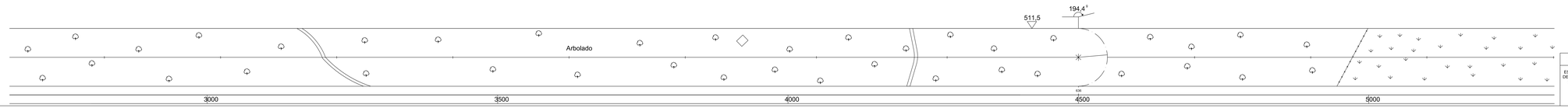


PLANO DE COMPARACION

PLANTA

COTAS DEL TERRENO

DISTANCIAS AL ORIGEN



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Angel Cobo Plasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Meza
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS 13 A 27		Estado del documento: Editado
	ESCALA: V : 1/500 H : 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013
		Idioma: ES	Hoja: 6

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

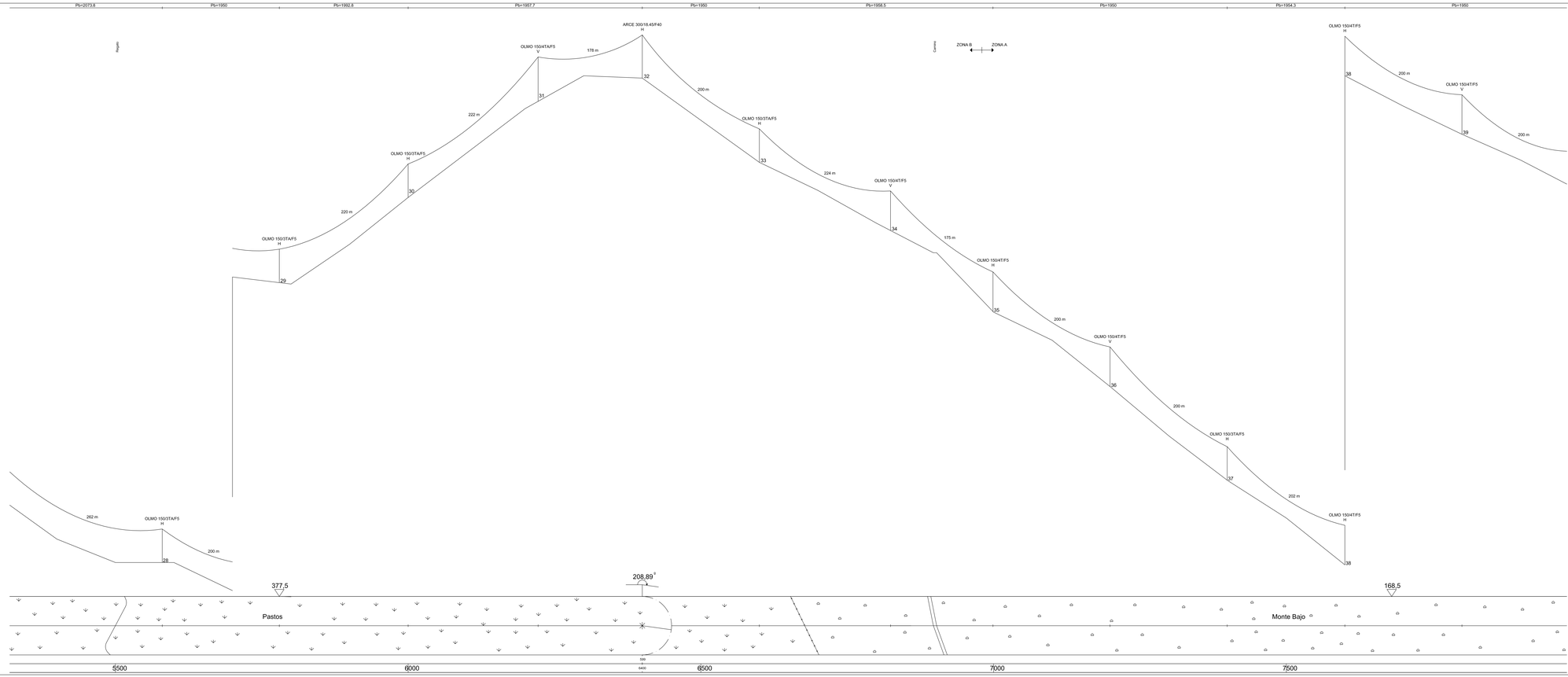
ZONAS: B - A

PLANO DE COMPARACION

PLANTA

COTAS DEL TERRENO

DISTANCIAS AL ORIGEN



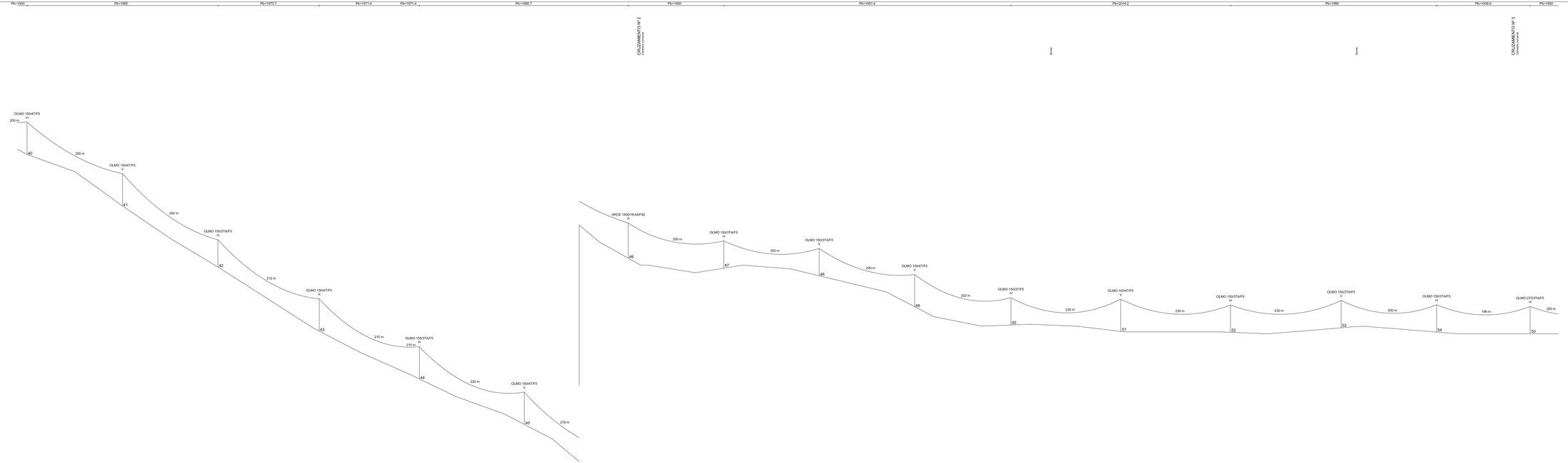
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Meza	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA ARTICHOS 24 A 34	Estado del documento: Editado	
	ESCALA: V : 1/500 H : 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 7

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

ZONAS: A



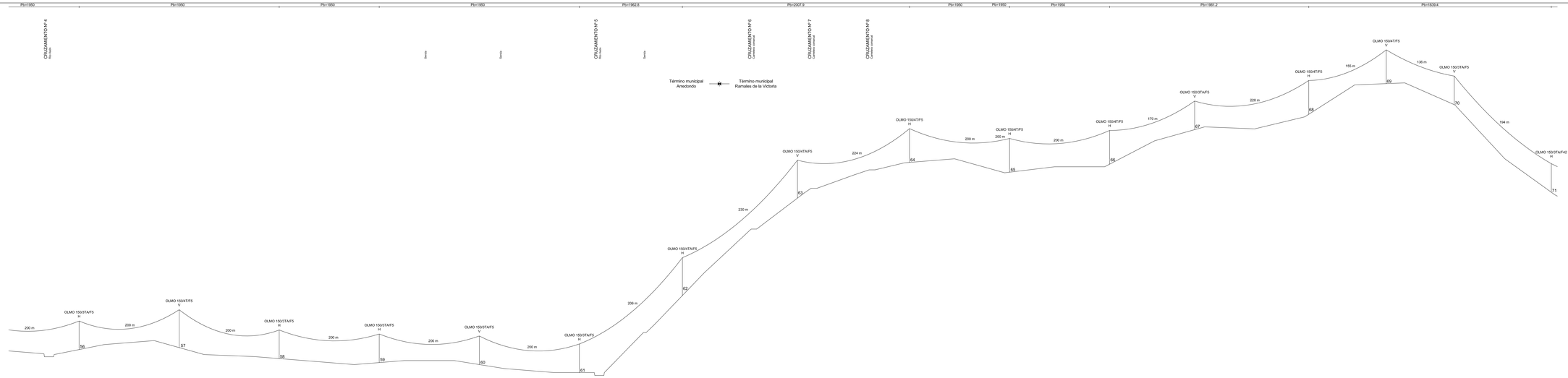
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS 40 A 55		Estado del documento: Editado	
	ESCALA: V : 1/500 H : 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES / Hoja: 8

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

ZONAS: A

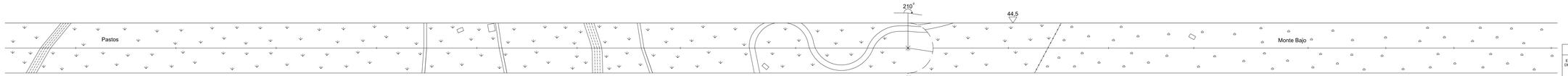


PLANO DE COMPARACION

PLANTA

COTAS DEL TERRENO

DISTANCIAS AL ORIGEN



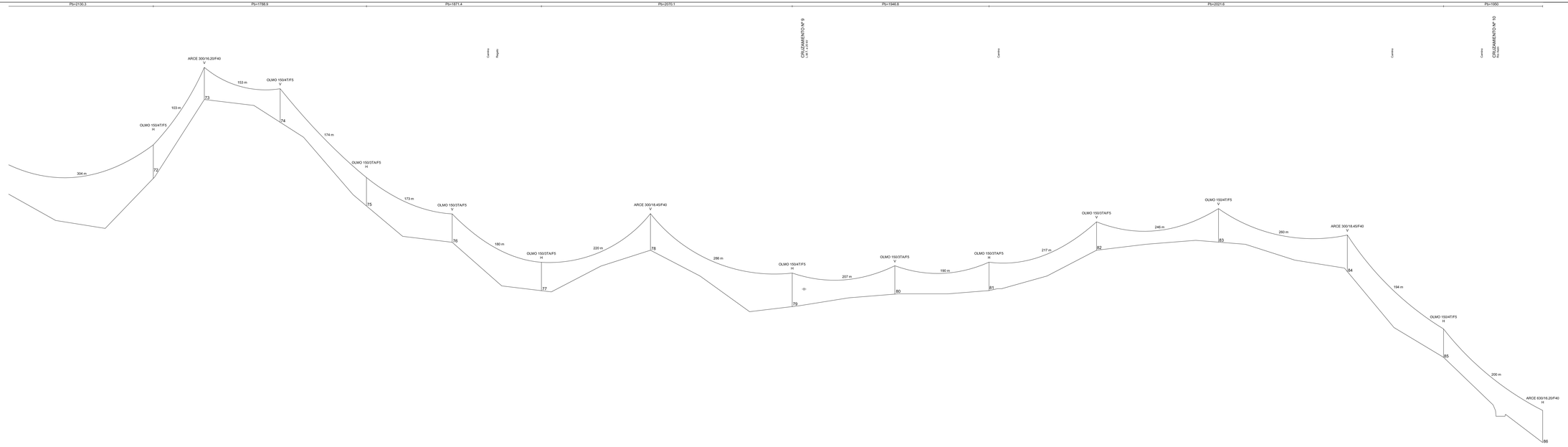
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Miguel-Angel Cobo Pliasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza	
	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS M, A Y I.	Estado del documento: Editado	
	ESCALA: V.: 1/500 H.: 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013
		Idioma: ES	Hoja: 9

CONDUCTOR: LA-180

CABLE DE TIERRA: T-50

EDS: 12%

ZONAS: A

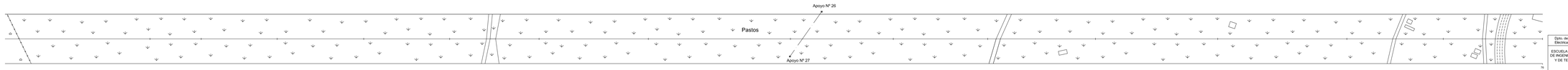


PLANO DE COMPARACION

PLANTA

COTAS DEL TERRENO

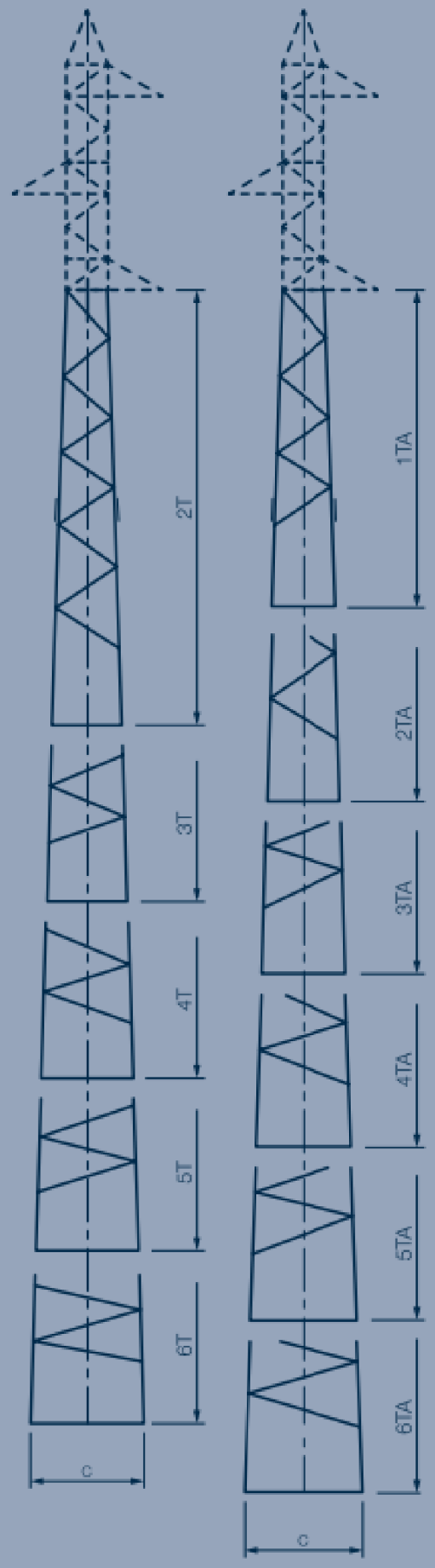
DISTANCIAS AL ORIGEN



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Miguel-Angel Cobo Pliasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza
	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS 72 A 86		Estado del documento: Editado
	ESCALA: V.: 1/500 H.: 1/2000	Rev: A	Fecha: Febrero 2013
		Idioma: ES	Hoja: 10

SERIE OLMO

ALTURAS

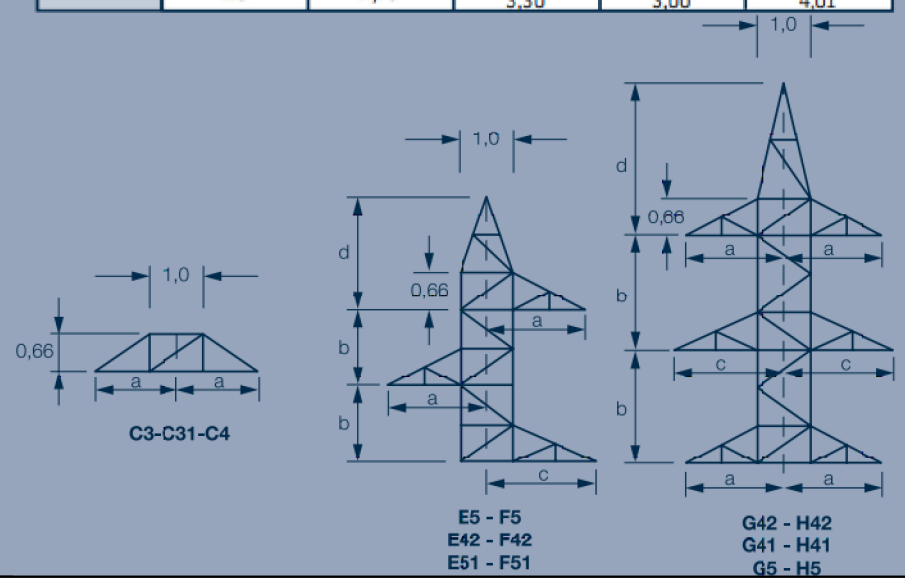


Las altura totales de los fustes son las siguientes. Se indica la anchura "c" del fuste en la base del mismo:

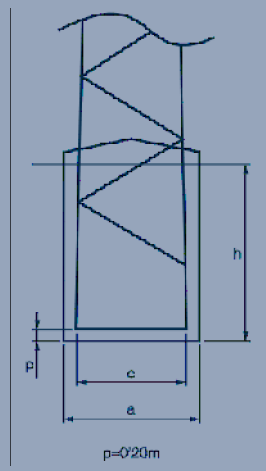
Altura OLMO	Dimensión	Cotas (mts.)					
		140/150	200	275	350	400	610
1TA	*H* total	7,00	7,25	7,30	7,35	7,45	7,55
	c	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,25
	H útil K=12	***5,65***	***5,75***	***5,70***	***5,65***	***5,65***	***5,60***
2T	*H* total	9,80	9,80	9,80	9,80	9,85	9,60
	c	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30
	H útil K=12	***8,35***	***8,20***	***8,10***	***8,00***	***7,95***	***7,50***
2TA	*H* total	11,65	11,95	12,00	12,10	12,25	12,20
	c	1,34	1,35	1,36	1,60	1,36	1,37
	H útil K=12	***10,20***	***10,30***	***10,30***	***10,25***	***10,25***	***9,95***
3T	*H* total	14,30	14,30	14,35	14,40	14,40	14,15
	c	1,40	1,40	1,41	1,41	1,41	1,42
	H útil K=12	***12,75***	***12,60***	***12,50***	***12,40***	***12,40***	***11,80***
3TA	*H* total	16,25	16,60	16,65	16,70	16,85	16,90
	c	1,46	1,47	1,47	1,48	1,49	1,49
	H útil K=12	***14,65***	***14,80***	***14,70***	***14,65***	***14,60***	***14,40***
4T	*H* total	18,90	18,90	18,98	19,00	19,00	18,65
	c	1,52	1,52	1,53	1,52	1,53	1,53
	H útil K=12	***17,25***	***17,05***	***16,90***	***16,75***	***16,70***	***16,05***
4TA	*H* total	20,95	21,25	21,35	21,45	21,55	21,70
	c	1,58	1,59	1,59	1,59	1,61	1,62
	H útil K=12	***19,30***	***19,25***	***19,25***	***19,20***	***19,15***	***19,05***
5T	*H* total	23,45	23,45	23,50	23,50	23,50	23,20
	c	1,63	1,63	1,64	1,64	1,64	1,66
	H útil K=12	***21,70***	***21,50***	***21,35***	***21,10***	***21,05***	***20,45***
5TA	*H* total	25,60	25,90	26,00	26,05	26,10	26,20
	c	1,69	1,70	1,72	1,72	1,73	1,75
	H útil K=12	***23,85***	***23,90***	***23,80***	***23,70***	***23,60***	***23,35***
6T	*H* total	27,75	27,75	27,75	27,75	27,80	27,75
	c	1,74	1,74	1,75	1,75	1,76	1,78
	H útil K=12	***25,90***	***25,60***	***25,50***	***25,40***	***25,30***	***24,90***
6TA	*H* total	29,95	30,25	30,30	30,40	30,50	30,75
	c	1,80	1,82	1,84	1,83	1,85	1,87
	H útil K=12	***28,05***	***28,20***	***28,05***	***28,00***	***27,95***	***27,85***

ARMADOS

		DIMENSIONES (mts)			
		a	b	c	d
ARMADOS	C3	1,80	-	-	-
	C31	2,00	-	-	-
	C4	2,30	-	-	-
	F5	2,00	1,32	2,30	3,01
	F42	2,00	2,02	2,30	3,01
	F51	2,70	2,02	3,00	4,01
	H42	2,00	2,02	2,30	3,01
	H41	2,00	2,66	2,30	3,01
	H5	2,70	3,30	3,00	4,01



CIMENTACIONES



Altura		Apoyos OLMO (K=10 Kg/cm³)			
		150	275	400	610
1TA	h	1.80	1.95	2.30	2.45
	a	1.45	1.45	1.50	1.55
	V	3.75	4.10	5.18	5.89
2T	h	1.85	2.05	2.30	2.55
	a	1.55	1.55	1.80	1.65
	V	4.44	4.93	5.89	6.94
2TA	h	1.85	2.10	2.40	2.65
	a	1.65	1.65	1.70	1.75
	V	5.04	5.72	6.94	8.12
3T	h	1.95	2.20	2.50	2.80
	a	1.70	1.70	1.75	1.80
	V	5.64	6.36	7.66	9.07
3TA	h	1.95	2.30	2.60	2.90
	a	1.75	1.75	1.80	1.85
	V	5.97	7.04	8.42	9.93
4T	h	2.00	2.40	2.70	3.00
	a	1.80	1.80	1.85	1.90
	V	6.48	7.78	9.24	10.83
4TA	h	2.00	2.50	2.60	3.10
	a	1.85	1.85	1.90	1.95
	V	6.85	8.56	10.11	11.79
5T	h	2.05	2.55	2.90	3.20
	a	1.90	1.90	1.95	2.00
	V	7.40	9.21	11.03	12.80
5TA	h	2.10	2.60	2.90	3.20
	a	2.00	2.00	2.10	2.10
	V	8.40	10.40	12.79	14.11
6T	h	2.10	2.65	2.90	3.25
	a	2.10	2.10	2.20	2.20
	V	9.26	11.69	14.04	15.73
6TA	h	2.15	2.65	2.95	3.30
	a	2.20	2.20	2.30	2.30
	V	10.41	12.83	16.64	17.46

RESISTENCIA MECÁNICA

Armado	Esfuerzo útil horizontal	OLMO			
		150	275	400	610
C	F	1745	3250	4770	6485
	S	2305	3570	5010	7260
E5/F5	F	1665	3100	4555	6190
	S	2200	3410	4780	6930
E42/F42	F	1625	3030	4450	6050
	S	2150	3330	4670	6770
E51/F51	F	1600	2980	4380	5950
	S	2115	3280	4595	6660
G41/H41	F	1550	2890	4245	5765
	S	2050	3175	4455	6455
G5/H5	F	1425	2665	3900	5300
	S	1880	2920	4090	5930

Esfuerzo longitudinal de rotura	OLMO			
	150	275	400	610
T	2000	2000	2000	2375
t	2000	2000	2000	2000

Con:

F: Esfuerzo útil con viento de 120 Km/h con coef. de seg. de 1.5.

