

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**LÍNEA AÉREA ALTA TENSION (55KV) DE  
DOBLE CIRCUITO DE INTERCONEXIÓN DE  
LAS SUBESTACIONES DE MERUELO Y  
ARGOÑOS**

**(High Voltage Overhead Line (55kV) of double  
circuit for interconnection between the  
substations of Meruelo and Argoños)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Sara Ortega Conde

Septiembre - 2015

<b>TÍTULO</b>	<b>LÍNEA AÉREA ALTA TENSIÓN (55KV) DE DOBLE CIRCUITO DE INTERCONEXIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE MERUELO Y ARGOÑOS</b>  <b>(High Voltage Overhead Line (55kV) of double circuit for interconnection between the substations of Meruelo and Argoños)</b>		
<b>AUTOR</b>	<b>SARA ORTEGA CONDE</b>		
<b>DIRECTOR / PONENTE</b>	<b>ALFREDO MADRAZO MAZA</b>		
<b>TITULACIÓN</b>	<i>Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales</i>	<b>FECHA</b>	28/09/2015

### PLABRAS CLAVE

Línea, alta tensión, doble circuito, suministro eléctrico, Meruelo, Argoños, vertedero controlado.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las mejoras en el Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos de Meruelo y sus innovaciones en la generación de energía eléctrica hacen necesaria la construcción de una línea eléctrica para la mejor distribución de la energía sobrante y así dar suministro a la zona del Ayuntamiento de Argoños.

De esta manera, interconectando las subestaciones eléctricas de Meruelo y Argoños se satisface la necesidad de exportación de la energía sobrante producida en el vertedero y así mismo se mejora el transporte en la Red Eléctrica Española (REE).

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La línea está localizada en el noreste de la comunidad autónoma de Cantabria teniendo su origen en la subestación eléctrica de Meruelo y terminando en la subestación de Argoños.

Para reducir pérdidas y abaratar costes de transporte, se eleva la tensión de la línea hasta valores de Alta Tensión (55kV).

El conductor es de aluminio con alma de acero de tipo 147-AL1/34-ST1A (LA-180). El cable de tierra es de acero de tipo AC-50. La configuración de la instalación es de doble circuito.



El trazado de la línea está ubicado por debajo de los 500 metros de altitud sobre el nivel del mar, por lo que la línea se encuentra en la Zona A.

La longitud total de la línea es de 9.650 metros y está soportada por 50 apoyos todos ellos de la serie olmo tanto para alineación, ángulo o principio y fin de línea. El armado utilizado es el mismo para todos los apoyos E-2/2,6(-T) y varía el esfuerzo nominal de cada apoyo en función del esfuerzo que debe soportar.

Se han utilizado aisladores de vidrio U-70-BS con 5 aisladores por cadena.

Las cimentaciones son de hormigón y de tipo monobloque. Se han calculado estableciendo un coeficiente de balasto medio del terreno de  $12\text{kg/cm}^3$ .

La puesta a tierra está constituida por dos líneas de tierra en lados opuestos del apoyo formadas por un doble cable de acero galvanizado y por electrodos de puesta a tierra, que para apoyos no frecuentados serán dos picas de difusión vertical y para apoyos frecuentados, un anillo difusor de cobre desnudo y 4 picas de difusión vertical.

El estudio de impacto ambiental en el que se describen las características ambientales de la zona referentes a hidrografía, vegetación, fauna y medio socioeconómico tiene una valoración calificada como compatible. Dado parte de la línea se encuentra en las inmediaciones del parque natural de Santoña, se colocarán dispositivos salvapájaros en el cable de tierra cada 10 metros.

## CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

El presupuesto de ejecución de material, formado por seis capítulos (Apoyos, Cables y conductores, Cadenas y herrajes, Puesta a tierra, Accesorios, Aplicación y Ejecución del Estudio de Seguridad e Higiene) asciende a la cantidad de **683.365,90€**.

A continuación, se suma a la cantidad anterior los gastos generales y el beneficio industrial que representan el 13% y 6% del presupuesto de ejecución de material obteniéndose el presupuesto de ejecución de por contrata de **983.978,56€**.



Finalmente se incorporan los gastos de redacción del proyecto y de tramitación de licencias que son un 4% y 2,5% respectivamente del presupuesto de ejecución de material. Ascende por tanto el presupuesto para el conocimiento de la administración a la cantidad de **1.028.397,35€**.

## BIBLIOGRAFÍA

### Normativa

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITCLAT 01 a 09.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación. Correcciones de errores y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre sobre Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de autorización de Instalaciones de Energía eléctrica
- Ley 54/1997 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Y todas las actualizaciones que lo afectan.
- Real Decreto. 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en obras de construcción. Modificaciones efectuadas por: Real Decreto 604/2006. Y todas las actualizaciones que lo afectan.
- 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.
- Normas UNE
- Normas particulares de la Empresa Distribuidora
- Recomendaciones UNESA

### Libros de consulta

- Simón Comín, P.; Garnacho Vecino, F.; Moreno Mohino, J y González Sanz, A., *Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión*, Editorial Garceta



- Madrazo Maza A., *Apuntes de sistemas de potencia*
- Madrazo Maza A., *Apuntes de tecnología eléctrica*

### **Páginas web**

- <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>
- <http://www.tuveras.com/lineas/parametros/parametros.htm#comienzo>
- <http://www.abaleo.es/wp-content/uploads/2011/09/Impacto-Ambiental-Redes-Elctricas.pdf>
- <http://www.cantabria102municipios.com>
- [http://www.invertaresa.com/GRUPO/made/espanol/descargas/catalogos/03\\_serie\\_olmo.pdf](http://www.invertaresa.com/GRUPO/made/espanol/descargas/catalogos/03_serie_olmo.pdf)
- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NT/P/Ficheros/001a100/ntp\\_073.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NT/P/Ficheros/001a100/ntp_073.pdf)
- <http://www.mare.es/Valorizaci%25C3%25B3nenerg%25C3%25A9tica>
- <http://www.meruelo.es/vertederocontrolado.htm>

### **Cátálogos**

- Apoyos MADE
- Cables GENERAL CABLE
- Aisladores SAINT-GOBAIN
- Salvapájaros SAPREM

### **Otros**

- Proyectos Tipo Iberdrola
- Proyectos Tipo Unión Fenosa Distribución

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### **DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

1. MEMORIA
2. PLANOS
3. PLIEGO DE CONDICIONES
4. PRESUPUESTO
5. BIBLIOGRAFÍA

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **DOCUMENTO N<sup>o</sup>1:**

# **MEMORIA**

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

-MEMORIA DESCRIPTIVA

-ANEXOS A LA MEMORIA

- ANEXO I: DATOS DE PARTIDA
- ANEXO II: CÁLCULOS
- ANEXO III: PUESTAS A TIERRA
- ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- ANEXO V: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **MEMORIA DESCRIPTIVA**

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### MEMORIA DESCRIPTIVA

#### ÍNDICE

1 ANTECEDENTES .....	1
2 OBJETIVO.....	3
3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN LA MEMORIA .....	3
4 SITUACIÓN.....	4
5 SOLUCIÓN A ADOPTAR.....	4
6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	4
7 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA.....	4
8 CRUZAMIENTOS.....	5
9 REGLAMENTACIÓN .....	6
10 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	7
10.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	7
10.2 CONDUCTOR.....	8
10.3 CABLE DE TIERRA.....	9
10.4 AISLAMIENTO .....	10
10.4.1 Aisladores.....	10
10.4.2 Cadenas de amarre y suspensión del proyecto.....	12
10.5 HERRAJES.....	13
10.5.1 Requisitos eléctricos.....	13
10.5.2 Efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas .....	14
10.5.3 Requisitos mecánicos.....	14
10.5.4 Requisitos de durabilidad.....	14
10.5.5 Características y dimensiones de los herrajes .....	15
10.6 APOYOS .....	15
10.6.1 Clasificación según su función.....	15
10.6.2 Esfuerzos a los que están sometidos los apoyos .....	16
10.6.3 Apoyos instalados en la línea .....	17
10.7 CIMENTACIONES.....	17
10.8 NUMERACIÓN, MARCADO Y AVISOS DE RIESGO ELÉCTRICO .....	17

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

10.9 PUESTA A TIERRA.....	18
10.10 DISPOSITIVOS SALVAPÁJAROS .....	18
11 ANEXOS .....	20

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## **1 ANTECEDENTES**

Las mejoras en el Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos de Meruelo y sus innovaciones en la generación de energía eléctrica hacen necesaria la construcción de una línea eléctrica para la mejor distribución de la energía sobrante y dar suministro a la zona del Ayuntamiento de Argoños.

En el Vertedero Controlado de Residuos Sólidos y Urbanos de Meruelo, en los montes de la cuenca del río Campiazo, se tratan las basuras domésticas de Cantabria con todos los requisitos para cumplir la normativa ambiental y eliminar los residuos que todos producimos sin daño para el Medio Ambiente.

Este Centro de Tratamiento es gestionado por la Empresa de Residuos de Cantabria, sociedad pública regional dependiente de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio. Dicha empresa de Residuos se hace cargo actualmente de la recogida y transporte de los residuos sólidos urbanos de los 102 municipios que tiene Cantabria, lo que equivale a una población de 500.000 habitantes. No obstante, determinados Ayuntamientos de la zona central de Cantabria mantienen la recogida, transporte y tratamiento de los residuos municipales generados en su término jurisdiccional.

El Vertedero Controlado de Meruelo se caracteriza por ser un proyecto global donde se pretende dar una solución al tema de recogida, eliminación y reciclaje de la basura, teniendo presente en todo momento la no contaminación del entorno. Para ello, este centro está dividido en los siguientes departamentos:

- Planta de Reciclaje
- Planta de pretratamiento de lixiviados
- Estación Depuradora de Aguas Residuales
- Planta de generación de Energía Eléctrica mediante Biogás
- Sistema de Medición de Análisis en Continuo de los Hornos Incineradores

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

MARE participa en la empresa Biomeruelo de Energía, S.A, para el aprovechamiento energético del biogás producido en el vertedero de Meruelo. La nueva Planta de Aprovechamiento Energético, con una capacidad de 96.000 toneladas anuales, emplea como combustible los materiales de rechazo de los procesos de reciclaje y compostaje no aprovechables y que anteriormente se depositaban en vertedero.

El biogás es una mezcla de gases proveniente de la degradación de la materia orgánica del vertedero compuesto fundamentalmente por:

- Metano, en un 45÷60%
- CO<sub>2</sub> , en un 40÷60%
- N<sub>2</sub> , en un 2÷5%
- O<sub>2</sub> , en un 1%
- Otros compuestos en cantidades inferiores al 1%

El aprovechamiento de estos gases genera grandes beneficios ambientales y económicos ya que:

- produce energía eléctrica
- elimina el riesgo de incendios y explosiones en el vertedero
- reduce de la emisión de gases de efecto invernadero

En la zona horizontal de la caldera se disponen una serie de evaporadores, sobrecalentadores y economizadores que producen vapor mediante el calor liberado. El vapor, una vez fuera del sobrecalentador, es introducido en una turbina, generándose una potencia de 10,5 MW, de los que unos 2 MW se destinarán al autoconsumo de las instalaciones, y se exportará a la Red Eléctrica nacional el resto. El proceso está diseñado para cumplir con los límites establecidos en el Real Decreto 653/2.003, relativo a la incineración de residuos.

De esta manera, interconectando las subestaciones eléctricas de Meruelo y Argoños se satisface la necesidad de exportación de la energía sobrante producida en el vertedero y así mismo se mejora el transporte en la Red Eléctrica Española (REE).

## **2 OBJETIVO**

El presente proyecto tiene por objetivo establecer y justificar todos los datos constructivos que presenta la ejecución de una línea aérea de alta tensión de 55 kV para la interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños.

Todo su estudio utilizará como referencia el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (Real Decreto 223/08 del 15 de febrero), además de las normas particulares de la empresa suministradora.

Así mismo, este proyecto tiene como objetivo servir como trabajo de fin de grado para acceder al título de Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad de Cantabria.

## **3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN LA MEMORIA**

El proyecto está compuesto por los siguientes documentos:

- **MEMORIA**
  - Memoria descriptiva
  - Anexos a la memoria
    - Datos de partida
    - Cálculos
    - Puestas a tierra
    - Estudio de Seguridad y Salud
    - Estudio de Impacto Medio Ambiental
- **PLANOS**
- **PLIEGO DE CONDICIONES**
- **PRESUPUESTO**
- **BIBLIOGRAFÍA**

## **4 SITUACIÓN**

La línea del presente proyecto tendrá su origen en la subestación eléctrica de Meruelo y terminará en la subestación de Argoños. Esta interconexión eléctrica transcurre por los siguientes términos municipales: Meruelo, Arnuelo, Escalante y Argoños; encontrándose estos en la zona oriental de la comunidad autónoma de Cantabria.

## **5 SOLUCIÓN A ADOPTAR**

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. Además se evita el uso 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 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

A la hora de diseñar la línea se han considerado tres alternativas distintas, que se recogen en el documento "Planos" identificadas con trazas de diferente color.

El análisis de alternativas así como la justificación de la solución adoptada se recoge en el anexo V.

## **7 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA**

El trazado de la línea aparece mostrado en el documento "Planos". La línea del presente proyecto está formada por un doble circuito de un conductor por fase.

El conductor es de aluminio con alma de acero de tipo 147-AL1/34-ST1A (LA-180). El cable de tierra es de acero de tipo AC-50.

El trazado de la línea está ubicado por debajo de los 500 metros de altitud sobre el nivel del mar, por lo que la línea se encontrará en la Zona A, según la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (de ahora en adelante RLAT).

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## 8 CRUZAMIENTOS

Como consecuencia del trazado de la línea se producen los siguientes cruzamientos contemplados en el RLAT ajustándose al apartado 5 de la ITC 07 “Distancias mínimas de seguridad. Cruzamientos y paralelismos”.

Cruzamiento Nº	Apoyos Nº	Longitud vano (m)	Tipo de cruzamiento	Entidad u organismo afectado
1	2-3	250	L.A.T de 132kV	Meruelo
2	4-5	200	L.A.T de 132kV	Meruelo
3	5-6	190	Camino rural	Meruelo
4	7-8	170	Camino rural	Meruelo
5	7-8	170	Camino rural	Meruelo
6	8-9	180	Camino rural	Meruelo
7	9-10	210	Carretera nacional CA-456	Meruelo
8	9-10	210	Carretera nacional CA-456	Meruelo
9	9-10	210	Carretera nacional CA-456	Meruelo
10	9-10	210	Camino rural	Meruelo
11	9-10	210	Camino rural	Meruelo
12	10-11	400	Río	Meruelo
13	15-16	200	Camino rural	Meruelo
14	18-19	196	Camino rural	Meruelo
15	18-19	196	L.A.T de 55kV	Meruelo
16	19-20	160	Camino rural	Meruelo
17	20-21	240	Carretera nacional CA-147	Meruelo
18	21-22	240	Camino rural	Meruelo

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

19	22-23	190	L.A.T de 55kV	Meruelo
20	26-27	170	Camino rural	Arnuelo
21	28-29	200	Camino rural	Arnuelo
22	37-38	200	Carretera nacional CA-440	Escalante
23	41-42	220	Camino rural	Escalante
24	43-44	220	Camino rural	Escalante
25	48-49	200	Carretera nacional CA-148	Argoños
26	49-50	200	L.A.T de 55kV	Argoños

## 9 REGLAMENTACIÓN

Al establecer las bases técnicas para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta los siguientes Reglamentos y Normas:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación. Correcciones de errores y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre sobre Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de autorización de Instalaciones de Energía eléctrica
- Ley 54/1997 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Y todas las actualizaciones que lo afectan.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Real Decreto. 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en obras de construcción. Modificaciones efectuadas por: Real Decreto 604/2006. Y todas las actualizaciones que lo afectan.
- 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.
- Normas UNE
- Recomendaciones UNESA en vigor.
- Normas técnicas particulares de la empresa distribuidora

## 10 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación queda definida por las siguientes características:

### 10.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Sistema.....	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz) .....	50
Tensión nominal (kV).....	55
Tensión más elevada de la red (kV) .....	72,5
Categoría.....	2 <sup>a</sup>
Nº de circuitos.....	2
Nº de conductores aéreos por fase .....	1
Tipo de conductor aéreo.....	147-AL1/34-ST1A (LA-180)
Tipo de cable de tierra .....	AC-50
Número de cables de tierra .....	1
Potencia máxima de transporte (MVA) .....	82
Número de apoyos .....	50
Longitud (m).....	9.650

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

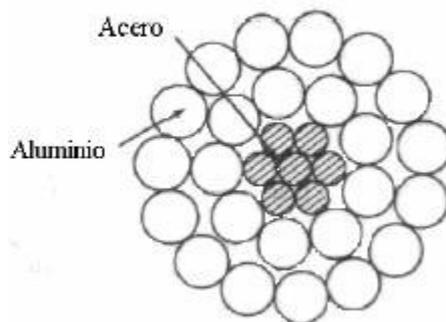
### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Zona de aplicación.....	ZONA A
Tipo de aislamiento.....	Aislador de vidrio nivel III
Apoyos.....	O
Cimentaciones.....	Hormigón
Puesta a tierra .....	Picas de toma de tierra sencillas
Nº Apoyos alineación/Tipo.....	42/O
Nº Apoyos ángulo/Tipo .....	6/O
Nº Apoyos fin de línea/Tipo .....	2/O
Configuración de la instalación.....	Doble circuito

## 10.2 CONDUCTOR

El conductor empleado para el desarrollo de la línea es de tipo desnudo de aluminio y acero galvanizado, denominado 147-AL1/34-ST1A.

Este tipo de conductor está formado por varios alambres de aluminio del mismo diámetro nominal y de uno o varios alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas, correspondiendo el alma o centro del cable a los alambres de acero y las capas del exterior a los alambres de aluminio.



Para los empalmes de aluminio-acero se utilizará manguito estirado. Se efectúa primeramente la unión del cable interior de acero mediante un manguito de acero, utilizándose un manguito de aluminio que abarcará la totalidad del cable consiguiéndose de esta manera una perfecta unión mecánica y eléctrica del conductor.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Las características del conductor son las siguientes:

- Sección total (mm<sup>2</sup>)..... 181,6
- Sección aluminio (mm<sup>2</sup>) ..... 147,3
- Sección de acero (mm<sup>2</sup>)..... 34,4
- Diámetro (mm) .....17,5
- Peso unitario (daN/m) .....0,663
- Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>) .....8.000
- Coeficiente de dilatación lineal,  $\delta$  (°C<sup>-1</sup>) .....17,8·10<sup>-6</sup>
- Carga de rotura (daN).....6.390
- Composición ..... (30+7)
- Densidad de corriente (A/mm<sup>2</sup>) .....2,59
- Intensidad máxima admisible (A) ..... 430,39

### 10.3 CABLE DE TIERRA

El cable de tierra en líneas de alta tensión 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 cumple dos funciones básicas:

- Protege a las personas de una derivación accidental de los conductores de alta tensión.
- Actúa de pararrayos al encontrarse más alto que los conductores, protegiendo al conjunto de las descargas atmosféricas. Siendo derivadas a tierra causando el menor daño posible a la instalación eléctrica.

El cable de tierra utilizado para la protección de la línea es el AC-50 de acero. Sus características son las siguientes:

- Sección (mm<sup>2</sup>) ..... 49,48
- Diámetro (mm).....9

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Peso unitario (daN/m).....	0,392
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ).....	18.130
Carga de rotura (daN).....	6.174
Coefficiente de dilatación lineal, $\delta$ (°C <sup>-1</sup> ).....	11,5·10 <sup>-6</sup>

## 10.4 AISLAMIENTO

### 10.4.1 Aisladores

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 deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para 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 aisladores se respetarán las tensiones soportadas según el apartado 4.4 de la ITC-LAT 07.

- **Requisitos para el comportamiento bajo polución**

Los aisladores cumplirán con los requisitos especificados para su comportamiento bajo polución. Se considerarán 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**

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

El diseño de los aisladores de una línea aérea satisfará 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.

Todos los materiales féreos, 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-EN 60383-1.

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 líneas aéreas deben cumplir, siempre que sea posible, 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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 10.4.2 Cadenas de amarre y suspensión

El conjunto de aisladores de estas cadenas sirve para aislar el conductor y el cable de tierra de los apoyos. En el anexo "Cálculos" se desarrolla el cálculo referente al número de aisladores necesarios, siguiendo lo marcado en los apartados 2.3 y 4.4 de la ITC-LAT 07.

Según los cálculos realizados, las cadenas estarán formadas por 5 aisladores, tipo estándar de vidrio templado clase U-70-BS, cuyas características y normativa son analizadas en los anexos y pliegos de condiciones técnicas correspondientes.

Las cadenas de amarre se usarán cuando se efectúe el amarre del conductor en los apoyos en ángulo y principio y fin de línea. Para los apoyos de alineación habrá que estudiar si se utiliza amarre o suspensión.

Las cadenas de aislamiento de vidrio templado de tipo caperuza y vástago según norma UNE-EN 60383-1 tienen las siguientes características:

DENOMINACIÓN AISLADOR	U-70-BS
Carga de rotura electromecánica (daN)	7.000
Diámetro nominal (mm)	255
Paso nominal (mm)	127
Línea de fuga (mm)	≥ 315
Acoplamiento (UNE 21 009)	16A
Peso aproximado (kg)	3,40

TENSIÓN (kV)	CONDUCTOR	SUSPENSIÓN	AMARRE
55	LA-180 SÍMPLEX	5 x U-70-BS	5 x U-70-BS

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Las características mínimas eléctricas y las mecánicas de las cadenas de aisladores se ajustarán a lo establecido en la norma UNE-EN 60383 y se indican en la tabla siguiente:

TENSION (kV)	AISLADOR	Nº AISLADORES	TENSIÓN SOPORTADA (kV)		DISTANCIA DE ARCO (mm)	LÍNEA DE FUGA (mm)	CARGA ROTURA (daN)	LONGITUD APROX. (mm)	PESO APROX. (kg)
			50 Hz bajo lluvia	Impulso tipo rayo 1,2/50 $\mu$ s					
55	U-70-BS	5	$\geq 165$	$\geq 380$	$\geq 600$	$\geq 1.300$	7.000	635	18

## 10.5 HERRAJES

### 10.5.1 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 empleados en el presente proyecto son de hierro forjado galvanizado en caliente y todos estarán adecuadamente protegidos contra la corrosión. Estos herrajes cumplirán lo indicado en las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897.

### 10.5.2 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,

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

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.

#### **10.5.3 Efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas**

En el diseño de los herrajes se tendrá presente su comportamiento en el fenómeno del 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.

#### **10.5.4 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 del RLAT.

Todos los herrajes que puedan estar sometidos al peso de una persona, deben resistir una carga característica concentrada de 1,5kN.

#### **10.5.5 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.

### **10.5.6 Características y dimensiones de los herrajes**

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

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

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

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

## **10.6 APOYOS**

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores y los cables de tierra de modo directo a las estructuras de apoyo. Estas estructuras se denominan “apoyos” y 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.

### **10.6.1 Clasificación según su función**

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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- a) **Apoyos de suspensión:** Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- b) **Apoyos de amarre:** Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- c) **Apoyos 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.
- 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:
  - f) **Apoyo de alineación:** Apoyo en suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
  - g) **Apoyo de ángulo:** Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

#### 10.6.2 Esfuerzos a los que están sometidos los apoyos

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

**-Esfuerzos verticales:** Debidos, principalmente, al peso de los conductores que soporta el apoyo. En zonas de alta montaña se tendrá en cuenta el peso debido a los manguitos de hielo que se forman en los conductores.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

**-Esfuerzos transversales:** Debidos a la acción del viento sobre el apoyo, así como a la acción resultante de las tracciones de los conductores cuando no están instalados paralelamente, sino formando un ángulo.

**-Esfuerzos longitudinales:** Provocados, principalmente, en los apoyos de principio y fin de línea por la tracción de los conductores o por rotura de los conductores que soporta el apoyo.

#### 10.6.3 Apoyos instalados en la línea

Los apoyos instalados en la línea según los cálculos efectuados en el Anexo II- Cálculos se corresponden con 50 apoyos de la serie O con armado E-2/2,6(-T) de diferentes alturas y esfuerzos. La disposición de los apoyos será de doble circuito 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”.

#### 10.7 NUMERACIÓN, MARCADO Y AVISOS DE RIESGO ELÉCTRICO

Cada apoyo se identificará individualmente mediante un número, código o marca alternativa (como por ejemplo coordenadas geográficas), de tal manera que la identificación sea legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (aprox. 4m).

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

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

Estas indicaciones cumplirán la normativa existente sobre señalizaciones de seguridad.

## **10.8 CIMENTACIONES**

Las cimentaciones previstas para todos los apoyos de la línea del presente proyecto serán de hormigón en masa de tipo monobloque constituidos los apoyos por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de cuerpo formado por tramos troncopiramidales cuadrados y cabezas prismáticas. La celosía del apoyo es sencilla, siendo las 4 caras iguales. Los tramos de fuste se unen entre sí en forma telescópica.

Para la cimentación de todos los tipos de apoyos de la línea se han previsto unas medidas normalizadas, considerándose unas características del terreno de tipo medio. Se mantendrán estas medidas en terrenos de características resistentes diferentes por razones de simplificación y efectividad.

Las cimentaciones han sido calculadas para el esfuerzo útil del apoyo, con un coeficiente de seguridad superior al reglamentario, lo que aumenta la estabilidad pues raramente se alcanza el agotamiento, para conseguir una mayor seguridad.

## **10.9 DISPOSITIVOS SALVAPÁJAROS**

Según el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión en su artículo 7 relativo a Medidas de prevención contra colisión, se establece que los nuevos tendidos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma. Se han de colocar en los cables de tierra y si éstos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, y se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm.

La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 metros, para lo cual se dispondrán de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor. En aquellos tramos más peligrosos debido a la presencia de niebla o por visibilidad limitada, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Serán de materiales opacos y estarán dispuestos cada 10 metros ya que el cable de tierra es único. Según el modelo elegido, serán del tamaño siguiente:

-Espirales: con 30 cm de diámetro por un metro de longitud.

-De 2 tiras en X: de 5 por 35 cm.

Por todo ello y dado que la instalación se encuentra en zona de tránsito de aves migratorias al encontrarse una parte del trazado de la línea en el Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel, se propone la instalación de dispositivos salvapájaros que serán colocados en el cable de tierra.

Para el presente proyecto se ha seleccionado el modelo en espiral. En el documento Planos se incluye uno relativo a las “Medidas de protección de avifauna” donde se mencionan las características de los salvapájaros del primer tipo mencionados anteriormente.

### **10.10 PUESTA A TIERRA**

La puesta a tierra de los apoyos se realizará con electrodos de difusión vertical o bien con anillo cerrado alrededor del apoyo.

Para el cumplimiento reglamentario relativo a la tensión de contacto en apoyos frecuentados, el apoyo se recubrirá por placas aislantes o se protegerá por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo, garantizando en cualquier caso la tensión de paso admisible.

Para poder identificar los apoyos en los que se deben garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, en el apartado 7.3.4.2 de la ITC 07 del RLAT se establece la clasificación de los apoyos según su ubicación:

- 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 espere 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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

campos de juego. Los lugares que sólo se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

- Apoyos no frecuentados: Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.

En el presente proyecto se han considerado 18 apoyos como frecuentados.

## 11 ANEXOS

En este documento referente a la memoria del proyecto se adjunta una serie de anexos, con el objetivo de desarrollar, justificar y aclarar apartados específicos del presente proyecto. Los anexos que presenta la memoria son los siguientes:

-Datos de partida: Se recogen datos y especificaciones necesarias para el inicio del proyecto.

-Cálculos: Anexo en el que se realizan los cálculos para justificar tanto el estudio de alternativas como la definición final de instalaciones, maquinaria, equipos, materiales y dimensionado de la línea.

-Puesta a tierra: Estudio sobre la necesidad y características de puesta a tierra.

-Estudio de seguridad y salud: Anexo en el que se recoge una serie de recomendaciones que hacen referencia a la seguridad e higiene necesarias tanto en la construcción como durante el mantenimiento de las instalaciones.

-Estudio de impacto ambiental: Estudio que describe las consecuencias ambientales de la ejecución y de la explotación de la línea proyectada.

# ANEXOS

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# ANEXO I: DATOS DE PARTIDA

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### ANEXO I: DATOS DE PARTIDA

#### ÍNDICE

<b>1 PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Tensión.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Potencia de electrificación.....</b>	<b>1</b>
<b>2 SELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCTOR .....</b>	<b>1</b>
<b>3 TENSIÓN NOMINAL .....</b>	<b>2</b>
<b>4 CATEGORÍA DE LA LÍNEA.....</b>	<b>3</b>
<b>5 ZONA POR LA QUE DISCURRE LA LÍNEA .....</b>	<b>3</b>
<b>6 LONGITUD DE LA LÍNEA.....</b>	<b>4</b>
<b>7 NIVELES DE AISLAMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>8. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....</b>	<b>5</b>

# **1 PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA RED**

## **1.1 Tensión**

La Planta de Aprovechamiento de Biogás del vertedero de Meruelo está conectado con la subestación eléctrica de la localidad de San Bartolomé de Meruelo por medio de una línea eléctrica aérea de media tensión 12/20kV la cual se mantendrá para la evacuación de la energía.