S: Esfuerzo útil sin viento con coef. de seg. de 1.5.

T: Esfuerzo longitudinal correspondiente a la rotura de un conductor con coef. de seg. de 1.2, aplicado en el extremo de la cruceta.

t: Ídem para la rotura del cable de tierra.

Cargas verticales:

Con el esfuerzo F: 420 Kg por conductor
180 Kg el cable de tierra.

Con el esfuerzo S: 985 Kg por conductor
630 Kg el cable de tierra.

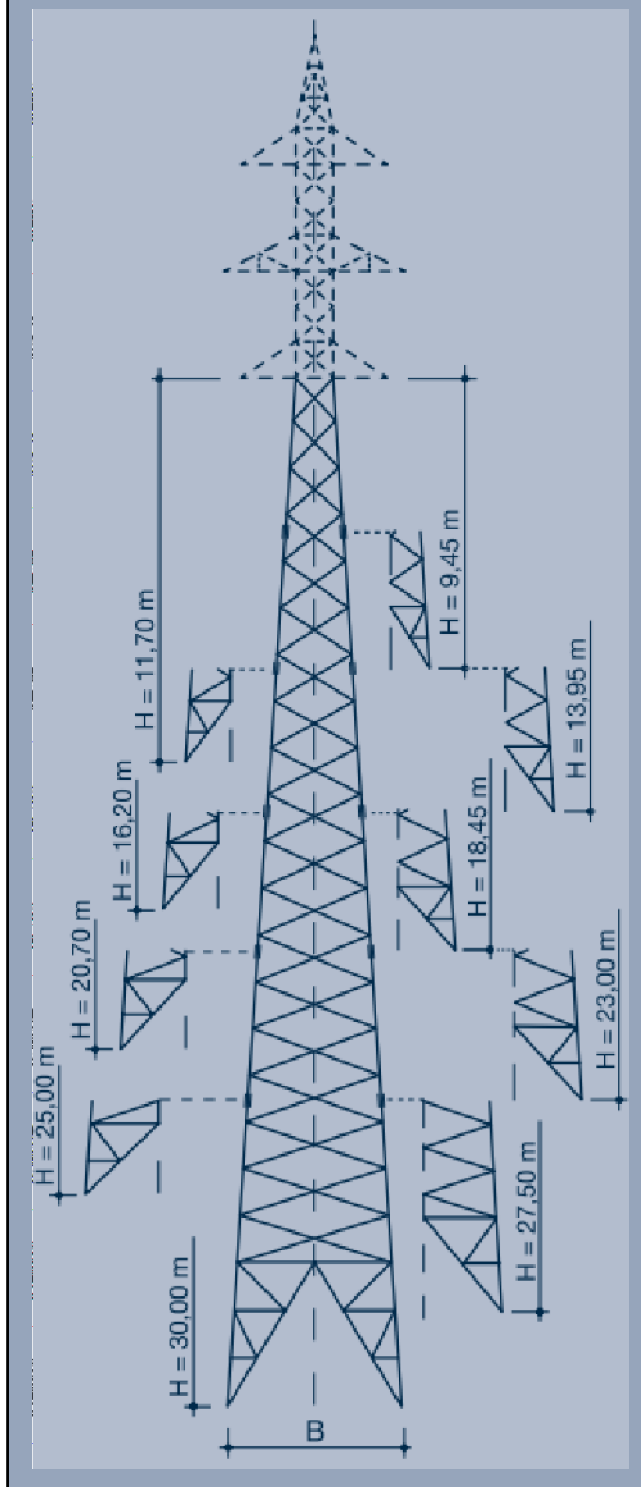
Con el esfuerzo T: 985 Kg por conductor intacto.
690 Kg el conductor roto.
630 Kg el cable de tierra.

Con el esfuerzo t: 985 Kg por conductor
440 Kg el cable de tierra roto.

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: APOYO METÁLICO SERIE OLMO		Estado del documento: Editado		
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 11

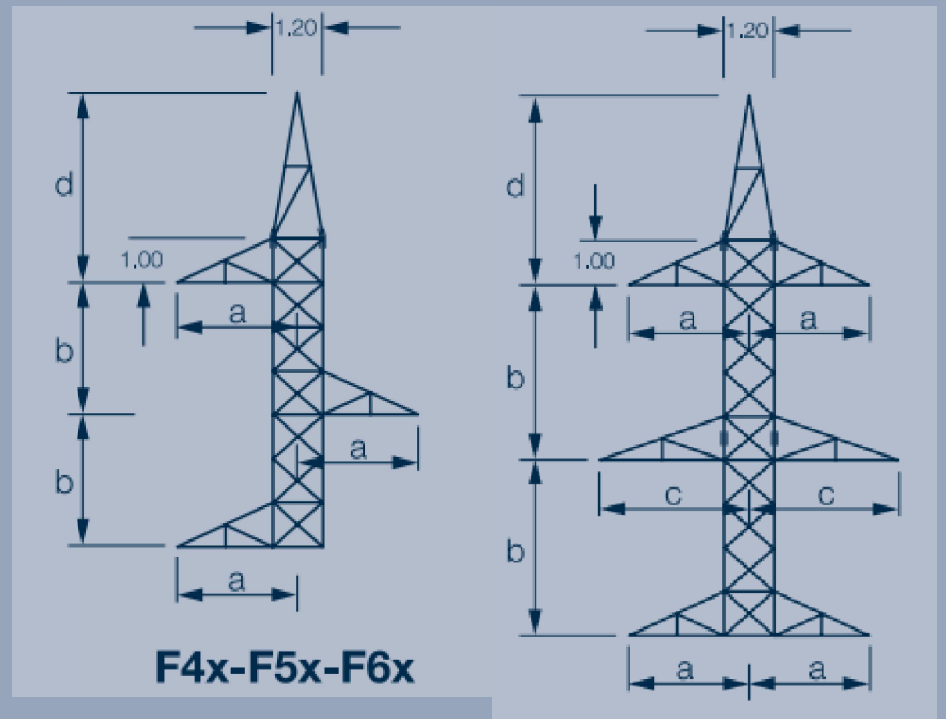
SERIE ARCE

ALTURAS



ARMADOS

Altura FUSTE	Cotas (m)			
	a	b	c	d
F40	2,40	2,00	-	3,70
F42	2,90	2,00	-	4,30
F43	3,10	2,00	-	4,30
F50	2,40	2,50	-	3,70
F52	2,90	2,50	-	4,30
F53	3,10	2,50	-	4,30
F60	2,40	3,00	-	3,70
F62	2,90	3,00	-	4,30
F63	3,10	3,00	-	4,30
H20	2,40	2,00	2,40	3,70
H22	2,90	2,00	2,90	4,30
H23	3,10	2,00	3,10	4,30
H250	2,40	2,50	2,40	3,70
H252	2,90	2,50	2,90	4,30
H253	3,10	2,50	3,10	4,30
H30	2,40	3,00	2,90	3,70
H31	2,40	3,00	3,10	3,70
H32	2,90	3,00	3,10	4,30
H40	2,90	4,00	3,60	4,30
H41	3,10	4,00	3,60	4,30



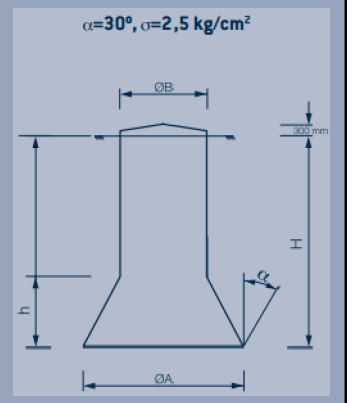
Los valores de las anchuras de las bases (B) para las distintas alturas se indican en el siguiente cuadro en metros:

Hu	9,45	11,70	13,95	16,20	18,45	20,70	23,00	25,00	27,50	30,00
B	2,45	2,75	3,05	3,35	3,65	3,95	4,25	4,55	4,85	5,20

CIMENTACIONES

- **Cimentación tipo "pata de elefante":**

Apoyo	Altura (m)	D (m)	d (m)	H (m)	h (m)	V (m³)
ARCE 300	9,45 - 13,95	1,30	0,90	1,70	0,40	1,21
	16,20 - 18,45	1,30	0,90	1,80	0,40	1,27
	20,70 - 23,00	1,30	0,90	1,90	0,40	1,34
	25,00-27,50	1,30	0,90	1,95	0,40	1,37
	30,00	1,30	0,90	1,95	0,40	1,37
ARCE 630	9,45 - 13,95	1,40	1,00	2,30	0,40	1,95
	16,20 - 18,45	1,40	1,00	2,35	0,40	1,99
	20,70 - 23,00	1,40	1,00	2,45	0,40	2,07
	25,00-27,50	1,40	1,00	2,50	0,40	2,11
	30,00	1,40	1,00	2,50	0,40	2,11
ARCE 900	9,45 - 13,95	1,60	1,00	2,65	0,55	2,40
	16,20 - 18,45	1,60	1,00	2,70	0,55	2,43
	20,70 - 23,00	1,60	1,00	2,75	0,55	2,47
	25,00-27,50	1,60	1,00	2,80	0,55	2,51
	30,00	1,60	1,00	2,85	0,55	2,55
ARCE 1400	9,45 - 13,95	1,90	1,20	3,05	0,65	3,96
	16,20 - 18,45	1,90	1,20	3,10	0,65	4,02
	20,70 - 23,00	1,90	1,20	3,15	0,65	4,08
	25,00-27,50	1,90	1,20	3,20	0,65	4,13
	30,00	1,90	1,20	3,25	0,65	4,19
ARCE 1800	9,45 - 13,95	2,00	1,20	3,40	0,70	4,49
	16,20 - 18,45	2,00	1,20	3,45	0,70	4,54
	20,70 - 23,00	2,10	1,20	3,40	0,80	4,70
	25,00-27,50	2,10	1,20	3,45	0,80	4,75
	30,00	2,10	1,20	3,50	0,80	4,80



RESISTENCIA MECÁNICA

Armado	Esfuerzo útil horizontal	ARCE 300	630	900	1400	1800
F40/E40	F	3125	6000	9000	14000	18000
F42/E42	S	3560	6610	9530	14400	18000
F60/E60 F62/E62 H30/G30	F	2665	5140	8145	11800	15355
	S	3100	5840	8375	12370	15355
H40/G40	F	2180	4195	6410	10130	14325
	S	2420	4465	6990	10400	14325

Armado	Esfuerzo longitudinal de rotura	ARCE 300	630	900	1400	1800
F40	T	2620	2620	5125	5125	5125
F60	t	2000	2000	2300	2300	2300
F42 F62 H30	T	2300	2300	4500	4500	4500
	t	2000	2000	2300		
H40	T	2000	2000	3850	3850	3850
	t	2000	2000	2300	2300	2300

Con:

F: Esfuerzo útil con viento de 120 Km/h con coef. de seg. de 1.5.

S: Esfuerzo útil sin viento con coef. de seg. de 1.5.

T: Esfuerzo longitudinal correspondiente a la rotura de un conductor con coef. de seg. de 1.2, aplicado en el extremo de la cruceta.

t: Ídem para la rotura del cable de tierra.

Cargas verticales:

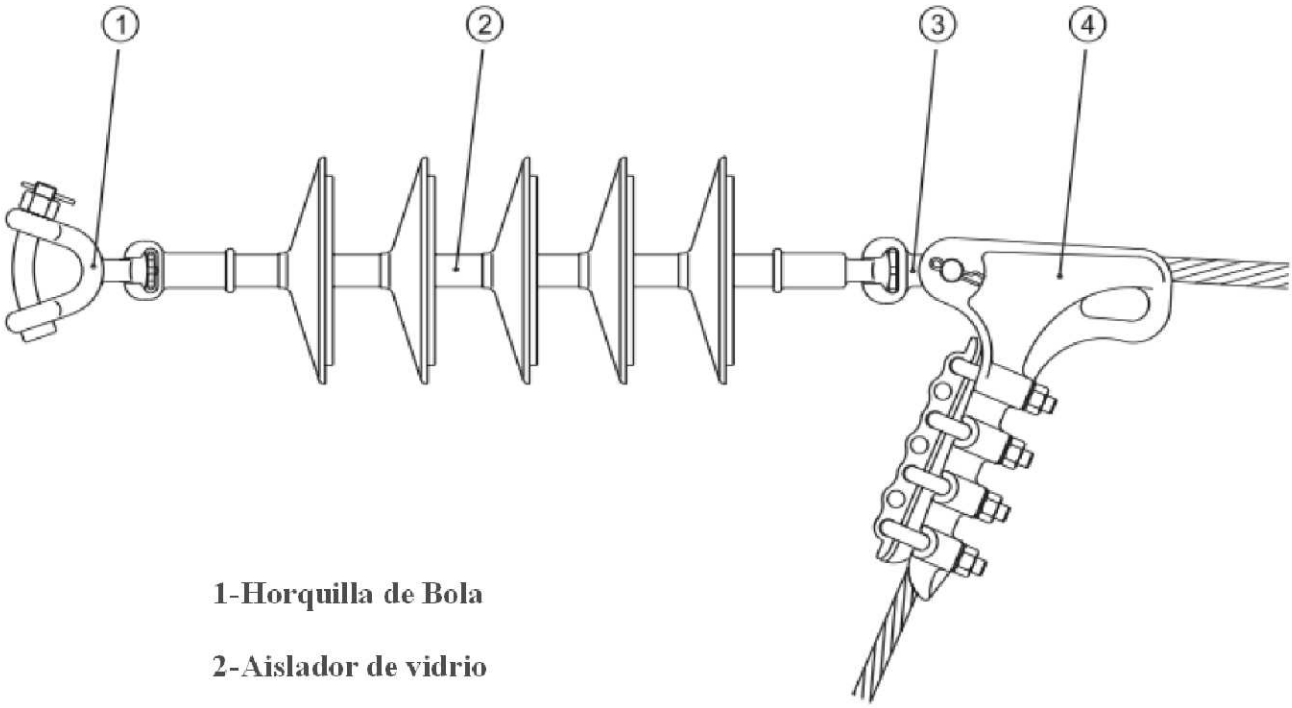
Con el esfuerzo F: 650 Kg por conductor
240 Kg el cable de tierra.

Con el esfuerzo S: 1265 Kg por conductor
710 Kg el cable de tierra.

Con el esfuerzo T: 1265 Kg por conductor intacto.
885 Kg el conductor roto.
710 Kg el cable de tierra.

Con el esfuerzo t: 1265 Kg por conductor
500 Kg el cable de tierra roto.

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia		Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: APOYO METÁLICO SERIE ARCE		Estado del documento: Editado	
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES / Hoja: 12



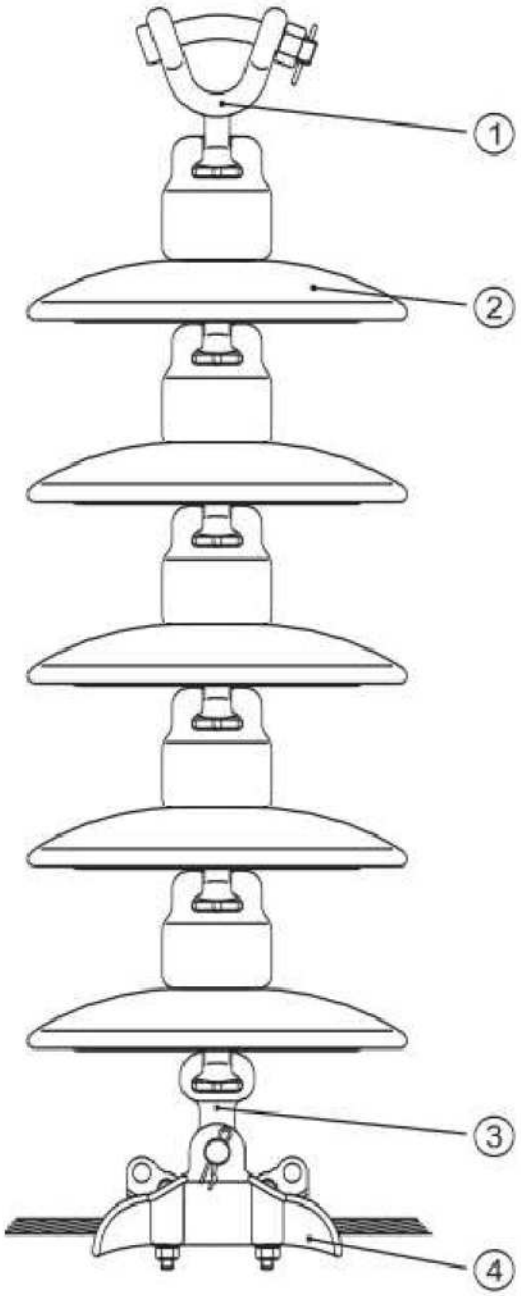
1-Horquilla de Bola

2-Aislador de vidrio

3-Alojamiento de rótula

4-Grapa de amarre

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: CADENA AMARRE CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 13



1-Horquilla de Bola

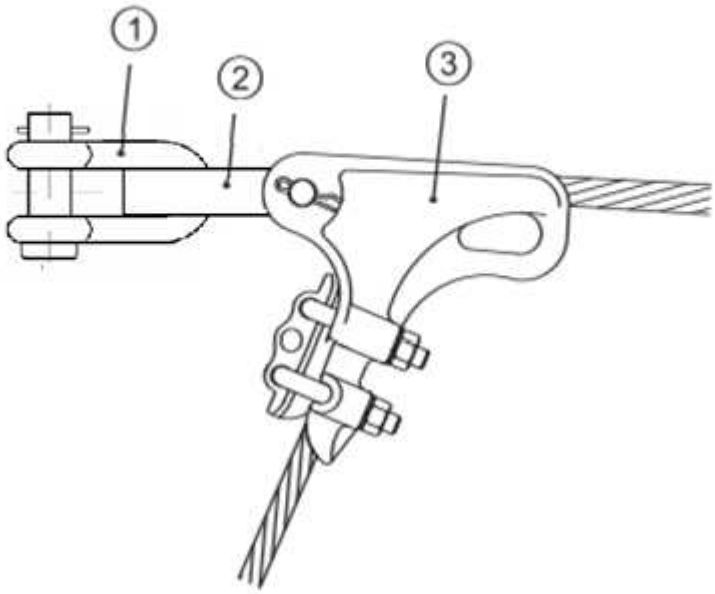
2-Aislador de vidrio

3-Alojamiento de rótula

4-Grapa de suspensión

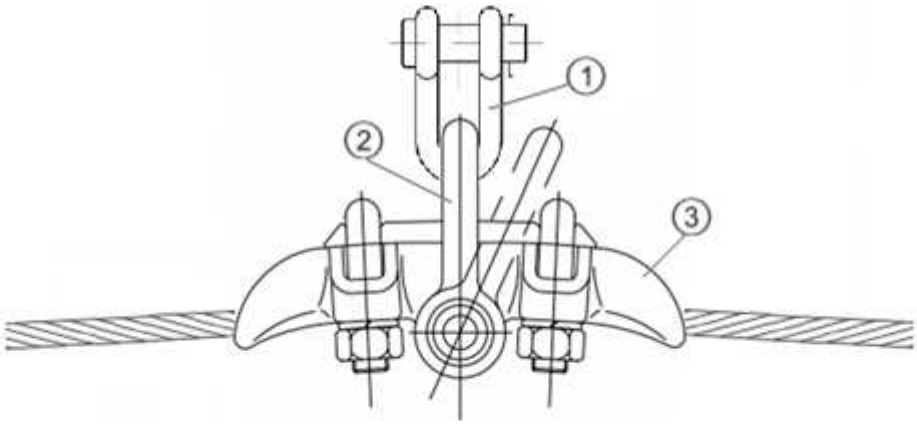
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: CADENA SUSPENSIÓN CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 14

CADENA AMARRE CABLE DE TIERRA



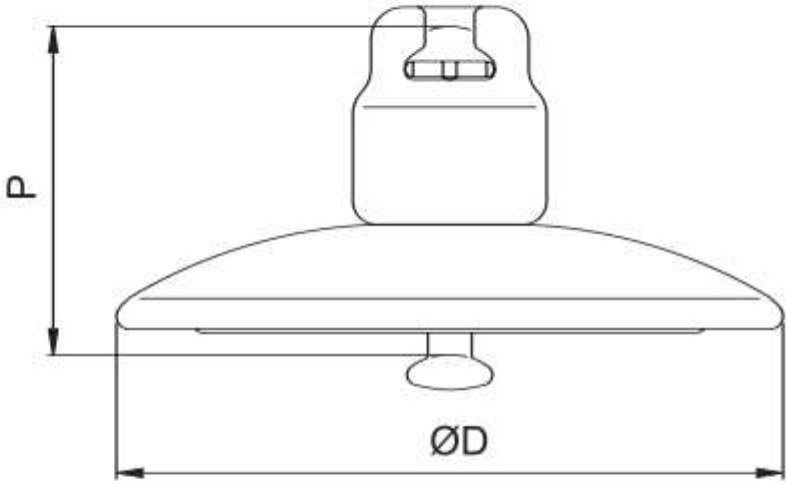
MARCA	DESIGNACIÓN	Ud.
1	Grillete recto	1
2	Eslabón Revirado	1
3	Grapa de amarre	1

CADENA SUSPENSIÓN CABLE DE TIERRA



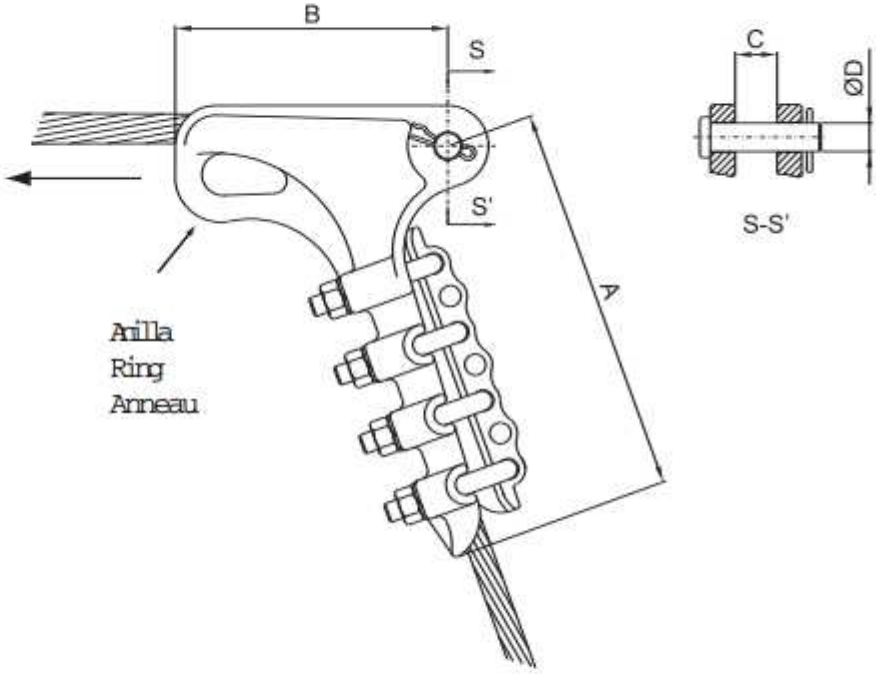
MARCA	DESIGNACIÓN	Ud.
1	Grillete recto	1
2	Eslabón Revirado	1
3	Grapa de suspensión	1

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: CADENAS DE CABLES DE TIERRA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 15



Tipo	Dimensiones mm		Línea de fuga mm	Norma de acoplamiento CEI 60 120	Carga rotura kN	Peso Kg
	P	D				
U 70 BS	127	255	295	16	70	3.5

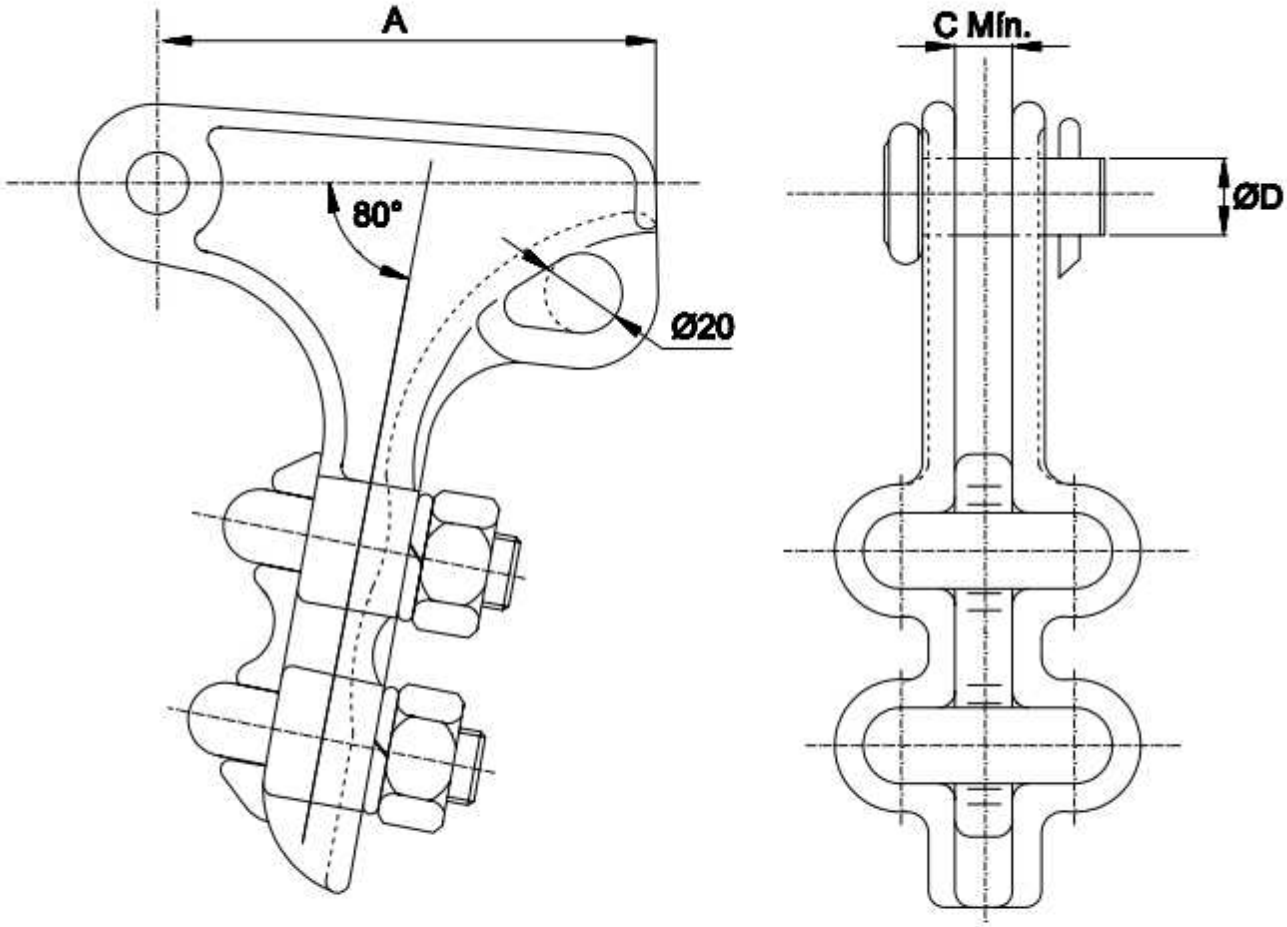
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: AISLADOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 16



Tipo	Dimensiones mm				N° Abarcones	Par de apriete daN.m	Ø Conductor mm		Carga rotura UTS kN	Carga de rotura de la anilla kN	Peso kg
	A	B	C	D			Min.	Max.			
GA 3	240	170	22	16	4xM12	4.5	16	20	80	31	1.80

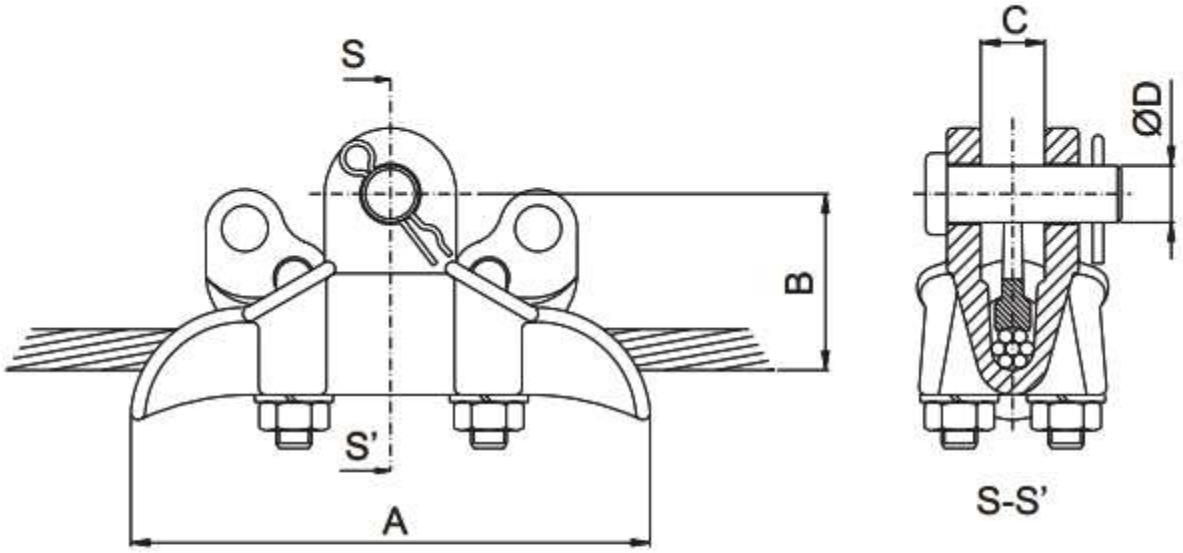
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: GRAPA DE AMARRE CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 17

GRAPA DE AMARRE NORMAL HILO DE TIERRA



Designación	Dimensiones mm			Carga de rotura mínima daN	Peso kg
	A (aprox.)	C (min.)	Ø D		
GAT	130	19	16	10000	0.46

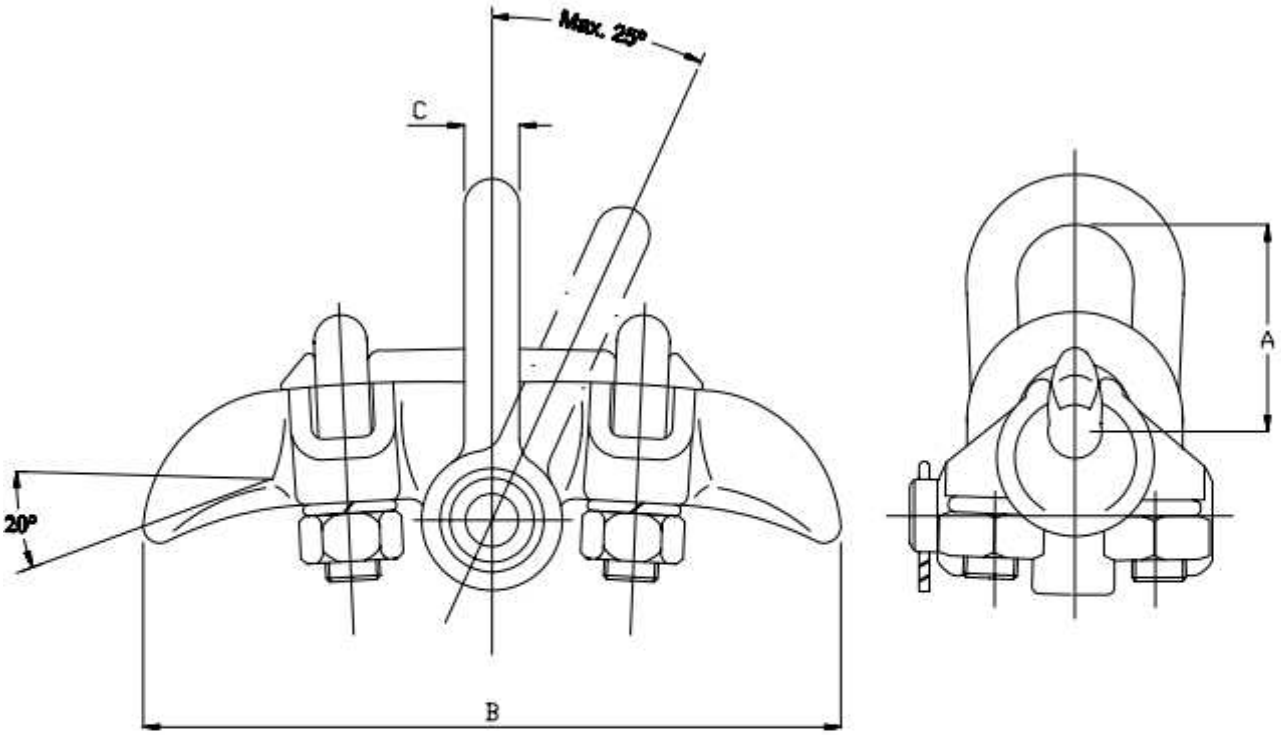
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: GRAPA AMARRE CABLE TIERRA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 18



Tipo	Dimensiones mm				N° Abarcones	Par de apriete daN.m	Ø Conductor mm		Carga rotura UTS kN	Peso kg
	A	B	C	D			Min.	Max.		
GS 3	210	71.5	27	16	2xM12	4	17	23	70	1.18

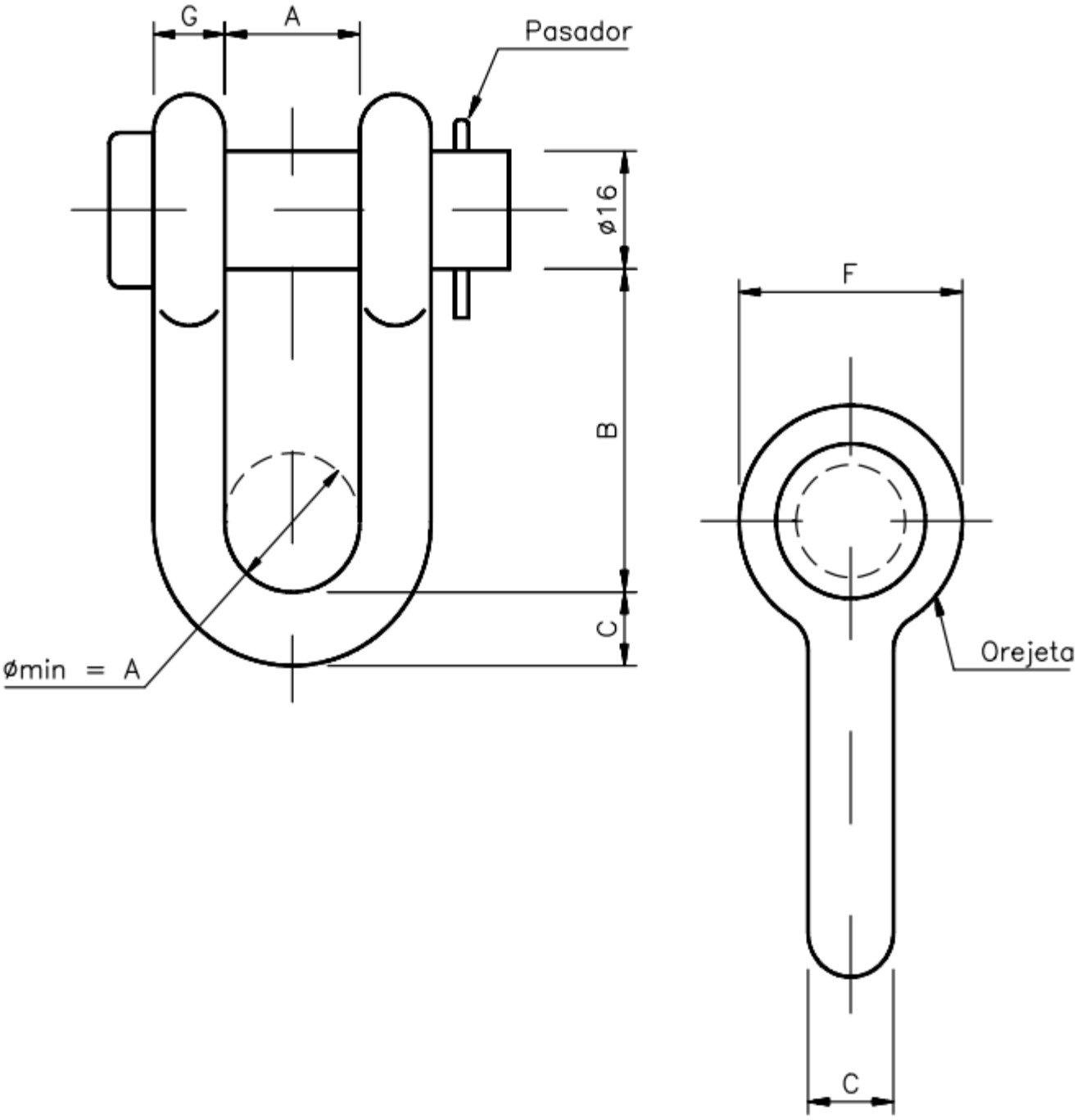
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: GRAPA DE SUSPENSIÓN CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 19