Las subestaciones de Meruelo y Argoños presentan una tensión de 55/12 kV lo que permite la conexión con la línea que llega del vertedero de Meruelo y facilita el transporte a la subestación de Argoños.

## **1.2 Potencia de electrificación**

La energía a transportar será aproximadamente 20 MW, con un factor de potencia estimado de 0,9.

Para determinar la capacidad de transporte de la línea se tomará un valor de potencia 1,5 veces mayor a la demandada, proporcionando de esta manera un aporte extra de capacidad.

Por lo tanto, se concluye estableciendo una potencia nominal para la línea del presente proyecto de 50 MVA.

# **2 SELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCTOR**

El conductor que se ha seleccionado para la línea del presente proyecto es el 147-AL1/34-ST1A (LA-180). La selección del mismo se fundamenta en que la capacidad máxima de transporte que permite, limitada por la intensidad máxima admisible y para un factor de potencia de 0,9 es de 73,8 MW. La potencia activa prevista a transportar es de 45 MW. La holgura entre la capacidad a transportar y la potencia máxima permite la posibilidad de elevar la capacidad de la línea en un futuro, dada la previsión de continuas mejoras que se prevén en el Centro de Tratamiento de Residuos de Meruelo.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## 3 TENSIÓN NOMINAL

Las tensiones nominales normalizadas de la red, así como los valores correspondientes de las tensiones más elevadas se muestran en el apartado 1.2 de la ITC 07 del RLAT.

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

(\*) Tensiones de uso preferente en redes eléctricas de compañía

La tensión nominal de la línea del presente proyecto es de 55 kV, por lo que no está normalizada. No obstante, según lo establecido en el apartado 1.3 de la ITC 07 del RLAT, existiendo en el territorio español redes a tensiones nominales diferentes de las que como normalizadas figuran en el apartado 1.2, se admite su utilización dentro de los sistemas a los que correspondan.

Para la tensión más elevada de la red se tomará la que corresponde a la tensión nominal normalizada de valor inmediatamente superior. En este caso, se toma la tensión más elevada de la red correspondiente a la tensión nominal de 66 kV, que tiene un valor de 72,5 kV.

## **4 CATEGORÍA DE LA LÍNEA**

Según lo establecido en el artículo 3 del RLAT, las líneas eléctricas de alta tensión pueden clasificarse en distintas categorías en función de la tensión nominal designada a la línea.

- Categoría especial: Las líneas 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 del 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, comercialización, distribución, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Primera categoría: Las líneas de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66kV
- Segunda categoría: Las líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV

Debido a lo anterior, la línea del presente proyecto pertenece al conjunto de líneas de 2ª categoría por contar con una tensión nominal de 55 kV.

## **5 ZONA POR LA QUE DISCURRE LA LÍNEA**

Según lo establecido en el apartado 3.1.3. de la ITC 07 del RLAT, el país puede dividirse en tres tipos de zonas en función de 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 1000 metros por encima del nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.

El trazado de la línea del presente proyecto se sitúa a una altura por debajo de los 500 metros de altitud, por lo que discurre por Zona A.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## 6 LONGITUD DE LA LÍNEA

La línea del presente proyecto enlaza dos puntos que quedan perfectamente definidos, resultando una distancia total entre los mismos de 9.650 metros.

## 7 NIVELES DE AISLAMIENTO

Según lo establecido en el apartado 4.4. de la ITC 07 del RLAT, los niveles de aislamiento mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea serán los reflejados en la tabla que se muestra a continuación.

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
<b>72,5</b>	<b>140</b>	<b>325</b>
123	(185)	450
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

**Nota:** Si los valores entre paréntesis son insuficientes para probar que las tensiones soportadas especificadas entre fases se cumplen, se requieren ensayos complementarios de tensiones soportadas entre fases.

Para la línea del presente proyecto, que tiene una tensión máxima de 72,5 kV se tiene:

- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial: 140 kV (eficaces)
- Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo: 325 kV (cresta)

## 8. 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” o “Módulo de Reacción del Suelo”. Este parámetro, también conocido como “Coeficiente de Sulzberger”, asocia la tensión transmitida al terreno por una placa rígida con la deformación o la penetración de la misma en el suelo, mediante la relación entre la tensión aplicada por la placa “q” y la penetración o asentamiento de la misma “y”. Generalmente se la identifica con la letra “k”

$$k = \frac{q}{y}$$

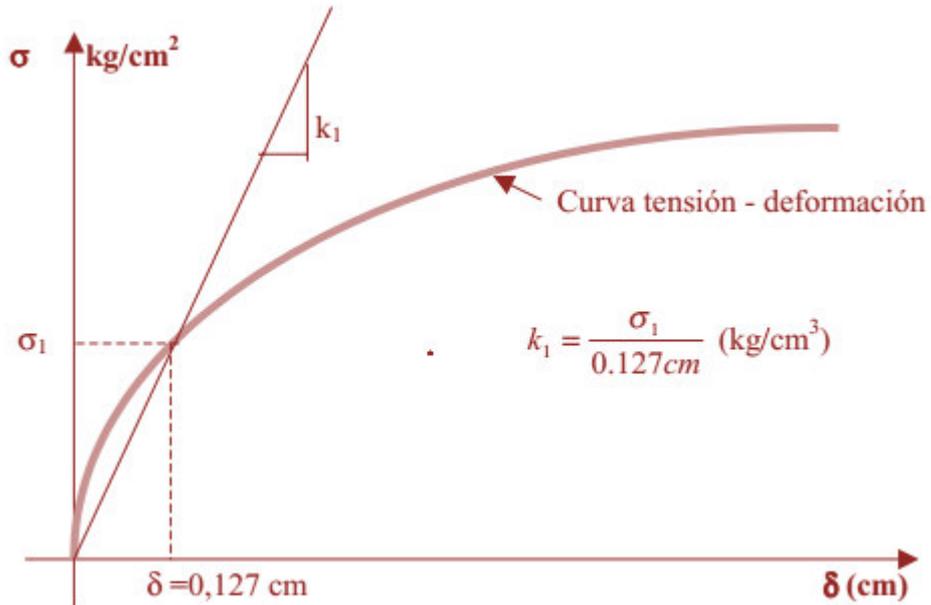
Este módulo, se obtiene mediante un simple ensayo de carga sobre el terreno, que se realiza utilizando una placa metálica rígida de sección cuadrada de 30,5 cm de lado o de sección circular con un diámetro de 30,5 cm.

El 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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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 indicó anteriormente, se considerará a efectos de cálculo un tipo de terreno medio normal, cuyo Coeficiente de Balasto es  **$k=12 \text{ kg/cm}^3$** .

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# ANEXO II: CÁLCULOS

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### ANEXO II: CÁLCULOS

#### ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b> .....	1
<b>2.1 ESPECIFICACIONES GENERALES</b> .....	1
2.1.1 Características de la línea.....	1
2.1.2 Características del conductor .....	1
2.1.3 Características del cable de tierra.....	2
<b>2.2 DENSIDAD DE CORRIENTE E INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE</b> .....	2
<b>2.3 CONSTANTES KILOMÉTRICAS</b> .....	3
2.3.1 Resistencia eléctrica .....	3
2.3.2 Inductancia.....	4
2.3.3 Susceptancia .....	6
2.3.4 Impedancia.....	6
2.3.5 Conductancia.....	7
<b>2.4 EFECTO CORONA</b> .....	8
<b>2.5 CAIDA DE TENSIÓN</b> .....	9
<b>2.6 CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE LA LÍNEA</b> .....	10
2.6.1 Potencia máxima en función de la intensidad máxima admisible .....	10
2.6.2 Potencia máxima en función de la caída de tensión máxima .....	11
<b>2.7 PERDIDAS POR EFECTO DE JOULE</b> .....	11
<b>3 CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCTOR Y CABLE DE TIERRA</b> .....	12
<b>3.1 CURVA DE UN CONDUCTOR</b> .....	12
<b>3.2 CARGAS Y SOBRECARGAS A CONSIDERAR</b> .....	13
3.2.1 Cargas permanentes .....	13
3.2.2 Acción del viento.....	13
3.2.3 Sobrecarga de hielo .....	14
<b>3.3 HIPÓTESIS DE PARTIDA</b> .....	14
3.3.1 Límite estático.....	14
3.3.2 Límite dinámico. Límites EDS y CHS .....	15
<b>3.4 HIPÓTESIS DE CÁLCULO</b> .....	16

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

3.4.1 Tracción máxima admisible .....	16
3.4.2 Hipótesis de flecha máxima .....	16
3.4.3 Hipótesis de flecha mínima .....	17
3.5 VANO IDEAL DE REGULACIÓN .....	17
3.5.1 Tensión mecánica .....	17
3.5.2 Flecha .....	18
3.6 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO .....	19
3.7 TABLAS DE REGULACIÓN .....	24
4 DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	30
4.1 DISTANCIAS DE AISLAMIENTO PARA EVITAR DESCARGAS .....	30
4.1 DISTANCIAS EN EL APOYO .....	31
4.1.1 Distancias entre conductores. Selección del armado .....	31
4.1.2 Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra .....	35
4.2 DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y A CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES .....	36
4.3 DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O LÍNEAS AÉREAS DE TELECOMUNICACIÓN .....	37
4.3.1 Cruzamientos .....	37
4.3.2 Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación ...	40
4.4 DISTANCIAS A CARRETERAS .....	40
4.4.1 Cruzamientos .....	41
4.4.2 Paralelismos .....	41
4.5 DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES, NAVEGABLES O FLOTABLES .....	41
4.5.1 Cruzamientos .....	42
4.5.2 Paralelismos .....	42
4.6 PASO POR ZONAS .....	42
4.6.1 Bosques, árboles y masas de arbolado .....	43
4.6.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas .....	44
5 DISTRIBUCIÓN DE APOYOS EN EL TRAZADO DE LA LÍNEA .....	46
5.1 DETERMINACIÓN DE LA TRAZA .....	46
5.2 SERVIDUMBRE DE PASO .....	47
5.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS APOYOS .....	48
5.4 PLANTILLA DE DISTRIBUCIÓN DE APOYOS .....	48

---

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

<b>5.5 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE APOYO. JUSTIFICACIÓN AMARRE/SUSPENSIÓN</b>	49
<b>6 CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS</b>	54
<b>6.1 TEORÍA DEL GRAVIVANO</b>	57
<b>6.3 APOYOS EN ALINEACIÓN</b>	58
6.3.1 Hipótesis de viento	58
6.3.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones	59
6.3.3 Hipótesis de rotura de conductores	60
<b>6.4 APOYOS PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA</b>	60
6.4.1 Hipótesis de viento	60
6.4.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones	61
6.4.3 Hipótesis de rotura de conductores	61
<b>6.5 APOYOS EN ÁNGULO</b>	62
6.5.1 Hipótesis de viento	62
6.5.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones	63
6.5.3 Hipótesis de rotura de conductores	64
<b>6.6. TABLAS DE ESFUERZOS EN LOS APOYOS. SELECCIÓN DEL TIPO DE APOYO</b>	64
<b>7 AISLAMIENTO</b>	72
<b>7.1 INTRODUCCIÓN</b>	72
<b>7.2 NIVELES DE AISLAMIENTO</b>	72
<b>7.3 AISLADORES DE VIDRIO</b>	73
<b>7.4 CÁLCULO ELÉCTRICO</b>	73
<b>7.5 CÁLCULO MECÁNICO</b>	75
<b>8 CIMENTACIONES</b>	77
<b>8.1. CARACTERÍSTICAS</b>	77
<b>8.3. TABLA DE CIMENTACIONES</b>	80

---

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### 1 INTRODUCCIÓN

En el anexo 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 eléctricos como los mecánicos, justificando los mismos según la reglamentación vigente correspondiente.

### 2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Este apartado se refiere a los cálculos eléctricos de los conductores y cables de tierra a realizar en la línea del presente proyecto.

#### 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:

##### 2.1.1 Características de la línea

Tensión nominal (kV).....	55
Categoría.....	2ª
Zona de aplicación.....	ZONA A
Longitud de la línea (m) .....	9.650
Número de circuitos.....	2
Número de conductores por fase.....	1
Velocidad del viento (km/h).....	120
Longitud de la cadena de suspensión (m) .....	0,828
Peso aproximado de la cadena de suspensión (daN) .....	18

##### 2.1.2 Características del conductor

Tipo..... 147-AL1/34-ST1A (LA-180)

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Material .....	Aluminio–Acero
Sección total (mm <sup>2</sup> ).....	181,6
Composición .....	30+7
Diámetro total (mm) .....	17,5
Peso (daN/m).....	0,663
Carga de rotura (daN).....	6.390
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	8.000
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	17,8·10 <sup>-6</sup>

#### 2.1.3 Características del cable de tierra

Tipo.....	AC-50
Sección (mm <sup>2</sup> ) .....	49,45
Diámetro (mm).....	9
Peso (daN/m).....	0,392
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	18.130
Carga de rotura (daN).....	6.174
Coeficiente de dilatación lineal, $\delta$ (°C <sup>-1</sup> ) .....	11,5·10 <sup>-6</sup>

#### 2.2 DENSIDAD DE CORRIENTE E INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce del apartado 4.2. de la ITC 07 del RLAT.

Según lo establecido en el reglamento, para cables de aluminio-acero, se tomará el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplica por un coeficiente de reducción. Dado que la composición de los conductores del presente proyecto es 30+7, el coeficiente de reducción correspondiente es 0,916.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

De la tabla 11 del indicado apartado, e interpolando entre la sección inferior y superior a la del conductor en estudio: 147-AL1/34-ST1A, se tiene que la densidad de corriente será:

$$160 \text{ mm}^2 \text{ ----- } 2,7 \text{ A/mm}^2$$

$$181,6 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \delta \text{ A/mm}^2$$

$$200 \text{ mm}^2 \text{ ----- } 2,5 \text{ A/mm}^2$$

$$\delta = 2,592 \text{ A/mm}^2$$

Aplicando el coeficiente de reducción:

$$\delta_{Al-ac} = 2,592 \times 0,916 = 2,37 \text{ A/mm}^2$$

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

$$I_{m\acute{a}x} = \delta_{Al-ac} \times S = 2,37 \times 181,6 = 430,4\text{A}$$

## 2.3 CONSTANTES KILOMÉTRICAS

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

### 2.3.1 Resistencia eléctrica

Para obtener el valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a diferentes temperaturas se emplea la siguiente expresión:

$$R'_{\theta} = R'_{20} [1 + \alpha_{20}(\theta - 20)], \text{ en } \Omega/\text{km}$$

donde:

- $R'_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ ).

- $R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de 20 °C ( $\Omega/\text{km}$ ).

- $\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- $\theta$ : Temperatura de servicio ( $^{\circ}\text{C}$ ).

El valor de la resistencia en corriente continua en un conductor es inferior al valor de la resistencia en corriente alterna debido al efecto pelicular (skin), que tiene lugar porque las diferencias entre la densidad de corriente en las distintas zonas de una sección transversal se hace más notoria.

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura  $\theta$ , viene dada por:

$$R_{\theta} = R_{\theta'} (1 + Y_s), \text{ en } \Omega/\text{km}$$

siendo:

- $R_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura  $\theta$   $^{\circ}\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

- $R_{\theta'}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$   $^{\circ}\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ ).

- $Y_s$ : Factor de efecto pelicular.

Para la presente línea se tiene:

$\alpha_{20}$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) .....	$4,012 \times 10^{-3}$
Temperatura en régimen permanente ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....	50
Factor de efecto pelicular, $Y_s$ .....	$3,426 \times 10^{-3}$
Resistencia eléctrica en C.C. a $20^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega/\text{km}$ ) .....	0,0981
Resistencia eléctrica en C.C. a $50^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega/\text{km}$ ) .....	0,1099
Resistencia eléctrica en C.A. a $50^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega/\text{km}$ ) .....	0,1103

### 2.3.2 Inductancia

La inductancia de la línea da origen a una reactancia inductiva en serie con la resistencia:

$$X = 2\pi fL, \text{ en } \Omega/\text{km}$$

donde L es el coeficiente de autoinducción por unidad de longitud vendrá dado por la expresión:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$$L = \left( \frac{1}{2 \times n} + 4,605 \times \log \frac{DMG}{r} \right) \times 10^{-4}, \text{ en H/km}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

-r: radio del conductor

-DMG: distancia media geométrica entre conductores

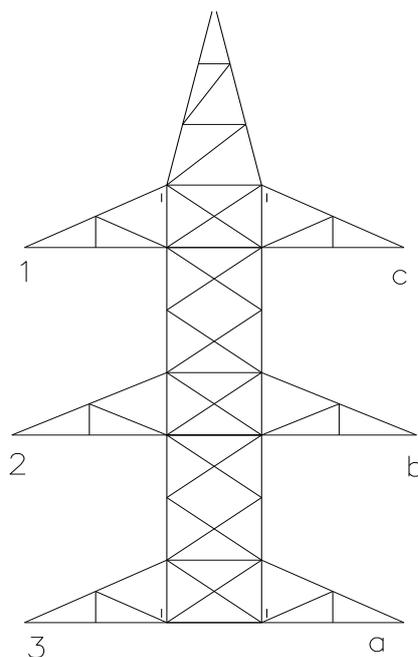
$$DMG = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}, \text{ en mm}$$

$$D_1 = \frac{\sqrt{d_{12} d_{1b} d_{13} d_{1c}}}{d_{1a}}$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{d_{21} d_{2a} d_{23} d_{2c}}}{d_{2b}}$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{d_{31} d_{3a} d_{32} d_{3b}}}{d_{3c}}$$

Para obtener la separación entre los conductores y así poder calcular la distancia media geométrica, se toma el armado que se ha seleccionado para todos los apoyos del presente proyecto E-2/2,6(-T).



## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

DMG (mm).....	2.701
L (mH/km).....	0,5982
X ( $\Omega$ /km).....	0,1879

#### 2.3.3 Susceptancia

La susceptancia de la línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas se determinará mediante la siguiente expresión:

$$B = 2\pi f C, \text{ en S/km}$$

donde la capacidad por unidad de longitud vendrá dada por la expresión:

$$C = \frac{24,2}{\log \frac{DMG}{RMG}} 10^{-9}, \text{ en F/km}$$

siendo:

-RMG: Radio medio geométrico. Para configuración "Simplex" es igual al radio del conductor (mm)

C ( $\mu$ F/km).....	$1,9442 \times 10^{-2}$
B (S/km).....	$6,1077 \times 10^{-6}$

#### 2.3.4 Impedancia

La impedancia kilométrica de la línea viene dada por la expresión:

$$Z = R + jX, \text{ en } \Omega/\text{km}$$

Con los datos anteriormente calculados:

$$Z = 0,0981 + j0,1879 \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

La impedancia total de la línea de 9.650 m:

$$Z_{total} = Z \times L$$

$$Z_{total} = 0,9467 + j1,8132 \text{ (}\Omega\text{)}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 2.3.5 Conductancia

La conductancia de la línea por unidad de longitud y por fase depende de la tensión de la línea, del aislador utilizado, del número de aisladores por km y del estado del tiempo y se calculará según la siguiente expresión:

$$G = \frac{P_1}{U^2} 10^{-3}, \text{ en S/ km}$$

Siendo:

-U: Tensión nominal compuesta de la línea (kV). Se tomará un valor que es un 5% superior a la tensión nominal de la línea.

- $P_1$ : Pérdida de potencia por fase debida a la conductancia de los aisladores (kW/km).

donde:

$$P_1 = \frac{1000}{a_m} w n, \text{ en W/km}$$

siendo:

- $a_m$ : Vano medio de la línea (m).

-w: Pérdida por aislador (W/cadena).

-n: Número de circuitos.

Se consideran las siguientes pérdidas de potencia por cadena de aislador, tomadas de una tabla proporcionada por Unión Fenosa Distribución:

	45 KV	66 KV	132 KV	220 KV
Pérdidas con buen tiempo (W/cadena)	4	5	10	15
Pérdidas con mal tiempo (W/cadena)	20	25	50	75

$a_m$  (m) ..... 196,94

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$W_{\text{buen tiempo}}$ (W/cadena).....	5
$W_{\text{mal tiempo}}$ (W/cadena).....	25
$P_1$ buen tiempo (W/km).....	25,39
$P_2$ mal tiempo (W/km).....	126,94
U (kV).....	57,75
$G_{\text{buen tiempo}}$ (S/km).....	$3,5690 \times 10^{-8}$
$G_{\text{mal tiempo}}$ (S/km).....	$1,7845 \times 10^{-7}$

## 2.4 EFECTO CORONA

El efecto corona sólo se produce para muy altas tensiones, por lo tanto hay que comprobar el impacto de este fenómeno. Este efecto se presenta cuando el potencial de un conductor en el aire es llevado hasta un valor tal, que se exceda la rigidez dieléctrica del aire circundante. El efecto corona se manifiesta mediante chispas y haciéndose visible en la oscuridad en forma de resplandor blanco azulado que rodea las zonas del conductor o herrajes de mayor tensión.

Esta descarga está acompañada por un sonido silbante y por el olor del ozono. Señalar que en presencia de humedad se produce ácido nitroso.

El efecto corona es debido a la ionización del aire. Los iones son repelidos o atraídos hacia el conductor a velocidad elevada, produciendo otros iones por colisión. El aire ionizado es conductor (aunque de resistencia elevada) y aumenta el diámetro efectivo del conductor metálico. Esto da lugar a una corriente de fuga similar a la producida por la conductancia del aislamiento.

La tensión para la cual comienzan las pérdidas a través del aire se llama “tensión crítica disruptiva”, y para ella el fenómeno no es aún visible. Los efluvios se hacen luminosos cuando se alcanza la “tensión crítica visual”.

Según lo establecido en el apartado 4.3 de la ITC 07 del RLAT, 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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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 tanto, como la tensión nominal de la línea de este proyecto es de 55 kV, no se tendrá en cuenta el efecto corona.

## 2.5 CAIDA DE TENSIÓN

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea viene dada por la siguiente expresión. En régimen permanente, dicha caída no debe ser mayor del 5% para garantizar una buena calidad de servicio.

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

siendo:

-L: longitud de la línea (km)

-I: intensidad de la línea (A)

-R: resistencia por fase ( $\Omega/\text{km}$ )

-X: Reactancia por fase ( $\Omega/\text{km}$ )

-\(\varphi\): ángulo de fase, en grados

La intensidad nominal de la línea viene dada por:

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

siendo:

-P: potencia transportada por circuito, en kW

-U: tensión nominal de la línea, en kV

La caída de tensión se puede definir como:

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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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

Expresándolo en valor porcentual:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \times 100$$

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

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

- $\cos \varphi=0,8$ :  $\Delta U=4,39\%$
- $\cos \varphi=0,9$ :  $\Delta U=4,29\%$
- $\cos \varphi=1$ :  $\Delta U=2,96\%$

Resultando un valor inferior al 5% máximo establecido por el RLAT.

## 2.6 CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE LA LÍNEA

### 2.6.1 Potencia máxima en función de la intensidad máxima admisible

Una vez se ha determinado la intensidad máxima admisible de la línea, se puede calcular la máxima potencia que puede transportar:

$$P_{m\acute{a}x} = n \times n' \times \sqrt{3} \times U \times I_{m\acute{a}x} \times \cos \varphi, \text{ en kW}$$

siendo:

- n: número de circuitos
- n': número de conductores por fase
- U: tensión nominal de la línea (kV)
- $I_{m\acute{a}x}$ : intensidad máxima admisible (A)
- $\cos \varphi$ : factor de potencia. Tomamos 0,9.

$$P_{m\acute{a}x} = 73.802 \text{ kW}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 2.6.2 Potencia máxima en función de la caída de tensión máxima

La máxima potencia a transportar limitada por la caída de tensión máxima admisible (5%) viene dada por:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{10 \times U^2}{(R + X \times \tan \varphi) \times L} \times \Delta U_{m\acute{a}x} (\%), \text{ en kW}$$

donde:

- U: tensión nominal (kV)
- R: resistencia kilométrica ( $\Omega/\text{km}$ )
- X: reactancia kilométrica ( $\Omega/\text{km}$ )
- $-\varphi$ : ángulo de desviación, en grados
- $-\Delta U$ : caída de tensión máxima admisible en %

$$P_{m\acute{a}x} = 74.092 \text{ kW}$$

Tomaremos la anterior capacidad de transporte máxima ya que es más restrictiva que la calculada por la caída de tensión máxima.

#### 2.7 PERDIDAS POR EFECTO DE JOULE

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

$$P_{j\acute{o}ule} = 3 \times R \times L \times I^2, \text{ en W}$$

siendo:

- R: resistencia por fase ( $\Omega/\text{km}$ )
- I: intensidad de la línea (A)
- L: longitud de la línea (km)

L (km).....	9,650
R ( $\Omega/\text{km}$ ) .....	0,0981
I (A).....	349,91
$P_{j\acute{o}ule}$ (kW).....	347,72

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Comparando la potencia activa transportada con las pérdidas por efecto se obtiene el porcentaje de pérdidas:

$$P_{joule}(\%) = \frac{P_{joule}}{P} \times 100 = 1,16\%$$

Para líneas de transporte esta pérdida de potencia suele estar limitada al 3% por lo que el valor obtenido es aceptable.

## 3 CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCTOR Y CABLE DE TIERRA

El objetivo principal del siguiente estudio será el cálculo mecánico de los conductores y cables de tierra que forman parte de esta línea eléctrica, determinando la tensión mecánica a la que se encuentran sometidos.

Recordando inicialmente los condicionantes básicos en el diseño de la línea, se expondrán unas ciertas normas de estricto cumplimiento en el cálculo mecánico de un conductor y cable de tierra.

Posteriormente se desarrollará un estudio de las fuerzas que toman parte en el análisis, para desarrollar unas expresiones que permitan conocer analíticamente el comportamiento mecánico de la línea eléctrica.

### 3.1 CURVA DE UN CONDUCTOR

A la hora de realizar el cálculo mecánico de los conductores es necesario resaltar que la temperatura influye sobre los conductores de las líneas, de forma que si aumenta, crece la longitud del hilo, y, por tanto la flecha, si bien al propio tiempo disminuye la tensión T (tracción).

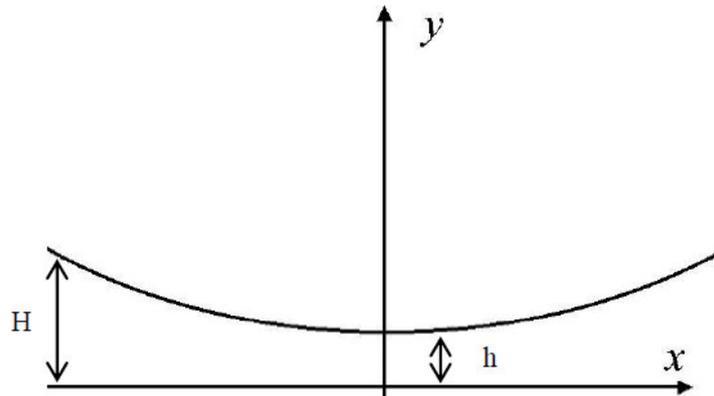
La ecuación de equilibrio de un hilo tendido entre dos puntos, A y B, es la catenaria, cuya expresión es:

$$y = h \times \cosh \frac{x}{h} \quad , \text{ en metros}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Siendo  $h$ , la constante de la catenaria cuyo valor es,  $h = \left(\frac{T_0}{p}\right)$  donde  $T_0$  es la componente horizontal de la tensión del conductor, constante para todo el vano, y  $p$  es el peso del conductor por unidad de longitud en las condiciones de sobrecarga correspondientes.  $T_0$  será también constante para todos los vanos pertenecientes a un mismo cantón.



La longitud del hilo viene dada por la expresión aproximada:

$$l = a + \frac{a^3 \cdot p^2}{24 \cdot T_0^2}$$

## 3.2 CARGAS Y SOBRECARGAS A CONSIDERAR

### 3.2.1 Cargas permanentes

Según el RLAT, en el apdo. 3.1.1 de su ITC 07, se considera la carga vertical debida al peso propio del conductor.

$p_p$  conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m) .....0,663

$p_p$  cable de tierra AC-50 (daN/m) .....0,392

### 3.2.2 Acción del viento

Según el RLAT, en el apdo. 3.1.2 de su ITC 07, se considerará la presión del viento sobre el conductor en función del diámetro del mismo.

$$p_v = k \times v^2 \times D$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

donde:

-k: Constante de valor igual a 0,007 multiplicado por un coeficiente de reducción que vale 0,6 para conductores de diámetro inferior a 16 mm y 0,5 para conductores de diámetro superior a 16 mm.

-v: Velocidad del viento en km/h

-D: Diámetro del conductor en m.

Para líneas de 1ª, 2ª y 3ª categoría se considerará una velocidad mínima de viento de 120 km/h.