GRAPA DE SUSPENSION HILO DE TIERRA



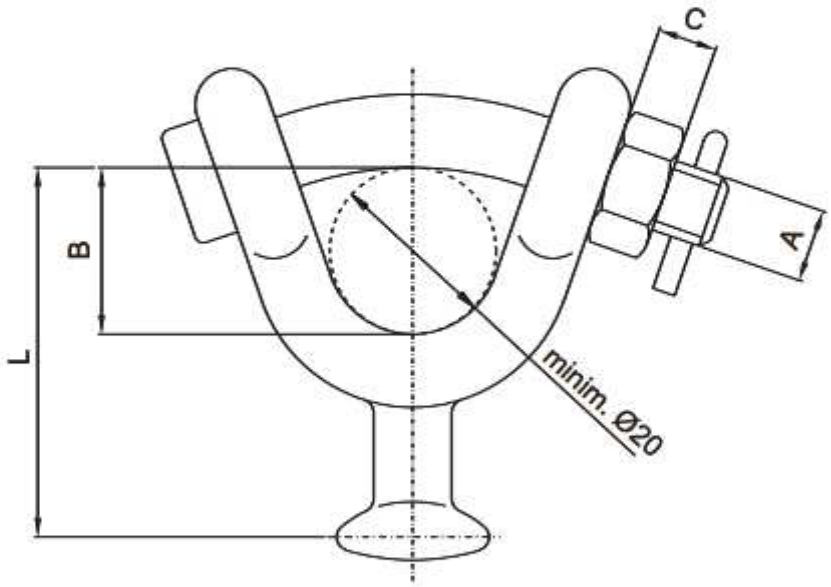
Designación	Dimensiones mm						Carga de rotura mínima kg	Peso kg
	A		B		C			
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	-	-		
GST	52		160		13		8000	0.46

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: GRAPA SUSPENSIÓN CABLE TIERRA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 20



Designación	Dimensiones (mm)							Carga de rotura mínima Kg	Peso Kg
	A		B		C		F		
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Máximo		
GN o GNT	19	28	57	93	12	26	59	7650	0.4

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: GRILLETE RECTO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 21



Tipo	Dimensiones mm				Norma de acoplamiento	Carga de rotura UTS	Peso
	A	B	C	L	CEI 60120	kN	kg
HB 16	M16	40	15	82	16	100	0.750

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: HORQUILLA DE BOLA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 22

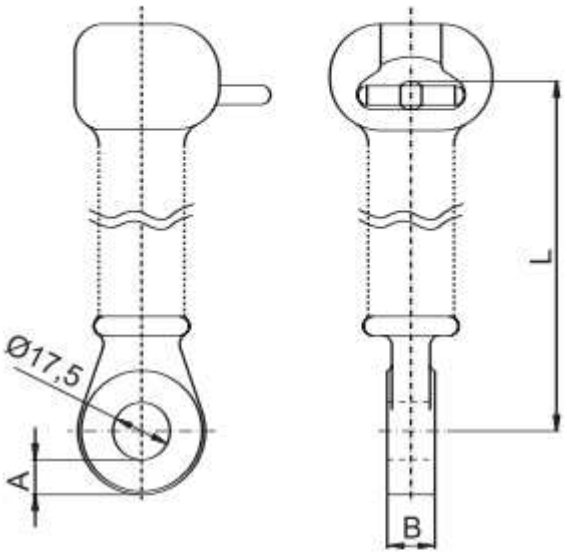


Fig. 5

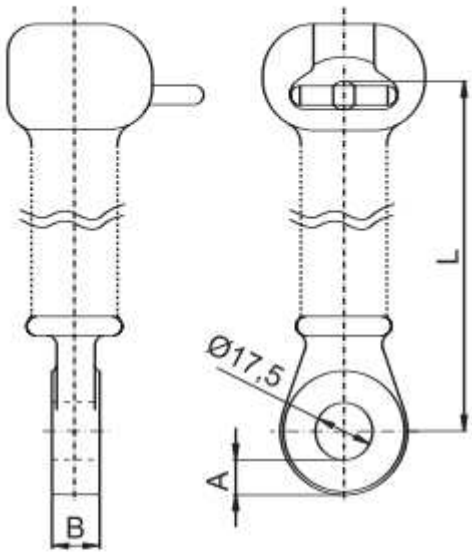
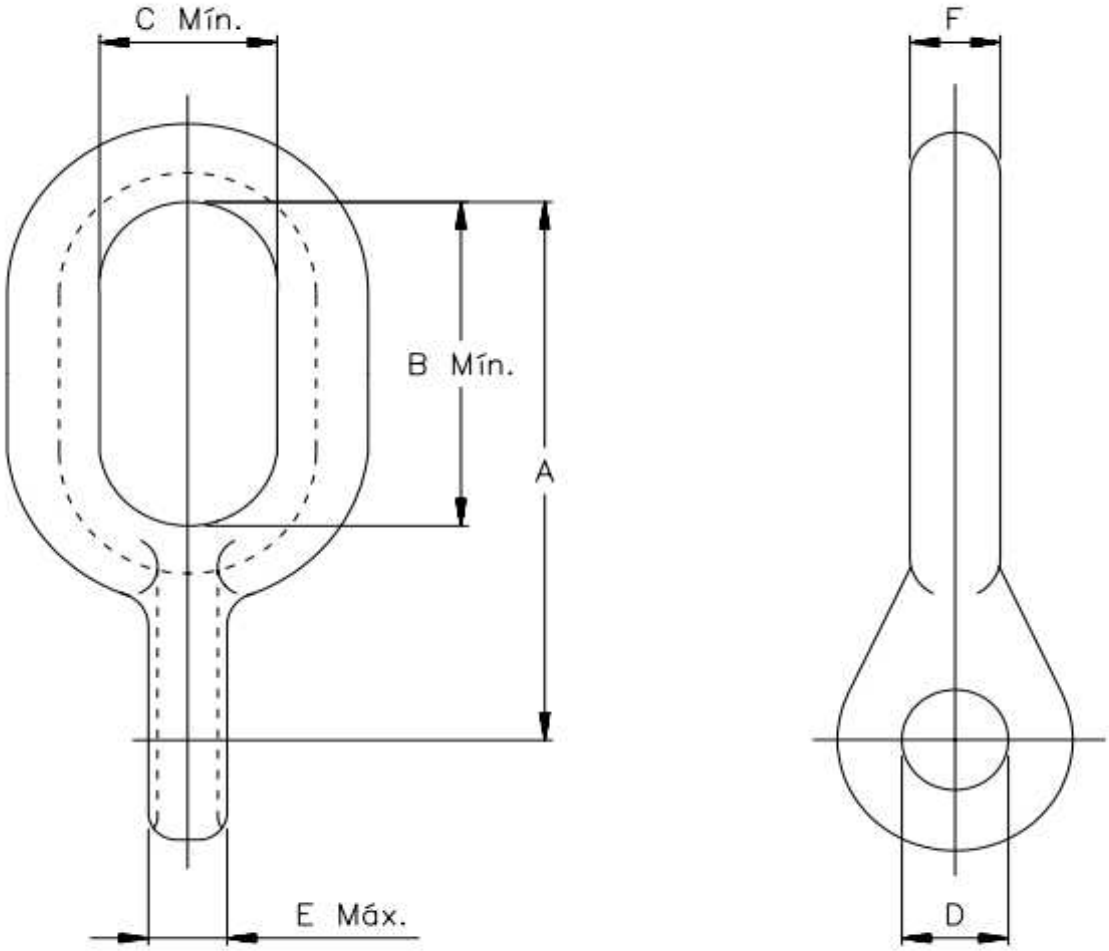


Fig. 6

Tipo	Dimensiones mm			Norma de acoplamiento CEI 60 120	Carga de rotura UTS kN	Peso aprox. kg	Fig.
	A	B	L				
R16	11	15	50.5	16 A	110	0.510	6
R16P	11	15	110.5	16 A	110	0.640	5

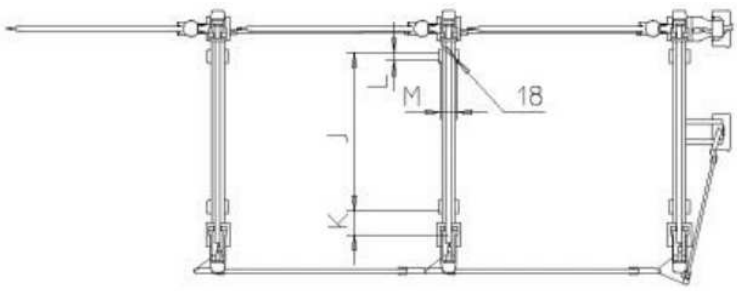
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: ALOJAMIENTO DE RÓTULA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 23

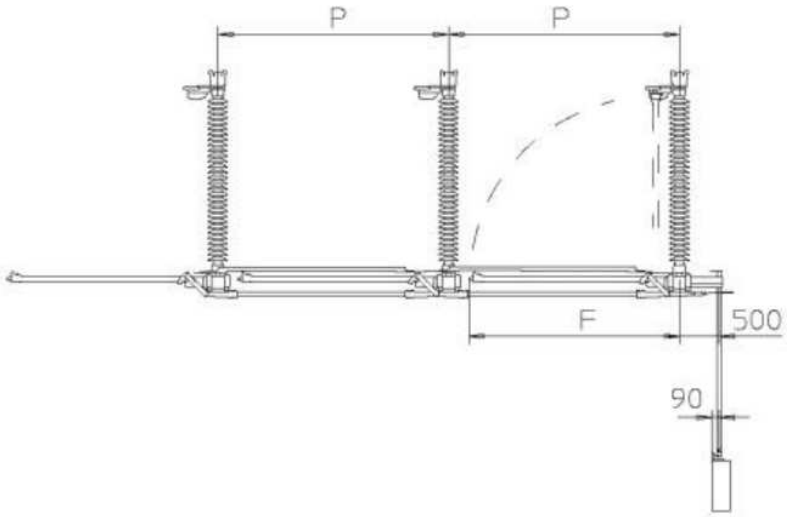
ESLABÓN REVIRADO

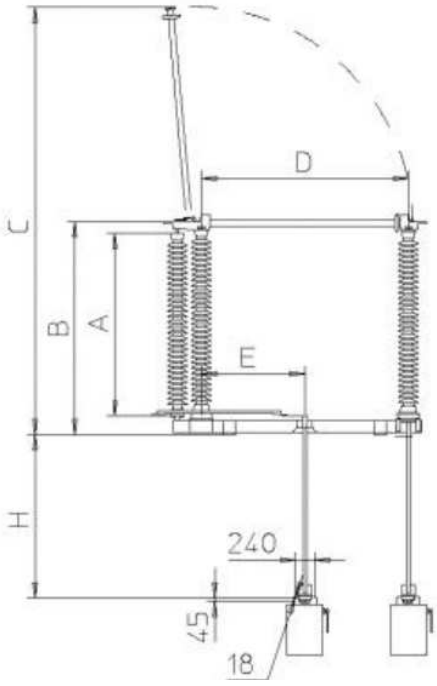


Designación	Dimensiones mm						Carga de rotura mínima kg	Peso kg
	A	B	C	D	E	F		
	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.	Mín.		
ESPR	100	58	28	17.5	14.5	14	7650	0.475

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: ESLABÓN REVIRADO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 24

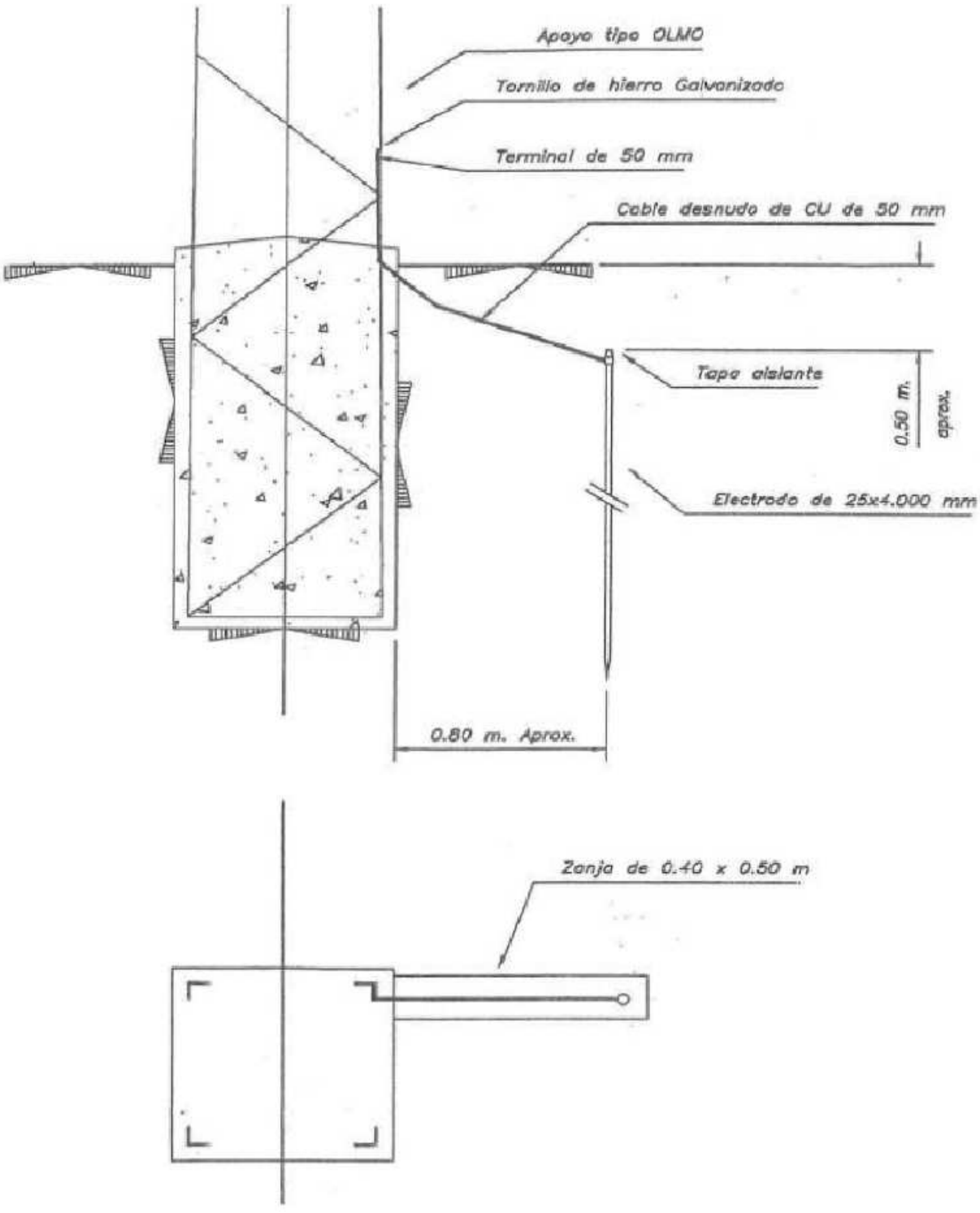






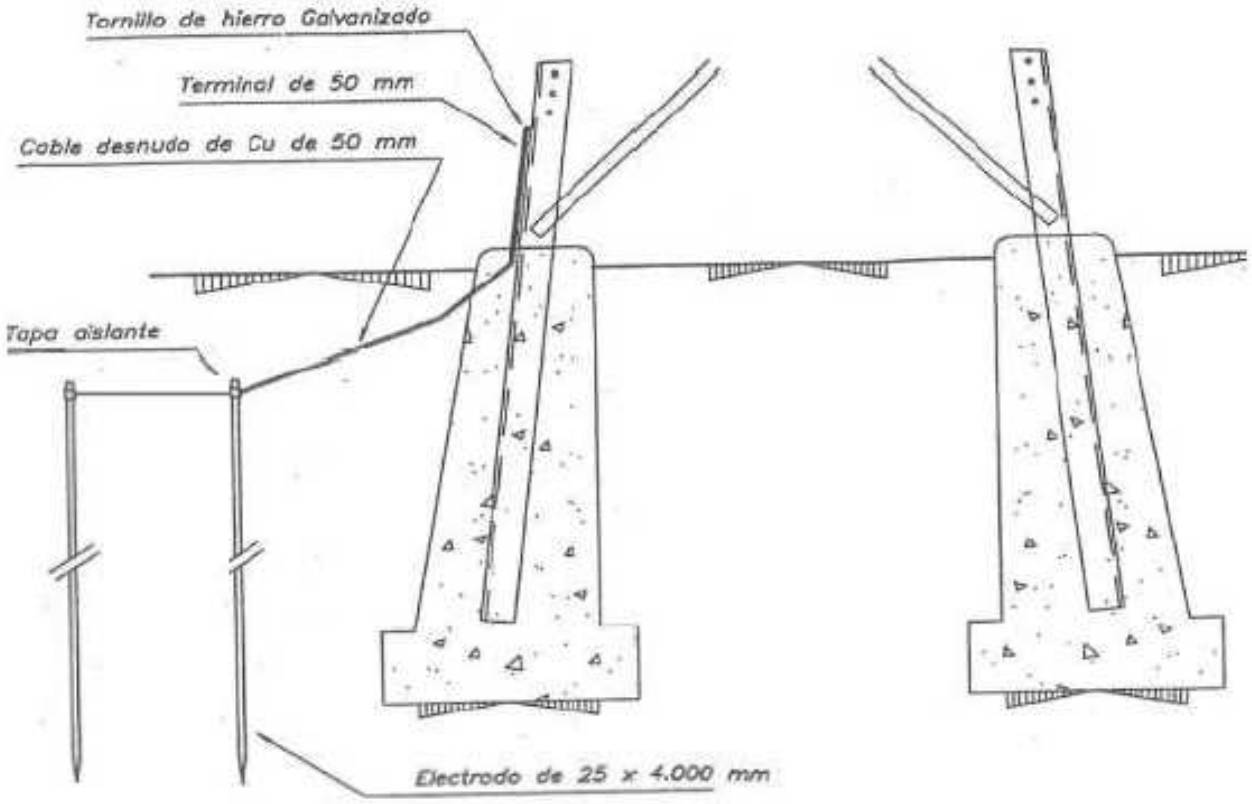
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: SECCIONADOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 25

TOMA DE TIERRA EN APOYO TIPO OLMO (UNA PICA)



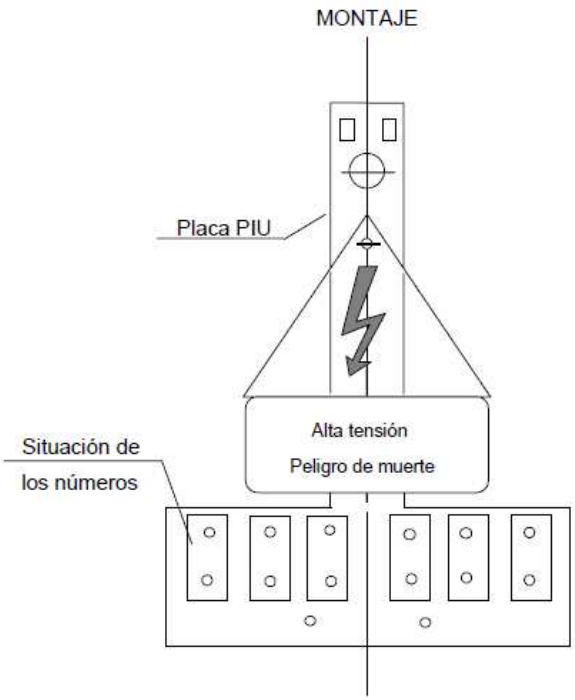
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PUESTA A TIERRA APOYO OLMO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 26

TOMA DE TIERRA EN APOYO TIPO ARCE
(DOS PICAS)

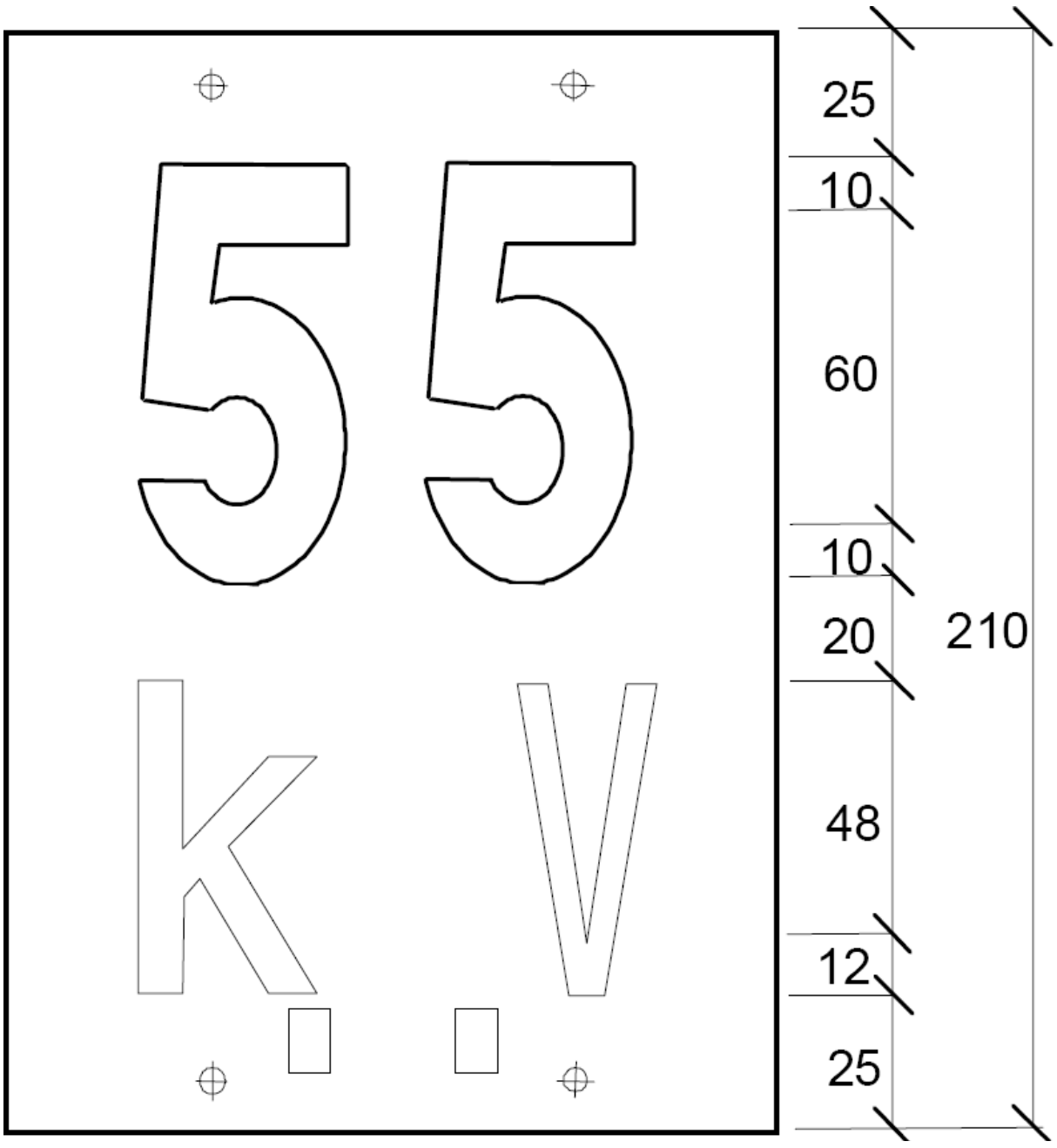


Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PUESTA A TIERRA APOYO ARCE	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 27

Dimensiones en mm

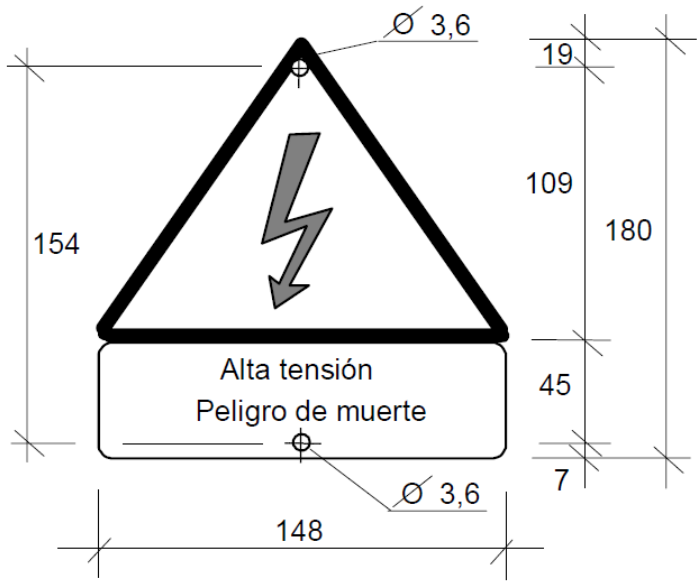


Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: DÍGITOS NUMERACIÓN APOYOS	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 28

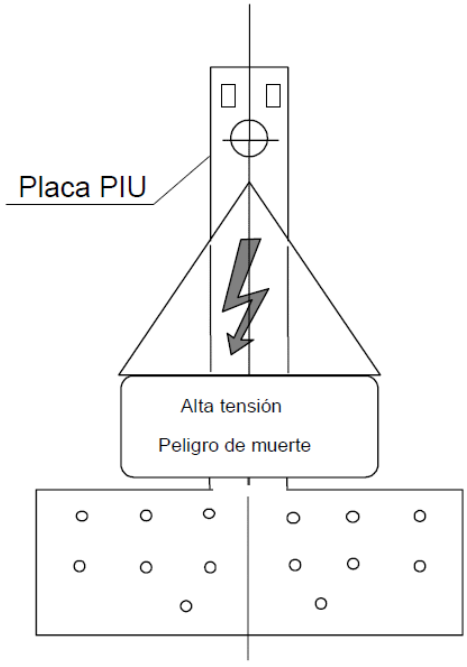


Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PLACA TEN-55	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 29

Dimensiones en mm



MONTAJE



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Miguel Ángel Cobo Plasencia	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PLACA CE-14	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Febrero 2013	Idioma: ES	Hoja: 30

Santander, a Junio de 2013

Fdo: Miguel Ángel Cobo Plasencia

PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

Página

1.- CONDICIONES GENERALES 1
1.1) OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO 1
1.2) NORMATIVA APLICABLE 1
1.3) OBRAS A REALIZAR 2
1.4) MATERIALES 3
1.5) RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS 4
1.6) PERSONAL 4
1.7) EJECUCIÓN DE OBRAS 4
1.8) OBRAS ACCESORIAS 5
1.9) INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO 5
1.10) RESPONSABILIDADES 6
1.11) AMPLITUD DE LA CONTRATA 7
1.12) CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS 7
2.- CONDICIONES ADMINISTRATIVAS 7
2.1) ADJUDICACIÓN DE OBRAS 7
2.2) EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 8
2.3) PRORROGAS 9
2.4) RESPONSABILIDADES 9
2.5) RESCISIÓN DEL CONTRATO 10
2.6) LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO 11
2.7) LIQUIDACIÓN 11
3.- CONDICIONES ECONÓMICAS 12
3.1) ABONO DE LA OBRA 12
3.2) PRECIOS 12
3.3) REVISIÓN DE PRECIOS 12

3.4) PENALIZACIONES 12
3.5) MODIFICACIONES DEL PROYECTO 13
3.6) PLAZO DE GARANTÍA 13
3.7) FIANZA Y SANCIONES 13
3.8) CONTRATO 14
4.- CONDICIONES FACULTATIVAS 14
4.1) MATERIALES A UTILIZAR 14
4.2) EJECUCIÓN DE OBRAS 15
4.3) APOYOS 15
4.4) CONDUCTORES Y AISLADORES 16
4.5) TOMAS DE TIERRA Y APARAMENTA 17
4.6) OBRA DE FÁBRICA 17
4.7) NORMAS DE EJECUCIÓN 17
4.8) VERIFICACIONES Y RECEPCIÓN 18
5.- CONDICIONES TÉCNICAS 18
5.1) MATERIALES 18
5.1.1) Materiales de Acopio Anticipado 19
5.1.2) Materiales de Acopio en el Momento de la Construcción 21
5.1.3) Recepción de los Materiales 21
5.1.4) Transporte y Almacenamiento 22
5.1.5) Tolerancias de Pérdidas 22
5.2) REPLANTEO DE LOS APOYOS 22
5.3) EXCAVACIONES 23
5.4) CIMENTACIONES 23
5.4.1) Características de los Componentes y Ejecución de los Hormigones 23
5.4.2) Instrucciones para la Ejecución de las Cimentaciones 26
5.5) ARMADO E IZADO DE LOS APOYOS 27

5.6) TOMAS DE TIERRA 28

5.7) TENDIDO, TENSADO Y REGULADO DE CONDUCTORES 29

5.7.1) COLOCACIÓN DE LOS AISLADORES 29

5.7.2) TENDIDO DE LOS CONDUCTORES 29

5.7.3) TENSADO Y REGULADO DE LOS CONDUCTORES 30

5.7.4) ENGRAPADO Y ACCESORIOS 31

1. CONDICIONES GENERALES

1.1) Objeto del presente documento

EI presente Pliego de Condiciones del Proyecto tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, a sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto Técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2) Normativa aplicable

Durante la ejecución del presente proyecto se aplicarán en su totalidad las pertinentes normas legales vigentes en la fecha de su aprobación y que se encuentran recogidas en Disposiciones y Reglamentos, así como las Recomendaciones de UNESA. En todo caso no tendrá el contratista indemnización alguna cuando la modificación que se introduzca obedezca al hecho de tener que cumplir lo indicado en cualquier disposición legal vigente en la fecha de redacción de este proyecto, aún cuando en este no haya sido tenido en cuenta.

Entre las disposiciones a considerar se encuentran las siguientes:

• Reglamentación General de Contratación.

• Pliego de condiciones generales para la adjudicación.

• Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas.

• Articulo del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.

• Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.

• Reglamento de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

• Reglamento de Líneas eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

• Reglamento Electrotécnico para Baja tensión e Instrucciones

• Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El contratista se encuentra obligado a mantener el debido contacto con el Ingeniero para tratar asuntos referentes a las dificultades que puedan surgir durante la ejecución de las obras, evitando, en todo lo posible, criterios dispares y complicaciones posteriores.

El ingeniero Encargado se encontrará capacitado para detener la obra si observara el incumplimiento de la normativa vigente y procederá en consecuencia si estas faltas no quedaran inmediatamente subsanadas.

Las órdenes, consultas y cualquier tipo de comunicaciones que puedan influir en el proceso de ejecución de la obra deberán figurar por escrito.

Únicamente serán consideradas como mejoras y modificaciones del presente proyecto aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por la Dirección de las Obras.

La Dirección de Obra conjuntamente, podrá introducir modificaciones originadas por nuevas necesidades o causas técnicas no detectadas anteriormente.

Todas estas modificaciones, así como las ampliaciones de obras motivadas por atención de nuevos abonados, serán obligatorias para los contratistas y según los mismos precios de la principal.

Las variaciones del proyecto que supongan inclusión de nuevas unidades de obra se valorarán conforme a los siguientes criterios, por orden de preferencia:

• Precio de unidades iguales reflejadas en el presupuesto del proyecto.

• Precios establecidos por suma de componentes de otros precios recogidos en el presupuesto o en el cuadro general de precios.

• Precios contradictorios fijados reglamentariamente.

1.3) Obras a Realizar

El presente proyecto se basa en la instalación de una línea aérea de 55 Kv para el transporte de 22 MW de potencia desde una subestación colectora de un parque

eólico emplazado en el Puerto de Alisas (Arredondo), con una longitud de 17400 metros, hasta una subestación localizada en el término municipal de Ramales de la Victoria.

El emplazamiento de las obras e instalaciones se detallan en los Planos del Proyecto.

1.4) Materiales

Todos los materiales empleados, aún los no relacionados con este pliego, deberán ser de primera calidad.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de la instalación, el Contratista presentará al Técnico encargado, los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía, etc., de los materiales que vayan a emplear en la obra. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra.

Este control previo no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección de Obra, aún después de colocados, si no cumpliesen con las condiciones exigidas en este Pliego, debiendo ser reemplazados por la Contrata, por otros que cumplan con las cualidades exigidas.

Los materiales rechazados por la Dirección de Obra, si estuvieran acopiadas en la Obra o colocados, deberá retirarlos el Contratista inmediatamente y en su totalidad. De no cumplirse esta condición, la Dirección de Obra podrá mandarlos retirar por el medio que estime oportuno, por cuenta de la Contrata.

Todos los materiales y elementos a emplear, cuyas características y formas no estén en perfecto estado de conservación y de uso, o que estén deteriorados o averiados, se desecharán.

La contrata comprenderá la adquisición de todos los materiales, transportes, mano de obra, medios auxiliares, trabajos y elementos necesarios para la pronta ejecución de las obras y montaje de las instalaciones que son objeto del presente proyecto, hasta dejarlas completamente acabadas, en perfecto estado de funcionamiento, utilización y aspecto, con estricta sujeción al Proyecto y las órdenes dadas por el Director de Obra.

El Contratista deberá efectuar por su cuenta la adquisición de todos las materiales y elementos no exceptuados expresamente y su transporte, estén o no sujetos a restricción de cualquier clase, debiéndolos aportar con un ritmo tal que no interrumpa la continuidad ni la buena marcha de los trabajos.

Serán por cuenta del Contratista las herramientas y útiles para la ejecución de los trabajos y de los medios auxiliares necesarios, los cuales reunirán las condiciones de seguridad indispensables para el personal.

1.5) Reconocimientos y Ensayos.

El Contratista en el momento de comenzar la Obra hará un reconocimiento del terreno y comprobará la posibilidad de llevar a cabo el proyecto; hará un replanteo especificando las mejoras que considere y lo presentará al Director de Obra.

Cuando lo estime oportuno el Director de Obra, podrá encargar y ordenar el análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

En caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el Laboratorio Oficial que la Dirección de Obra designe. Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones serán por cuenta de la Contrata.

1.6) Personal.

La Contrata tendrá en todo momento un encargado capacitado al frente de la Obra mientras se realicen los trabajos, el cual recibirá, cumplirá y transmitirá las órdenes que le dé el Director.

También habrá siempre en Obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se deban realizar, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio.

1.7) Ejecución de Obras.

El montaje de elementos y realización de las obras se efectuarán con estrecha sujeción del Proyecto presente, Normas y Disposiciones Oficiales que le sean de aplicación y a las órdenes que dé el Director de Obra.

Se efectuarán con los medios auxiliares necesarios y mano de obra especializada y según el buen arte de cada oficio, de modo que además del buen funcionamiento, presenten buen aspecto y queden perfectamente terminados y en perfectas condiciones de duración y conservación.

Si el Contratista ejecutara alguna parte de las obras de forma defectuosa, por error o contrariamente a las buenas normas de la construcción, órdenes recibidas o que no se ajusten al Proyecto, la demolerá y volverá a hacer tantas veces como sea necesario.

1.8) Obras Accesorias.

Se considerarán obras accesorias, aquellas que no pueden ser conocidas a la redacción del Proyecto, las cuales, de presentarse, se efectuarán de acuerdo con los Proyectos parciales que se redacten durante la ejecución de las obras y quedarán sujetas a las mismas condiciones que rigen para las que figuran en la Contrata.

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obra que no hubiese sido descrita en este Pliego de Condiciones, el adjudicatario está obligado a realizar con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, recibe del Director de ellas, sin otro derecho que a percibir su importe, bien a los precios del proyecto, o en otro caso, mediante acta de precio contradictorio.

1.9) Interpretación y Desarrollo del Proyecto.

El director de Obra interpretará el Proyecto y dará las órdenes para su desarrollo, marcha y disposición de las obras, así como las modificaciones que estime oportunas, siempre que no alteren fundamentalmente el Proyecto o la clase de trabajos y materiales consignados en el mismo.

El Contratista no podrá introducir modificación alguna sin la autorización escrita del Director.

Si alguna parte de la obra o clase de los materiales no quedase suficientemente especificada, presentara dudas, resultase alguna contradicción en los documentos del presente Proyecto o pudiera sugerirse una solución más ventajosa durante la marcha de la obra, la Contrata lo pondrá inmediatamente en conocimiento de la Dirección

de Obra, por escrito, absteniéndose de instalar los materiales o ejecutar la obra en cuestión, hasta recibir la declaración o resolución de la Dirección de Obra que lo efectuará igualmente por escrito.

Toda duda, deficiencia u omisión, debe ser aclarada y subsanada antes de dar comienzo a los trabajos que hagan referencia.

El Director de Obra reconocerá los materiales, elementos, maquinaria, etc, para autorizar su empleo o rechazarlas si a su juicio no reúnen las condiciones necesarias y dará las órdenes oportunas para el mejor éxito de la realización.

1.10) Responsabilidades

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él comete durante la ejecución de las obras, o el personal y elementos relacionados con las mismas, y serán de exclusiva cuenta las consecuencias que se deriven, así como los daños y perjuicios a terceros.

Igualmente, el Contratista es el único responsable de la ejecución de la obra contratada, no teniendo derecho a indemnización por el mayor precio a que pudieran resultarle las distintas unidades, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción.

Serán por cuenta del contratista todos los gastos derivados del Contrato, peso y mediciones de materiales u obras ejecutadas, permisos o impuestos de cualquier clase, análisis o ensayos, vigilancia de las obras, instalaciones provisionales necesarias, tierras, transporte de elementos sobrantes, vallas, multas, sanciones y en general todos los gastos derivados de las obras que ejecute.

Es responsable también ante los Tribunales de los accidentes que sobreviniesen, debiendo tener todo el personal debidamente asegurado.

Igualmente es responsable de todas las obligaciones legales y económicas derivadas de las obras contratadas.

La Contrata deberá igualmente solicitar y obtener los premisos municipales, de Delegación de Industria, etc, que según la legislación vigente sean precisos para la

realización y funcionamiento de las obras e instalaciones. La propiedad de las obras le autorizará cuantos documentos sean precisos para tal fin.

El Contratista estará obligado a tener en la Obra el Libro de Ordenes en el que la Dirección anotará las visitas, observaciones y la marcha de las obras e instalaciones. Las hojas serán firmadas por quien dé las órdenes y por el Contratista o Subcontratista, si lo hay.

Una vez pasado el plazo de garantía que el contratista fija en 15 meses después de terminar las obras e instalaciones, se procederá a la recepción definitiva de la instalación, la cual se entregará en perfecto funcionamiento.

1.11) Amplitud de la Contrata

La Contrata comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares y todos los trabajos, elementos y operaciones necesarias para la pronta ejecución de las obras, montajes e instalaciones que son objeto del presente Proyecto, hasta dejarlas completamente acabadas y en perfecto estado de realización, funcionamiento, utilización y aspecto.

1.12) Conservación de las Obras.

Es de exclusiva cuenta del Contratista la conservación de las obras en perfecto estado, hasta efectuada la recepción definitiva.

En caso de que las obras no estén bien conservadas, o se apreciara cualquier defecto, se retrasará la recepción definitiva hasta que estén las obras del todo conformes a las condiciones del contrato, dentro de un plazo se señala siendo improrrogable.

2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

2.1) Adjudicación de Obras

La adjudicación de la obra se realizará por concurso-subasta, dándose los presupuestos del mismo a la baja.

Así mismo, antes de elegir presupuesto se estudiarán las calidades de los materiales, elementos y todo cuanto se relacione con el mismo.

En caso de adjudicarse a dos o más contratistas los diversos grupos de obra o instalaciones y cuando el desarrollo de los trabajos de alguna estuviera ligado con el de otra u otras, deberán ponerse de acuerdo para no producirse mutuamente extorsiones o molestias ni retraso en el desarrollo de la obra general.