$p_v$  conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m) .....0,882

$p_v$  cable de tierra AC-50 (daN/m) .....0,544

### 3.2.3 Sobrecarga de hielo

ZONA A: No se considera la formación de hielo.

ZONA B:  $p_h$  (daN/m) =  $0,18\sqrt{D}$  , siendo D el diámetro del conductor expresado en mm.

ZONA C:  $p_h$  (daN/m) =  $0,36\sqrt{D}$  , siendo D el diámetro del conductor expresado en mm.

Puesto que toda la línea del presente proyecto discurre por zona A, no se considerarán sobrecargas de hielo.

## 3.3 HIPÓTESIS DE PARTIDA

### 3.3.1 Límite estático

La tensión máxima de los conductores es la indicada en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	COEF.SEGURIDAD Cs	TENSIÓN MÁXIMA (daN)
147-AL1/34-ST1A	6390	3	2130
AC-50	6174	3	2058

### 3.3.2 Límite dinámico. Límites EDS y CHS

Cuanto más elevada sea la tensión mecánica de un cable, mayores son las posibilidades de que aparezcan en él fenómenos vibratorios. Por eso es conveniente mantener dicha tensión dentro de ciertos límites para que no se produzca este fenómeno, que puede dar lugar a roturas de los hilos que componen los cables.

La hipótesis de carga EDS (Every Day Stress) se define 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, a temperatura normal utilizada en España de 15°C.

$$Coef (EDS) = \frac{T_{15^{\circ}C}}{C_r} \cdot 100$$

Los valores de tense EDS empleados en las tablas de cálculo mecánico serán los indicados en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	EDS
LA-180	13%
AC-50	13%

Para evitar la rotura del conductor como consecuencia de la vibración eólica a baja temperatura, es conveniente establecer otro requisito que limite el tense dinámico aunque no lo considere el RLAT. Este coeficiente se denomina CHS (Cold Hour Stress).

$$Coef(CHS) = \frac{T_{horas\ frías}}{C_r} \cdot 100$$

Los valores límite de CHS tomados para el presente proyecto son:

CONDUCTOR	CHS
LA-180	21%

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

AC-50	19%
-------	-----

### 3.4 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

#### 3.4.1 Tracción máxima admisible

Según el apartado 3.2.1. de la ITC-LAT 07 del RLAT, la tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura 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 máxima de viento a temperatura de -5°C que es la que se da para el caso de zona A:

$$p = \sqrt{p_p^2 + p_v^2}$$

p conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m)..... 1,103

p cable de tierra AC-50 (daN/m) .....0,671

#### 3.4.2 Hipótesis de flecha máxima

Según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (en el apdo. 3.2.3 de su ITC 07), para zona A se determinará la flecha máxima de los conductores o cables de tierra en las hipótesis siguientes:

-Hipótesis de viento: Acción del peso propio y una sobrecarga de viento a la temperatura de 15 °C y para una velocidad de viento de 120km/h.

$$p = \sqrt{p_p^2 + p_v^2}$$

p conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m)..... 1,103

p cable de tierra AC-50 (daN/m) .....0,671

-Hipótesis de temperatura: Acción del peso propio a la temperatura de 50 °C.

p<sub>p</sub> conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m) .....0,663

p<sub>p</sub> cable de tierra AC-50 (daN/m) .....0,392

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 3.4.3 Hipótesis de flecha mínima

La hipótesis de flecha mínima para zona A es a una temperatura de -5°C sin sobrecargas.

$p_p$  conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) (daN/m) ..... 0,663

$p_p$  cable de tierra AC-50 (daN/m) ..... 0,392

#### 3.5 VANO IDEAL DE REGULACIÓN

Se denomina vano regulador al tramo de tendido entre dos cadenas de amarres y será de gran utilidad a la hora de los cálculos mecánicos de las líneas eléctricas.

El vano regulador estará formado por dos cadenas de amarre en los extremos y unas cadenas intermedias de suspensión.

El vano regulador soportará el mismo tense a lo largo de toda su longitud, lo cual permitirá la verticalidad de las cadenas de suspensión. Una vez conocido el tense aplicado al vano regulador se calcularán las flechas independientemente para cada uno de los vanos que lo forman.

El vano ideal de regulación puede calcularse de la siguiente forma:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}}$$

siendo  $a_n$  el valor de las longitudes de los vanos que forman una determinada alineación comprendida entre dos apoyos con amarre.

##### 3.5.1 Tensión mecánica

Partiendo de la tensión, temperatura y carga total correspondientes al valor de tensión máxima adoptado y CHS, se calcula con la ayuda de la ecuación de cambio de condiciones, las tensiones respectivas a las hipótesis citadas en el apartado anterior.

Dicha ecuación es:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$$T_2^2 \cdot \left[ T_2 + \frac{A \cdot a^2 \cdot p_1^2}{T_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right] = A \cdot a^2 \cdot p_2^2$$

siendo:

- $T_1$ : Tensión del cable en condiciones iniciales en daN
- $\theta_1$ : Temperatura del cable en condiciones iniciales en °C
- $p_1$ : Carga del cable en condiciones iniciales, en daN/m
- $T_2$ : Tensión del cable en condiciones finales en daN
- $\theta_2$ : Temperatura del cable en condiciones finales en °C
- $p_2$ : Carga del cable en condiciones finales, en daN/m
- $a$ : Vano de cálculo en m
- $A$ :  $\frac{S \cdot E}{24}$
- $B$ :  $S \cdot E \cdot \alpha$  en daN °C<sup>-1</sup>

### 3.5.2 Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left( \cosh \left( \frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0} \right) - 1 \right), \text{ en m}$$

siendo:

- $p_a$ : Peso aparente del cable (daN/m).
- $T_0$ : Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN).
- $a$ : Longitud del vano (m).

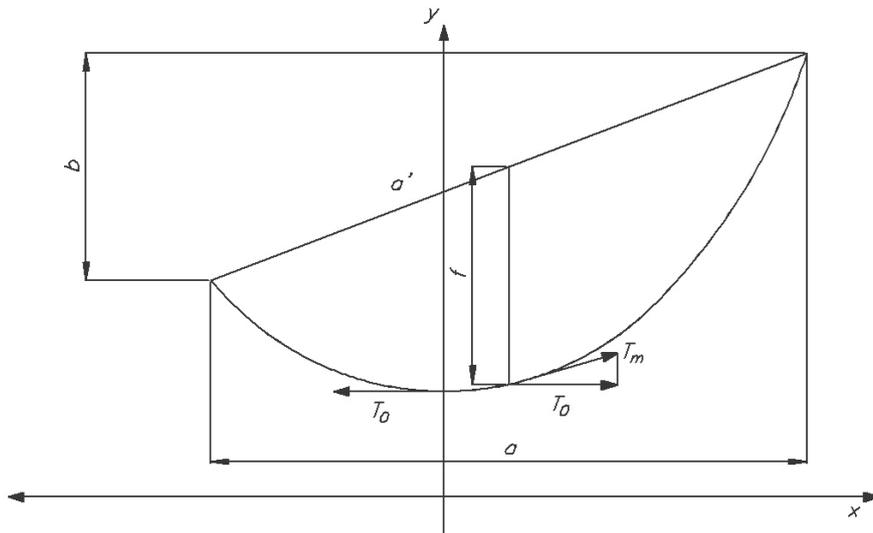
Los valores de  $p_a$  y  $T$  de cada vano de regulación se obtienen mediante las siguientes hipótesis:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Flecha máxima: aquella que resulte mayor de la comparación de las condiciones siguientes:
  - Temperatura  $\theta_2 = +50 \text{ }^\circ\text{C}$  sin sobrecarga
  - Temperatura  $\theta_2 = +15 \text{ }^\circ\text{C}$  y sobrecarga de viento
- Flecha mínima: según la zona. Para zona A:
  - Temperatura  $\theta_2 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.



### 3.6 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO

A continuación se presentan las tablas de cálculo mecánico del conductor para las hipótesis indicadas.

En la tabla de tracción máxima se incluye el coeficiente de seguridad para garantizar que siempre va a ser mayor que 3.

TRACCIÓN MÁXIMA		CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A			CABLE DE TIERRA AC-50		
		-5 °C + V			-5 °C + V		
Nº CANTÓN	VANO REGULADOR (m)	v:0,875			v:0,540		
		h:0,000			h:0,000		
		T (daN)	f (m)	C.S.	T (daN)	f (m)	C.S.
1	150	1381,2	2,24	4,70	1110,3	1,69	5,56
2	250	1389,5	6,18	4,67	1187,8	4,39	5,20
3	210	1387,1	4,37	4,68	1159,8	3,17	5,32

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

4	195,19	1386,0	3,77	4,69	1148,4	2,77	5,38
5	200	1386,4	3,96	4,68	1152,2	2,89	5,36
6	170	1386,4	3,96	4,68	1152,2	2,89	5,36
7	180	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
8	210	1387,1	4,37	4,68	1159,8	3,17	5,32
9	400	1394,1	9,78	4,66	1260,2	9,59	4,90
10	177,76	1384,4	3,13	4,69	1134,3	2,32	5,44
11	176,31	1384,3	3,08	4,69	1133,1	2,29	5,45
12	179,73	1383,6	3,20	4,69	1135,9	2,37	5,44
13	168	1383,5	2,80	4,69	1126,1	2,09	5,48
14	196	1383,0	3,81	4,69	11,49,1	2,79	5,37
15	160	1382,6	2,54	4,70	1119,1	1,91	5,52
16	240	1389,0	5,69	4,68	1181,2	4,07	5,23
17	219,32	1387,8	4,76	4,68	1166,7	3,44	5,29
18	180	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
19	180	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
20	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
21	170	1386,4	3,96	4,68	1152,2	2,89	5,36
22	180,28	1384,7	3,22	4,69	1136,4	2,38	5,43
23	180	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
24	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
25	170	1386,4	3,96	4,68	1152,2	2,89	5,36
26	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
27	196,98	1386,1	3,84	4,69	1149,8	2,81	5,37
28	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
29	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
30	220	1387,8	4,79	4,68	1167,2	3,46	5,29
31	220	1387,8	4,79	4,68	1167,2	3,46	5,29
32	220	1387,8	4,79	4,68	1167,2	3,46	5,29
33	220	1387,8	4,79	4,68	1167,2	3,46	5,29
34	220	1387,8	4,79	4,68	1167,2	3,46	5,29
35	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
36	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
37	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
38	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43
39	200	1384,7	3,21	4,69	1136,1	2,38	5,43

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

FLECHA MÁXIMA		CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A				CABLE DE TIERRA AC-50			
		15 °C + V		50 °C		15 °C + V		50 °C	
Nº CANTÓN	VANO REGULADOR (m)	v: 0,858		v: 0,858		v: 0,858		v: 0,858	
		h: 0,000		h: 0,000		h: 0,000		h: 0,000	
		T (daN)	f (m)	T (daN)	f (m)	T (daN)	f (m)	T (daN)	f (m)
1	150	1181,0	2,55	623,0	2,92	983,3	1,86	598,3	1,79
2	250	1282,6	6,69	729,6	7,11	1101,6	4,73	674,1	4,53
3	210	1251,6	4,84	698,4	5,24	1060,7	3,47	649,3	3,32
4	195,19	1237,3	4,23	683,9	4,62	1043,8	3,04	638,6	2,92
5	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
6	170	1208,6	3,28	654,6	3,66	1012,8	2,38	618,4	2,28
7	180	1220,7	3,64	667,0	4,03	1025,5	2,63	626,7	2,53
8	210	1251,6	4,84	698,4	5,24	1060,7	3,47	649,3	3,32
9	400	1342,9	10,32	789,8	10,43	1206	9,54	731,5	9,32
10	177,76	1281,1	3,56	644,3	3,94	1022,7	2,58	624,9	2,47
11	176,31	1216,4	3,51	662,2	3,89	1020,9	2,54	623,7	2,44
12	179,73	1220,4	3,63	666,7	4,02	1025,1	2,63	626,5	2,52
13	168	1206,1	3,21	652,0	3,59	1010,2	2,33	616,7	2,24
14	196	1238,1	4,26	684,8	4,65	1044,8	3,07	639,2	2,94
15	160	1195,4	2,94	641,0	3,31	999,7	1,90	600,3	1,83
16	240	1275,7	6,20	722,8	6,61	1092,0	4,40	668,4	4,21
17	219,32	1259,7	5,24	706,6	5,65	1070,9	3,74	655,5	3,59
18	180	1220,7	3,64	667,0	4,03	1025,5	2,63	626,7	2,53
19	180	1220,7	3,64	667,0	4,03	1025,5	2,63	626,7	2,53
20	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
21	170	1208,6	3,28	654,6	3,66	1012,8	2,38	618,4	2,28
22	180,28	1221,1	3,65	667,4	4,04	1025,8	2,64	627,0	2,53
23	180	1220,7	3,64	667,0	4,03	1025,5	2,63	626,7	2,53
24	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
25	170	1208,6	3,28	654,6	3,66	1012,8	2,38	618,4	2,28
26	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
27	196,98	1239,1	4,30	685,8	4,69	1045,9	3,09	639,9	2,96
28	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
29	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
30	220	1260,3	5,27	707,2	5,68	1071,6	3,77	656,0	3,61
31	220	1260,3	5,27	707,2	5,68	1071,6	3,77	656,0	3,61
32	220	1260,3	5,27	707,2	5,68	1071,6	3,77	656,0	3,61
33	220	1260,3	5,27	707,2	5,68	1071,6	3,77	656,0	3,61
34	220	1260,3	5,27	707,2	5,68	1071,6	3,77	656,0	3,61
35	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
36	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

37	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
38	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05
39	200	1242,2	4,42	688,8	4,82	1049,4	3,18	642,2	3,05

<b>FLECHA MÍNIMA</b>		<b>CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A</b>		<b>CABLE DE TIERRA AC-50</b>	
Nº CANTÓN	VANO REGULADOR (m)	-5 °C		-5 °C	
		v: 0,000		v: 0,000	
		h: 0,000		h: 0,000	
		T (daN)	f (m)	T (daN)	f (m)
1	150	1057,1	1,76	959,6	1,16
2	250	934,1	5,55	897,4	3,40
3	210	967,8	3,78	916,8	2,35
4	195,19	984,7	3,21	924,7	2,01
5	200	978,9	3,39	922,1	2,12
6	170	1020,6	2,35	938,9	1,50
7	180	1005,1	2,67	933,0	1,70
8	210	967,8	3,78	916,8	2,35
9	400	880,4	10,03	851,2	9,01
10	177,76	1008,5	2,60	934,5	1,65
11	176,31	1010,7	2,55	935,3	1,62
12	179,73	1005,5	2,66	933,2	1,70
13	168	1024,0	2,28	940,1	1,47
14	196	983,6	3,24	924,3	2,03
15	160	1037,9	2,04	944,7	1,32
16	240	941,1	5,55	897,4	3,40
17	219,32	958,6	4,16	912,0	2,58
18	180	1005,1	2,67	933,0	1,70
19	180	1005,1	2,67	933,0	1,70
20	200	978,9	3,39	922,1	2,12
21	170	1020,6	2,35	938,9	1,50
22	180,28	1004,7	2,68	933,0	1,70
23	180	1005,1	2,67	933,0	1,70
24	200	978,9	3,39	922,1	2,12
25	170	1020,6	2,35	938,9	1,50
26	200	978,9	3,39	922,1	2,12
27	196,98	982,4	3,27	923,7	2,05
28	200	978,9	3,39	922,1	2,12
29	200	978,9	3,39	922,1	2,12
30	220	957,9	4,19	911,6	2,60
31	220	957,9	4,19	911,6	2,60

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

32	220	957,9	4,19	911,6	2,60
33	220	957,9	4,19	911,6	2,60
34	220	957,9	4,19	911,6	2,60
35	200	978,9	3,39	922,1	2,12
36	200	978,9	3,39	922,1	2,12
37	200	978,9	3,39	922,1	2,12
38	200	978,9	3,39	922,1	2,12
39	200	978,9	3,39	922,1	2,12

<b>CATENARIA</b>		<b>CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A</b>		<b>CABLE DE TIERRA AC-50</b>	
Nº CANTÓN	VANO REGULADOR (m)	H (m)		H (m)	
		Fmáx	Fmín	Fmáx	Fmín
1	150	808,5	1594,5	1272,2	2434,1
2	250	1009,8	1408,8	1548,2	2295,1
3	210	946,3	1459,7	1457,6	2344,7
4	195,19	917,7	1485,1	1418,9	2365,0
5	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
6	170	861,4	1539,4	1345,4	2401,4
7	180	885,1	1516,6	1375,0	2387,1
8	210	946,3	1459,7	1457,6	2344,7
9	400	1141,2	1327,9	1763,0	2177,0
10	177,76	879,9	1521,1	1369,2	2390,0
11	176,31	876,6	1524,4	1364,8	2392,1
12	179,73	884,4	1516,0	1375,0	2387,1
13	168	856,5	1544,4	1339,1	2404,3
14	196	919,4	1483,6	1421,1	2363,9
15	160	836,0	1565,5	1313,2	2416,2
16	240	995,6	1419,6	1527,3	2306,7
17	219,32	962,8	1145,8	1480,5	2332,4
18	180	885,1	1516,6	1375,0	2387,1
19	180	885,1	1516,6	1375,0	2387,1
20	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
21	170	861,4	1539,4	1345,4	2401,4
22	180,28	885,7	1515,4	1376,6	2386,3
23	180	885,1	1516,6	1375,0	2387,1
24	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
25	170	861,4	1539,4	1345,4	2401,4
26	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
27	196,98	921,4	1281,8	1423,8	2362,5
28	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

29	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
30	220	963,9	1444,8	1482,1	2331,5
31	220	963,9	1444,8	1482,1	2331,5
32	220	963,9	1444,8	1482,1	2331,5
33	220	963,9	1444,8	1482,1	2331,5
34	220	963,9	1444,8	1482,1	2331,5
35	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
36	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
37	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
38	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3
39	200	927,4	1476,4	1431,8	2358,3

### 3.7 TABLAS DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T = T_0 \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{x}{H}\right), \text{ en daN}$$

siendo:

-T: Tensión del cable (daN).

- $T_0$ : Componente horizontal de la tensión del cable (daN).

-H: Parámetro de la catenaria (m).

-x: Coordenada en el eje x del cable (m).

La dirección de la tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T_m = T_0 \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{x_m}{H}\right), \text{ en daN}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

donde:

$$x_m = H \cdot \arg \operatorname{sh} \left[ \frac{\frac{b}{2 \cdot H}}{\operatorname{sh} \frac{a}{2 \cdot H}} \right], \text{ en m}$$

siendo:

- $T_m$ : Tensión del cable en el punto medio del vano (daN).
- $T_0$ : Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- $H$ : Parámetro de la catenaria (m).
- $x_m$ : Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m).
- $a$ : Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).
- $b$ : Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m).

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \cdot \left[ \operatorname{ch} \left( \frac{a_i}{2 \cdot H} \right) - 1 \right], \text{ en m}$$

donde:

- $f$ : Flecha (m).
- $T_{mi}$ : Tensión del cable en el punto medio del vano  $i$  (daN).
- $H$ : Parámetro de la catenaria (m).
- $p$ : Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).
- $a_i$ : Longitud del vano  $i$  medido en la dirección longitudinal (m).

Siguiendo de esta manera, se obtiene la tabla de valores siguiente:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE REGULACIÓN PARA CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A

	VANO (m)	-5 °C		0 °C		5 °C		10 °C		15 °C		20 °C		25 °C		30 °C		35 °C		40 °C		45 °C		50 °C	
		T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f
1	150	1057,1	1,76	995,8	1,87	940,1	1,98	889,7	2,10	844,2	2,21	803,1	2,32	766,0	2,44	732,4	2,55	702,0	2,66	674,3	2,77	649,2	2,87	626,1	2,98
2	250	934,1	5,55	909,4	5,70	886,3	5,85	864,6	6,00	844,2	6,14	825,0	6,28	806,8	6,43	789,7	6,57	773,5	6,70	758,1	6,84	743,5	6,97	729,6	7,11
3	210	967,8	3,78	933,2	3,92	901,2	4,06	871,6	4,20	844,2	4,33	818,8	4,47	795,1	4,60	773,1	4,73	752,6	4,86	733,3	4,99	715,3	5,11	698,4	5,24
4	195,2	984,7	3,21	945,0	3,34	908,5	3,48	875,1	3,61	844,2	3,74	815,8	3,87	789,5	4,00	765,2	4,13	742,7	4,25	721,7	4,38	702,2	4,50	683,9	4,62
5	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
6	170	1020,6	2,35	970,2	2,47	924,2	2,59	882,3	2,72	844,2	2,84	809,5	2,96	777,8	3,08	748,8	3,20	722,2	3,32	697,8	3,43	675,4	3,55	654,6	3,66
7	180	1005,1	2,67	959,3	2,80	917,4	2,93	879,2	3,06	844,2	3,18	812,2	3,31	782,8	3,43	755,8	3,55	731,0	3,68	708,0	3,79	686,8	3,91	667,0	4,03
8	210	967,8	3,78	933,2	3,92	901,2	4,06	871,6	4,20	844,2	4,33	818,8	4,47	795,1	4,60	773,1	4,73	752,6	4,86	733,3	4,99	715,3	5,11	698,4	5,24
9	400	880,4	15,09	871,0	15,25	861,8	15,42	852,9	15,58	844,2	15,74	835,8	15,90	827,6	16,06	819,7	16,21	811,9	16,37	804,4	16,52	797,0	16,68	789,8	16,83
10	177,8	1008,5	2,60	961,6	2,72	918,9	2,85	879,9	2,98	844,2	3,10	811,6	3,23	781,7	3,35	754,3	3,47	729,1	3,59	705,8	3,71	684,3	3,83	664,4	3,94
11	176,3	1010,7	2,55	963,2	2,68	919,8	2,80	880,3	2,93	844,2	3,05	811,2	3,18	781,0	3,30	753,3	3,42	727,8	3,54	704,4	3,66	682,7	3,78	662,6	3,89
12	179,7	1005,5	2,66	959,6	2,79	917,6	2,92	879,3	3,05	844,2	3,17	812,1	3,30	782,7	3,42	755,7	3,54	730,7	3,67	707,7	3,78	686,5	3,90	666,7	4,02
13	168	1024,0	2,28	972,5	2,41	925,6	2,53	883,0	2,65	844,2	2,77	808,9	2,89	776,7	3,01	747,3	3,13	720,4	3,25	695,7	3,36	673,0	3,48	652,0	3,59
14	196	983,6	3,24	944,3	3,37	908,1	3,51	874,9	3,64	844,2	3,77	816,0	3,90	789,9	4,03	765,7	4,16	743,2	4,29	722,4	4,41	702,9	4,53	684,8	4,65
15	160	1037,9	2,04	982,3	2,16	931,7	2,28	885,8	2,40	844,2	2,51	806,5	2,63	772,2	2,75	741,0	2,86	712,6	2,98	686,7	3,09	662,9	3,20	641,0	3,31
16	240	941,2	5,07	914,5	5,22	889,5	5,37	866,1	5,52	844,2	5,66	823,7	5,80	804,3	5,94	786,1	6,08	768,9	6,21	752,7	6,35	737,3	6,48	722,8	6,61
17	219,3	958,6	4,16	926,7	4,30	897,2	4,45	869,7	4,59	844,2	4,72	820,5	4,86	798,3	5,00	777,6	5,13	758,1	5,26	739,9	5,39	722,8	5,52	706,6	5,65
18	180	1005,1	2,67	959,3	2,80	917,4	2,93	879,2	3,06	844,2	3,18	812,2	3,31	782,8	3,43	755,8	3,55	731,0	3,68	708,0	3,79	686,8	3,91	667,0	4,03
19	180	1005,1	2,67	959,3	2,80	917,4	2,93	879,2	3,06	844,2	3,18	812,2	3,31	782,8	3,43	755,8	3,55	731,0	3,68	708,0	3,79	686,8	3,91	667,0	4,03

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

20	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
21	170	1020,6	2,35	970,2	2,47	924,2	2,59	882,3	2,72	844,2	2,84	809,5	2,96	777,8	3,08	748,8	3,20	722,2	3,32	697,8	3,43	675,4	3,55	654,6	3,66
22	180,3	1004,7	2,68	959,0	2,81	917,3	2,94	879,1	3,07	844,2	3,19	812,3	3,32	783,0	3,44	756,0	3,56	731,2	3,69	708,3	3,81	687,1	3,92	667,4	4,04
23	180	1005,1	2,67	959,3	2,80	917,4	2,93	879,2	3,06	844,2	3,18	812,2	3,31	782,8	3,43	755,8	3,55	731,0	3,68	708,0	3,79	686,8	3,91	667,0	4,03
24	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
25	170	1020,6	2,35	970,2	2,47	924,2	2,59	882,3	2,72	844,2	2,84	809,5	2,96	777,8	3,08	748,8	3,20	722,2	3,32	697,8	3,43	675,4	3,55	654,6	3,66
26	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
27	197	982,4	3,27	943,4	3,41	907,6	3,54	874,6	3,68	844,2	3,81	816,2	3,94	790,3	4,07	766,2	4,20	743,9	4,33	723,2	4,45	703,9	4,57	685,8	4,69
28	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
29	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
30	220	957,9	4,19	926,2	4,33	896,9	4,47	869,6	4,62	844,2	4,75	820,6	4,89	798,5	5,03	777,8	5,16	758,5	5,29	740,3	5,42	723,3	5,55	707,2	5,68
31	220	957,9	4,19	926,2	4,33	896,9	4,47	869,6	4,62	844,2	4,75	820,6	4,89	798,5	5,03	777,8	5,16	758,5	5,29	740,3	5,42	723,3	5,55	707,2	5,68
32	220	957,9	4,19	926,2	4,33	896,9	4,47	869,6	4,62	844,2	4,75	820,6	4,89	798,5	5,03	777,8	5,16	758,5	5,29	740,3	5,42	723,3	5,55	707,2	5,68
33	220	957,9	4,19	926,2	4,33	896,9	4,47	869,6	4,62	844,2	4,75	820,6	4,89	798,5	5,03	777,8	5,16	758,5	5,29	740,3	5,42	723,3	5,55	707,2	5,68
34	220	957,9	4,19	926,2	4,33	896,9	4,47	869,6	4,62	844,2	4,75	820,6	4,89	798,5	5,03	777,8	5,16	758,5	5,29	740,3	5,42	723,3	5,55	707,2	5,68
35	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
36	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
37	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
38	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82
39	200	978,9	3,39	940,9	3,52	906,0	3,66	873,9	3,80	844,2	3,93	816,8	4,06	791,4	4,19	767,9	4,32	746,0	4,45	725,7	4,57	706,6	4,69	688,8	4,82

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE REGULACIÓN PARA CABLE DE TIERRA AC-50