En todo caso el Director de Obra podrá señalar con carácter preceptivo la preferencia de las obras e instalaciones a efectuar, así como los plazos en que deben realizarse para que queden armonizados los intereses y la buena marcha de las distintas contratas y el normal desarrollo de las obras, en general.

2.2) Ejecución de las Obras.

El contratista tendrá derecho, tan pronto como reciba el comunicado de la adjudicación, a obtener a sus expensas una copia completa de todos y cada uno de los documentos del Proyecto. Los originales del mismo le serán facilitados por el Director de Obra en sus oficinas, sin que pueda sacarlos de ellas.

Una vez comprobada la exactitud de la copia la autorizará con su firma el Director, también el Contratista tiene derecho a obtener por su cuenta o a expensas suyas, copia de las valoraciones periódicas de la obra ejecutada que se expidan.

El Contratista tendrá derecho a que se le dé por escrito, si así lo solicitara, cualquier orden verbal que le dé el mismo Director.

También tendrá derecho a que se acuse recibo, si lo pide, de las declaraciones y comunicaciones que dirija al Director de Obra.

El contratista es el único responsable de la ejecución de la obra contratada, no teniendo derecho a la indemnización por el mayor precio a que pudieran resultarle las distintas unidades, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción.

Será protestatario el Director de Obra, disponer que con los mismos precios unitarios, se efectúen las variaciones del Proyecto que se estimen oportunas, siempre que no se altere la estructura general del mismo y la clase de trabajos que en él se consignan.

- Comienzo: El contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

- Plazo de ejecución: La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

- Libro de ordenes: El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Ordenes en el que se escribirán las que el Director de Obra estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

2.3) Prorrogas.

Si por causas de fuerza mayor no pudiera el Contratista empezar o acabar las obras en los plazos fijados, o tuviera que suspenderlas, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata.

En cualquier caso, el Contratista deberá comunicarlo por escrito al Director de Obra.

2.4) Responsabilidades.

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello vendrá

obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

2.5) Rescisión del Contrato.

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista.

- La quiebra del contratista.

- Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.

- Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.

- La no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.

- La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.

- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.

- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.

- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.

- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

2.6) Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato.

Siempre que se rescinda el Contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

2.7) Liquidación

A efectos de la percepción por las empresas instaladoras adjudicatarias de las cantidades correspondientes a las partes de obra realizadas, se someterán a las certificaciones parciales correspondientes.

Las certificaciones parciales se realizarán con la frecuencia que determine la Dirección de Obra, con un mínimo de una mensual.

Las mediciones parciales podrán realizarse por el contratista ante la Dirección de Obra.

En el plazo de tres semanas desde la medición, la Dirección de Obra, procederá a dar el visto bueno o rechazarla.

La certificación se considerará válida una vez firmada por la Dirección de Obra conjunta, momento que empezará a contar para los pagos al Contratista.

Terminada la obra, el Contratista solicitará que se efectúe la medición final que deberá realizarse obligatoriamente en presencia de representantes de la Dirección de Obra en el plazo de 15 días.

Tras la medición general se procederá a la elaboración de la certificación final a liquidadora que comprenderá la liquidación final de la obra y el abono a la empresa adjudicataria del saldo resultante.

3. CONDICIONES ECONÓMICAS

3.1) Abono de la Obra.

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

3.2) Precios.

El contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutirles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

3.3) Revisión de Precios.

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

3.4) Penalizaciones

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

3.5) Modificaciones del Proyecto

Cuando el Contratista sin autorización del Director de obra emplease materiales de más esmerada preparación o mayor tamaño que lo marcado en el Proyecto, con un importe superior al que se haya especificado en el presupuesto, no tendrá derecho a que se le abone el precio superior a lo que le correspondería si hubiese construido la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

Si se hubiese ejecutado alguna obra que no se halle arreglada exactamente a las condiciones de la Contrata, pero sin embargo sea admisible a juicio del Director de obra, éste propondrá al Contratista la rebaja en el precio que le parezca justa.

El contratista podrá optar entre aceptar la rebaja propuesta o demoler la obra a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones expresadas.

3.6) Plazo de Garantía

Durante el plazo de garantía cuidará el Contratista de la conservación de las obras empleando en ellas los materiales con arreglo a las instrucciones que dicte el Director de Obra.

Si se descuidase la conservación y, desobedeciéndose aquellas órdenes, diera lugar a que peligrase la obra, se ejecutarán estos trabajos por administración y a su costa, a fin de evitar el daño.

3.7) Fianza y Sanciones

Dado el importe de la Obra, el contratista depositará una fianza tras la adjudicación del contrato.

Esta fianza se devolverá al Contratista una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva, después de haberse acreditado que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que son de su cuenta o por deudas de jornales, materiales e indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

En caso de retraerse la Obra injustificadamente más del plazo estipulado, la Administración podrá aplicar una multa que será el resultado de aplicar a cada día de retraso, el importe de la adjudicación dividido por los días de duración previstos

en el Proyecto.

Por cada infracción o incumplimiento del Contrato, se podrá imponer una multa diaria sin que el importe total de la sanción pueda exceder del 50% del importe de adjudicación de la Obra.

3.8) Contrato.

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

4. CONDICIONES FACULTATIVAS

4.1) Materiales a Utilizar.

Todos los materiales serán de primera calidad, sin ningún defecto y se ajustarán a las condiciones exigidas en el proyecto.

Deberán presentarse previamente al Director de Obra para que los reconozca y autorice si procede, sin cuya autorización no podrán ser empleados debiéndose retirar seguidamente de la Obra y de sus almacenes los que fueran rechazados.

Este reconocimiento previo no supone la autorización definitiva pudiendo hacer sustituir aún después de colocados, aquellos materiales que presenten defectos no percibos en el primer reconocimiento. Los gastos que se originen, en tal caso, también serán cuenta del Contratista.

Si creyera necesario hacer analizar o ensayar alguno o todos los materiales y elementos, designará el Laboratorio o Centro Oficial que deba hacerlo, corriendo todos los gastos a cuenta del Contratista.

Estas muestras se conservarán para comprobar en su día los materiales que se empleen.

El Director de Obra podrá tomar personalmente las muestras si lo cree oportuno. Igualmente deberá autorizar con anterioridad todos los elementos y maquinaria de

la instalación y sus características.

4.2) Ejecución de Obras.

Antes de comenzar las obras se limpiará el terreno, arrancando árboles, arbustos y plantas.

Las obras de desmonte y terraplén se efectuarán con arreglo a las instrucciones del Proyecto y del Director de Obra.

Se profundizarán las zanjas para cimientos y acometidas, hasta encontrar terreno con la debida consistencia. Los taludes de las paredes serán suficientemente tendidos para evitar desprendimientos.

No se procederá al relleno de excavaciones sin que el Director de Obra haga el reconocimiento de las mismas, y dé la autorización correspondiente después de tomar los datos precisos para la debida valoración.

Si por el reconocimiento practicado al abrir la excavación, resultase la necesidad de variar el sistema de cimentación, el Director de Obra formulará el proyecto de presupuesto correspondiente. Así como de los agotamientos mecánicos que sean precisos.

4.3) Apoyos.

Los apoyos a implementar serán de celosía, empotrados en el terreno con cimentación monobloque de hormigón en masa y toma de tierra cada apoyo. Como elementos de unión se utilizarán, sobre todo, pernos, tornillos y remaches; no empleando soldadura en ningún caso.

Los tornillos y remaches a utilizar deben tener un diámetro no inferior a 10 mm.

Todos los apoyos serán metálicos de acero de calidad normal y en su construcción se cumplirá, en todo momento, lo que marca el vigente Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión. Para los apoyos se recomienda la adopción de protecciones

anticorrosivas contra la acción de los agentes atmosféricos. Se establecerán protecciones contra la oxidación y contra la corrosión. Esta protección se efectuará mediante un galvanizado en caliente, limpiando previamente el hierro mediante ataque por ácidos sumergidos después las partes metálicas en un baño metálico fundido; de esta forma se tratarán no sólo las viguetas de hierro que constituyen las diferentes estructuras, sino también los tornillos y tuercas, repasando las roscas después del galvanizado.

4.4) Conductores y Aisladores.

Los conductores deben tener pequeñas resistencia eléctrica para que las pérdidas por calentamiento se reduzcan en todo lo posible. A su vez deben de tener elevada resistencia mecánica, ya que los esfuerzos de este tipo que deben soportar son siempre grandes.

Finalmente, desde el punto de vista económico, los conductores han de tener, en lo posible un bajo coste de adquisición para que la explotación de la línea sea rentable.

El jefe de tendido deberá regular la flecha del cable, para lo que ha de disponer de unas tablas en las que, para cada sección, y de acuerdo con las condiciones de tensado previamente determinadas por el cálculo, se expresarán unas flechas, en función de las diferentes temperaturas ambientales y de la longitud de los vanos.

Deberán efectuarse las pruebas reglamentarias de rigidez dieléctrica y de resistencia mecánica de los aisladores utilizados que determina el artículo 28 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Como condiciones generales, los aisladores empleados en las líneas eléctricas aéreas, han de cumplir las siguientes características:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que su tensión de perforación no sea superior a su tensión de servicio.

- Forma adecuada para evitar descargas entre el conductor en contacto con los aisladores y de los soportes metálicos que fijan estos mismos aisladores y que, a su vez, se fijan a los apoyos de la línea.

- Disminuir la corriente de fuga entre aislador y soporte, hasta que su valor sea prácticamente despreciable; esto, para las condiciones más desfavorables, cuando el aislador está sometido a la lluvia.

- Resistencia mecánica suficiente para que trabaje en buenas condiciones de reposición y de mantenimiento.

- Efecto de envejecimiento lo menos posible, para evitar gastos de reposición y de mantenimiento.

Para las líneas aéreas se utilizarán dos tipos de conductor de aluminio con alma de acero, normalizado por UNE, denominados LA-180 para el conductor y T-50 en el caso del cable de tierra.

4.5) Tomas de Tierra y Aparamenta.

Para la instalación de las redes de tierra, se tomarán las muestras del terreno para determinar su resistividad. Si ésta es alta, para mejorar la resistencia de la puesta a tierra, se tratará el terreno con electrolitos a base de CaSO4, de débil solubilidad y gran conductividad, o bien se plantará césped que mantenga la humedad del terreno.

En la recepción de toda la aparamenta de Alta y Baja Tensión, se comprobará la fiabilidad de los accionamientos con grandes incrementos de temperatura, así como el funcionamiento por debajo de 0ºC. En caso contrario se proveerá de resistencias calefactoras.

4.6) Obra de Fábrica.

Las obras de fábrica se efectuarán según el buen arte de construir, procurando, además de su solidez, que toda la parte exterior de la obra presente un aspecto cuidado y esté bien acabado.

Se dará el mismo buen acabado a las partes interiores que resulten visibles.

4.7) Normas de Ejecución.

Las obras de tierra y de fábrica se realizarán según el buen arte de construir.

Las instalaciones eléctricas, además de cumplir con la reglamentación vigente, se ajustarán a las normas y usos del ayuntamiento de la localidad y de la compañía suministradora de electricidad.

La instalación de los Centros de Transformación se ajustará a las normas e instrucciones del fabricante.

4.8) Verificaciones y Recepción.

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos que se están realizando están completamente de acuerdo con las especificaciones técnicas consignadas en este Pliego de Condiciones y con el Proyecto en general.

Estas verificaciones en caso de producirse, irán a cuenta del Contratista.

Se realizarán cuantos ensayos o verificaciones indique, a su juicio, el Director de Obra, aunque éstos no estén indicados en el presente Pliego de Condiciones.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra al Director de Obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

5. CONDICIONES TÉCNICAS

En las presentes Condiciones Técnicas, se especifican las que deben cumplir las distintas unidades de obra y materiales.

Se indicará así mismo, los ensayos que se llevarán a cabo sobre las unidades terminadas, señalándose las tolerancias.

Los ensayos y pruebas verificadas durante la ejecución de los trabajos, no tiene otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales o de unidades de obra que en cualquier forma se realice, no suprime ni atenúa la obligación del Contratista de garantizar la obra hasta la recepción definitiva de la misma.

5.1) Materiales.

Los materiales se clasifican en dos grupos, según el tiempo con que generalmente es necesario prever su adquisición.

5.1.1) Materiales de Acopio Anticipado.

Se refiere éste grupo a aquellos materiales que por no encontrarse en existencia en el mercado, es necesario prever su adquisición antes del comienzo de los trabajos.

Los materiales, sus características técnicas y sus condiciones de suministro, son las siguientes:

a) Cemento:

Será del tipo denominado Portland, y sus características y ensayos se regirán por la Norma HA-61 del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. La entrega se hará en sacos de papel de 50 Kg.

b) Apoyos:

Los apoyos para la red de Alta Tensión serán metálicos, de celosía de perfil angular, galvanizados en caliente.

Los apoyos metálicos estarán formados por una cabeza prismática, seguida de varios tramos, para así poder obtener las alturas necesarias según los distintos vanos de las líneas.

Cada apoyo será estudiado según las condiciones específicas que desempeña, como puede ser fin de línea, ángulo, alineación, que quedan perfectamente definidos en este Proyecto.

La disposición del conductor en los apoyos será en capa horizontal preferentemente para los apoyos que soporten un solo circuito y en carga vertical para aquellos que soporten más de un circuito.

c) Tomas de Tierra:

Se ajustarán a las exigencias en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, y se entregarán por piezas, salvo el cable de acero de conexión que se suministrará en bobinas.

d) Aisladores:

Serán poliméricos, útiles para ser instalados en alturas comprendidas entre el nivel del mar y mil metros y con temperaturas ambiente que puedan oscilar entre -5º y 60º C.

Los pernos de anclaje, deberán tener además las siguientes características mecánicas:

- Alargamiento 20%.

- Resistencia: 10 Kg/Cm2

La calidad del galvanizado satisfará igualmente la especificación de dichas Normas. Los aisladores deberán encontrarse en jaulas debidamente numeradas.

Todos los aisladores deberán llevar grabados, además de la marca del fabricante, el año de fabricación y la referencia del Catálogo, perfectamente legibles sobre la superficie externa.

e) Herrajes y grapas:

- Herrajes:

La clasificación, definiciones y condiciones generales a cumplir por estas piezas serán las indicadas en la Norma UNE 207009:2002.

Los herrajes, empalmes y piezas de derivación, en general deberán cumplir con las siguientes prescripciones:

- Grapas:

Todas las grapas deben de tener estructuras y silueta racional en relación a su empleo, deben ser ligeras y apretar el conductor con uniformidad, es decir, sin crear ninguna solicitación concentrada.

El material de las grapas en contacto con el conductor debe ser en lo posible igual que al de este y en ningún caso puede dar lugar a corrosión electrolítica, no debe ser demasiado duro en relación con el conductor ni el coeficiente de dilatación térmica, muy diferente para evitar peligro de aflojamiento.

Debe evitarse el aflojamiento de los tornillos como consecuencia de la vibración, mediante el empleo de arandelas elásticas, pasadores u otros medios adecuados.

El conjunto de piezas y grapas debe tener la máxima libertad de movimiento. En los herrajes que deban ser engrasados durante el montaje, la grasa deberá ser absolutamente neutra en relación con los materiales en contacto, deberá ser químicamente estable en contacto con el aire a la temperatura ambiente normal, su

punto de goteo será lo más elevado posible y nunca inferior a 60ºC.

Los ensayos y el procedimiento operatorio se realizará de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE 207009:2002.

Todas las piezas deberán llevar además de la marca del fabricante, indicación precisa de los conductores a que pueden ser aplicados en condiciones de seguridad y buen rendimiento o el número correspondiente que pueda identificarla en catálogo.

f) Conductores.

Tanto el suministro de cables de aluminio-acero como los ensayos para la recepción de éstos materiales se harán de acuerdo con las normas UNE correspondientes.

5.1.2) Materiales de Acopio en el Momento de la Construcción.

Se refiere éste grupo a aquellos materiales que por su reducido plazo de entrega, puede considerarse su adquisición como simultanea a su empleo.

Los materiales, sus características técnicas y sus condiciones de suministro, son los siguientes:

a) Agua y Áridos:

Sus características son las indicadas en el presente documento y serán suministrados por lotes correspondientes a cada apoyo.

b) Materiales Auxiliares:

Sus características técnicas serán las que el uso y el buen arte que la construcción ha designado como de primera calidad. En general se refiere a todos los materiales y herramientas que no queden colocados en la línea después de terminados los trabajos.

5.1.3) Recepción de los Materiales.

Los materiales suministrados por el contratista, se someterán a las pruebas y ensayos indicados en éste Pliego de Condiciones para comprobar que satisfacen las condiciones exigidas. Para ello deberá presentar el Contratista, con la antelación necesaria, muestras de los diferentes materiales que vaya a emplear, los cuales serán reconocidos y ensayados en la obra, si hay medios, o bien en otro laboratorio a

elección del Contratista, o en un laboratorio Oficial, siendo decisivo el resultado que se obtenga en este último laboratorio en los casos de duda sobre la calidad de los materiales. El importe de todos los ensayos será por cuenta del Contratista, mientras no se estableciera lo contrario.

5.1.4) Transporte y Almacenamiento.

El contratista deberá cuidar de la carga y transporte de los materiales desde fábrica a sus almacenes.

Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de las obras.

5.1.5) Tolerancias de Pérdidas.

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias siguientes:

- Conductores.....2%
- Aisladores.....1%
- Herrajes.....1%
- Cementos.....1%
- Tornillos, Arandelas……2%

5.2) Replanteo de los Apoyos.

El replanteo de los apoyos, será realizado por la misma entidad que realizó el levantamiento topográfico.

La contrata deberá comprobar con dos días de antelación, por lo menos, la existencia de las estacas necesarias para la correcta colocación del apoyo, con el fin de que en caso de falta, el equipo topográfico pueda volver a colocarlos sin necesidad de dejar de excavar este apoyo.

Como referencia para determinar la situación de los ejes de las cimentaciones, se darán a las estaquillas la siguiente disposición:

a) Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en una alineación, aún

cuando sean de amarre. Las estaquillas estarán alineadas en la dirección de la alineación y la central corresponderá a la proyección del eje vertical del apoyo.

b) Cinco estaquillas para los apoyos de ángulo. Las estaquillas se dispondrán en cruz según las direcciones de las bisectrices del ángulo que forma la línea, y la central indicará la protección del eje vertical del poste.

Se deberán tomar todas las medidas con la mayor exactitud, para conseguir que los ejes de las excavaciones se hallen perfectamente situados y evitar que haya necesidad de rasgar las paredes de los hoyos con el consiguiente aumento en el volumen de la fundición que sería a cargo de la Contrata.

5.3) Excavaciones

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicas por el Director de Obra.

Las paredes de los hoyos serán verticales. Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el director de Obra.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos.

En terrenos con agua, deberá procederse a un desecado, procurando hormigonar después, lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

5.4) Cimentaciones

5.4.1) Características de los Componentes y Ejecución de los Hormigones.

La arena y la grava podrán ser de ríos, arroyos y canteras, no debiendo tener impurezas de carbón, escorias, yesos y mica.

Los áridos deberán proceder de rocas inertes en actividad sobre el cemento,

inalterables al agua, aire y heladas, prescribiéndose las calizas tiernas, feldespatos y esquistos y no debiendo contener lajas ni trozos alargados.

Se admitirá una cantidad de arcilla inferior a la que se indica posteriormente. En general, la calidad de los áridos debe corresponder a las "Instrucciones para el Proyecto de Obras de Hormigón de Obras Públicas".

Las dimensiones de la grava serán de 2 a 6 cm, no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño. No se podrá utilizar ninguna clase de arena que no haya sido examinada por la Dirección Técnica de la Obra. Se dará preferencia a la arena cuarzosa sobre la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará por los siguientes ensayos a pie de obra.

De la muestra de árido mezclado se separarán, con el tamiz de 5 mm 100 cm^3 de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio estrecha y graduada hasta los 300 cm^3, una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm^3, se agitará fuertemente tapando la boca con la mano, hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8%.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación:

- Mezcla (en peso)

- 1 parte de cemento.

- 3 partes de arena.

Esta probeta de mortero conservada en agua durante 7 días, deberá resistir a la tracción de la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 Kg/cm^2.