	VANO (m)	-5 °C		0 °C		5 °C		10 °C		15 °C		20 °C		25 °C		30 °C		35 °C		40 °C		45 °C		50 °C	
		T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f	T	f
1	150	950,6	1,16	911,7	1,21	874,0	1,26	837,6	1,31	802,6	1,37	769,1	1,43	737,0	1,49	706,5	1,56	677,6	1,62	650,3	1,69	624,5	1,76	600,3	1,83
2	250	897,4	3,40	872,1	3,50	847,9	3,60	824,7	3,70	802,6	3,81	781,5	3,91	761,4	4,01	742,2	4,12	723,9	4,22	706,5	4,33	689,9	4,43	674,1	4,53
3	210	916,8	2,35	886,3	2,43	857,2	2,52	829,3	2,60	802,6	2,69	777,2	2,77	753,0	2,86	730,0	2,95	708,2	3,04	687,5	3,14	667,9	3,23	649,3	3,32
4	195,2	924,7	2,01	892,2	2,09	861,0	2,16	831,2	2,24	802,6	2,32	775,4	2,40	749,5	2,49	724,8	2,57	701,5	2,66	679,4	2,74	658,4	2,83	638,6	2,92
5	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
6	170	938,9	1,50	902,9	1,56	868,1	1,63	834,7	1,69	802,6	1,76	772,0	1,83	742,8	1,90	715,1	1,98	688,8	2,05	664,0	2,13	640,5	2,21	618,4	2,28
7	180	933,2	1,70	898,6	1,76	865,2	1,83	833,2	1,90	802,6	1,97	773,4	2,05	745,6	2,12	719,1	2,20	694,0	2,28	670,3	2,36	647,9	2,44	626,7	2,53
8	210	916,8	2,35	886,3	2,43	857,2	2,52	829,3	2,60	802,6	2,69	777,2	2,77	753,0	2,86	730,0	2,95	708,2	3,04	687,5	3,14	667,9	3,23	649,3	3,32
9	400	851,2	9,19	838,4	9,33	826,1	9,47	814,2	9,61	802,6	9,75	791,5	9,89	780,6	10,03	770,2	10,16	760,0	10,30	750,2	10,43	740,7	10,57	731,5	10,70
10	177,8	934,5	1,65	899,5	1,72	865,9	1,78	833,6	1,85	802,6	1,92	773,1	2,00	745,0	2,07	718,2	2,15	692,9	2,23	668,9	2,31	646,3	2,39	624,9	2,47
11	176,3	935,3	1,62	900,1	1,69	866,3	1,75	833,8	1,82	802,6	1,89	772,9	1,97	744,6	2,04	717,6	2,12	692,1	2,20	668,0	2,27	645,2	2,36	623,7	2,44
12	179,7	933,4	1,69	898,7	1,76	865,3	1,82	833,3	1,89	802,6	1,97	773,3	2,04	745,5	2,12	719,0	2,20	693,9	2,28	670,1	2,36	647,7	2,44	626,5	2,52
13	168	940,1	1,47	903,7	1,53	868,7	1,59	835,0	1,65	802,6	1,72	771,7	1,79	742,3	1,86	714,3	1,93	687,7	2,01	662,7	2,08	639,0	2,16	616,7	2,24
14	196	924,3	2,03	891,9	2,11	860,8	2,18	831,1	2,26	802,6	2,34	775,5	2,42	749,7	2,51	725,1	2,59	701,9	2,68	679,8	2,76	659,0	2,85	639,2	2,94
15	160	944,7	1,32	907,3	1,38	871,0	1,44	836,1	1,50	802,6	1,56	770,6	1,62	740,0	1,69	710,9	1,76	683,3	1,83	657,3	1,90	632,7	1,98	609,6	2,05
16	240	901,9	3,12	875,4	3,22	850,0	3,31	825,8	3,41	802,6	3,51	780,5	3,61	759,5	3,71	739,4	3,81	720,3	3,91	702,1	4,01	684,8	4,11	668,4	4,21
17	219,3	912,0	2,58	882,8	2,66	854,9	2,75	828,1	2,84	802,6	2,93	778,3	3,02	755,1	3,11	733,1	3,21	712,2	3,30	692,3	3,40	673,4	3,49	655,5	3,59
18	180	933,2	1,70	898,6	1,76	865,2	1,83	833,2	1,90	802,6	1,97	773,4	2,05	745,6	2,12	719,1	2,20	694,0	2,28	670,3	2,36	647,9	2,44	626,7	2,53
19	180	933,2	1,70	898,6	1,76	865,2	1,83	833,2	1,90	802,6	1,97	773,4	2,05	745,6	2,12	719,1	2,20	694,0	2,28	670,3	2,36	647,9	2,44	626,7	2,53

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

20	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
21	170	938,9	1,50	902,9	1,56	868,1	1,63	834,7	1,69	802,6	1,76	772,0	1,83	742,8	1,90	715,1	1,98	688,8	2,05	664,0	2,13	640,5	2,21	618,4	2,28
22	180,3	933,0	1,70	898,5	1,77	865,2	1,84	833,2	1,91	802,6	1,98	773,4	2,05	745,6	2,13	719,2	2,21	694,2	2,29	670,5	2,37	648,1	2,45	627,0	2,53
23	180	933,2	1,70	898,6	1,76	865,2	1,83	833,2	1,90	802,6	1,97	773,4	2,05	745,6	2,12	719,1	2,20	694,0	2,28	670,3	2,36	647,9	2,44	626,7	2,53
24	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
25	170	938,9	1,50	902,9	1,56	868,1	1,63	834,7	1,69	802,6	1,76	772,0	1,83	742,8	1,90	715,1	1,98	688,8	2,05	664,0	2,13	640,5	2,21	618,4	2,28
26	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
27	197	923,7	2,05	891,5	2,13	860,6	2,20	830,9	2,28	802,6	2,36	775,6	2,45	749,9	2,53	725,5	2,61	702,3	2,70	680,4	2,79	659,6	2,88	639,9	2,96
28	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
29	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
30	220	911,6	2,60	882,5	2,68	854,7	2,77	828,1	2,86	802,6	2,95	778,4	3,04	755,3	3,13	733,3	3,23	712,5	3,32	692,7	3,42	673,8	3,51	656,0	3,61
31	220	911,6	2,60	882,5	2,68	854,7	2,77	828,1	2,86	802,6	2,95	778,4	3,04	755,3	3,13	733,3	3,23	712,5	3,32	692,7	3,42	673,8	3,51	656,0	3,61
32	220	911,6	2,60	882,5	2,68	854,7	2,77	828,1	2,86	802,6	2,95	778,4	3,04	755,3	3,13	733,3	3,23	712,5	3,32	692,7	3,42	673,8	3,51	656,0	3,61
33	220	911,6	2,60	882,5	2,68	854,7	2,77	828,1	2,86	802,6	2,95	778,4	3,04	755,3	3,13	733,3	3,23	712,5	3,32	692,7	3,42	673,8	3,51	656,0	3,61
34	220	911,6	2,60	882,5	2,68	854,7	2,77	828,1	2,86	802,6	2,95	778,4	3,04	755,3	3,13	733,3	3,23	712,5	3,32	692,7	3,42	673,8	3,51	656,0	3,61
35	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
36	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
37	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
38	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05
39	200	922,1	2,12	890,3	2,20	859,8	2,27	830,5	2,35	802,6	2,44	776,0	2,52	750,7	2,60	726,6	2,69	703,7	2,78	682,1	2,87	661,6	2,96	642,2	3,05

## 4 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

### 4.1 DISTANCIAS DE AISLAMIENTO PARA EVITAR DESCARGAS

Según el artículo 5.2 de la ITC-LAT-07, 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,  $D_{add}$ , 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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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  $a_{som}$ .

Dado que la tensión nominal de la red no está normalizada, se toman los valores de distancias de seguridad para un valor de tensión nominal normalizada inmediatamente superior al de la línea (Tabla 15).

Tensión nominal de la red (kV)	Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
55	72,5	0,70	0,80

#### 4.1 DISTANCIAS EN EL APOYO

Las distancias mínimas de seguridad en el apoyo son distancias utilizadas únicamente para diseñar la línea con una aceptable capacidad de resistir sobretensiones.

##### 4.1.1 Distancias entre conductores. Selección del armado

De acuerdo con lo establecido en el apartado 5.4.1 de la ITC 07 del RLAT, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

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

En la cual:

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos (m).
- K: Coeficiente que depende del ángulo de oscilación de los conductores con el viento (Tabla 16).

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

-K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea y su valor es  $K'=0,85$  para líneas de categoría especial y  $K'=0,75$  para el resto de líneas.

-F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC 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 cuyos valores se han definido en el apartado anterior.

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

Ángulo de oscilación, $\mu$	K
Superior a $65^\circ$	0,70
Comprendido entre $40$ y $65^\circ$	0,65
Inferior a $40^\circ$	0,60

Para la línea del presente proyecto, que se encuentra en zona A, el ángulo de oscilación vendrá dado por:

$$\mu = \arctan \frac{p_v}{p_p}$$

$\mu=52,30$ , por lo que se toma el valor de  $K=0,65$

En las siguientes tablas se incluyen las distancias entre conductores para los distintos apoyos.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Apoyo	Tipo de apoyo	L	K	K'	D <sub>pp</sub>	Flecha máxima		Distancia mínima	
						Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
1	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	-	2,98	-	1,65
2	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	2,98	7,11	1,65	2,26
3	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	7,11	5,24	2,26	2,01
4	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,24	4,62	2,01	1,92
5	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,62	4,62	2,04	2,04
6	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,62	4,82	1,92	1,95
7	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	3,66	1,95	1,77
8	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,66	4,03	1,77	1,83
9	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,30	5,24	1,87	2,01
10	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,24	10,43	2,01	2,62
11	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	10,43	3,94	2,62	1,82
12	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	3,94	3,94	1,94	1,94
13	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,94	3,89	1,82	1,81
14	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	3,89	3,89	1,93	1,93
15	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,89	4,02	1,81	1,83
16	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,02	4,02	1,95	1,95
17	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,02	3,59	1,83	1,76
18	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,59	4,65	1,76	1,93
19	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,65	3,31	1,93	1,71
20	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,31	6,61	1,71	2,20
21	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	6,61	5,65	2,20	2,07
22	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	5,65	5,65	2,18	2,18
23	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,65	4,03	2,07	1,83
24	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,03	4,03	1,83	1,83
25	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,03	4,82	1,83	1,95

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

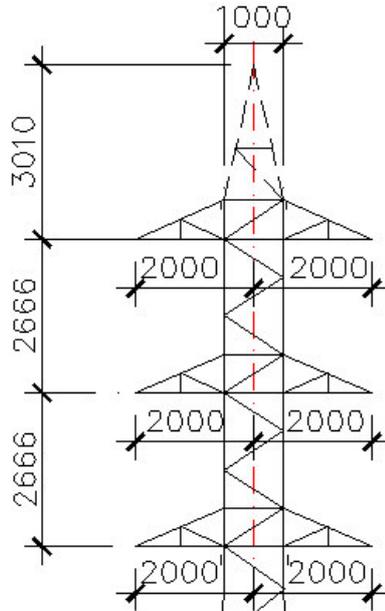
Apoyo	Tipo de apoyo	L	K	K'	D <sub>pp</sub>	Flecha máxima		Distancia mínima	
						Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
26	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	3,66	1,95	1,77
27	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,66	4,04	1,77	1,83
28	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,04	4,04	1,96	1,96
29	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,04	4,03	1,83	1,83
30	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,03	4,03	1,95	1,95
31	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,03	4,03	1,95	1,95
32	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,03	4,82	1,83	1,95
33	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	3,66	1,95	1,77
34	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	3,66	4,82	1,77	1,95
35	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,69	1,95	1,93
36	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,69	4,69	2,05	2,05
37	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,69	4,82	1,93	1,95
38	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	1,95	1,95
39	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	5,68	1,95	2,07
40	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,68	5,68	2,07	2,07
41	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,68	5,68	2,07	2,07
42	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,68	5,68	2,07	2,07
43	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,68	5,68	2,07	2,07
44	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	5,68	4,82	2,07	1,95
45	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	1,95	1,95
46	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	1,95	1,95
47	Suspensión	0,802	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	2,07	2,07
48	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	1,95	1,95
49	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	4,82	1,95	1,95
50	Amarre	0	0,65	0,75	0,7	4,82	-	1,95	-

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

En la determinación del armado a emplear se debe considerar la distancia mínima entre conductores de fase. La distancia mínima del armado que utilizaremos en nuestro proyecto es 2.666 mm de manera que todos los apoyos cumplen con esta restricción.

-Armado E-2/2,6(-T)



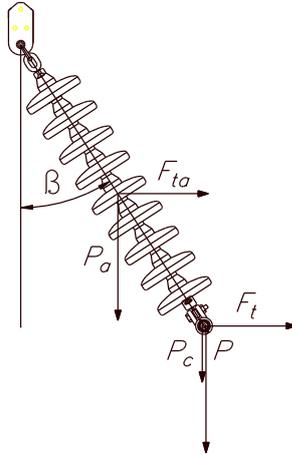
#### 4.1.2 Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

La distancia mínima a masa, queda definida de acuerdo con lo establecido en el apartado 5.4.2 de la ITC 07 del RLAT, en donde se expone que 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.

Para los apoyos con cadena de amarre se cumple la distancia de seguridad, ya que la longitud de la cadena de amarre es mayor.

Para las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión correspondiente a un viento de velocidad 120km/h. A estos efectos, se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120km/h y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  para zona A.

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”



$$\beta = \arctag\left(\frac{p_v/2}{p_p}\right) = \arctag\left(\frac{0,5 \times 0,858}{0,663}\right) = 32,90^\circ$$

La distancia mínima horizontal será:

$$0,7 \times \text{sen}(32,90) = 0,38m$$

La distancia mínima vertical será:

$$0,7 \times \text{cos}(32,90) = 0,59m$$

La longitud de la cadena de suspensión es mayor que las distancias mínimas por lo que se cumplen las distancias de seguridad.

## 4.2 DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y A CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES

Según el artículo 5.5 de la ITC 07 del RLAT, la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima vertical, según las hipótesis de temperatura y de hielo definidas según el apartado 3.2.3 de la ITC 07 del RLAT, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

con un mínimo de 6 metros.

Para la línea del presente proyecto:

Tensión (kV)	Distancias al terreno (m)
55	6,00

En lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Para explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas, la altura mínima será de 7 metros.

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.

## **4.3 DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O LÍNEAS AÉREAS DE TELECOMUNICACIÓN**

### **4.3.1 Cruzamientos**

El propietario de la línea que se va a cruzar deberá enviar, a requerimiento de la entidad que va a realizar el cruce, los datos básicos de la línea (por ejemplo el tipo y sección del conductor, tensión, etc.), con el fin de realizar los cálculos y evitar errores por falta de información.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC 07 del RLAT, quedando modificadas de la siguiente forma:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- 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 deberá ser inferior a:

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

con un mínimo de 3 metros para líneas de tensión superior a 45 kV y hasta 66 kV y considerándose los conductores de la misma en su posición de máxima desviación, bajo la acción de la hipótesis de viento a) del apartado 3.2.3.de la ITC 07 del RLAT.

Por lo que para la línea del presente proyecto se tiene:

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

Se tomará, por tanto, la distancia mínima de 3 metros

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

$$D_{add} + D_{pp}, \text{ en metros}$$

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 $\leq 25$ m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $\geq 25$ m
De 3 a 30	1,8	2,5

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

45 o 66	2,5
110, 132, 150	3
220	3,5
400	4

Por lo que la mínima distancia vertical entre los conductores de fase de la línea del presente proyecto con otras líneas, en las condiciones más desfavorables es:

$$D_{add} + D_{pp} = 2,5 + 0,8 = 3,3 \text{ m}$$

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 deberá ser inferior a:

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

con un mínimo de 2 metros.

Para el presente proyecto esta distancia es:

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

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:

- a) Los conductores de fase de la línea eléctrica superior en las condiciones más desfavorables de flecha máxima establecidas en el proyecto de la línea.
- b) 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 °C en zona A, -15 °C en zona B y -20 °C 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.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **4.3.2 Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas y líneas de telecomunicación**

Se entiende que existe paralelismo cuando dos o más líneas próximas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sean rigurosamente paralelas.

Este apartado no es objeto de estudio, dado que no se produce ningún paralelismo de la línea del presente proyecto con otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación.

#### **4.4 DISTANCIAS A CARRETERAS**

Según el apartado 5.7 de la ITC 07 del RLAT, 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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 4.4.1 Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC 07 del RLAT, 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 y siendo:

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

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

En el presente proyecto:

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

#### 4.4.2 Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3. de la ITC 07 del RLAT.

### 4.5 DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES, NAVIGABLES O FLOTABLES

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta, según el apartado 5.11 de la ITC 07 del RLAT, 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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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.

#### 4.5.1 Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3. de la ITC del RLAT.

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, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

– Líneas de categoría especial:

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

– Resto de líneas:

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

siendo G el gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido se considerará éste igual a 4,7 metros.

Para la línea eléctrica del presente proyecto:

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

#### 4.5.2 Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3. de la ITC 07 del RLAT.

#### 4.6 PASO POR ZONAS

En general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo, según lo establecido en el apartado 5.12 de la ITC 07 del RLAT, 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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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, según apartado 3.1.2 de la ITC 07 del RLAT, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 °C.

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

#### **4.6.1 Bosques, árboles y masas de arbolado**

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3. de la ITC 07 del RLAT.

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.

La distancia mínima de la línea del presente proyecto es:

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

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

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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 según las hipótesis del apartado 3.2.3. de la ITC 07 del RLAT.

– 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 07 del RLAT. 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.

#### **4.6.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas**

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3. de la ITC 07 del RLAT.

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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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.

La distancia mínima de la línea del presente proyecto es:

$$3,3 + D_{el} = 3,3 + 0,7 = 4 \text{ m}$$

Se toma la distancia mínima de 5 metros.

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

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.

## **5 DISTRIBUCIÓN DE APOYOS EN EL TRAZADO DE LA LÍNEA**

### **5.1 DETERMINACIÓN DE LA TRAZA**

Para elegir el tipo de línea más conveniente debe considerarse el carácter del terreno o localidad que la línea atraviesa dada la importancia que tiene por el costo de construcción, permisos de paso y facilidad de mantenimiento de la línea.

En líneas de Alta Tensión, las pequeñas reparaciones y recambios no constituyen un factor importante, por lo que se debe sacrificar accesibilidad para poder acortar la longitud de la línea mediante un trazado directo de la misma. Los ángulos pequeños ( $\alpha < 15$ ) cuestan poco y aumentan poco la longitud de la línea. Deben evitarse también las cumbres en zonas montañosas para proteger la línea de la acción del viento y de descargas atmosféricas.

Lo primero que se lleva a cabo es un reconocimiento general del lugar de trazado previsto, estableciéndose puntos de control y seleccionando zonas para estudios en detalle.

Seguidamente, resueltas las dificultades presentadas y establecidas las normas del trazado, se establecen los criterios a seguir para considerar la existencia de líneas telefónicas, cruces de cauces navegables, rutas aéreas, aeropuertos, etc.

Antes de empezar con 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

Una vez reunida esta información, se puede el emplazamiento más adecuado para el proyecto.

Cuando los trabajos preliminares están totalmente terminados, se procede al replanteo

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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 o servidumbre de paso 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 atenderse 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. Cuando el terreno es regularmente llano, la repartición de apoyos puede realizarse directamente en el plano general de la zona donde se dibuja la traza.

En 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 para las condiciones más desfavorables, de acuerdo a las normas.

Las escalas empleadas para la elaboración del perfil en el presente proyecto son:

-Escala vertical: 1/2000

-Escala horizontal: 1/500

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 PLANTILLA DE DISTRIBUCIÓN DE APOYOS**

Una vez se ha dibujado el perfil del terreno, se construye la plantilla de distribución de apoyos. 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 curva que conforma la plantilla es la catenaria para un valor de flecha máxima bajo la hipótesis de 50°C. Para estas condiciones, se selecciona la altura de apoyos adecuada de manera que se cumplan las distancias de seguridad que marca el reglamento.

También se comprueba que no se producen ahorcamientos, utilizando la curva de la catenaria para condiciones de flecha mínima y observando que al representar entre los apoyos en amarre de un vano, ninguno de los apoyos intermedios queda por debajo de la misma.

## 5.5 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE APOYO. JUSTIFICACIÓN AMARRE/SUSPENSIÓN

Con el fin de justificar la elección de apoyos con amarre o suspensión se debe considerar lo siguiente:

Los apoyos de principio o final de línea y apoyos en ángulo tendrán cadena de amarre.

Para la elección del tipo de cadena en los apoyos en alineación hay que estudiar el ángulo máximo que puede desviarse la cadena de aisladores.

La magnitud del ángulo máximo de desviación de la cadena de aisladores depende, por un lado, de la distancia mínima de protección  $D_{el}$  y por otro lado, de la longitud de la cadena y del tipo de cruceta.

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. A estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h y a la temperatura de -5 °C para zona A.

El ángulo de inclinación de las cadenas de un apoyo de suspensión en alineación viene dado por la expresión:

$$\operatorname{tag}\beta = \frac{\frac{F_{cad_{v/2}}}{2} + F_{cond_{v/2}}}{\frac{P_{cad}}{2} + P_{cond}}$$

dónde:

- $F_{cad_{v/2}}$ : Fuerza de la cadena a mitad de viento (daN)

- $P_{cad}$ : Peso de la cadena (18 daN, aproximadamente).

- $F_{cond_{v/2}}$ : Fuerza del conductor a mitad de viento (daN)

- $P_{cond}$ : Peso del conductor (daN)

La fuerza de la cadena a mitad de viento se obtiene de la siguiente manera:

$$F_{cad_{v/2}} = \frac{q}{2} \times A, \text{ en } m$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

siendo:

-A: Área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores, en m<sup>2</sup>.

-Diámetro proyectado, D=0,255m

-Longitud proyectada de la cadena, L=0,802m

$$A = D \times L = 0,205m^2$$

-q: Presión del viento en daN/m<sup>2</sup>

$$q = 70 \times \left(\frac{120}{120}\right)^2$$

La fuerza del conductor a mitad de viento viene dada por:

$$F_{cond_{v/2}} = \frac{a_1 + a_2}{2} \times \frac{P_v}{2} \times D, \text{ en m}$$

siendo:

-a<sub>1</sub> y a<sub>2</sub>: vanos anterior y posterior respectivamente, en m.

-P<sub>v</sub>: Presión del viento en daN/m<sup>2</sup>

$$P_v = 50 \times \left(\frac{120}{120}\right)^2$$

-D: diámetro del conductor en m.

El peso del conductor a mitad de viento viene dado por:

$$P_{cond_{v/2}} = P_p \times \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v/2}}{P_{ap_{v/2}}} \times \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right) \right], \text{ en m}$$

dónde:

-P<sub>p</sub>: Peso propio del conductor, en daN/m.

-a<sub>1</sub> y a<sub>2</sub>: vanos anterior y posterior respectivamente, en m.

-d<sub>1</sub> y d<sub>2</sub>: distancia vertical anterior y posterior, respectivamente, en m.

-P<sub>ap<sub>v/2</sub></sub>: peso aparente del conductor, en daN/m.

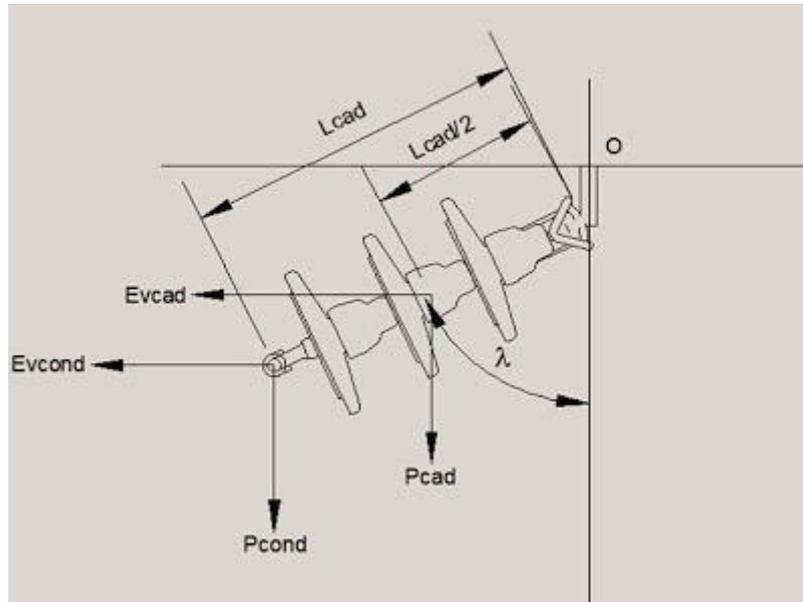
-T<sub>v/2</sub>: Tense máximo a mitad de viento.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Según la figura que se muestra a continuación el valor del ángulo de desviación máximo, para el valor  $D_{el}$  establecido es:

$$\beta_{teórica} = 90 - \arcsen \frac{D_{el}}{L_{cad}} = 29,21^\circ$$



De este modo, si  $\beta \leq \beta_{teórica}$ , se pondrá cadena de suspensión y si es mayor que el ángulo de desviación teórico, se elegirá cadena de amarre.

A continuación se muestra una tabla en la que aparecen todos los apoyos de la línea y el tipo de los mismos en función de su ángulo.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Apoyo	Vano		Diferencia Vertical		Fcad (v/2)	Fcond (v/2)	ag(v/2)	Pcond	Tense v/2	$\beta$	Tipo de cadena	Tipo Apoyo
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior								
1	-	234,58	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Princ. de Línea
2	234,58	220,45	10,5	-5,5	7,16	99,54	252,04	170,38	996,74	29,76	Amarre	Alineación
3	220,45	245,09	5,5	9	7,16	101,83	308,95	208,85	994,67	25,72	Suspensión	Alineación
4	245,09	245,27	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
5	245,27	257,38	2,5	-16,5	7,16	109,95	185,14	125,16	988,41	40,03	Amarre	Alineación
6	257,38	138,15	16,5	9,5	7,16	86,52	364,65	246,5	1011,35	19,35	Suspensión	Alineación
7	138,15	298,45	-9,5	-10	7,16	95,5	91,18	61,64	1000,82	54,13	Amarre	Alineación
8	298,45	158,12	10	-40	7,16	99,87	-43,33	-29,29	996,57	90,18	Amarre	Alineación
9	158,12	203,84	40	-9,5	7,16	79,17	442,96	299,44	1022,2	14,97	Suspensión	Alineación
10	203,84	138,72	9,5	19,5	7,16	74,94	410,62	277,58	1029,63	15,27	Suspensión	Alineación
11	138,72	300,25	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
12	300,25	223,85	-8,5	6,5	7,16	114,65	262,98	177,77	984,9	32,2	Amarre	Alineación
13	223,85	245,15	-6,5	4	7,16	102,59	218,8	147,91	993,79	33,92	Amarre	Alineación
14	245,15	246,55	-4	-40	7,16	107,56	26,36	17,82	989,8	75,95	Amarre	Alineación
15	246,55	200,3	40	-30	7,16	97,75	238,88	161,48	998,2	30,59	Amarre	Alineación
16	200,3	218,11	30	-0,5	7,15	91,53	393,24	265,83	1004,78	19,02	Suspensión	Alineación
17	218,11	205,74	0,5	48,5	7,15	92,71	508,54	343,78	1003,43	15,23	Suspensión	Alineación
18	205,74	208,8	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
19	208,8	212,48	-52,5	17	7,16	92,16	-3,29	-2,23	1004,88	85,36	Amarre	Alineación
20	212,48	215,42	-17	18,5	7,16	93,6	221,27	149,58	1003,27	31,34	Amarre	Alineación
21	215,42	237,15	-18,5	6,5	7,16	98,99	153,83	103,99	997,8	41,98	Amarre	Alineación
22	237,15	243,23	-6,5	-12,5	7,16	105,08	143,06	96,71	992,51	45,52	Amarre	Alineación
23	243,23	226,48	12,5	-45	7,16	102,75	52,94	35,79	994,44	66,7	Amarre	Alineación
24	226,48	171,28	45	3,5	7,16	87,01	474,05	320,45	1011,14	15,33	Suspensión	Alineación
25	171,28	167,12	-3,5	16,5	7,16	74,03	269,53	182,2	1031,82	21,99	Suspensión	Alineación

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Apoyo	Vano		Diferencia Vertical		Fcad (v/2)	Fcond (v/2)	ag(v/2)	Pcond	Tense v/2	$\beta$	Tipo de cadena	Tipo Apoyo
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior								
26	167,12	239,09	-16,5	-11,5	7,16	88,86	19,15	12,95	1008,79	76,06	Amarre	Alineación
27	167,12	194,35	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
28	194,35	185,24	11,5	-28,5	7,16	83,04	70,13	47,41	1017,71	56,46	Amarre	Alineación
29	185,24	283,88	28,5	-29	7,16	80,75	179,67	121,46	1021,19	32,68	Amarre	Alineación
30	283,88	152,12	29	25	7,16	73,5	581,53	393,11	1033,93	10,82	Suspensión	Alineación
31	152,12	140,28	-25	44	7,16	63,96	341,94	231,15	1055,58	15,65	Suspensión	Alineación
32	140,28	142,1	-44	44,5	7,16	61,77	140,53	95	1061,51	31,9	Amarre	Alineación
33	142,1	261,1	-44,5	-9	7,16	88,2	-148,19	-100,17	1010,64	90,78	Amarre	Alineación
34	261,1	218,23	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
35	218,23	175,13	30	-35,5	7,16	86,05	114,63	77,49	1012,71	45,69	Amarre	Alineación
36	175,13	162,48	35,5	-32,5	7,16	73,85	172,24	116,44	1032,46	31,48	Amarre	Alineación
37	162,48	147,36	32,5	6,5	7,16	67,78	471,86	318,98	1045,35	12,24	Suspensión	Alineación
38	147,36	160,5	-6,5	52	7,16	67,34	517,62	349,91	1046,36	11,15	Suspensión	Alineación
39	160,5	224,2	-52	46,5	7,16	84,15	45,35	30,65	1015,33	65,14	Amarre	Alineación
40	224,2	229,75	-46,5	15	7,16	99,3	50,87	34,39	997,8	66,66	Amarre	Alineación
41	229,75	227,18	-15	1	7,16	99,95	153,06	103,47	997,2	42,38	Amarre	Alineación
42	227,18	256,63	-1	-21,5	7,16	105,83	133,22	90,06	992,19	47,55	Amarre	Alineación
43	256,63	200,78	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
44	200,78	249,84	-13,5	10	7,16	98,57	191,58	129,51	998,04	36,21	Amarre	Alineación
45	249,84	200,35	-10	2,5	7,16	98,48	190,95	129,08	998,13	36,27	Amarre	Alineación
46	200,35	228,71	-2,5	-16,5	7,16	93,86	109,14	73,78	1002,82	49,31	Amarre	Alineación
47	228,71	200,15	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Ángulo
48	200,15	187,38	9,5	9	7,16	84,77	314,02	212,28	1014	21,68	Suspensión	Alineación
49	187,38	212,47	-9	-10,5	7,16	87,47	77,65	52,49	1010,38	55,54	Amarre	Alineación
50	212,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Amarre	Final de Línea

## **6 CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS**

Para analizar los esfuerzos mecánicos a los que se ven sometidos los apoyos se considerarán las indicaciones de cálculo recogidas en el apartado 3.5.3 de la ITC 07 del RLAT.

Estos cálculos incluirán para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor y cable transmiten a la cruceta y a la cúpula de tierra.

Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal, transversal, vertical).

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las establecidas en el apdo 3.5.3 del ITC 07 del RLAT, siendo las siguientes:

- 1ª hipótesis: viento
- 2ª hipótesis: hielo (no se considera en el presente proyecto por ser utilizada sólo para zonas B y C)
- 3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones
- 4ª hipótesis: Rotura de conductores

A continuación se muestra la tabla que recoge los cálculos requeridos en función de la hipótesis analizada para cada tipo de apoyo en zona A.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación	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.	No se aplica	
	L	No se 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). 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 se 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 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 °C.				

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
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 se 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 se 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 °C.

## 6.1 TEORÍA DEL GRAVIVANO

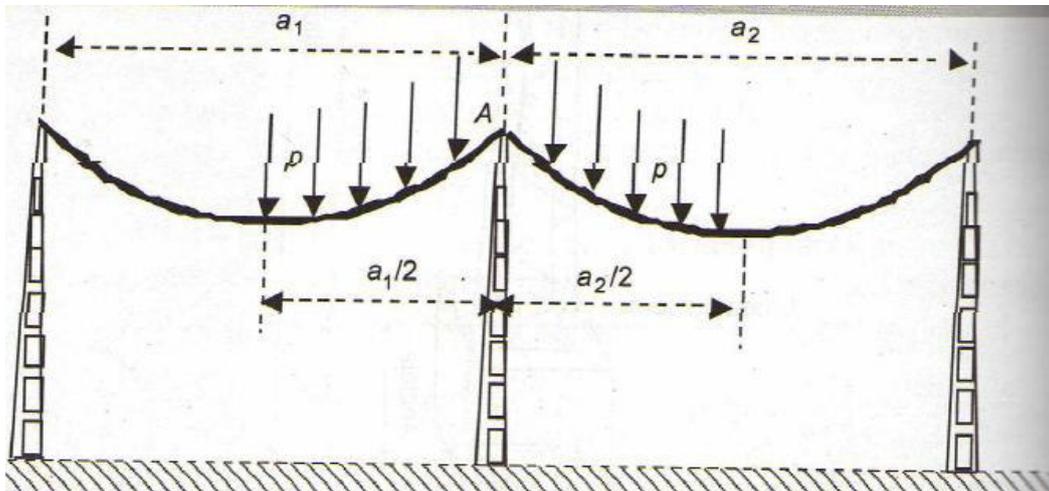
En todos los apoyos, cualquiera que sea su función, se considerará el esfuerzo vertical, entre otros, debido al peso propio de los cables y sin tener en cuenta las sobrecargas motivadas por el hielo puesto que el tendido del presente proyecto se encuentra en zona A. Para ello, se tendrá en cuenta en el estudio si los vanos adyacentes se encuentran al mismo nivel o el valor del esfuerzo vertical calculado.

Se define gravivano como la longitud correspondiente a los vanos adyacentes a un apoyo, cuyo peso gravita sobre dicho apoyo.

Para el caso en el que los vanos contiguos al apoyo objeto de cálculo sean vanos a nivel y aproximando la longitud del conductor a la longitud del vano, se obtiene un valor para el gravivano de:

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2}, \text{ en m}$$

siendo  $a_1$  y  $a_2$  los vanos anterior y posterior respectivamente, en m.



Para el caso de vanos desnivelados el gravivano tiene como valor:

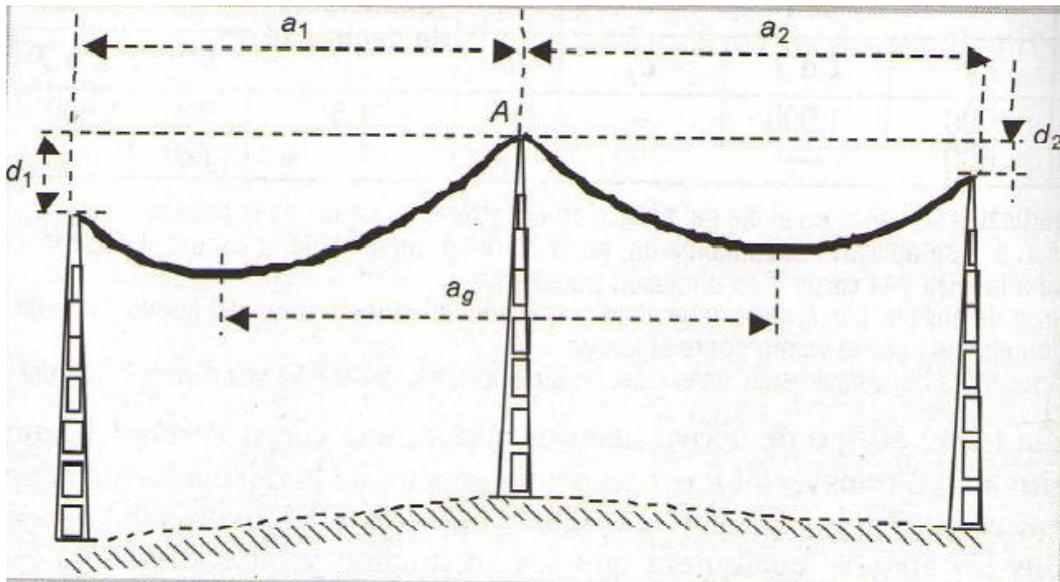
$$a_g = \frac{a_1 + a_2}{2} + \left( \pm \frac{T_{v1} \times d_1}{p \times a_1} \pm \frac{T_{v2} \times d_2}{p \times a_2} \right), \text{ en m}$$

siendo:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- $a_1$  y  $a_2$  : vanos anterior y posterior respectivamente, en m.
- $d_1$  y  $d_2$ : distancias verticales anterior y posterior respectivamente, en m.
- $p$ : peso aparente del conductor por unidad de longitud, en daN/m.
- $T_{v1}$ : Tense máximo de vano regulador anterior, en daN.
- $T_{v2}$ : Tense máximo de vano regulador posterior, en daN.



Para determinar el signo de los desniveles  $d_1$  y  $d_2$ , se considerará desnivel positivo si el apoyo de la derecha del vano considerado se encuentra emplazado por encima del apoyo de la izquierda.

## 6.3 APOYOS EN ALINEACIÓN

### 6.3.1 Hipótesis de viento

#### Cargas verticales

Los esfuerzos verticales son debidos a las cargas permanentes (peso del conductor, peso de la cadena y peso de los herrajes).

$$F_v = P_{cond} + P_{cadena} + P_{herrajes}, \text{ en daN}$$

El peso del conductor viene dado por:

$$P_{cond} = n \times p_p \times a_g, \text{ en daN}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

siendo:

-n: número de subconductores del haz.

- $p_p$ : peso propio del conductor, en daN/m

- $a_g$ : gravivano, en m

#### **Cargas transversales**

Estos esfuerzos son debidos al viento y vienen dados por:

$$F_t = n \times P_v \times d \times a_g, \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz.

- $P_v$ : fuerza unitaria transversal y horizontal al conductor, debida al viento, en daN/m<sup>2</sup>

-d: diámetro del conductor, en m

- $a_v$ : gravivano, en m

### **6.3.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones**

#### **Cargas verticales**

Se consideran los mismos esfuerzos que en la primera hipótesis.

#### **Cargas longitudinales**

En todos los apoyos de alineación con cadenas de suspensión se considera el 8% de las tracciones longitudinales en los conductores y el 15% para apoyos con amarre:

$$F_{l(susp.)} = n \times 8\% \times T_{m\acute{a}x}, \text{ en daN}$$

$$F_{l(amarre)} = n \times 15\% \times T_{m\acute{a}x}, \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

- $T_{m\acute{a}x}$ : Tensión máxima, en daN

### **6.3.3 Hipótesis de rotura de conductores**

Según la ITC 07 del RLAT, para líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos en alineación y de ángulo con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad como mínimo de 3.
- b) Que el coeficiente de seguridad de apoyos y cimentaciones en la 3ª hipótesis sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 km como mínimo.

Por esto, no se tiene que considerar la 4ª hipótesis para la línea del presente proyecto.

## **6.4 APOYOS PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA**

### **6.4.1 Hipótesis de viento**

#### **Cargas verticales**

Los esfuerzos verticales son debidos a las cargas permanentes (peso del conductor, peso de la cadena y peso de los herrajes).

$$F_v = P_{cond} + P_{cadena} + P_{herrajes}, \text{ en daN}$$

El peso del conductor viene dado por:

$$p_{cond} = n \times p_p \times \left[ \frac{a}{2} + \frac{T_v}{p} \left( \frac{d}{a} \right) \right], \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de conductores del haz

-p<sub>p</sub>: peso propio del conductor, en daN/m

-a: vano posterior para principio de línea o anterior para fin de línea, en m

-T<sub>v</sub>: tracción máxima, en daN

-d: distancia vertical, en m

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **Cargas transversales**

Estos esfuerzos son debidos al viento y vienen dados por:

$$F_t = n \times P_v \times d \times \frac{a}{2}, \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz.

- $P_v$ : fuerza unitaria transversal y horizontal al conductor debida al viento, en daN/m<sup>2</sup>

-d: diámetro del conductor, en m

-a: vano posterior para principio de línea o anterior para fin de línea, en m

#### **Cargas longitudinales**

Se considera el 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores:

$$F_l = n \times T_{m\acute{a}x}, \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

- $T_{m\acute{a}x}$ : tensión máxima, en daN

#### **6.4.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones**

Esta hipótesis no se aplica para apoyos principio y fin de línea.

#### **6.4.3 Hipótesis de rotura de conductores**

#### **Cargas verticales**

Se consideran los mismos esfuerzos que en la primera hipótesis.

#### **Cargas transversales**

No existen esfuerzos transversales en esta hipótesis.

#### **Cargas longitudinales**

Se considera la rotura del conductor más alejado del eje del apoyo.

El esfuerzo longitudinal es igual a la tensión máxima.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Se produce un momento de torsión dado por:

$$M_t = T_{m\acute{a}x} \times \text{brazo, en daN m}$$

siendo:

- $M_t$ : momento de torsión, en daN x m

- $T_{m\acute{a}x}$ : tensión máxima, en daN

brazo: distancia del conductor más alejado al eje del apoyo, en m

Debido al tipo de armado que se ha seleccionado para los apoyos, no se considerará dicho momento de torsión.

## 6.5 APOYOS EN ÁNGULO

Los esfuerzos en los apoyos en ángulo se encaran en la bisectriz del ángulo de fuerzas.

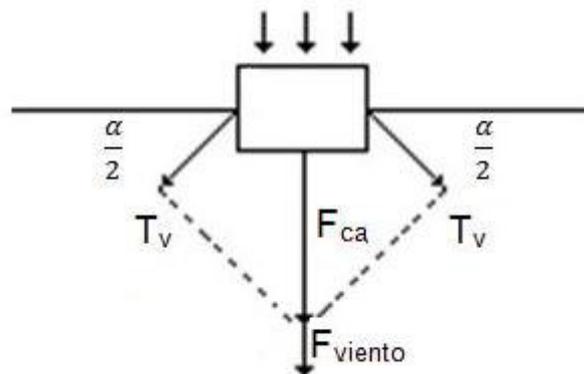
### 6.5.1 Hipótesis de viento

#### Cargas verticales

Se calculan igual que en los apoyos en alineación.

#### Cargas transversales

Estos esfuerzos son originados por la fuerza de cambio de alineación ( $F_{ca}$ ), que es la resultante de las tensiones en los conductores en los vanos adyacentes y la fuerza resultante de las proyecciones de los esfuerzos transversales del viento sobre la semisuma de los vanos adyacentes.



## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$$F_{ca} = n \times (T_{v1} + T_{v2}) \times \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right), \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

- $T_{v1}$ : tensión máxima del vano anterior, en daN

- $T_{v2}$ : tensión máxima del vano posterior, en daN

- $\alpha$ : ángulo de desviación de la traza, en grados sexagesimales

$$F_{viento} = n \times P_v \times d \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times \cos^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right), \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

- $P_v$ : fuerza unitaria transversal y horizontal al conductor debida al viento, en daN/m<sup>2</sup>

-d: diámetro del conductor, en m

- $a_1$  y  $a_2$ : vanos anterior y posterior respectivamente, en m

- $\alpha$ : ángulo de desviación de la traza, en grados sexagesimales

$$F_t = F_{ca} + F_{viento}, \text{ en daN}$$

## 6.5.2 Hipótesis de desequilibrio de tracciones

### Cargas verticales

Se consideran los mismos esfuerzos que en la primera hipótesis.

### Cargas transversales

El esfuerzo transversal viene dado por:

$$F_t = n \times (2 - \% \text{ des.}) \times T_v \times \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right), \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

-%des: coeficiente de desequilibrio (0,15 para líneas inferiores a 66kV y 0,25 para líneas superiores a 66kV)

-Tv: tensión máxima, en daN

-α: ángulo de desviación de la traza, en grados sexagesimales

Dado que nuestra línea tiene una tensión nominal menor de 66kV, el coeficiente de desequilibrio será 0,15.

#### **Cargas longitudinales**

El esfuerzo longitudinal viene dado por:

$$F_l = n \times \% \text{ des.} \times T_v \times \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), \text{ en daN}$$

siendo:

-n: número de subconductores del haz

-%des: coeficiente de desequilibrio (0,15 para líneas inferiores a 66kV y 0,25 para líneas superiores a 66kV)

-Tv: tensión máxima, en daN

-α: ángulo de desviación de la traza, en grados sexagesimales

#### **6.5.3 Hipótesis de rotura de conductores**

No se considera por los mismos motivos que para los apoyos en alineación

### **6.6. TABLAS DE ESFUERZOS EN LOS APOYOS. SELECCIÓN DEL TIPO DE APOYO**

En las siguientes tablas quedan reflejados los esfuerzos en los apoyos para un solo conductor, ya que en las tablas de selección del tipo de apoyo se muestra el esfuerzo producido por cada uno de los conductores, por lo que no es necesario conocer el esfuerzo global sobre el apoyo.

En cada tabla se recogen todos los esfuerzos reales y el correspondiente agotamiento en función del apoyo seleccionado.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Para hipótesis normales se considerará un coeficiente de seguridad de valor igual o superior a 1,5. Para hipótesis anormales se tomará un coeficiente de seguridad de valor igual o superior a 1,2.

Las tablas de características de cada tipo de apoyo están en el documento "Planos".

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ALINEACIÓN PARA CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	Pcad	1ª Hipotesis C.S.=1,5				3ª Hipotesis C.S.=1,2			
					Fv		Ft		Fv		Ft	
					Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
2	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	147,70	40	187,70	650	175,00	217	187,70	1300	208,43	355
3	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	176,00	40	216,00	650	201,25	217	216,00	1300	208,43	355
4	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	100,37	40	140,37	650	179,38	217	140,37	1300	208,07	355
5	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	288,34	20	308,34	650	170,63	217	308,34	1300	110,88	355
6	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	84,45	40	124,45	650	170,63	217	124,45	1300	207,96	355
8	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	58,03	40	98,03	650	153,13	217	98,03	1300	207,71	355
9	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	150,17	40	190,17	650	170,63	217	190,17	1300	208,07	355
10	Amarre	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	-72,45	40	-32,45	650	266,88	410	-32,45	1300	209,12	565
11	Amarre	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	-371,64	40	-331,64	650	236,25	410	-331,64	1300	209,12	565
12	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	620,59	20	640,59	650	148,75	217	640,59	1300	110,75	355
14	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	351,10	20	371,10	650	147,88	217	371,10	1300	110,74	355
15	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	128,26	40	168,26	650	148,75	217	168,26	1300	207,69	355
16	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	251,46	20	271,46	650	152,25	217	271,46	1300	110,77	355
17	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-102,08	40	-62,08	650	138,25	217	-62,08	1300	207,69	355
18	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-80,86	40	-40,86	650	159,25	217	-40,86	1300	207,90	355
20	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	103,42	40	143,42	650	175,00	217	143,42	1300	208,35	355
21	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	157,64	40	197,64	650	210,00	217	197,64	1300	208,35	355
22	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	202,96	20	222,96	650	188,13	217	222,96	1300	111,02	355
23	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	-26,78	40	13,22	650	161,88	217	13,22	1300	208,17	355
24	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	95,61	40	135,61	650	157,50	217	135,61	1300	207,71	355
25	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	65,68	40	105,68	650	166,25	217	105,68	1300	207,95	355

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ALINEACIÓN PARA CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A (CONTINUACIÓN)

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	Pcad	1º Hipotesis C.S.=1,5				3ª Hipotesis C.S.=1,2			
					Fv		Ft		Fv		Ft	
					Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
26	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	127,72	40	167,72	650	161,88	217	167,72	1300	207,95	355
27	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	35,57	40	75,57	650	140,00	217	75,57	1300	207,71	355
28	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	356,96	20	376,96	650	153,13	217	376,96	1300	110,78	355
29	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	88,77	40	128,77	650	166,25	217	128,77	1300	207,71	355
30	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	271,27	20	291,27	650	157,50	217	291,27	1300	110,78	355
31	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	211,97	20	231,97	650	157,50	217	231,97	1300	110,78	355
33	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	90,19	40	130,19	650	161,88	217	130,19	1300	207,96	355
34	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-206,12	40	-166,12	650	161,88	217	-166,12	1300	207,96	355
35	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	4,21	40	44,21	650	183,75	217	44,21	1300	207,96	355
36	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	261,60	20	281,60	650	166,25	217	281,60	1300	110,88	355
38	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	10,73	40	50,73	650	175,00	217	50,73	1300	207,96	355
39	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	55,17	40	95,17	650	183,75	217	95,17	1300	208,17	355
40	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	175,40	40	215,40	650	192,50	217	215,40	1300	208,17	355
41	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	119,39	40	159,39	650	192,50	217	159,39	1300	208,17	355
42	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	170,48	40	210,48	650	192,50	217	210,48	1300	208,17	355
43	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	135,16	40	175,16	650	192,50	217	175,16	1300	208,17	355
44	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	78,64	40	118,64	650	183,75	217	118,64	1300	208,17	355
46	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	74,84	40	114,84	650	175,00	217	114,84	1300	207,96	355
47	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	166,52	20	186,52	650	175,00	217	186,52	1300	110,91	355
48	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	103,94	40	143,94	650	175,00	217	143,94	1300	207,96	355
49	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	151,00	40	191,00	650	175,00	217	191,00	1300	207,96	355

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA PARA CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	Pcad	1º Hipótesis C.S.=1,5				4ª Hipótesis C.S.=1,2	
					Fv		Ft		Fv	
					Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
1	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	50,70	40	90,70	650	65,63	217	90,70	1300
50	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	59,70	40	99,70	650	87,50	217	99,70	1300

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ÁNGULO PARA CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	Pcad	1º Hipótesis C.S.=1,5						3ª Hipótesis C.S.=1,2			
					Fv		Ft				Fv		Fl	
					Esfuerzo	Agot	Fca	Fviento	Ft	Agot	Esfuerzo	Agot	Fl	Agot
7	Amarre	O-5600-14,90-E-2/2,6(-T)	348,63	40	388,63	650	637,26	153,31	790,57	820	388,63	1300	202,38	1065
13	Amarre	O-4000-14,90-E-2/2,6(-T)	134,53	40	174,53	650	294,21	172,16	466,37	560	174,53	1300	206,48	725
19	Amarre	O-4000-17,15-E-2/2,6(-T)	199,24	40	239,24	650	296,60	153,96	450,57	560	239,24	1300	206,70	725
32	Amarre	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	360,63	40	400,63	650	241,52	164,99	406,50	410	400,63	1300	207,17	565
37	Amarre	O-2800-17,15-E-2/2,6(-T)	315,61	40	355,61	650	212,70	156,57	369,28	410	355,61	1300	207,35	565
45	Amarre	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	243,03	40	283,03	650	159,61	174,42	334,03	410	283,03	1300	207,62	565

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ALINEACIÓN PARA CABLE DE TIERRA AC-50

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	1º Hipotesis C.S.=1,5				3ª Hipotesis C.S.=1,2			
				Fv		Ft		Fv		Ft	
				Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
2	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	84,38	96,38	500	90,00	155	96,38	1000	178,17	250
3	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	99,72	111,72	500	103,50	155	111,72	1000	178,17	250
4	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	61,70	73,70	500	92,25	155	73,70	1000	173,97	250
5	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	151,26	154,26	500	87,75	155	154,26	1000	91,87	250
6	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	53,69	65,69	500	87,75	155	65,69	1000	172,83	250
8	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	40,85	52,85	500	78,75	155	52,85	1000	170,42	250
9	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	87,54	99,54	500	87,75	155	99,54	1000	173,97	250
10	Amarre	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	-15,23	-3,23	500	137,25	285	-3,23	1000	189,03	395
11	Amarre	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	-157,39	-145,39	500	121,50	285	-145,39	1000	189,03	395
12	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	306,11	309,11	500	76,50	155	309,11	1000	90,74	250
14	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	178,22	181,22	500	76,05	155	181,22	1000	90,65	250
15	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	73,01	85,01	500	76,50	155	85,01	1000	170,39	250
16	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	131,54	134,54	500	78,30	155	134,54	1000	90,87	250
17	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-37,84	-25,84	500	71,10	155	-25,84	1000	170,39	250
18	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-25,44	-13,44	500	81,90	155	-13,44	1000	172,37	250
20	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	62,77	74,77	500	90,00	155	74,77	1000	177,18	250
21	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	91,73	103,73	500	108,00	155	103,73	1000	177,18	250
22	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	112,08	115,08	500	96,75	155	115,08	1000	93,34	250
23	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	-0,07	11,93	500	83,25	155	11,93	1000	175,01	250
24	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	95,61	70,01	500	81,00	155	70,01	1000	170,42	250
25	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	65,68	55,21	500	85,50	155	55,21	1000	172,83	250

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ALINEACIÓN PARA CABLE DE TIERRA AC-50 (CONTINUACIÓN)

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	1º Hipotesis C.S.=1,5				3ª Hipotesis C.S=1,2			
				Fv		Ft		Fv		Ft	
				Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
26	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	75,54	87,54	500	83,25	155	87,54	1000	172,83	250
27	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	27,42	39,42	500	72,00	155	39,42	1000	170,46	250
28	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	181,71	184,71	500	78,75	155	184,71	1000	90,91	250
29	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	55,47	67,47	500	85,50	155	67,47	1000	170,46	250
30	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	141,37	144,37	500	81,00	155	144,37	1000	90,89	250
31	Suspensión	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	113,23	116,23	500	81,00	155	116,23	1000	90,89	250
33	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	52,28	64,28	500	83,25	155	64,28	1000	172,83	250
34	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	-83,57	-71,57	500	83,25	155	-71,57	1000	172,83	250
35	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	16,02	28,02	500	94,50	155	28,02	1000	172,47	250
36	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	138,18	141,18	500	85,50	155	141,18	1000	91,98	250
38	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	18,37	30,37	500	90,00	155	30,37	1000	172,83	250
39	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	40,40	52,40	500	94,50	155	52,40	1000	175,08	250
40	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	99,00	111,00	500	99,00	155	111,00	1000	175,08	250
41	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	71,75	83,75	500	99,00	155	83,75	1000	175,08	250
42	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	96,60	108,60	500	99,00	155	108,60	1000	175,08	250
43	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	79,42	91,42	500	99,00	155	91,42	1000	175,08	250
44	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	51,62	63,62	500	94,50	155	63,62	1000	175,08	250
46	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	49,18	61,18	500	90,00	155	61,18	1000	172,83	250
47	Suspensión	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	93,26	96,26	500	90,00	155	96,26	1000	92,18	250
48	Amarre	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	63,18	75,18	500	90,00	155	75,18	1000	172,83	250
49	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	85,80	97,80	500	90,00	155	97,80	1000	172,83	250

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA PARA CABLE DE TIERRA AC-50

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	1º Hipotesis C.S.=1,5				4ª Hipótesis C.S=1,2	
				Fv		Ft		Fv	
				Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot	Esfuerzo	Agot
1	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	29,33	41,33	500	33,75	155	90,70	1000
50	Amarre	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	34,79	46,79	500	45,00	155	99,70	1000

TABLA DE ESFUERZOS DE APOYOS EN ÁNGULO PARA CABLE DE TIERRA AC-50

Número Apoyo	Cadena	Tipo de Apoyo	Pcond	1º Hipotesis C.S.=1,5						3ª Hipotesis C.S=1,2			
				Fv		Ft				Fv		FI	
				Esfuerzo	Agot	Fca	Fviento	Ft	Agot	Esfuerzo	Agot	FI	Agot
7	Amarre	O-5600-14,90-E-2/2,6(-T)	190,79	190,79	500	474,52	78,84	553,36	575	190,79	1000	164,63	745
13	Amarre	O-4000-14,90-E-2/2,6(-T)	77,83	77,83	500	240,94	88,54	329,48	390	77,83	1000	169,18	510
19	Amarre	O-4000-17,15-E-2/2,6(-T)	112,41	112,41	500	243,00	79,18	322,18	390	112,41	1000	166,90	510
32	Amarre	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	201,99	201,99	500	199,44	84,85	284,29	285	201,99	1000	169,77	395
37	Amarre	O-2800-17,15-E-2/2,6(-T)	176,14	176,14	500	176,61	80,52	257,13	285	176,14	1000	172,32	395
45	Amarre	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	136,99	136,99	500	132,65	89,70	222,35	285	136,99	1000	172,54	395

## **7 AISLAMIENTO**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

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. Pueden ser de tipo caperuza y vástago o de tipo bastón, o bien rígidos de columna o peana. La sujeción del aislador al poste, se realiza por medio de herrajes. Además, un aislador debe tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción o compresión 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.

### **7.2 NIVELES DE AISLAMIENTO**

Como se indicó en el Anexo I y según lo establecido en el apartado 4.4 de la ITC 07 del RLAT, para la presente línea se establecen los siguientes niveles mínimos de aislamiento:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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)
72,5	140	325

### 7.3 AISLADORES DE VIDRIO

En la línea del presente proyecto se utilizarán aisladores de vidrio de tipo caperuza vástago, U-70-BS, cuyas características principales se muestran a continuación:

Carga de rotura electromecánica (daN)	Diámetro nominal (mm)	Paso nominal (mm)	Línea de fuga (mm)	Acoplamiento (UNE 21 009)	Peso aproximado (kg)
7000	255	127	292	16A	3,4

**NOTA:** Se consideran unos valores de línea de fuga superiores a los indicados en la norma UNE-EN 60305 por ser los adoptados por la mayoría de los fabricantes

La formación de cadenas mediante aisladores del tipo caperuza-vástago y los herrajes que integran las mismas se especifican en los planos de cadena de aisladores del documento “Planos”.

Las cadenas estarán formadas por el número de aisladores que se indican en el apartado siguiente.

### 7.4 CÁLCULO ELÉCTRICO

El grado de aislamiento se define como 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 la línea. La longitud de la línea de fuga de un aislador se mide sobre la superficie del mismo. La longitud de la cadena de aisladores es la de un solo aislador multiplicada por el número de aisladores que la compongan. 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 07 del RLAT, en este caso  $U=55\text{kV}$  y  $U_m=72,5\text{kV}$ .

Los grados de aislamiento recomendados según las zonas que atraviesa la línea son los siguientes:

ZONAS	GRADO DE AISLAMIENTO (cm/kV)
-------	------------------------------

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Forestales y agrícolas	1,7 a 2
Industriales y próximas al mar	2,2 a 2,5
Industriales y muy próximas al mar	2,6 a 3,2
Industriales y muy próximas al mar con fábricas de productor químicos, centrales térmicas, etc.	> 3,2

Puesto que el trazado de la línea del presente proyecto discurre por una zona de tipo forestal y agrícola, se toma un grado de aislamiento de entre 1,7 y 2 cm/kV

El grado de aislamiento viene dado por:

$$GA = \frac{n \times L_f}{U_m}, \text{ en cm/kV}$$

siendo:

- $L_f$ : línea de fuga (mm)

- $n$ : número de aisladores

- $U_m$ : Tensión más elevada para el material (kV)

Se despeja el número de aisladores y se obtiene su valor en función de los demás parámetros, resultando:

$L_f$ (mm) .....	292
$U_m$ (kV).....	72,5
GA (cm/kV) .....	1,7
$n$ .....	4,22→5

La cadena estará formada por cinco aisladores. El grado de aislamiento para este número de aisladores es:

$$GA = 2,01 \text{ cm/kV}$$

Las longitudes y pesos de las cadenas de amarre y suspensión son los siguientes:

CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A

Longitud de cadena de amarre (mm)..... 1111

Peso aproximado de cadena de amarre (kg)..... 21

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Longitud de cadena de suspensión (mm) ..... 828

Peso aproximado de cadena de suspensión (kg) ..... 18

#### CABLE DE TIERRA AC-50

Peso aproximado de cadena de amarre (kg) ..... 6,3

Peso aproximado de cadena de suspensión (kg) ..... 2,8

## 7.5 CÁLCULO MECÁNICO

El cálculo mecánico de la cadena de aisladores se lleva a cabo teniendo en cuenta lo establecido en el apartado 3.4. de la ITC 07 del RLAT.