Toda la arena que sin contener materiales orgánicos no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada. El resultado de este ensayo permitirá conocer si se debe aumentarse o disminuirse la dosificación del cemento empleado en la mezcla, cuya decisión compite a la Dirección de la obra.

Respecto a la grava o piedra, se prohíbe el empleo de cascote y otros materiales

blandos, o la piedra de estructura foliácea o esquistosa. Se recomienda la utilización de piedra de peso específico elevado.

El cemento utilizado será cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento admitidos en el mercado. Previa autorización de la Dirección de obra, podrán utilizarse cementos especiales en aquellos casos en que se estime conveniente.

El agua utilizada será procedente de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva. Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

La mezcla de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento en beneficio de la compacidad y ulterior resistencia. En el segundo caso se hará sobre chapa de hierro de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra, y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndole a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla debiendo quedar esta de color uniforme, si no ocurre así, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la necesaria uniformidad. Logrado esto se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter el hormigón al pozo.

La composición normal de la mezcla será:

- Arena.....1/3

- Grava.....2/3

- Cemento.....200 Kg/cm^3

- Agua.....193 l/m^3

La dosis de agua no es un dato fijo y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

En caso de que por falta de otro árido se permita emplear zahorra, por la Dirección de la Obra, se comprobará previamente su composición en arena y grava.

El hormigón será de consistencia plástica, comprobándose su docilidad, por medio del cono de Abrams. El asentamiento admisible es hasta 15 cm. La ejecución del hormigón se atenderá en general a las Instrucciones para el Proyecto de Obras de Hormigón de Obras Públicas.

En caso de heladas se cubrirán durante la noche los cimientos que estén fraguando, por medio de sacos, papel, paja.

No obstante será la facultad de la Dirección de la obra suspender los trabajos de hormigonado cuando ocurran dichas circunstancias climatológicas.

Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua barriéndola después con escobas de metal y cubriendo la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido.

La bancada que sobresalga del nivel de tierra, se hará con mortero de la misma dosificación que el empleado en las cimentaciones. Un exceso de cemento provoca el agrietamiento de la capa exterior.

5.4.2) Instrucciones para la Ejecución de las Cimentaciones.

Se procederá de la siguiente forma:

a) Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado y del espesor indicado en los planos, de manera que teniendo el poste un apoyo firme y limpio, se conserve la distancia marcada en el plano, desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón.

b) Al día siguiente se colocará sobre él la base del 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 dichos apoyos por medio de vientos.

c) Cuando se trata de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base o al apoyo una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por los conductores.

d) Después se rellenará de hormigón el foso, o bien se colocará el encofrado en las que sea necesario, vertiendo el hormigón y apasionándolo a continuación.

e) Al día siguiente de hormigonada una fundición, y en caso de que tenga encofrado lateral, se retirará éste y se rellenará de tierra apisonada el hueco existente entre él hormigón y el foso.

f) En los recrecidos se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno.

5.5) Armado e Izado de los Apoyos.

Los trabajos comprendidos en éste epígrafe, son los de armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y anclaje, así como el herramental y todos los medios necesarios para ésta operación.

A continuación se hace referencia a las condiciones que habrán de regir para los distintos tipos de apoyos:

a) Antes del montaje en serie de las torres, si éstas son metálicas, la contrata deberá montar una de cada tipo, con el fin de comprobar si tiene algún error sistemático de construcción que convenga sea corregido por el constructor de las torres, con el suficiente tiempo.

b) El sistema de montaje del apoyo, será el adecuado al tipo de apoyo, y una vez instalado dicho apoyo, deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que se le dará una inclinación del 0,5 % al 1 % en sentido contrario a la resultante de los esfuerzos de los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2 %.

c) Los tornillos se limpiarán escrupulosamente antes de usarlos y el apriete de los mismos será el suficiente para asegurarse el contacto entre las piezas unidas. Una vez apretados deberá de sobresalir de la tuerca dos hilos de vástago fileteado.

d) Para el montaje de apoyos metálicos, sólo se utilizarán como herramientas un punzón de calderero que servirá para hacer coincidir los taladros de las piezas, pero no se empleará para agrandar los taladros.

e) En caso de roturas de barras y rasgado de taladros por cualquier causa, el contratista tiene la obligación de ponerlo en conocimiento del personal técnico y procederá al cambio de los elementos rotos.

f) La sección del tornillo viene dada por el diámetro de los taladros que atraviesa y en cuanto a la longitud, ésta se escogerá en función de los espesores de las piezas a unir. El contratista deberá acopiar los tornillos en lotes, en los que se indicará el

número de las torres en las que se vayan a colocar.

g) Una vez la contrata haya comprobado el correcto montaje de los apoyos, procederá al graneteado de las tuercas de los tornillos, con el fin de impedir que se aflojen.

h) El procedimiento de levante será determinado por la Contrata, previa aprobación de la Dirección de la Obra. Todas las herramientas que se utilicen en el izado, se hallarán en perfectas condiciones de conservación, y serán las adecuadas.

i) En el montaje de los apoyos, se tomarán todas las precauciones pertinentes para evitar esfuerzos capaces de producir las deformaciones permanentes.

j) Una vez determinado el montaje del apoyo, se separarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas en aquellos apoyos cuya cimentación sea de hormigón.

k) Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, la Contrata dará aviso para que los apoyos sean recepcionados por la Dirección de Obra.

l) La comprobación de la perfecta ejecución de los apartados anteriores se hará sobre el 10 % de los apoyos presentados a recepción. Solo se admitirán diferencias en los largos y en el apriete de los tornillos hasta un máximo de un 0,2 % del total.

5.6) Tomas de Tierra.

El trabajo detallado de éste epígrafe comprende la apertura y cierre del foso y zanja para la línea del electrodo, así como la conexión del electrodo a la torre a través del macizo de hormigón.

Comprende así mismo el suministro de herramental necesario, la carga y transporte del material a montar desde el almacén a pie de obra.

a) Cada apoyo llevará un electrodo (para el caso de los apoyos OLMO) o dos electrodos (para los apoyos ARCE) de puesta a tierra, los cuales serán unidos a la torre por medio de cable de acero de 50 mm2 de sección y con los elementos que prescribe el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, las cuales pasará a través de la fundación por medio de un tubo.

b) Al pozo de la toma de tierra se le dará una profundidad tal, que el extremo superior del tubo, una vez hincado, quede como mínimo a 60 cm de la superficie del terreno.

La profundidad de la zanja de unión entre la pata del poste y el hoyo de la toma de tierra ha de ser de 60 cm.

c) La hinca de toma de tierra normal se hará en el lugar que indique la Dirección de Obra, no estando a distancia superior a 3 m de una de las patas del apoyo.

d) Una vez aceptada la partida se procederá al relleno del foso y zanja, debiéndose apisonar ésta fuertemente.

5.7) Tendido, Tensado y Regulado de Conductores.

Los trabajos comprendidos en éste epígrafe son los siguientes:

a) Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores.

b) Tendido de los conductores, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.

Comprende igualmente el suministro de herramental y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

5.7.1) Colocación de los Aisladores.

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará 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 rechazada y sustituida por otra en el caso de los aisladores rígidos, se fijará al soporte metálico estando el aislador en posición vertical invertida, el material de unión del aislador con el vástago será filástica impregnada de minio, a no ser que sea definitivo expresamente en otras condiciones especiales.

5.7.2) Tendido de los Conductores.

- Las bobinas deberán ser tratadas con sumo cuidado para evitar deterioros en los cables y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación. Para ello en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación a muelles de descarga, para evitar choques bruscos de los carretes.

- Se tendrá especial cuidado que en los conductores que entre en su composición acero galvanizado, no estén en contacto con tierras o materias orgánicas, especialmente ambiente húmedo, un tiempo superior a 48 horas.

- No se comenzará el tendido de un cantón, si todos los postes de éste no están recepcionados.

- El tendido de los conductores, y especialmente los de aluminio-acero, se ejecutará de forma que éste no sufra ningún daño por roce, aplastamiento u otras circunstancias.

- En caso de emplearse tambores de frenado para el tendido de los cables serán necesarios dos tambores en serie, de diámetro no inferior a 60 veces el del conductor.

- Si se emplean cables pilotos para ejercer la tracción en el momento del tendido, éstos serán flexibles y antigiratorios, uniendo el cable conductor a través de bulones de rotación, para compensar los efectos de torsión.

- Las poleas de tendido del cable de Al-Ac serán de aleación de aluminio y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor. Cada polea estará montada sobre dos rodamientos de bolas y las armaduras no rozarán sobre las poleas de aluminio.

- Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño del conductor, el contratista deberá desplazar un operario con los medios necesarios para que aquel no sufra deterioro.

- Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el contratista debe consultar con la Dirección de obra la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores se efectuarán por el sistema que se indique en las Condiciones Especiales y su colocación se hará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

5.7.3) Tensado y Regulado de los Conductores.

Previamente al tensado de los conductores, deberán ser venteadas las torres de amarre en sentido longitudinal conforme con las instrucciones que recibirá el Contratista de la Dirección de Obra.

A cada uno de los tramos en que quede dividida la línea entre cadenas de amarre, la denominaremos cantón.

Antes de regular el cable, se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos, con ésta medida y la longitud del vano se obtendrá por medio de las Tablas de Flechas y Tensiones la medida de la Flecha para un tensado correcto del cantón.

Si existen árboles que puedan estorbar para la regulación porque los conductores descansen en ellos, en su posición normal, deben ser cortados antes de la regulación, y su necesidad se preverá con el tiempo suficiente para obtener permiso de propiedad.

Tolerancia de regulación.

Los errores admitidos en las flechas serán:

- De ±2 % en el conductor que se regula con respecto a la teórica.

- De ±2 % entre dos conductores situados en planos verticales.

- De ±4 % entre dos conductores situados en planos horizontales.

Estos errores se refieren a los apreciados antes de presentarse la afluencia de los conductores. Dicho fenómeno sólo afecta al 1º de los errores, o sea, flecha real de un conductor con relación a la teórica, por lo que deberá tenerse presente al comprobar las flechas al cabo de un cierto tiempo de tendido.

5.7.4) Engrapado y Accesorios.

En ésta operación se cuidará especialmente, la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

.- *Grapa de alineación y alineación-cruce.*

Al ejecutar el engrapado se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto.

En el caso de que al engrapar sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento no se hará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y ésta se correrá a mano hasta donde sea necesario.

La suspensión del cable de aluminio se hará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen al cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

- *Grapas de amarre.*

En la grapa de amarre, si ésta es de estribos, se cuidará la perfecta colocación de éstos y la almohadilla, y el apriete de las tuercas será de forma alternativa en ambas ramas.

Si la grapa es de compresión, las distintas entalladuras de realizará girándolas un tercio de circunferencia, con el fin de que no se curve el eje de la grapa. Una vez comprimido el acero, se aplicará una capa de minio sobre la parte ondulada y la comprimida. La compresión del aluminio siempre comenzará por la patilla.

- *Elementos de unión.*

Tanto en éstas bridas, como en todas las uniones a través de las cuales circule corriente, se usará una impregnación conductora de la que de ninguna forma se puede prescindir, Así mismo es fundamental cuidar el perfecto aprieto de los tornillos de todos los elementos de las cadenas de aisladores y accesorios cogidos a ésta o al conductor, debido a que de no ser así las vibraciones del conductor, pueden aflojarlos, con el consiguiente riesgo de avería.

Santander, a Junio de 2013

Fdo: Miguel Ángel Cobo Plasencia

PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO

Índice

Página

1.- CUADRO DE PRECIOS Nº 2 1
2.- PRESUPUESTOS PARCIALES 24
2.1) CAPÍTULO I: APOYOS Y ARMADOS EN LA LÍNEA 24
2.2) CAPÍTULO II: AISLAMIENTOS Y HERRAJES 26
2.3) CAPÍTULO III: PUESTAS A TIERRA 27
2.4) CAPÍTULO IV: CONDUCTOR 28
2.5) CAPÍTULO V: CABLE DE TIERRA 29
2.6) CAPÍTULO VI: APARAMENTA DE MANIOBRA 29
2.7) CAPÍTULO VII: LETREROS DE SEÑALIZACIÓN 30
2.8) CAPÍTULO VIII: PREPARACIÓN ACCESOS 30
3.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 31
4.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 32
5. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN 33
6. COSTE DE LOS MATERIALES 34
7. ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA 36
7.1) BRIGADA 36
7.2) DESGLOSE DE COSTES 36
7.3) PLANIFICACIÓN PROVISIONAL DEL TRABAJO 36

1. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
1	**m^3**	**Metro cúbico de excavación para cimientos de apoyos metálicos en todo tipo de dureza del terreno incluido transporte de productos sobrantes a vertedero, así como relleno y compacto.**	
	1	-Maquinaria y herramienta.	64,68
	1	-Relleno y compacto.	13,37
	1	-Mano de obra y medios auxiliares.	18,51
		TOTAL	**96,56**
2	**m^3**	**Metro cúbico de hormigón en masa de 250 kg de cemento por m^3, incluido encofrado. Si fuera necesario, vertido, vibrado, así como peanas, puntas de diamante y demás manipulaciones necesarias para su correcto curado, con áridos de tamaño inferior a 40 mm y cemento P-350, para todo tipo de apoyos metálicos y en cualquier tipo de terreno de tierra, rocapico o roca, así como cualquier combinación de ellas.**	
	1	- Materiales y maquinaria	126,90
	1	- Mano de obra, transporte y medios auxiliares.	38,07
		TOTAL	**164,97**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
3	**Ud.**	**Toma de tierra para torre metálica tipo OLMO en red de media tensión en lugar no frecuentado y sin elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.**	
	1	- Pica cilíndrica de acero-cobre de longitud 4000 mm y 25 mm de diámetro.	23,58
	0,32	- Metros cúbicos de apertura y posterior relleno y apisonado de zanja de 0,4 y 0,5 m de ancha profundidad a 47,65 €/m^3.	15,24
	1	-Cartucho de soldadura por unión del cable a la pica.	1,66
	1,5	-Metros de cable flexible de PVC incluso esfera de encofrado en cimiento de hormigón a 0,24 €/m.	0,36
	2	-Metros de conductor de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección a 2,8 €/m.	5,59
	1	-Accesorios terminales tipo Simel o similar para unión del cable al apoyo.	1,40
	1	-Tornillería y similares.	1,45
		-Transporte, acopio, mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura.	34,99
		TOTAL	**84,29**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
4	**Ud.**	**Toma de tierra para torre metálica tipo ARCE en red de media tensión en lugar frecuentado y con elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.**	
	2	- Pica cilíndrica de acero-cobre de longitud 4000 mm y 25 mm de diámetro, a 23,58 €/pica.	47,16
	0,64	- Metros cúbicos de apertura y posterior relleno y apisonado de zanja de 0,4 y 0,5 m de ancha y profundidad respectivamente a 47,65 €/m^3.	30,48
	2	- Cartucho de soldadura por unión del cable a la pica a 1,66€/m.	3,32
	3	- Metros de cable flexible de PVC incluso esfera de encofrado en cimiento de hormigón a 0,24 €/m.	0,72
	5	- Metros de conductor de cobre desnudo de 50 mm2 de sección a 2,8 €/m.	13,97
	2	- Accesorios terminales tipo Simel o similar para unión del cable al apoyo.	2,8
	2	-Tornillería y similares.	2,91
		-Transporte, acopio y mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura.	45,48
		TOTAL	**146,85**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
5	**Ud.**	**Apoyo metálico serie OLMO, Mod. 150/3T, totalmente instalado.**	
	748	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.136,96
	0,748	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	103,82
	5,84	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	558,07
	6,707	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.106,45
	748	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	306,68
		TOTAL	**3.211,98**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
6	**Ud.**	**Apoyo metálico serie OLMO, Mod. 150/3TA, totalmente instalado.**	
	874	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.328,48
	0,874	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	121,31
	5,97	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	576,46
	6,89	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.136,64
	874	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	358,34
		TOTAL	**3.521,23**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
7	**Ud.**	**Apoyo metálico serie OLMO, Mod. 150/4T, totalmente instalado.**	
	1.083	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.646,16
	1,083	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	150,32
	6,48	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	625,71
	7,75	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.278,52
	1.083	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	444,03
		TOTAL	**4.144,74**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
8	**Ud.**	**Apoyo metálico serie OLMO, Mod. 150/4TA, totalmente instalado.**	
	1.236	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.878,72
	1,236	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	171, 56
	6,85	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	661,44
	7,876	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.299,30
	1.236	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	506,76
		TOTAL	**4.517,78**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
9	**Ud.**	**Apoyo metálico serie OLMO, Mod. 275/3TA, totalmente instalado.**	
	1.083	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.646,16
	1,083	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	150,32
	7,04	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	679,78
	7,95	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.311,51
	1.083	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	444,03
		TOTAL	**4.231,8**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
10	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 300/13,95, totalmente instalado.**	
	1.005	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.527,6
	1,005	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	139,49
	6,84	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	660,47
	7,53	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.242,22
	1.005	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	412,05
		TOTAL	**3.981,83**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
11	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 300/16,20, totalmente instalado.**	
	1.205	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.831,6
	1,205	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	167,25
	7,08	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	683,64
	7,8	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.286,77
	1.205	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	494,05
		TOTAL	**4.463,31**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
12	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 300/18,45, totalmente instalado.**	
	1.408	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	2.140,16
	1,408	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	195,43
	7,08	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	683,64
	7,8	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.286,77
	1.408	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	577,28
		TOTAL	**4.883,28**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
13	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 300/23, totalmente instalado.**	
	1.997	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	3.035,44
	1,997	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	277,18
	7,36	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	710,68
	8,11	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.337,91
	1.997	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	818,77
		TOTAL	**6.179,98**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
14	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 630/16,20, totalmente instalado.**	
	1.423	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	2.162,96
	1,423	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	197,51
	9,96	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	961,74
	10,97	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	1.809,72
	1.423	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	583,43
		TOTAL	**5.715,36**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
15	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 900/23, totalmente instalado.**	
	2.960	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	4.499,2
	2,960	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	410,85
	11,44	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	1.104,65
	12,6	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	2.078,67
	2.960	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	1.213,6
		TOTAL	**9.306,97**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
16	**Ud.**	**Apoyo metálico serie ARCE,Mod. 1400/18,45, totalmente instalado.**	
	2.759	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	4.193,68
	2,759	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Tm.	382,95
	18,16	- Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m^3.	1.753,53
	20	- m^3 de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos , colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97 €/m^3.	3.299,71
	2.759	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/ Kg.	1.131,19
		TOTAL	**10.761,06**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
17	**Ud.**	**Armado metálico para la serie OLMO 150-400, tipo F5 totalmente instalado.**	
	540	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	820,8
	0,540	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	74,95
	540	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	221,4
		TOTAL	**1.117,15**
18	**Ud.**	**Armado metálico para la serie OLMO 150-400, tipo F42 totalmente instalado.**	
	604	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	918,08
	0,604	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	83,84
	604	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	247,64
		TOTAL	**1.249,56**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
19	**Ud.**	**Armado metálico para la serie ARCE 300, tipo F40 totalmente instalado.**	
	593	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	901,36
	0,593	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	82,31
	593	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	243,13
		TOTAL	**1.226,8**
20	**Ud.**	**Armado metálico para la serie ARCE 630, tipo F40 totalmente instalado.**	
	593	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	901,36
	0,593	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	82,31
	593	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	243,13
		TOTAL	**1.226,8**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
21	**Ud.**	**Armado metálico para la serie ARCE 900, tipo F40 totalmente instalado.**	
	815	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.238,8
	0,815	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	113,12
	815	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	334,15
		TOTAL	**1.686.07**
22	**Ud.**	**Armado metálico para la serie ARCE 1400, tipo F40 totalmente instalado.**	
	862	- Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/Kg.	1.310,24
	0,862	- Tonelada de transporte desde fabrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138,8 €/Kg.	119,64
	862	- Kilogramo de armado e izado a 0,41 €/Kg.	353,42
		TOTAL	**1.783,3**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
23	**Ud.**	**Cadena de suspensión para conductor de Aluminio - Acero LA-180 totalmente instalada.**	
	1	-Horquilla de bola (HB-16) a 5,83 €/ud.	5,83
	5	-Aisladores tipo U-70 BS a 15,93 €/ud.	79,65
	1	-Rótula corta (R16) a 10,76 €/ud.	10,76
	1	-Grapa de suspensión tipo GS-4 a 19,08 €/ud.	19,08
		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	30.84
		TOTAL	**146,16**
24	**Ud.**	**Cadena de amarre para conductor de Aluminio - Acero LA-180 totalmente instalada.**	
	1	-Horquilla de bola (HB-16) a 5,83 €/ud.	5,83
	5	-Aisladores tipo U-70 BS a 15,93 €/ud.	79,65
	1	-Rótula larga (R16P) a 10,76 €/ud.	10,76
	1	-Grapa de amarre tipo GA-3 a 15,33 €/ud.	15,33
		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	32,83
		TOTAL	**144,4**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
25	**Ud.**	**Cadena de suspensión para cable de tierra, incluso armado y montaje de las mismas, completa e instalada.**	
	1	- Grillete recto (GNT) a 6,05 €/ud.	6,05
	1	-Eslabón revirado tipo ESPR a 4,84 €/ud.	4,84
	1	-Grapa de suspensión tipo GST a 21,82 €/ud.	21,82
	1	-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	24,67
		TOTAL	**57,38**
26	**Ud.**	**Cadena de amarre para cable de tierra, incluso armado y montaje de las mismas, completa e instalada.**	
	1	- Grillete recto (GNT) a 6,05 €/ud.	6,05
	1	-Eslabón revirado tipo ESPR a 4,84 €/ud.	4,84
	1	-Grapa de amarre tipo GAT a 23.78 €/ud.	23,78
		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	26,26
		TOTAL	**60,93**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
27	**Ud.**	**Kilómetro de conductor de Aluminio-Acero LA-180 tensado y grapado, incluido todo tipo de cruzamiento y tala a matarrasa de arbolado en los tramos que sea necesario, con retirada de sobrantes al punto de la finca más próximo al vial de salida. Se incluye también la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes. Retirada de bobinas al almacén. Todo ello por cada fase y totalmente instalado.**	
	676	- Kilogramo de conductor LA-180 a 6,72 €/Kg.	4.542,72
	20,28	- Kilogramo de conductor LA-180 en concepto de flechas a 6,72 €/Kg.	136,28
	1000	- Metro de tendido por fase, incluido amarre hasta su total instalación totalmente instalado a 1,202 €/m.	1.202
	0,696	- Tonelada de transporte desde fábrica o almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 135,28 €/Tm.	94,15
		-Parte proporcional por cruzamientos, apertura de calle de seguridad, tala, limpieza, desbroce, etc.., según R.L.A.T. y limpieza de todo tipo de masa arbórea, tanto a nivel de matorral como de árbol maderable o no maderable, cortado a matarrasa y con anchura de calle reglamentaria etc…	233,29
		TOTAL	**6.208,44**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
28	**Ud.**	**Kilómetro de cable de tierra T-50 incluido tendido, tensado, engrapado de cables, completo e instalado.** **Se incluye también la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes.**	
	390	- Kilogramo de cable de tierra T-50 a 5,23 €/Kg.	2.039,7
	11,72	- Kilogramo de cable de tierra T-50 en concepto de flechas a 5,23 €/Kg.	61,30
	1000	- Metro de tendido por fase, incluido amarre hasta su total instalación totalmente instalado a 0,692 €/m.	692
	0,401	- Tonelada de transporte desde fábrica o almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 135,28 €/Tm.	54,25
		TOTAL	**2.847,25**
29	**Ud.**	**Seccionador tripolar con puesta a tierra AEG totalmente instalado.**	
	1	-Seccionador tripolar con puesta de tierra a 17.270 €/ud.	17.270
		-Transporte e instalación	1.300
		TOTAL	**18.570**