El criterio de fallo será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y sollicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrarse sometidos.

La característica resistente básica de los aisladores será la carga electromecánica mínima garantizada, cuya probabilidad de que aparezcan casos menores es inferior al 2%, valor medio de la distribución menos 2,06 veces la desviación típica.

La resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple puede tomarse igual al producto del número de cadenas que forman por la resistencia de cada cadena simple, siempre que, tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta por igual entre todas las cadenas intactas.

El coeficiente de seguridad mecánica no será interior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtiene mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$\frac{C_r}{p_T} > 3$$

siendo:

- $C_r$ : carga de rotura de todos los elementos que forman la cadena (daN)

- $p_T$ : suma de sollicitaciones mecánicas (daN)

El peso del conductor que utilizaremos será el que tenga en el vano de mayor longitud de la línea que es 400 m, tratándose del caso más desfavorable.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Para el conductor 147-AL1/34-ST1A:

el peso del conductor de una fase en el caso más desfavorable es:

$$p = p_p \times L_{vano}, \text{ en daN}$$

siendo:

- $p_p$ : peso propio del conductor (daN/m)

- $L_{vano}$ : longitud del vano (m)

La suma total de las solicitaciones es:

$$p_T = p_{cad} + p, \text{ en daN}$$

siendo:

- $p_{cad}$ : peso de la cadena de amarre, que es más restrictiva que la de suspensión (daN)

- $p$ : peso del conductor por fase (daN)

Resultando:

$C_r$ (daN) .....	6390
$p_p$ del conductor 147-AL1/34-ST1A (daN/m) .....	0,663
Longitud del vano (m) .....	400
$p$ del conductor 147-AL1/34-ST1A (daN/m).....	265,2
$p_{cad}$ (daN).....	21
$p_T$ (daN) .....	286,2

$$\frac{C_r}{p_T} = 22,33 > 3$$

- Para el cable de tierra AC-50 se tiene:

$C_r$ (daN) .....	6174
$p_p$ cable de tierra AC-50 (daN/m) .....	0,392

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Longitud del vano (m) .....	400
p del cable de tierra AC-50 (daN) .....	156,8
p <sub>cad</sub> (daN).....	6,3
p <sub>T</sub> (daN) .....	163,1

$$\frac{C_r}{p_T} = 37,85 > 3$$

## 8 CIMENTACIONES

### 8.1. CARACTERÍSTICAS

Las cimentaciones utilizadas para los apoyos del presente proyecto serán del tipo monobloque cuya estabilidad está 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. Así mismo, el coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no será inferior a 1,5.

Las tensiones máximas que la cimentación transmite al terreno no excederán de los valores máximos fijados para el mismo.

Las cimentaciones monobloque utilizadas serán de forma prismática recta de sección cuadrada.

El dimensionamiento de las mismas se realizará por la formulación de Sulzberger.

El momento de vuelco de la cimentación vendrá dado por la siguiente expresión:

$$M_v = F(H_l + \frac{2}{3}h), \text{ en daN m}$$

siendo:

-M<sub>v</sub>: Momento de vuelco (daN m).

-F: Esfuerzo horizontal resultante de la sollicitación combinada, es decir la suma de la tensión máxima del cable de tierra y los tres conductores. Para los apoyos en

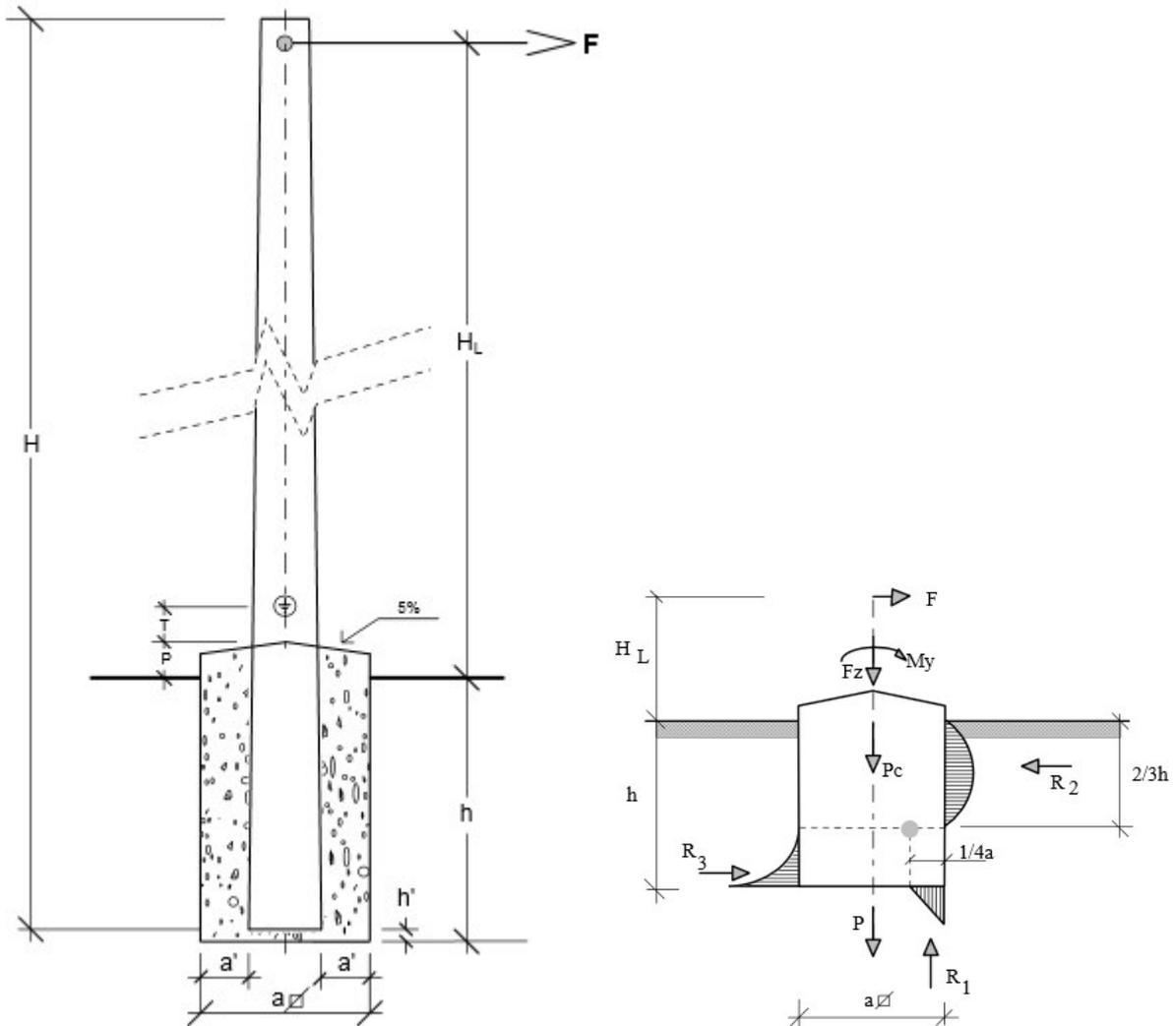
## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

alineación se tomará el 8% de la tensión máxima (suspensión) ó bien el 15% de la misma (amarre) (daN).

-H<sub>i</sub>: Altura sobre el terreno del punto de aplicación del esfuerzo resultante (m).

-h: Profundidad de la cimentación (m).



El momento estabilizador vendrá dado por la siguiente expresión:

$$M_e = \frac{bh^3}{36} C_h \operatorname{tg} \alpha + Pa \left( 0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{2a^2 b C_k \operatorname{tg} \alpha}} \right), \text{ en daN m}$$

$$M_e = M_{eh} + M_{ev}$$

siendo:

-M<sub>e</sub>: Momento estabilizador (daN m).

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- $M_{eh}$ : Momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes del macizo (daN m).
- $M_{ev}$ : Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno sobre el fondo del macizo (daN m).
- a: Anchura del macizo en la dirección longitudinal del esfuerzo F (m).
- b: Anchura del macizo en la dirección transversal del esfuerzo F (m).
- h: Profundidad del macizo (m).
- $C_h$ : Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales del macizo a h metros de profundidad (daN/m<sup>3</sup>).
- $C_k$ : Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo a k metros de profundidad (daN/m<sup>3</sup>).
- P: Esfuerzo vertical resultante en la que se incluye peso propio del apoyo, peso propio del macizo de hormigón y esfuerzos verticales de conductores (daN).
- $\alpha$ : Ángulo de rotación admisible (°).

El momento de vuelco debe ser contrarrestado con el momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno y con el momento estabilizador debido a las reacciones verticales, por lo tanto:

$$M_v \leq M_{eh} + M_{ev}$$

Teniendo en cuenta un cierto coeficiente de seguridad " $C_s$ ", se llega a:

$$M_v = \frac{M_{eh} + M_{ev}}{C_s}$$

El coeficiente de estabilidad de la cimentación o coeficiente de seguridad al vuelco, definido como la relación entre el momento estabilizador y el momento volcador, no será inferior a 1,5, como se mencionó anteriormente.

Las tensiones transmitidas por la cimentación al terreno vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{2C_k P \operatorname{tg}(\alpha)}{b}}, \text{ en daN/m}^2$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$$\sigma_3 = \frac{tg(\alpha)C_h h}{3}, \text{ en daN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_3}{3}, \text{ en daN/m}^2$$

Los coeficientes de compresibilidad a 2 metros de profundidad y la tensión máxima admisible para los distintos tipos de terrenos se reflejan en la siguiente tabla:

Naturaleza del terreno		Peso específico aparente Tn/m <sup>3</sup>	Ángulo de talud natural Grados sexag.	Carga admisible daN/cm <sup>2</sup>	Coefficiente de rozamiento entre cimiento y terreno al arranque Grados sexag.	Coefficiente de compresibilidad a 2 m de profundidad daN/cm <sup>3</sup> (b)
I.	Rocas en buen estado: Isótropas Estratificadas (con algunas grietas)			30-60 10-20		
II.	Terrenos no coherentes: a) Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen de grava hasta 70 mm de tamaño) b) Arenoso grueso (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm) c) Arenoso fino (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm)	1,80-1,90 1,60-1,80 1,50-1,60	30°	4-8 2-4 1,5-3	20°-22° 20°-25°	8-20
III.	Terrenos no coherentes sueltos: a) Gravera arenosa b) Arenoso grueso c) Arenoso fino	1,70-1,80 1,60-1,70 1,40-1,50	30°	3-5 2-3 1-1,5		8-12
IV.	Terrenos coherentes (a): a) Arcilloso duro b) Arcilloso semiduro c) Arcilloso blando d) Arcilloso fluido	1,80 1,80 1,50-2,00 1,60-1,70	20°	4 2 1 -	20°-25° 22° 14°-16° 0°	10 6-8 4-5 2-3
V.	Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general	0,60-1,1		(c)		(c)
VI.	Terrenos de relleno sin consolidar	1,40-1,60	30°-40°	(c)	14°-20°	(c)

- (a) Duro: Los terrenos con su humedad natural rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara.  
Semiduro: Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura.  
Blando: Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente, permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 mm de diámetro. Tonalidad oscura.  
Fluido: Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.  
(b) Puede admitirse que sea proporcional a la profundidad en que se considere la acción.  
(c) Se determinará experimentalmente.

Cuando no se disponga de información de las características reales del terreno se utilizarán los valores que establece la anterior tabla.

### 8.3. TABLA DE CIMENTACIONES

Mediante los cálculos basados en las expresiones del apartado anterior del presente proyecto, los fabricantes de apoyos y UNESA y las compañías eléctricas ofrecen tablas de cimentaciones para los distintos apoyos y dimensiones de apoyos.

Las tablas de cimentaciones del presente proyecto pertenecen al Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de Unión Fenosa Distribución.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Las características dimensionales y técnicas de las cimentaciones se adjuntan en los planos de cimentaciones del documento nº 3 “Planos”.

La línea del presente proyecto discurre por una zona en la que puede considerarse un tipo de terreno normal, por lo que se seleccionan las dimensiones de las cimentaciones para un valor de constante de balastro  $K=12 \text{ Kg/cm}^3$ , como se mencionó en el Anexo I de la presente memoria.

Número Apoyo	Tipo de Apoyo	a (m)	h (m)	Vexc (3)	Vhorm (m3)
1	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
2	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
3	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
4	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
5	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
6	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
7	O-5600-14,90-E-2/2,6(-T)	1,85	2,70	9,24	10,27
8	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
9	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
10	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	1,85	2,30	7,87	8,90
11	O-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	1,85	2,30	7,87	8,90
12	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
13	O-4000-14,90-E-2/2,6(-T)	1,80	2,45	7,94	8,91
14	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
15	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
16	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
17	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
18	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
19	O-4000-17,15-E-2/2,6(-T)	1,85	2,50	8,56	9,59
20	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
21	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
22	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
23	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
24	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
25	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
26	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
27	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
28	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
29	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
30	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

31	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
32	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	2,15	6,58	7,50
33	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
34	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
35	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
36	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
37	O-2800-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	2,25	7,29	8,26
38	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
39	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
40	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
41	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
42	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
43	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
44	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
45	O-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	2,15	6,58	7,50
46	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
47	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
48	O-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1,75	1,80	5,51	6,43
49	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96
50	O-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1,80	1,85	5,99	6,96

# ANEXO III: PUESTA A TIERRA

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### ANEXO III: PUESTA A TIERRA

#### ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2 TIPOS DE APOYO</b> .....	2
<b>3 TENSIÓN DE PASO Y TENSIÓN DE CONTACTO</b> .....	3
<b>4 REQUISITOS DE DISEÑO</b> .....	4
<b>5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b> .....	5
<b>6 DIMENSIONAMIENTO</b> .....	5
<b>6.1 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA CORROSIÓN Y A LA RESISTENCIA MECÁNICA</b> .....	5
<b>6.2 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TÉRMICA</b> .....	6
<b>6.3 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS</b> .....	8
<b>6.4 DIMENSIONAMIENTO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LOS</b> .....	16
<b>7 VIGILANCIA PERIÓDICA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b> .....	16

## **1 INTRODUCCIÓN**

La puesta a tierra en los apoyos metálicos se realizará teniendo en cuenta lo que al respecto se especifica en el apartado 7 de la ITC 07 del RLAT.

La puesta a tierra de los apoyos se realizará con electrodos de difusión vertical y/o con anillo cerrado alrededor del apoyo.

Para el cumplimiento reglamentario relativo a la tensión de contacto en apoyos frecuentados, el apoyo se recubrirá 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, garantizando en cualquier caso la tensión de paso admisible. Esta solución permite asimismo cumplir el apartado 2.4.2 de la ITC 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión en cuanto a las medidas a considerar para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m.

El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir cuatro requisitos:

- a) Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- b) Que resista, desde un punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo.
- c) Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra.
- d) Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Estos requisitos dependen fundamentalmente de:

1. Método de puesta a tierra del neutro de la red: neutro aislado, neutro puesto a tierra mediante impedancia o neutro rígido a tierra.
2. Tipo de apoyo en función de su ubicación: apoyos frecuentados o no frecuentados.
3. Material del apoyo: conductor o no conductor.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## 2 TIPOS DE APOYO

En función de la concurrencia que presente la zona en la que se encuentra un apoyo, estos pueden clasificarse en dos tipos:

- Apoyos Frecuentados: Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente, es decir, donde se espere 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 sólo se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

Los apoyos frecuentados de este proyecto son los siguientes:

nº apoyo	tipo
1	Alineación
5	Alineación
7	Ángulo
8	Alineación
9	Alineación
10	Alineación
15	Alineación
16	Alineación
18	Alineación
19	Ángulo
21	Alineación
26	Alineación
29	Alineación
41	Alineación
44	Alineación
45	Ángulo
47	Alineación
49	Alineación

El valor de la resistencia de puesta a tierra para los apoyos frecuentados no debe ser superior a 10  $\Omega$ .

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- 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  $\Omega$ .

## 3 TENSIÓN DE PASO Y TENSIÓN DE CONTACTO

En condiciones de falta, el flujo de corriente a tierra dará como resultado elevaciones de potencial.

Estas tensiones, en condiciones muy adversas, pueden alcanzar valores muy elevados a lo largo de las superficies de puesta a tierra y, como consecuencia, pueden poner en peligro a un hombre que camine por allí o que esté ocasionalmente en contacto con las estructuras de equipos que estén puestas a tierra. 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  $U_E$ , que viene dada por:

$$U_E = R \times I_E, \text{ en } V$$

siendo:

-R: resistencia de la puesta a tierra del apoyo, en  $\Omega$ .

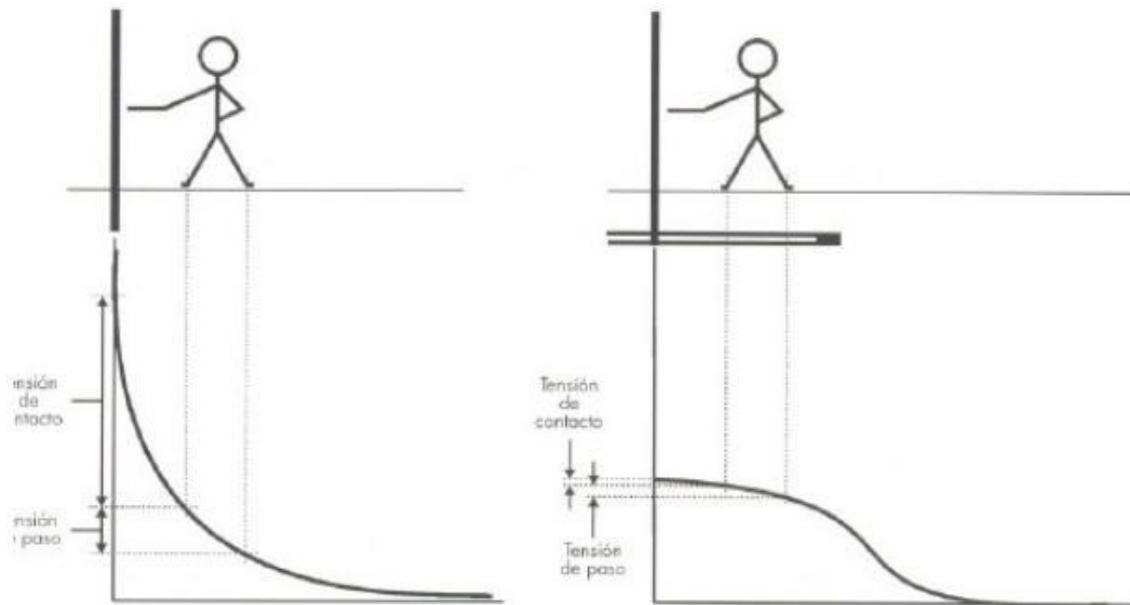
- $I_E$ : intensidad de puesta a tierra que se difunde al terreno a través de los electrodos conectados al apoyo, en A.

La tensión de contacto,  $U'_c$ , se define como 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.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”



Las tensiones de paso y contacto que resulten en la instalación han de ser menores que las tensiones de paso y contacto que una persona es capaz de soportar, durante el tiempo que tardan las protecciones en garantizar la eliminación del defecto de forma permanente.

## 4 REQUISITOS DE DISEÑO

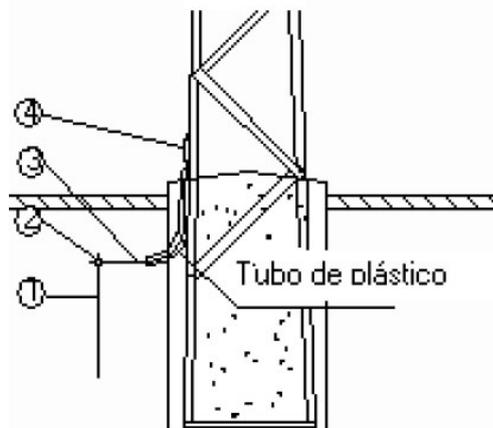
El diseño del sistema de puesta a tierra debe satisfacer, en función del tipo de apoyo, los siguientes requisitos:

Tipo de apoyo	Requisitos diseño P.A.T
Apoyo frecuentado	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de contacto admisible Dimensionamiento ante los efectos del rayo
Apoyo no frecuentado	Actuación correcta de las protecciones
Apoyo frecuentado con medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de paso admisible

## 5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

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

Nº	Elemento de la instalación de puesta a tierra
1	Electrodo de tierra: pica cilíndrica de acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 1,5 m de longitud, y conductor de 50 mm <sup>2</sup> de cobre.
2	Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable de 50 mm <sup>2</sup> de cobre.
3	Línea de tierra: conductor de 50 mm <sup>2</sup> de cobre (la parte aislada del terreno).
4	Terminal principal de tierra: grapa de conexión tipo paralelo para el cable de cobre.



Este es un ejemplo constructivo de la puesta a tierra de un apoyo mediante un electrodo en anillo combinado con una pica vertical.

## 6 DIMENSIONAMIENTO

### 6.1 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA CORROSIÓN Y A LA RESISTENCIA MECÁNICA

Para el dimensionamiento con respecto a la corrosión y a la resistencia mecánica se seguirán los criterios indicados en el apto 3 de la MIE-RAT 13.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Electrodos de tierra: los que estén directamente en contacto con el suelo deberán ser de materiales capaces de resistir la corrosión. Deberán resistir las tensiones mecánicas durante su instalación, así como aquellas que ocurran durante el servicio normal. Los electrodos pueden ser picas verticales de diámetro mínimo 14mm; o conductores horizontales enterrados de sección mínima 50mm<sup>2</sup> de cobre y 100mm<sup>2</sup> de acero.
- Líneas de tierras: los conductores tendrán una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. Por lo tanto las secciones mínimas serán: 25mm<sup>2</sup> de cobre, 35mm<sup>2</sup> de aluminio y 50mm<sup>2</sup> de acero.

Los electrodos y conductores de puesta a tierra hechos de acero necesitan una protección especial contra la corrosión.

## 6.2 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TÉRMICA

En apoyos frecuentados, cuando la corriente disipada se halle en la malla anular de cobre, encontrará al menos dos caminos de paso, por lo que el dimensionamiento a efectos térmicos del electrodo difusor de cobre enterrado se realizará considerando la mitad de la corriente de falta.

El cálculo de la resistencia térmica de los conductores de la línea de tierra y de los electrodos en caso de cortocircuito se realiza según la MIE-RAT13, aplicando la siguiente fórmula que conduce a expresiones equivalentes, ya que en ambos casos se supone un calentamiento adiabático de los conductores:

$$\frac{I_{CC}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

siendo:

- $I_{CC}$  : corriente de cortocircuito a tierra máxima prevista (A)

- $t_f$ : duración de la corriente de falta (s)

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

-K: coeficiente que depende del material del circuito de tierra por el que circula la corriente y de las temperaturas inicial y final del cortocircuito ( $A \cdot s^{1/2}/mm^2$ )

Según la MIE-RAT 13, los valores de K para una temperatura final de los electrodos y líneas de puesta a tierra a 200 °C son los siguientes:

- $K=160 A \cdot s^{1/2}/mm^2$  para el cobre
- $k=60 A \cdot s^{1/2}/mm^2$  para el acero

Puede admitirse un aumento de esta temperatura hasta 300 °C si no supone un riesgo de incendio, lo cual es admisible para la mayoría de las instalaciones de tierra de las líneas, salvo en algunos casos, como por ejemplo si los apoyos son de materiales combustibles como la madera, En este último supuesto según la MIE-RAT 13 los valores de K serían:

- $K=192 A \cdot s^{1/2}/mm^2$  para el cobre
- $k=72 A \cdot s^{1/2}/mm^2$  para el acero

Sobre la temperatura final en régimen de cortocircuito, la tabla 6 de la norma EN 60865-1 recomienda las siguientes temperaturas máximas ante un cortocircuito para conductores desnudos, macizos o de hilos trenzados de:

- cobre, aluminio o aleación de aluminio: 200 °C
- acero: 300 °C

El tiempo de duración de la falta que se ha considerado, para los diferentes apoyos que integran la línea es de 4,2 s, tiempo que corresponde al doble del de actuación de las protecciones en líneas de tercer nivel de red radial, (actúa la protección 67N cuyo tiempo de actuación depende de la corriente de falta y del ajuste del relé).

Aplicando la fórmula de dimensionamiento y con las consideraciones anteriores, las máximas corrientes obtenidas son:

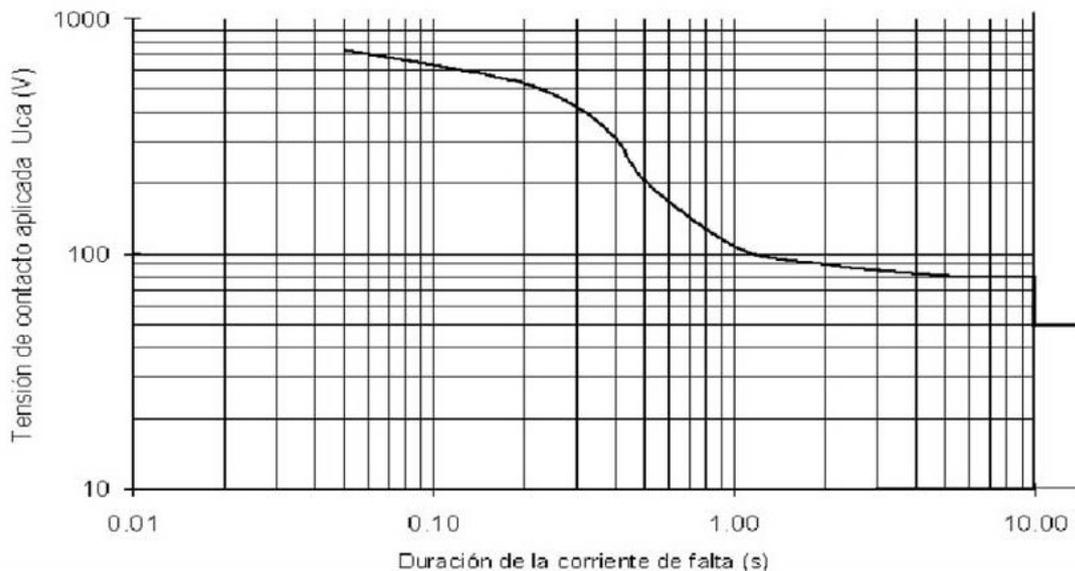
	MATERIAL	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	I máxima (kA)
Línea de tierra	Acero	2x(2x50)	9,74
Anillo difusor	Cobre	1x50	22,80

### 6.3 DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Para apoyos frecuentados, la instalación de puesta a tierra satisface las condiciones del RLAT si la tensión de puesta a tierra,  $U_E$ , es menor que dos veces la tensión de contacto admisible en la instalación  $U_c$ :

$$U_E < 2U_C$$

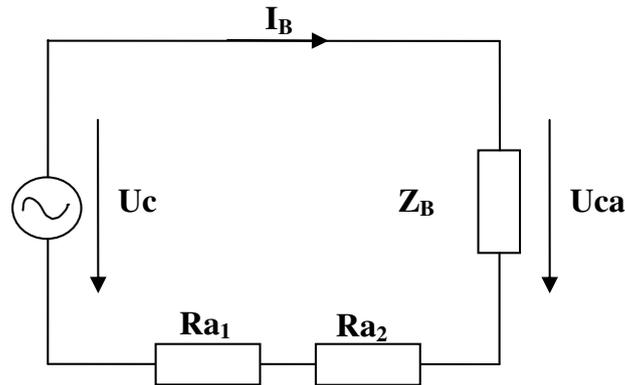
Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada,  $U_{ca}$ , a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, se dan en la siguiente figura:



Las máximas tensiones de contacto admisibles en la instalación,  $U_c$ , se determinan considerando todas las resistencias adicionales que intervienen en el circuito tal y como se muestra en la siguiente figura.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”



Por lo que la expresión a emplear para determinar las máximas tensiones de contacto admisibles en la instalación,  $U_c$ , es la que a continuación se muestra:

$$U_c = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_B} \right] = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + 1,5\rho_S}{1000} \right]$$

Siendo:

- $U_{ca}$ : Tensión de contacto aplicada admisible (tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies).

- $Z_B$ : Impedancia del cuerpo humano.

- $I_B$ : Corriente que fluye a través del cuerpo.

- $U_c$ : Tensión de contacto máxima admisible en la línea que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).

- $R_a$ : Resistencia adicional ( $R_a = R_{a1} + R_{a2}$ ).

- $R_{a1}$ : Es, por ejemplo, la resistencia de un calzado cuya suela sea aislante (se puede emplear como valor de la resistencia equivalente paralelo del calzado  $1000 \Omega$  de ambos pies).

- $R_{a2}$ : Resistencia equivalente paralelo a tierra del punto de contacto con el terreno de ambos pies ( $R_{a2} = 1,5\rho_S$ , donde  $\rho_S$  es la resistividad superficial aparente del suelo cerca de la superficie).