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
30	**Ud.**	**Placa de aviso de peligro, totalmente instalada.**	
	1	-Placa de aviso de peligro a 5,98€/ud.	5,98
		-Transporte, mano de obra y medios auxiliares, hasta su completa instalación.	11,92
		TOTAL	**17,9**
31	**Ud.**	**Placa de señalización o numeración, totalmente instalada.**	
	1	-Placa de aviso de señalización a 4,59 €/ud.	4,59
		-Transporte, mano de obra y medios auxiliares, hasta su completa instalación.	10,49
		TOTAL	**15,08**
32	**m^3**	**Preparación accesos**	
		- Desmonte en terreno de transito, con medios mecánicos, transporte de los productos de la excavación a vertedero.	2,50
		- Firme flexible para tráfico pesado T2 sobre explanada E3, compuesto por 20 cm. de suelo cemento.	16,50
		TOTAL	**19**

2. PRESUPUESTOS PARCIALES

2.1) CAPÍTULO I: Apoyos y armados en la línea

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
1.1	5	3	Apoyo metálico serie OLMO 150/3T, totalmente instalado.	3.211,98	9.635,94
1.2	6	36	Apoyo metálico serie OLMO 150/3TA, totalmente instalado.	3.521,23	12.6764,28
1.3	7	27	Apoyo metálico serie OLMO 150/4T, totalmente instalado.	4.144,74	11.1907,98
1.4	8	5	Apoyo metálico serie OLMO 150/4TA, totalmente instalado.	4.517,78	22.588,9
1.5	9	1	Apoyo metálico serie OLMO 275/3TA, totalmente instalado.	4.231,8	4.231,8
1.6	10	1	Apoyo metálico serie ARCE 300/13,95, totalmente instalado.	3.981,83	3.981,83
1.7	11	3	Apoyo metálico serie ARCE 300/16,20, totalmente instalado.	4.463,31	13.389,93
1.8	12	4	Apoyo metálico serie ARCE 300/18,45, totalmente instalado.	4.883,28	19.533,12
1.9	13	1	Apoyo metálico serie ARCE 300/23, totalmente instalado.	6.179,98	6.179,98
1.10	14	1	Apoyo metálico serie ARCE 630/16,20, totalmente instalado.	5.715,36	5.715,36
1.11	15	1	Apoyo metálico serie ARCE 900/23, totalmente instalado.	9.306,97	9.306,97

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
1.12	16	3	Apoyo metálico serie ARCE 1400/18,45, totalmente instalado.	10.761,06	32.283,18
1.13	17	71	Armado metálico para serie OLMO 150-400, tipo F5 totalmente instalado.	1.117,15	79.317,65
1.14	18	1	Armado metálico para serie OLMO 150-400, tipo F42 totalmente instalado.	1.249,56	1.249,56
1.15	19	9	Armado metálico para serie ARCE 300, tipo F40 totalmente instalado.	1.226,8	11.041,2
1.16	20	1	Armado metálico para serie ARCE 630, tipo F40 totalmente instalado.	1.226,8	1.226,8
1.17	21	1	Armado metálico para serie ARCE 900, tipo F40 totalmente instalado.	1.686,07	1.686,07
1.18	22	3	Armado metálico para serie ARCE 1400, tipo F40 totalmente instalado.	1.783,3	5.349,9
TOTAL CAPÍTULO I					**465.390,45**

2.2) CAPÍTULO II: Aislamientos y herrajes

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
2.1	23	108	Cadena de suspensión para conductor de Aluminio - Acero LA-180 totalmente instalada.	146,16	15.785,28
2.2	24	294	Cadena de amarre para conductor de Aluminio - Acero LA-180 totalmente instalada.	144,4	42.453,6
2.3	25	36	Cadena de suspensión para cable de tierra T-50 totalmente instalada.	57,38	2.065,68
2.4	26	98	Cadena de amarre para cable de tierra T-50 totalmente instalada.	60,93	5.971,14
TOTAL CAPÍTULO II					**66.275,7**

2.3) CAPÍTULO III: Puestas a tierra

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
3.1	3	72	Toma de tierra para torre metálica tipo OLMO en red de media tensión en lugar no frecuentado y sin elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	84,29	6.068,88
3.2	4	14	Toma de tierra para torre metálica tipo ARCE en red de media tensión en lugar frecuentado y con elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	146,85	2055,9
TOTAL CAPÍTULO III					**8.124,78**

2.4) CAPÍTULO IV: Conductor

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
4.1	27	3x17,400	Kilómetro de conductor de Aluminio-Acero LA-180 tensado y grapado, incluido todo tipo de cruzamiento y tala a matarrasa de arbolado en los tramos que sea necesario, con retirada de sobrantes al punto de la finca más próximo al vial de salida. Se incluye también la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes. Retirada de bobinas al almacén. Todo ello por cada fase y totalmente instalado.	6.208,44	324.080,57
TOTAL CAPÍTULO IV					**324.080,57**

2.5) CAPÍTULO V: Cable de tierra

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
5.1	28	17,400	Kilómetro de cable de tierra T-50 incluido tendido, tensado, engrapado de cables, completo e instalado. Se incluye también la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes.	2.847,25	49.542,15
TOTAL CAPÍTULO V					**49.542,15**

2.6) CAPÍTULO VI: Aparamenta de maniobra

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
6.1	29	2	Seccionador tripolar con puesta a tierra AEG totalmente instalado.	18.570	37.140
TOTAL CAPÍTULO VI					**37.140**

2.7) CAPÍTULO VII: Letreros de señalización

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
7.1	30	86	Placa de aviso de peligro, totalmente instalada.	17,9	1.539,4
7.2	31	86	Placa de señalización o numeración, totalmente instalada.	15,08	1.296,88
TOTAL CAPÍTULO VII					**2.836,28**

2.8) CAPÍTULO VIII: Preparación accesos

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
8.1	32	38	- Desmonte en terreno de transito, con medios mecánicos, transporte de los productos de la excavación a vertedero. - Firme flexible para tráfico pesado T2 sobre explanada E3, compuesto por 20 cm. de suelo cemento.	19	722
TOTAL CAPÍTULO VIII					**722**

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

A continuación se detallan los distintos elementos que componen el presupuesto de ejecución material:

Capítulo	Designación	Importe
I	Apoyos y armados instalados en la línea	**465.390,45 €**
II	Aislamiento y herrajes	**66.275,7 €**
III	Puestas a tierra	**8.124,78 €**
IV	Conductor	**324.080,57 €**
V	Cable de Tierra	**49.542,15 €**
VI	Aparamenta de maniobra	**37.140 €**
VII	Letreros de señalización	**2.836,28 €**
VIII	Preparación accesos	**722 €**
IX	Seguridad y Salud	**12.977,35 €**
TOTAL		**967.089,28 €**
Imprevistos (2,5%)		**24.177,23 €**
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		**991.266,51 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución de material a la expresada cantidad de:

NOVECIENTOS NOVENTA Y UN MIL, DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS, CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS DE EURO.

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Total de presupuesto ejecución material	991.266,51 €
Gastos generales (13%)	128.864,65 €
Beneficio Industrial (6%)	59.475,99 €
Presupuesto por contrata	1.179.607,15 €
21 % I.V.A.	247.717,50 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	**1.427.324,65 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de:

UN MILLÓN, CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL, TRESCIENTOS VEINTICUATRO EUROS, CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS DE EURO.

5. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Total de presupuesto ejecución por contrata	1.427.324,65 €
Honorarios de Redacción del proyecto (4% del total de presupuesto ejecución material)	39.650,66 €
Tramitación de licencias (2,5% del total de presupuesto de ejecución material)	24.781,66 €
TOTAL PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	**1.491.756,97 €**

Asciende el presente presupuesto para conocimiento de la administración a la expresada cantidad de:

UN MILLÓN, CUATROCIENTOS NOVENTA Y UN MIL, SETECIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS, CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

6. COSTE DE LOS MATERIALES

Materiales		**Cantidad**	**Precio unitario (€)**	**Coste total (€)**
m^3 de hormigonado de apoyo y/o anclaje, incluida peana		678,55	60	40.713
Tm de acopio y armado de apoyo (peso de armado+apoyo)		143,4	0,75	107,55
Cadena amarre LA-180	Horquilla de bola (HB-16)	294	5,83	1.714,02
	Aisladores tipo U-70 BS	1470	15,93	23.417,10
	Rótula larga (R16P)	294	10,76	3.163,44
	Grapa de amarre tipo GA-3	294	15,33	4.507,02
Cadena suspensión LA-180	Horquilla de bola (HB-16)	108	5,83	629,64
	Aisladores tipo U-70 BS	540	15,93	8.602,20
	Rótula corta (R16)	108	10,76	1.162,08
	Grapa de suspensión tipo GS-4	108	19,08	2.060,64
Cadena amarre Cable de Tierra	Grillete recto (GNT)	98	6,05	592,9
	Eslabón revirado tipo ESPR	98	4,84	474,32
	Grapa de amarre tipo GAT	98	23,78	2.330,44
Cadena suspensión Cable de Tierra	Grillete recto (GNT)	36	6,05	217,8
	Eslabón revirado tipo ESPR	36	4,84	174,24
	Grapa de suspensión tipo GST	36	21,82	785,52
Kg de conductor LA-180		36.345,82	10	363.458,20
Kg de cable de tierra T-50		6.939,47	9,5	65.924,97
Colocación placa de peligro		86	2,85	245,1
Numeración de apoyos		86	2,85	245,1
Toma de Tierra en lugar no frecuentado para apoyo tipo ARCE	Pica Toma de Tierra	28	47,16	1.320,48
	Cartucho de soldadura	28	1,66	46,48
	Tubo PVC 13 mm (m)	42	0,24	10,08
	Conductor de cobre 50 (m)	70	3,6	252
	Terminal Simel Toma de Tierra	28	0,66	18,48
	Tornillo para terminal de Toma de Tierra	28	0,6	16,8
	Hormigonado para la Toma de Tierra	8,96	60	537,6
Toma de Tierra en lugar no frecuentado para apoyo tipo OLMO	Pica Toma de Tierra	72	23,58	1.697,76
	Cartucho de soldadura	72	1,66	119,52
	Tubo PVC 13 mm (m)	108	0,24	25,92
	Conductor de cobre 50 (m)	144	3,6	518,4
	Terminal Simel Toma de Tierra	72	0,66	47,52
	Tornillo para terminal de Toma de Tierra	72	0,6	43,2
	Hormigonado para la Toma de Tierra	23,04	60	1.382,40
COSTE DE LA OBRA EN CONCEPTO DE MATERIALES				**526.561,92**

Coste de la obra en concepto de materiales	526.561,92 €
Gastos generales (13 %)	68.453,05 €
Beneficio neto (6 %)	31.593,72 €
COSTE DE LA OBRA EN CONCEPTO DE MATERIALES	**626.608,68 €**

Asciende el presente coste de la obra en concepto de materiales a la expresada cantidad de:

SEISCIENTOS VEINTISEIS MIL, SEISCIENTOS OCHO EUROS, CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

7. ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA

7.1) Brigada

A continuación se detalla la estructura organizativa del personal que llevará a cabo todos los trabajos requeridos para el desarrollo del proyecto:

- 1 Encargado de obra.
- 4 Oficiales de 1º.
- 4 Oficiales de 2º.
- 8 Peones.

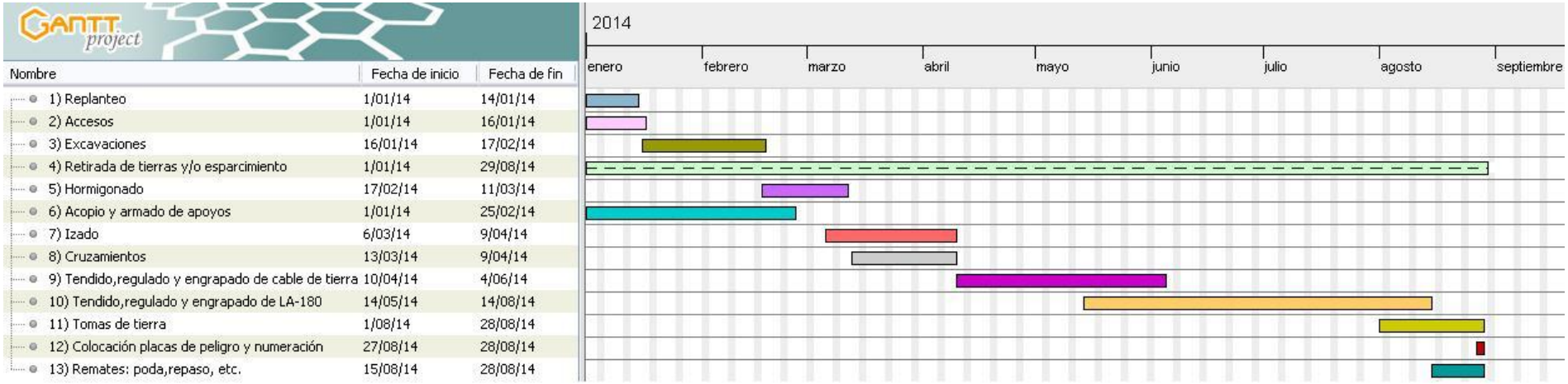
7.2) Desglose de costes

- *Presupuesto ejecución por contrata:* **1.179.607,15 €**
  - *Coste de los materiales:* **517.858,41 €**
  - *Coste de la mano de obra:* **661.748,74 €**
  - *Coste de la brigada:* **477,35 €/h**

7.3) Planificación provisional del trabajo

La duración estimada para llevar a cabo todos los trabajos necesarios para la consecución del presente proyecto, considerando que se dispone de una brigada formada por 17 trabajadores (tal y como se ha indicado anteriormente), es de **173 días**, lo que equivale a **8,6 meses.**

Con el fin de modelar las diferentes tareas necesarias para la realización del proyecto, elaborando una asignación temporal y de operarios a cada una de ellas, se emplea el Diagrama de Gantt que se muestra a continuación.



Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
1) Replanteo	1/01/14	14/01/14
2) Accesos	1/01/14	16/01/14
3) Excavaciones	16/01/14	17/02/14
4) Retirada de tierras y/o esparcimiento	1/01/14	29/08/14
5) Hormigonado	17/02/14	11/03/14
6) Acopio y armado de apoyos	1/01/14	25/02/14
7) Izado	6/03/14	9/04/14
8) Cruzamientos	13/03/14	9/04/14
9) Tendido,regulado y engrapado de cable de tierra	10/04/14	4/06/14
10) Tendido,regulado y engrapado de LA-180	14/05/14	14/08/14
11) Tomas de tierra	1/08/14	28/08/14
12) Colocación placas de peligro y numeración	27/08/14	28/08/14
13) Remates: poda,repaso, etc.	15/08/14	28/08/14

*La traza discontinua indica actividad que realizarán aquellos operarios que no se encuentren en ese momento desempeñando otra función.

Santander, a Junio de 2013

Fdo: Miguel Ángel Cobo Plasencia

BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO Nº5: BIBLIOGRAFÍA

Normativa

- Reglamento de Línea eléctricas de Alta Tensión (R.L.A.T.) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-LAT) Real Dcecreto 223/2008 15 de Febrero.
- Normativa UNE aplicable.
- Recomendaciones UNESA.

Libros de consulta

- 'Energía 2012' Foro nuclear.
- Proyectos Iberdrola.
- Apuntes de asignatura 'Líneas y redes'.
- Apuntes asignaturas varias.

Catálogos

- Aerogeneradores GAMESA
- Apoyos MADE
- Seccionadores HAPAM
- Aisladores INAEL

Páginas Web

http://eolicacantabria.com/

http://www.sotaventogalicia.com/area_tecnica/tecnologias_funcionamiento.php

http://www.tuveras.com/lineas/aereas/apoyo.htm

http://es.scribd.com/doc/18571102/MECANICOS-APOYOS

http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo2/calculo_mecanico.html#3

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Cimentaciones.pdf

http://es.wikipedia.org/wiki/Toma_de_tierra

http://electricosaficionados.blogspot.com.es/2011/09/el-efecto-corona-en-lineas-de.html

http://materias.fi.uba.ar/7411/curso/teoria/balasto/leoni.pdf

http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo2/aisladores.html

Santander, a Junio de 2013

Fdo: Miguel Ángel Cobo Plasencia