Para calcular la resistividad superficial aparente del terreno en los casos en que el terreno se recubre de una capa adicional de elevada resistividad (grava, hormigón,

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

etc.) se multiplicará el valor de resistividad de la capa de terreno superficial por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

Siendo:

- $C_s$ : Coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.

- $h_s$ : Espesor de la capa superficial en metros.

- $\rho$ : Resistividad del terreno natural

- $\rho^*$ : Resistividad de la capa superficial

Si la tensión de puesta a tierra,  $U_E$ , no es menor que dos veces la tensión de contacto admisible en la instalación,  $U_c$ , se procederá a comprobar que las tensiones de contacto calculadas,  $U_c'$ , sean inferiores a las tensiones de contacto admisibles  $U_c$ .

En el caso de que tampoco se cumpla esta última condición, se recurrirá al empleo de medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto con la torre metálica a fin de reducir el riesgo de las personas y de los bienes, en cuyo caso será necesario cumplir los valores máximos admisibles de las tensiones de paso.

La tensión de paso admisible aplicada en la instalación es:

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca}$$

La tensión de paso admisible,  $U_p$ , es la que a continuación se muestra:

$$U_p = U_{pa} \left[ 1 + \frac{4 \cdot R_{a1} + 4 \cdot R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[ 1 + \frac{4 \cdot R_{a1} + 6 \rho_s}{1000} \right]$$

En función del nivel de protección de la línea, de la resistencia del calzado, aplicando las fórmulas anteriores, las tensiones de paso admisibles en la instalación son:

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Nivel de protección de la línea	$\rho_c$ (ohmios·metro)	$U_p$ (kV)	
		Sin calzado	Con calzado
Primer/Segundo nivel (100 ms)	100	10,13	35,45
	200	13,93	39,25
	300	17,72	43,04
	400	21,52	46,84
	500	25,32	50,64
Tercer nivel (1190 ms)	100	1,60	5,60
	200	2,20	6,20
	300	2,80	6,80
	400	3,40	7,40
	500	4,00	8,00

A partir de la corriente a tierra que circula por el apoyo más cercano a la falta ( $I_T$ ) se calculan la elevación del potencial de tierra ( $U_E$ ) y las tensiones de paso y contacto de la instalación ( $U_c'$  y  $U_p'$ ).

Para determinar las máximas intensidades de falta se parte, como caso más desfavorable, de las corrientes de cortocircuito de la aparamenta de la subestación:

Tensión (kV)	$I_{cc}$ (kA)
66	31,5

(1) Subestación rural simple barra:  $I_{cc}= 25$  kA;  
Subestación urbana doble barra:  $I_{cc}= 31,5$  kA

Para la subestación de Meruelo y Argoños 220/55 kV se toma la intensidad de cortocircuito para 66 kV, resultando  $I_{cc}=31,5$  kA

A continuación se determina la impedancia equivalente en barras mediante la expresión:

$$PC = 3 \cdot I_0 = \frac{3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}}{X_{equiv}}$$

donde:

-PC: es el poder de corte de la aparamenta, en kA

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

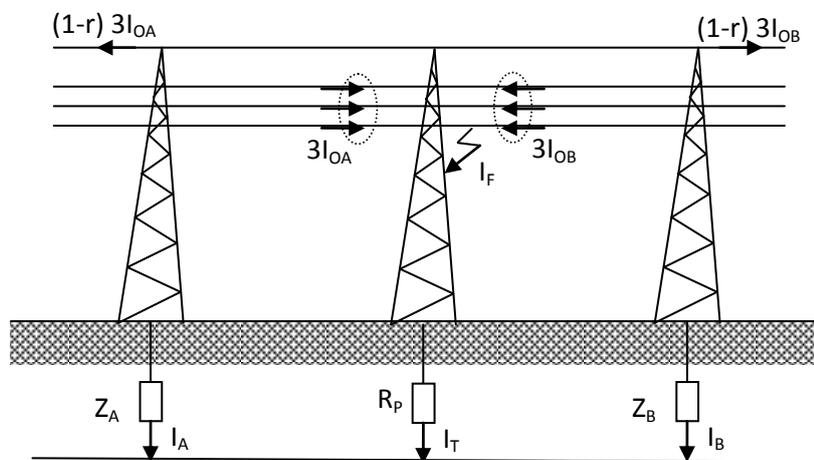
### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- $I_0$  : es la corriente homopolar o de secuencia cero durante la falta, en kA.

- $U$ : es la tensión nominal de la instalación, en Kv

-  $X_{equiv}$  : es la impedancia inductiva equivalente en barras, en  $\Omega$ .

Una vez conocida la impedancia equivalente en barras, se determina el reparto de la corriente de falta a partir de las impedancias del sistema y de la corriente por efecto inductivo sobre los cables de guarda:



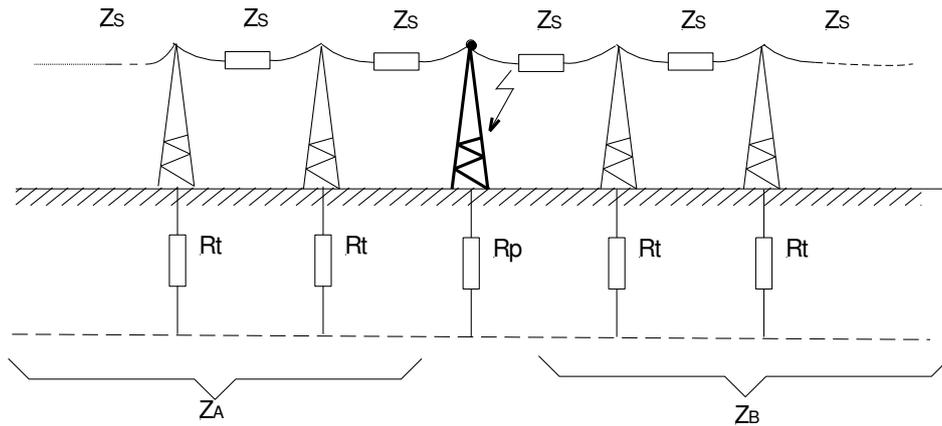
" $r$ " es el factor de reducción por efecto inductivo debido a los cables de tierra. Viene determinado por la relación entre la corriente que contribuye a la elevación del potencial de la instalación de tierra ( $I_E$ ) y la suma de las corrientes de secuencia cero del sistema trifásico hacia la falta ( $3I_0$ ). Para la distribución de corriente equilibrada de una línea aérea, el factor de reducción de un cable de tierra, puede ser calculado sobre la base de la impedancia propia del cable de tierra  $Z_{EW-E}$  y la impedancia mutua entre los conductores de fase y el cable de tierra  $Z_{ML-EW}$ .

$$r = 1 - \frac{Z_{ML-EW}}{Z_{EW-E}}$$

En caso de llevar cable de tierra, el valor de la impedancia de falta se calcula mediante el paralelo de las impedancias  $Z_E$  y  $R_p$ .

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”



Los postes a la izquierda y derecha del poste bajo estudio no representan un único poste, sino el paralelo de varios postes tal y como se muestra en la figura anterior.

El equivalente serie paralelo del conjunto de impedancias  $Z_S$  y  $R_t$  define las llamadas impedancias de cadena  $Z_A$  y  $Z_B$ :

$$Z_A = Z_B = \frac{1}{2} (Z_S + \sqrt{Z_S (4R_t + Z_S)})$$

- $Z_S$ : impedancia media de los vanos de cable de tierra.

- $R_t$ : resistencia media de tierra de los apoyos colindantes.

- $R_p$ : resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta.

- $Z_A$  y  $Z_B$ : impedancias de cadena.

- $Z_E$ : impedancia equivalente del sistema de puesta a tierra de la línea exceptuando la resistencia de puesta a tierra del apoyo que sufre la falta a tierra, y se calcula como el paralelo de las impedancias  $Z_A$  y  $Z_B$ .

De esta forma, las fórmulas que determinan las intensidades de falta monofásica fase-tierra en un apoyo son, con y sin cable de tierra, las siguientes:

$$I_{F \text{ sin cable tierra}} = \frac{3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}}{|X_{equiv} + 3 \cdot R_p|}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

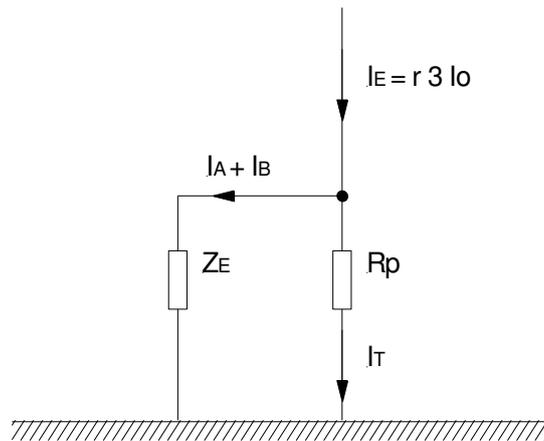
### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

$$I_{F\text{ concable}} = \frac{3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}}{\left| X_{equiv} + 3 \cdot r \cdot \frac{\left( \frac{Z_A \cdot Z_B}{Z_A + Z_B} \right) \cdot R_p}{\left( \frac{Z_A \cdot Z_B}{Z_A + Z_B} \right) + R_p} \right|} = \frac{3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}}{\left| X_{equiv} + 3 \cdot r \cdot \left( \frac{Z_E \cdot R_p}{Z_E + R_p} \right) \right|}$$

Una vez conocido el valor de la corriente de falta de la línea ( $I_F$ ), se determina el reparto de la corriente de falta a partir de las impedancias del sistema ( $I_E$ ):

$$I_E = r3I_0 = rI_F$$

En el siguiente croquis se muestra la corriente a tierra que circula por el apoyo más cercano a la falta,  $I_T$ , que determina el aumento del potencial de tierra:



$$I_T = I_E \frac{Z_E}{R_p + Z_E}$$

Así, el aumento del potencial de tierra es:

$$U_E = I_T \cdot R_p = I_E \frac{Z_E R_p}{Z_E + R_p}$$

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

siendo:

$-I_E$ : es la corriente a tierra en la línea.

$-I_T$ : es la corriente a tierra que circula por el apoyo más cercano a la falta.

$-Z_E$ : es la impedancia a tierra de la línea exceptuando la resistencia de puesta a tierra del apoyo que sufre la falta a tierra.

$-R_p$ : es la resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta.

Aplicando la metodología anterior y estudiando diferentes configuraciones de electrodos, se ha concluido que el cumplimiento de las dos primeras condiciones reglamentarias relativas a tensión de contacto ( $U_E < 2U_c$  y  $U'_c < U_c$ ) implican un electrodo muy complejo de realizar y costoso económicamente, por lo que se recurrirá a medidas adicionales de seguridad.

La solución adoptada es válida para terrenos de resistividad eléctrica de hasta 200 ohm · m y calzado, sin contemplar cable de tierra en 45 y 66 kV y en 132 y 220 kV cable de tierra AC-50.

En caso de superarse el valor máximo de resistividad anterior, el electrodo tipo será válido siempre que se mantenga el producto resistividad eléctrica e intensidad inyectada al terreno ( $I_t$ ) menor o igual al producto de referencia para 100 ohm·m. Para ello se aportan los valores de intensidad inyectada calculadas para una resistividad del terreno de 100 ohm·m, junto con los tiempos de protección considerados de cara a la evaluación de la tensión de paso admisible:

U (kV)	Poder corte aparamenta (kA)	Configuración puesta a tierra	$R_{pat}$	$I_T$ (kA)	t (s)	$U'_p$ (kV)	$U_p$ (kV)
55	31,5	Anillo 10,9x10,9 m y 4 picas profundidad 0,8 m	4,43	8,3	1,2	5,2	5,6
55	31,5	Anillo 13x13 m, ramificaciones 4 x 5 m y 8 picas - profundidad 0,7 m	3,06	16,7	1,2	3,7	5,6
55	31,5	Anillo 4,2x4,2 m y 4 picas profundidad 1 m	8,18	4,6	1,2	5,1	5,6
55	31,5	Anillo 5x5 m, ramificaciones 4 x 5 m y 8 picas - profundidad 0,6 m	4,77	7,7	1,2	5,5	5,6

## 6.4 DIMENSIONAMIENTO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LOS EFECTOS DEL RAYO

Desde el punto de vista del criterio de coordinación de aislamiento, debería tenerse en cuenta que, en el caso de descargas atmosféricas, 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 (1MHz), y viene expresada por la fórmula:

$$L_c(m) = \sqrt{\frac{\rho(\Omega m)}{f(MHz)}}$$

En la siguiente tabla se resumen los valores de las longitudes críticas de los electrodos en función de la frecuencia de la onda de descarga y de la resistividad del terreno.

Parámetros entrada ( $\rho$ , f)		$L_c$ (m)
$\rho$ (ohm·m)	100	50
f (MHz)	1	
$\rho$ (ohm·m)	200	100
f (MHz)	1	

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.

## 7 VIGILANCIA PERIÓDICA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, toda instalación de puesta a tierra deberá ser comprobada en el momento de su establecimiento y revisada, al menos una vez cada 6 años.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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.

Durante la vigilancia periódica se comprobará el estado general de la puesta a tierra, su valor, y los posibles cambios de resistividad del terreno o de tipo de apoyo que justifiquen que la verificación incluya de nuevo medidas de la tensión de contacto aplicada.

# ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

#### ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETO .....	1
1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	2
2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	2
2.1 DATOS DE LA OBRA .....	2
2.2 ACCESO .....	3
2.3 PERSONAL PREVISTO .....	3
2.4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN .....	3
2.5 PLAZO DE EJECUCIÓN .....	3
3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS AL INICIO DE LA OBRA.....	3
3.1 INTERFERENCIAS DE SERVICIOS AFECTADOS.....	5
3.1.1 Conducciones de Gas .....	5
3.1.2 Líneas eléctricas Subterráneas y Aéreas.....	7
3.1.3 Conducciones de Agua .....	9
3.2 VALLADO PROVISIONAL DE LA OBRA Y SEÑALIZACIÓN.....	10
3.3 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR. PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA .....	12
3.3.1 Botiquín.....	14
3.3.2 Asistencia a los accidentados .....	14
3.4 INSTALACIONES PROVISIONALES.....	14
3.4.1 Conexión a la red eléctrica .....	14
3.4.2 Protección contra incendios.....	16
4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LAS ACTIVIDADES DE OBRA .....	17
4.1 REPLANTEO .....	17
4.1.1 Procedimiento de ejecución.....	17
4.1.2 Tipo de maquinaria y equipo humano.....	18
4.1.3 Riesgos profesionales .....	18
4.1.4 Medidas preventivas .....	19

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

4.1.5 Protecciones individuales.....	20
4.2 RECOGIDA DE ENSAYOS EN OBRA.....	21
4.2.1 Riesgos profesionales .....	21
4.2.2 Medidas preventivas .....	21
4.2.3 Protecciones individuales.....	22
4.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	22
4.3.1 Riesgos profesionales de vaciados.....	23
4.3.2 Medidas preventivas de vaciados.....	24
4.3.3 Protecciones colectivas de vaciados .....	26
4.3.4 Protecciones individuales de vaciados .....	27
4.3.5 Riesgos profesionales de rellenos de tierras.....	27
4.3.6 Medidas preventivas de rellenos de tierras.....	27
4.3.7 Protecciones colectivas de rellenos de tierras.....	28
4.3.8 Protecciones individuales de rellenos de tierras .....	29
4.3.9 Riesgo eléctrico .....	29
4.4 HORMIGONADO .....	30
4.4.1 Descripción de los trabajos.....	30
4.4.2 Riesgos profesionales .....	30
4.4.3 Medidas preventivas durante el vertido .....	31
4.5 MONTAJE Y DESMONTAJE DE APOYOS.....	31
4.5.1 Procedimiento de trabajo .....	31
4.5.2 Riesgos profesionales .....	32
4.5.3 Medidas preventivas en el transporte .....	32
4.5.4 Medidas preventivas en el acopio .....	33
4.5.5 Medidas preventivas en el armado.....	33
4.5.6 Medidas preventivas en el izado.....	34
4.5.7 Protecciones individuales.....	34
4.5.8 Protecciones colectivas.....	35
4.6 TENDIDO DE CABLES.....	36
4.6.1 Procedimiento de trabajo .....	36
4.6.2 Riesgos profesionales .....	36
4.6.3 Medidas preventivas en la ubicación de maquinaria y materiales .....	37

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

4.6.4 Medidas preventivas en el tendido de cable tierra y conductor:.....	37
4.6.5 Medidas preventivas en el tensado, regulado y engrapado.....	39
4.6.6 Medidas preventivas en el amarre aéreo.....	39
4.6.7 Medidas preventivas en los engrapados en apoyos en suspensión.....	39
4.6.8 Equipos de proyección individual recomendados.....	40
4.6.9 Protecciones colectivas.....	40
4.7 TRABAJOS EN ALTURA.....	40
4.7.1 Procedimiento de trabajo.....	40
4.7.2 Riesgos profesionales.....	41
4.7.3 Medidas preventivas.....	42
4.7.4 Mantenimiento.....	43
4.7.5 Operador.....	44
4.8 TRANSPORTE Y MANEJO DE MATERIALES.....	44
4.8.1 Descripción de la actividad.....	44
4.8.2 Riesgos profesionales.....	44
4.8.3 Medidas preventivas.....	45
4.8.4 Protección individual.....	46
4.8.5 Protección para soldadores.....	46
4.9 TRABAJOS FORESTALES.....	46
4.9.1 Riesgos.....	47
4.9.2 Medidas preventivas en el talado de árboles.....	47
4.9.3 Medidas preventivas en la poda.....	48
4.9.4 Protecciones individuales.....	48
5 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LA MAQUINARIA DE OBRA.....	49
6 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS MEDIOS AUXILIARES.....	49
7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	55
7.1 LIMPIEZA DE OFICINAS E INSTALACIONES PROVISIONALES.....	55
7.2 TRABAJOS DE OFICINA.....	55
7.3 LABORES DE VIGILANCIA DEL CENTRO DE TRABAJO.....	56
7.4 RIESGOS PROFESIONALES.....	56
7.5 ORDEN Y LIMPIEZA.....	57
7.6 CAÍDAS AL MISMO NIVEL.....	57

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

7.7 CAÍDAS AL DISTINTO NIVEL .....	57
7.8 CORTES.....	58
7.9 CONTACTOS ELÉCTRICOS.....	58
7.10 CONTACTO CON SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL PERSONAL DE LIMPIEZA.....	59
7.11 SOBRESFUERZOS.....	59
7.12 ESTRÉS .....	60
7.13 MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS .....	60
8 RIESGOS Y PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS .....	61
8.1 MEDIDAS PREVENTIVAS .....	62
8.2 PROTECCIONES COLECTIVAS .....	62
9 PRESUPUESTO .....	63

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 OBJETO**

Según el Real Decreto 1627/1.997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, y más en concreto en su Artículo 4, “Obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud o del Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras”, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción se elabore un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en las que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.760 euros.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En concreto, para la realización de este proyecto, es el primer supuesto específico el que obligan a que se elabore un Estudio de Seguridad y Salud y no un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Este estudio propone potenciar al máximo los aspectos preventivos en la ejecución de la obra, para garantizar la salud e integridad física de los trabajadores y personas del entorno. Para ello se han de evitar las acciones o situaciones peligrosas por imprevisión, falta o insuficiencia de medios, siendo preciso por lo tanto:

- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de las actividades de la obra.
- Aplicar técnicas de trabajo que reduzcan en lo posible estos riesgos.
- Prever medios de control para asegurar en cada momento la adopción de las medidas de seguridad necesarias.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente proyecto tiene como objetivo la ejecución de una línea aérea de alta tensión de doble circuito de 55 kV para dar suministro al Ayuntamiento de Argoños con la energía sobrante producida en la Planta de Aprovechamiento de Biogás del vertedero de Meruelo.

Dicha línea será interconectar las subestaciones eléctricas de Meruelo y Argoños, ambas propiedad de E.ON.

Los trabajadores de las empresas subcontratadas y los autónomos, se considerarán a efectos de seguridad en los trabajos como trabajadores de la empresa de contrata principal y sometidos al Plan de Seguridad y Salud que elabore el contratista. Además, la empresa subcontratada, deberá cumplir las mismas obligaciones para sus trabajadores que la empresa de contrata con los suyos, si bien esta última debe informar a la subcontrata de los riesgos para que sea ésta la que, a su vez, informe a sus trabajadores.

La obra civil comprenderá todos aquellos trabajos y ejecución de obras que sean precisos para la recepción y posterior montaje de las celdas y los armarios de baja tensión:

- Explanación.
- Terraplenados.
- Movimiento de tierras
- Cimentaciones de apoyos tipo monobloque

## **2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA**

### **2.1 DATOS DE LA OBRA**

- Obra: Línea aérea alta tensión 55kV de interconexión subestaciones Meruelo y Argoños.
- Situación: Términos municipales de Meruelo, Arnúero, Escalante y Argoños (provincia de Cantabria)

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Autor del estudio: Sara Ortega Conde

## **2.2 ACCESO**

El acceso de la maquinaria y del personal de obra se definirá en la reunión de lanzamiento de la obra.

No existen problemas de accesos a la obra.

## **2.3 PERSONAL PREVISTO**

El personal previsto como máximo, en un momento puntual para el desarrollo de la obra es de aproximadamente diez trabajadores.

## **2.4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN**

El presupuesto de ejecución por contrata que se presenta para la instalación que se proyecta realizar asciende a la cantidad de NOVECIENTOS OCHENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO (983.978,56€).

## **2.5 PLAZO DE EJECUCIÓN**

El plazo de ejecución aproximado previsto de la obra objeto del presente estudio será de 6 meses.

## **3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS AL INICIO DE LA OBRA**

Previo al inicio de la obra los contratistas deberán realizar el replanteo de la misma, solicitando a las Compañías Distribuidoras los planos de los servicios que previsiblemente pudieran ser afectados por la ejecución de la misma. Dichos planos deben estar permanentemente en obra.

Antes del comienzo de las obras se realizará una reunión de lanzamiento y, si fuera necesario, se celebrarán reuniones de implantación, convocadas por el responsable de la unidad distribuidora, a las que asistirán:

- Personal de la unidad de distribución, afectado por la obra a realizar.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Personal de todas las empresas de contrata.
  - Jefe de Obras.
  - Responsables de Prevención o quienes estén destinados a ejercer esta función durante las Obras (Recursos preventivos según Disposición Adicional decimocuarta “Presencia de recursos preventivos en las obras de construcción” de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales).
- Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

De esta reunión se levantará acta donde se recogerán los compromisos adquiridos por ambas partes y de los que se irá dando cuenta en sucesivas reuniones de coordinación, planificación y seguimiento de los trabajos, enviándose copia a los responsables de la unidad y al responsable de la empresa contratista.

Las reuniones serán convocadas por el responsable de la unidad distribuidora, quien podrá solicitar de los distintos responsables jerárquicos la asistencia de personal técnico en función de los asuntos a tratar, y especialmente los responsables de las actividades involucradas.

En función de la complejidad de las obras, se celebrarán reuniones de coordinación, planificación y seguimiento de los trabajos a las que estarán obligadas a asistir las Empresas de Contrata convocadas.

En estas reuniones se analizarán, entre otros, asuntos relacionados con:

- Procedimientos de ejecución
- Descargos
- Riesgos previsibles y medidas preventivas
- Coordinación de actividades empresariales
- Interferencias en los trabajos
- Accidentes e incidentes ocurridos
- Inspecciones de seguridad
- Material de Seguridad

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Formación
- Salud

### **3.1 INTERFERENCIAS DE SERVICIOS AFECTADOS**

Antes del inicio de la obra hay que conocer los servicios públicos y privados (red de agua, gas, electricidad, saneamiento e infraestructuras de telecomunicaciones) que pueden atravesar la zona de trabajo. Se deberá disponer, previamente al inicio de la obra, de la siguiente documentación:

- Planos de servicio de la zona
- Números de emergencias de las compañías de servicio
- Acta de replanteo

Una vez conocidas las infraestructuras de servicios que discurren por la zona, las empresas contratistas realizarán un replanteo y darán las instrucciones oportunas para que el trabajo se ejecute sin que resulte dañada ninguna de dichas instalaciones de servicio. En dicho replanteo quedará marcado los lugares de acopio de materiales, escombros y maquinaria de obra pública, zonas de paso de peatones, vallado de las áreas de trabajo, señalización al tráfico a realizar, etc.

Seguidamente se presentan las normas básicas de seguridad a tener en cuenta ante la presencia de instalaciones de servicios en la zona de trabajo o en sus proximidades.

#### **3.1.1 Conducciones de Gas**

##### **Normas de seguridad**

- Localizada la conducción de gas en los planos de servicio se marcará bien con piquetas su dirección y profundidad, o bien utilizando aerosoles de pintura fosforescente. Para verificar la exactitud de los planos de servicios se debe comprobar la existencia en los alrededores de registros.
- Cuando la conducción enterrada esté a profundidad igual o inferior a 1 m, se iniciará el trabajo haciendo catas a mano hasta llegar a la generatriz superior de la tubería.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Cuando la tubería esté enterrada a profundidad superior a 1 m, se empleará el medio mecánico disponible (retroexcavadora, o martillo neumático) hasta llegar a 1 m sobre la tubería, procediéndose a continuación como en el punto anterior.
- Se cuidará especialmente el cumplimiento de la prohibición de fumar o realizar cualquier tipo de fuego o chispa en la zona de obra afectada.
- No se descubrirán tramos de tubería de gas de longitud superior a 15 m.
- Se vigilará especialmente que cualquier persona ajena a las operaciones no circule por las proximidades.
- En los trabajos se contará con la presencia de al menos un extintor de incendios de polvo polivalente.
- Si fuera necesario utilizar algún medio de iluminación portátil, se usarán linternas que utilicen tensiones de seguridad (inferiores a 50V) y éstas además serán antideflagrantes y de envoltente plástica.
- Queda prohibido cualquier tipo de trabajo sobre la tubería de gas. Estos quedan reservados a personal autorizado y contratado por la empresa distribuidora de gas.
- Queda prohibido almacenar material sobre la conducción.
- Queda prohibido utilizar las conducciones como punto de apoyo para suspender o levantar cargas.
- Queda prohibido utilizar las conducciones como punto de apoyo para salir de las zanjas.

#### **En caso de rotura**

- Paralizar todos los trabajos y evacuar ordenadamente la zona de trabajo manteniendo la calma y la serenidad.
- Dar aviso a la compañía distribuidora de gas y al número de emergencia 112 para que se proceda a cortar el suministro y, si es necesario, para que los bomberos y la policía evacuen las propiedades colindantes y corten el tráfico.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Acotar una zona del escape impidiendo que peatones y vehículos estén próximos o pasen próximos a la zona del siniestro.
- Si se advierte que algún operario presenta síntomas de intoxicación (zumbido de oídos, mareos, falta de coordinación, etc.) abandonará de forma inmediata la zona, trasladándose a una zona de aire limpio. Recibirá asistencia médica lo más rápidamente posible.

### **3.1.2 Líneas eléctricas Subterráneas y Aéreas**

#### **Normas de seguridad**

- Localizada la línea eléctrica subterránea en los planos de servicio se marcará bien con piquetas su dirección y profundidad, o bien utilizando aerosoles de pintura fosforescente. Se verificarán los datos recogidos en los planos de servicio realizando una medición con un detector de campo que indique el trazado y profundidad del conductor eléctrico.
- Cuando se conozca perfectamente el trazado y profundidad de la línea, se podrá excavar con maquinaria hasta 0,5 m de la conducción, y a partir de ahí mediante medios manuales.
- Cuando no se tenga seguridad del trazado y profundidad, se excavará con máquina hasta 1 m de la línea, y posteriormente se utilizarán medios manuales.
- Una vez descubierta la línea se pueden encontrar dos posibilidades: que la línea esté protegida por un prisma de hormigón, o bien que los cables estén al aire.
- En caso de existir un prisma de hormigón, se continuará el trabajo sin realizar ninguna operación de demolición o picado del prisma.
- En caso de estar los cables al aire, se paralizarán los trabajos de forma inmediata, se contactará con la empresa distribuidora con el objetivo de que la línea sea descargada, o bien operarios autorizados y contratados por la empresa distribuidora realizarán un aislamiento de seguridad de la línea. Hasta que no se descargue o se aísle la línea eléctrica se evacuará y vallará la zona de trabajo.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Queda prohibido cualquier tipo de trabajo sobre la línea eléctrica. Estos quedan reservados a personal autorizado y contratado por la empresa distribuidora de gas.
- Queda prohibido almacenar material sobre el prisma o el cable eléctrico.
- Queda prohibido utilizar el prisma como punto de apoyo para suspender o levantar cargas.
- Queda prohibido utilizar el prisma como punto de apoyo para salir de las zanjias.
- Ante la existencia de una línea eléctrica aérea se colocarán porterías con banderolas de color blanco y rojo que delimiten la altura máxima.
- Se instalarán gálibos, pórticos o barreras verticales que en todo momento realicen la función de mantener la distancia de seguridad a la línea eléctrica aérea.
- Ante trabajos en proximidad, se solicitará a la compañía la protección de los cables.

#### **En caso de rotura**

- Paralizar todos los trabajos y evacuar ordenadamente la zona de trabajo manteniendo la calma y la serenidad. No tocar ningún conductor eléctrico. En caso que la línea eléctrica haya sido seccionada total o parcialmente por maquinaria de obra pública, el conductor no abandonará la cabina hasta que el suministro haya sido interrumpido. En caso de fuerza mayor, si el conductor tuviera que abandonar la cabina lo hará saltando lo más lejos posible de la cabina.
- Dar aviso a la compañía distribuidora de electricidad y al número de emergencia 112 para que se proceda a cortar el suministro, y si es necesario, para que los bomberos y la policía evacuen las propiedades colindantes y corten el tráfico.
- Acotar la zona del siniestro impidiendo que peatones y vehículos estén próximos a él.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- En caso de que un trabajador reciba un contacto eléctrico se avisará inmediatamente al número de emergencia 112 y no se actuará sobre él hasta que no haya confirmación de la compañía eléctrica del corte del suministro.
- Todos los trabajadores que realicen trabajos en proximidad de líneas eléctricas deberán ser trabajadores cualificados o autorizados según proceda, así mismo tendrán que tener formación de cómo actuar en caso de accidente eléctrico.

### **3.1.3 Conducciones de Agua**

#### **Normas de seguridad**

- Localizada la conducción de agua en los planos de servicio se marcará bien con piquetas su dirección y profundidad, o bien utilizando aerosoles de pintura fosforescente. Para verificar la exactitud de los planos de servicios se debe comprobar la existencia en los alrededores de registros.
- Conocido el trazado y profundidad de la conducción, se excavará con medios mecánicos hasta aproximadamente 0,5m de la conducción, a partir de los cuales se utilizarán medios manuales.
- Si se duda sobre el trazado y profundidad exacta se realizarán catas con medios manuales hasta encontrar la conducción.
- Se deberán apuntalar o suspender las tuberías descubiertas en grandes tramos.
- Queda prohibido cualquier tipo de trabajo sobre la tubería de agua. Estos quedan reservados a personal autorizado y contratado por la empresa distribuidora de agua.
- Queda prohibido almacenar material sobre la tubería.
- Queda prohibido utilizar la tubería como punto de apoyo para suspender o levantar cargas.
- Queda prohibido utilizar la tubería como punto de apoyo para salir de las zanjas.

#### **En caso de rotura**

- Paralizar todos los trabajos y evacuar ordenadamente la zona de trabajo manteniendo la calma y la serenidad.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Dar aviso a la compañía distribuidora de agua y al número de emergencia 112 para que se proceda a cortar el suministro, y si es necesario, para que los bomberos y la policía evacuen las propiedades colindantes y corten el tráfico.
- Acotar una zona del siniestro impidiendo que peatones y vehículos estén próximos a la zona inundada.
- Una vez el suministro haya sido cortado, se procederá al achique del agua de las zanjas. Si la inundación es de grandes dimensiones se solicitará a los bomberos que achiquen el agua. En caso de pequeñas inundaciones se vaciará el agua de las zanjas mediante cubos, bombas sumergibles o cualquier otro sistema válido.

### **3.2 VALLADO PROVISIONAL DE LA OBRA Y SEÑALIZACIÓN**

Respecto a la señalización se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Los elementos de señalización y protecciones horizontales y verticales deberán mantenerse hasta la total finalización de los trabajos de reposición, limpieza y retirada de maquinaria y escombros.
- Deberá presentarse, como mínimo, la señalización de:
  - Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
  - Prohibido el paso en la zona por la entrada de vehículos.
  - Obligatoriedad del uso del casco y equipos de protección individual necesarios en el recinto de la obra.
  - Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
  - Cartel de obra.

Las condiciones del vallado serán:

- Las vallas a utilizar como cerramiento y a su vez como protección de las zonas de trabajo y zanjas serán de las denominadas vallas tipo ayuntamiento o vallas de contención, con 2,5 m de anchura, 1 m de altura, fabricadas en tubo de acero, de color blanco o amarillo y con elementos de amarre.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Las vallas se dispondrán en todo el perímetro de la obra, a una distancia del borde de 60 cm, ancladas entre sí con los elementos de amarre de que disponen.
- Las zonas donde trabaje maquinaria deberán quedar perfectamente valladas y delimitadas. El acceso a la zona de trabajo se realizará retirando las vallas necesarias, y una vez la máquina este dentro, se volverán a colocar las vallas en su posición inicial. Estas vallas proporcionarán una barrera física entre las máquinas y el personal que realice la obra, los peatones y los vehículos que utilicen la vía pública.
- Cuando se ejecuten obras en acera y no sea posible mantener en la misma un paso de peatones de al menos 1,5 metros de anchura, deberá habilitarse un pasillo de dicha anchura en la zona de la calzada más próxima al bordillo. Dicho pasillo deberá protegerse en sentido longitudinal, por ambos lados, con una línea continua de vallas y deberá emplearse señalización nocturna para una mejor visualización de la invasión de la calzada.
- Las personas que realicen obras en la vía pública o colindante, deberán prevenir el ensuciamiento de la misma y los daños a personas o cosas. Para ello es obligatorio colocar vallas y elementos de protección para la carga y descarga de materiales y productos de derribo.
- Los materiales de suministro, así como los residuales, se dispondrán en el interior de la obra o dentro de la zona acotada de la vía pública debidamente autorizada. Si hubiera que depositarlos en la vía pública, será necesaria la autorización municipal y se hará en un recipiente adecuado, pero nunca en contacto directo con el suelo.
- Todas las operaciones de obras como amasar, aserrar, etc. se efectuarán en el interior del inmueble de la obra o dentro de la zona acotada de vía pública debidamente autorizada, estando totalmente prohibida la utilización del resto de vía pública para estos menesteres.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- En la realización de calicatas, deberá procederse a su cerramiento conforme a lo establecido en la Ordenanza Municipal de Obras e Instalaciones que impliquen afección de la vía pública.
- Al objeto de evitar el ensuciamiento de la vía pública, de forma inmediata a producirse el relleno de la calicata deberá procederse a la reposición del pavimento afectado. En ningún caso podrán retirarse las señalizaciones y vallas protectoras hasta que se haya procedido a la reposición de los pavimentos en su estado original.
- Es obligación del constructor la limpieza diaria y sistemática de la vía pública que resulte afectada por la construcción de edificios o realización de obras, incluido el ensuciamiento derivado del trasiego de maquinaria y vehículos de carga por el viario de acceso o salida al lugar de la obra.

Las condiciones del vallado del cerramiento provisional de la obra serán:

- 2 metros de altura.
- Portón para acceso de vehículos de 4 metros de anchura y puerta independiente para acceso de personal.

El vallado deberá ser revisado periódicamente por el encargado o Jefe de obra.

### **3.3 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR. PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA**

Se colocarán casetas de obra, en función del volumen de mano de obra previsto (10 trabajadores para el presente proyecto) y de las dimensiones de las casetas que se vayan a instalar, definiéndose los siguientes elementos sanitarios:

- 1 Ducha de agua fría y caliente
- 1 Inodoro
- 1 Lavabo
- 1 Espejo (40 x 50 cm.)
- 1 Calentador de agua

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Completados con los elementos auxiliares necesarios: toalleros, jaboneras, papel higiénico, portarrollos, etc.

Los vestuarios estarán provistos de bancos y perchas con capacidad para los trabajadores existentes, calefactores y 10 taquillas individuales con llave, utilizando esta zona para albergar los servicios sanitarios y para que los trabajadores puedan recibir los cuidados médicos. Se dotará de un botiquín de primeros auxilios con el contenido mínimo indicado en la legislación vigente.

Se instalarán comedores con mesas y sillas en número suficiente, y se dispondrá de 2 microondas, 1 grifo en la pileta con agua corriente y menaje suficiente para el número de operarios existentes en obra, así como un recipiente para recogida de basuras y calefacción en invierno.

Se instalará también una caseta para el almacenaje de material de obra.

Asimismo, se instalará una caseta para oficina de obra que contendrá, como mínimo, un calefactor, mesas y sillas de oficina en número igual al personal que vaya a trabajar en ellas, tablero y taburete de dibujo y mueble archivador.

<b>CUADRO INFORMATIVO DE NECESIDADES</b>	
Superficie de vestuario aseo	10 trab. x 2 m <sup>2</sup> = 20 m <sup>2</sup>
Nº de módulos necesarios	20 m <sup>2</sup> : 20 m <sup>2</sup> = 1 ud.
Superficie de comedor	10 trab. x 2 m <sup>2</sup> . = 20 m <sup>2</sup>
Nº de módulos necesarios	20 m <sup>2</sup> : 20 m <sup>2</sup> = 1 ud.
Nº de retretes:	10 trab. : 25 trab. = 1 ud.
Nº de lavabos	10 trab. : 10 trab. = 1 ud.
Nº de duchas	10 trab. : 10 trab. = 1 ud.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **3.3.1 Botiquín**

Se dispondrá de un botiquín portátil, convenientemente señalizado, en los vestuarios para efectuar las curas de urgencia. Se hará cargo de dicho botiquín la persona más capacitada.

#### **3.3.2 Asistencia a los accidentados**

Para los primeros auxilios a accidentados se utilizará el material médico existente en el botiquín y la camilla de socorro y mantas correspondientes, instaladas en el local adecuado (caseta primeros auxilios).

Se deberá informar en la obra del emplazamiento de los diferentes centros médicos a donde deben trasladarse los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Se dispondrá en un sitio visible (como por ejemplo, en la puerta del botiquín) de una lista con los teléfonos y direcciones de emergencias para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados. Para la presente obra, en caso de accidente o emergencia, los teléfonos serán:

- Emergencias: 112
- Policía: 091
- Bomberos: 080
- Ambulancias: 061
- Centro salud Meruelo: 942 63 70 39
- Consultorio médico Arnuelo: 942 67 70 43
- Consultorio médico Escalante: 942 64 21 97
- Consultorio médico Argoños: 942 62 61 77

### **3.4 INSTALACIONES PROVISIONALES**

#### **3.4.1 Conexión a la red eléctrica**

- Riesgos más comunes:
  - Heridas punzantes en manos.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Caídas al mismo nivel.
- Electrocutión: contactos eléctricos directos e indirectos, derivados esencialmente de:
  - \* Trabajos con tensión.
  - \* Intentar trabajar sin tensión pero sin cerciorarse de que está efectivamente interrumpida o que no puede conectarse inapropiadamente.
  - \* Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
  - \* Usar equipos inadecuados o deteriorados.
  - \* Mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general, y de la toma de tierra en particular.
- Normas preventivas:
  - a) Sistema de protección contra contactos indirectos
  - b) Normas de prevención tipo para los cables
  - c) Normas de prevención para los interruptores
  - d) Normas de prevención tipo para los cuadros eléctricos
  - e) Normas de prevención para las tomas de energía
  - f) Normas de prevención para la protección de los circuitos
  - g) Normas de prevención para las tomas de tierra
  - h) Normas de prevención para la instalación de alumbrado
  - i) Normas de seguridad de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de obra
  - j) Normas de protección

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 3.4.2 Protección contra incendios

A fin de prevenir y evitar la formación de un incendio se tomarán las siguientes medidas:

- Orden y limpieza general en toda la obra.
- Se separará el material combustible del incombustible, amontonándolo por separado en los lugares indicados para tal fin para su transporte a vertedero diario.
- Almacenar el mínimo de gasolina, gasóleo y demás materiales de gran inflamación.
- Se cumplirán las normas vigentes respecto al almacenamiento de combustibles.
- Se definirán claramente y por separado las zonas de almacenaje.
- La ubicación de los almacenes de materiales combustibles se separará entre ellos (como la madera de la gasolina) y a su vez estarán alejados de los tajos y talleres de soldadura eléctrica y oxiacetilénica.
- La iluminación e interruptores eléctricos de los almacenes será mediante mecanismos antideflagrantes de seguridad.
- Se dispondrán todos los elementos eléctricos de la obra en condiciones para evitar posibles cortocircuitos.
- Quedará totalmente prohibido encender fogatas en el interior de la obra.
- Se señalará a la entrada de las zonas de acopios, almacenes y talleres, adhiriendo las siguientes señales normalizadas:
  - Prohibido fumar.
  - Indicación de la posición del extintor de incendios.
  - Peligro de incendio.
  - Peligro de explosión (almacenes de productos explosivos).
- Habrá extintores de incendios junto a las entradas e interior de los almacenes, talleres y zonas de acopios.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- El tipo de extintor a colocar dependerá del tipo de fuego que se pretenda apagar, dependiendo del trabajo a realizar en cada fase de la obra. Siempre que se desarrollen trabajos de soldadura, se debe tener un extintor en las proximidades.
- Se tendrá siempre a mano y reflejado en un cartel bien visible en las oficinas de obra, el número de teléfono del servicio de bomberos.

## **4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LAS ACTIVIDADES DE OBRA**

### **4.1 REPLANTEO**

Esta actividad se realiza desde el inicio de la obra hasta su final y comprende todas las labores que un equipo de topografía especializado, formado por topógrafos y peones, realiza para dejar datos físicos y medidas referenciadas en el terreno, definiendo por medio de los replanteos, todos los datos geométricos, para poder realizar las actividades y elementos constructivos que componen la obra.

#### **4.1.1 Procedimiento de ejecución**

- Este equipo, normalmente formado antes del inicio de las actividades de la obra, ha realizado los replanteos previos y demás comprobaciones para definir las fases previas de la misma.
- El equipo se desplaza normalmente con un vehículo tipo furgoneta o todoterreno, que tiene capacidad para llevar los aparatos, trípodes, miras y medios auxiliares para el replanteo y mediciones.
- Su exposición al riesgo de accidentes es elevada, ya que recorren y tienen presencia en todos los tajos y actividades de la obra, a lo largo de la misma y por todo el tiempo que dura. Sin embargo, la necesidad de situar los aparatos de medición en sitios estratégicos y estables, hace que los riesgos del operador sean minimizados por estar normalmente apartado del movimiento de la obra (en vértices). Los peones, por su aproximación a los tajos y su introducción a los mismos, tienen un alto grado de riesgo de accidentes.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Las operaciones de replanteo particular de las distintas unidades de obra se inician con las labores de despeje y desbroce.
- El número de trabajadores expuesto al riesgo es de un topógrafo y dos peones.

#### **4.1.2 Tipo de maquinaria y equipo humano**

- Vehículo
- Estación total o nivel
- Topógrafo
- Peón especialista

#### **4.1.3 Riesgos profesionales**

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Atropellos por maquinaria o vehículos por presencia cercana a la misma en labores de comprobación.
- Contactos eléctricos directos, con la mira en zonas de instalaciones urbanas
- Caída de objetos
- Golpes en brazos, piernas o con la maza al clavar estacas y materializar puntos de referencia
- Proyección de partículas de acero en clavamientos
- Golpes contra objetos
- Ambientes de polvo en suspensión
- Riesgo de accidentes de tráfico dentro y fuera de la obra
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, tormentas, fuertes vientos, lluvias, etc.)
- Riesgos de picaduras de insectos y reptiles

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### 4.1.4 Medidas preventivas

- Deben evitarse subidas o posiciones por zonas muy pendientes si no se está debidamente amarrado a una cuerda, con arnés de seguridad y un punto fijo en la parte superior de la zona.
- Todo el equipo debe usar botas antideslizantes y especiales para evitar caídas por las pendientes y al mismo nivel.
- Todos los trabajos que se realicen en alturas, de comprobación o replanteo, tiene que desarrollarse con arnés de sujeción y estar anclado a puntos fijos de las estructuras.
- Para la realización de las comprobaciones o materializar datos en zonas en alturas de estructuras y obras de fábrica, se tendrá que acceder por escaleras reglamentarias o accesos adecuados, como estructuras tubulares (escaleras fijas).
- Debe evitarse la estancia, durante los replanteos, en zonas que puedan caer objetos, por lo que se avisarán a los equipos de trabajo para que eviten acciones con herramientas hasta que se haya abandonado la zona. Como norma general, en la obra no se trabajará en la misma vertical si no se disponen de los medios o protecciones colectivas necesarias para evitar los riesgos producidos por la posible caída de objetos.
- Para clavar las estacas con ayuda de los punteros largos se tendrán que usar guantes y punteros con protector de golpes en manos.
- Debe evitarse el uso de los punteros que presenten deformaciones en la zona de golpeo, por tener riesgo de proyección de partículas de acero en cara y ojos. Se usarán gafas antipartículas durante estas operaciones.
- En tajos donde la maquinaria esté en movimiento y en zonas donde se aporten materiales mediante camiones, se evitará la estancia de los equipos de replanteo, respetando una distancia de replanteo de acuerdo con la Dirección Facultativa y el Jefe de Obra.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- En los tajos en los que por necesidad se tenga que realizar alguna comprobación con la maquinaria funcionando y en movimiento, se realizarán las comprobaciones, preferentemente, parando por un momento el proceso constructivo, o en su caso realizar las comprobaciones siempre mirando hacia la maquinaria y nunca de espaldas a la misma.
- Se comprobará, antes de realizar los replanteos, la existencia de cables eléctricos, tanto enterrados como aéreos, y demás servicios afectados para evitar contactos directos o indirectos con los mismos.
- Los replanteos en zonas de tráfico se realizarán con chalecos reflectantes y en caso de peligro con mucho tráfico, se realizarán con el apoyo de señalistas.
- Las miras utilizadas serán dieléctricas
- En el vehículo se tendrá continuamente un botiquín que contenga los mínimos para la atención de urgencias, así como antiinflamatorios para aplicar en caso de picaduras de insectos.

#### **4.1.5 Protecciones individuales**

- Protección de la cabeza:
  - Casco homologado con barbuquejo
  - Mascarilla antipolvo
  - Filtros para reposición de mascarillas
  - Pantallas faciales anti-impactos
- Protección del tronco:
  - Sistemas anticaídas (línea de vida, dispositivo anticaídas y arnés de seguridad)
  - Mono de trabajo
  - Traje de agua
  - Chalecos reflectantes
- Protección extremidades superiores:

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Guantes de lona y piel
- Protección extremidades inferiores:
  - Botas de agua para protección frente al agua y la humedad.
  - Botas de seguridad antideslizante.

## **4.2 RECOGIDA DE ENSAYOS EN OBRA**

### **4.2.1 Riesgos profesionales**

- Caídas al mismo nivel
- Caídas de personal a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Cortes, erosiones o golpes contra objetos y / o herramientas
- Proyección de fragmentos y partículas
- Atrapamiento
- Sobreesfuerzos
- Atropellos

### **4.2.2 Medidas preventivas**

- Comunicar con antelación la visita a la obra para la recogida de las muestras, solicitando a la persona que acompañará durante la visita.
- Se tendrá que hacer uso de los equipos de protección individual del tajo en cuestión. Como mínimo se dispondrá de chaleco, botas, ropa de trabajo adecuada y casco.
- Se debe tener presente la señalización de seguridad que hay en obra, obrando en consecuencia y atendiendo a sus indicaciones, que tienen carácter obligatorio.
- Al entrar en la obra se dirigirá a la casetas de obras y se evitará transitar por el interior de la misma sin ir acompañado de personal autorizado.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Se debe tener presente en cada momento la situación de los trabajadores que se encuentran cerca y el trabajo que se está realizando, para evitar riesgos añadidos a su proximidad.
- Se debe estar pendiente de las maniobras y circulación de vehículos y maquinaria.
- No se debe circular o permanecer bajo cargas suspendidas.
- Se debe mantener una distancia prudencial de 2 metros de las excavaciones y zanjas. Se accederá a una excavación siempre por un lugar seguro.
- Nunca se realizará la actividad o el tránsito por plataformas con una anchura inferior a 60 cm y sin barandillas de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.
- No se deben realizar funciones ajenas al trabajo propio.
- La electricidad es un medio auxiliar imprescindible y se debe tratar con mucho cuidado para evitar accidentes.
- Si al terminar la actividad no se localiza al personal que acompañó al recogedor de ensayos, se debe abandonar la obra por el mismo camino por el que se ha entrado.
- se utilizarán en todo momento las herramientas y útiles acordes a la muestra de ensayos a recoger.
- En caso de hacer mediciones de compactación del terreno se tendrá que llevar un aparato radiactivo y un dosímetro.

#### **4.2.3 Protecciones individuales**

- Casco
- Calzado de seguridad
- chaleco reflectante
- Las propias para el ensayo a retirar

#### **4.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

El movimiento de tierras corresponderá a los trabajos para la realización de caminos

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

de acceso a los apoyos, si fuesen necesarios, trabajos de explanación para la nivelación de apoyos, excavación de cimentaciones de apoyos, zanjas, pozos de servicio y cualquier trabajo en el que sea necesario el movimiento de tierras.

En el caso de ser necesaria la realización de caminos de acceso, el movimiento de tierras será el mínimo posible, con unas dimensiones adecuadas a las dimensiones de los vehículos que circulen por la misma.

#### **4.3.1 Riesgos profesionales de vaciados**

- Afloramiento del nivel freático, escapes o desbordamientos en conducciones de saneamiento y filtraciones acuosas de todo tipo.
- Desplome de tierras o rocas por alguno de los siguientes motivos:
  - Sobrecarga de los bordes de excavación.
  - No emplear el talud adecuado.
  - Variación de la humedad del terreno.
  - Vibraciones cercanas.
  - Alteraciones del terreno por variaciones fuertes de temperatura.
  - Fallo de las entibaciones.
  - Derrumbe de acerados o edificaciones contiguas por descalce en su cimentación.
- Interferencias con conducciones de agua o energía eléctrica enterradas.
- Riesgos de terceros, por intromisión descontrolada de los mismos en la obra en horas dedicadas a descanso o producción.
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas.
- Problemas de circulación interna (embarramiento), debido al mal estado de las pistas de acceso o circulación.
- Contactos eléctricos, directos o indirectos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

movimiento de tierras (palas y camiones).

- Caída de vehículos, maquinaria u objetos desde el borde de coronación de la excavación.
- Siniestros de vehículos por exceso de carga o mal mantenimiento.
- Caída de material desde las cajas de los vehículos.
- Caída de personas al mismo y diferente nivel.
- Inhalación de polvo.
- Ruido.

#### **4.3.2 Medidas preventivas de vaciados**

- Antes del comienzo de los trabajos tras cualquier parada, se inspeccionará el estado de las medianerías, cimentaciones, etc. con el fin de prever posibles movimientos indeseables.
- Antes del inicio de los trabajos tras cualquier parada, se inspeccionará el estado de los apuntalamientos o apeos hechos a las construcciones colindantes, con el fin de prever posibles fallos indeseables.
- Las paredes de la excavación se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día por cualquier circunstancia.
- En caso de presencia de agua en la obra (alto nivel freático, fuertes lluvias, inundaciones por rotura de conducciones, etc.) se procederá de inmediato a su achique, en prevención de alteraciones del terreno que repercutan en la estabilidad de los taludes o de las cimentaciones próximas.
- La coronación a la que deben acceder las personas, se protegerán mediante una barandilla de 1 m de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié, situada a dos metros como mínimo del borde de coronación del talud.
- El acceso o aproximación a distancias inferiores a 2 m del borde de coronación del talud del vaciado sin protección, se efectuará sujeto con un arnés de seguridad amarrado a un “punto fuerte”.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Los pozos de cimentación estarán correctamente señalizados y tapados para evitar caídas del personal a su interior.
- Se prohíbe la circulación interna de vehículos a una distancia mínima de aproximación del borde de coronación del vaciado de 3 m para vehículos ligeros y de 4 m para los pesados, debiéndose señalar dichas distancias.
- Toda la maquinaria utilizada en el movimiento de tierras así como el personal encargado de su manejo, estará en posesión de los correspondientes permisos, homologaciones y licencias que la ley estipula.
- Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y /o número superior a los asientos existentes en el interior.
- Las maniobras de la maquinaria estarán dirigidas por una persona distinta al conductor cuando éste no disponga de la visibilidad suficiente. En el caso de acceso o salida de la obra a la vía pública, esta persona se colocará en el exterior de la valla y procederá a indicar al conductor de la máquina. Esta persona dispondrá en todo momento de chaleco reflectante y en ningún momento y siempre que el trabajo lo permita, el señalista y el conductor estarán en contacto visual.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria. Se realizarán las revisiones periódicas establecidas por el fabricante y todos los días se llevarán a cabo revisiones visuales de las partes fundamentales de la maquinaria utilizada en obra.
- Correcta disposición de la carga de tierras en el camión, no cargándolo más de lo admitido. Los camiones dispondrán de lona en el transporte de material para evitar la caída de material. Se regará la carga para evitar la generación de polvo durante su transporte.
- Se señalarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a 5 m (como norma general) en torno a maquinaria de movimiento de tierras en funcionamiento. La visibilidad para el maquinista es inferior a la deseable dentro del entorno señalado.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desplazamiento.
- Deberán eliminarse los árboles, arbustos y matorros, cuyas raíces hayan quedado al descubierto.
- En el caso de ser necesario realizar un vaciado en la obra, los accesos de camiones y maquinaria al vaciado se realizarán mediante pendientes inferiores al 12% en tramos rectos y al 8% en tramos curvos. Previamente a los tramos inclinados deberá haber un tramo con pendiente 0% de al menos 6 m de longitud.

#### **4.3.3 Protecciones colectivas de vaciados**

- Orden en el tráfico de camiones.
- Desvío de los servicios afectados.
- Vallas delimitación y protección.
- Señalización general:
  - STOP en la salida.
  - Obligatorio uso de casco.
  - Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, entrada y salida de vehículos.
  - Salida de camiones.
- Pendientes adecuadas.
- Señales acústicas y luminosas de aviso en maquinaria y vehículos.
- Limpieza de viales.
- Topes de desplazamiento de vehículos.
- Orden y limpieza en el entorno.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Orden y limpieza en viales.

#### **4.3.4 Protecciones individuales de vaciados**

- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno
- Botas de seguridad.
- Botas de goma
- Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico recambiable.
- Protectores auditivos.
- Arnés de seguridad.
- Arnés anti vibratorio para conductores de maquinaria.
- Guantes de lona
- Guantes de goma o P.V.C.

#### **4.3.5 Riesgos profesionales de rellenos de tierras**

- Siniestros de vehículos por exceso de carga o mal mantenimiento.
- Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas o carrocerías de los vehículos.
- Choques entre vehículos por falta de señalización.
- Vuelco de vehículos durante descargas en sentido de retroceso.
- Accidentes por conducción en ambientes pulverulentos de poca visibilidad.
- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados sobre barrizales.
- Ruido ambiental.

#### **4.3.6 Medidas preventivas de rellenos de tierras**

- Todo el personal que maneje los camiones, dumper, apisonadoras etc., será

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.

- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
- Cada equipo de carga para rellenos será dirigido por un jefe de equipo que coordinará las maniobras.
- Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso, a las distancias señaladas en los planos.
- Se señalarán los accesos a la vía pública mediante las señales normalizadas de “peligro indefinido”, “peligro salida de camiones” y “STOP”, complementándose si es necesario con un semáforo para facilitar la salida de los camiones.
- Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad en caso de vuelco.
- Se establecerán a lo largo de la obra los letreros divulgativos y señalización de los riesgos propios de este tipo de trabajos (peligro: -vuelco-, -atropello-, -colisión-, etc.).
- Los conductores de cualquier vehículo provisto de cabina cerrada quedan obligados a utilizar el casco de seguridad para abandonar la cabina en el interior de la obra.

#### **4.3.7 Protecciones colectivas de rellenos de tierras**

- Correcta carga de los camiones.
- Señalización vial.
- Riesgos anti polvo.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Topes de limitación de recorrido para el vertido.
- Pórtico de seguridad anti vuelco en máquinas.
- Limpieza de viales.
- Accesos independientes para personas y vehículos.
- Evitar la presencia de personas en las zonas de carga y descarga de camiones.

#### **4.3.8 Protecciones individuales de rellenos de tierras**

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Botas impermeables de seguridad.
- Mascarillas anti polvo con filtro mecánico recambiable.
- Guantes de lona y serraje.
- Cinturón anti vibratorio.
- Ropa de trabajo.

#### **4.3.9 Riesgo eléctrico**

Debido a que los trabajos se realizan en la instalación de líneas eléctricas, a la posible proximidad de líneas eléctricas y a los trabajos dentro de una subestación eléctrica en funcionamiento, todos los trabajos de movimiento de tierras se realizarán en zonas acotadas, señalizadas y con las líneas eléctricas aéreas o subterráneas dentro de la zona acotada fuera de servicio en la medida de lo posible.

En el desplazamiento de las plumas, será necesario que en todo momento las distancias sean superiores a 3 m hasta 66 kV, 5 m entre 66 y 220 kV y 7 m hasta 380 kV. En el caso de que se pueda desplazar la pluma por algún descuido a distancias menores, será necesario el bloqueo de la misma para impedir este desplazamiento no deseado.

Si no es posible la anulación de servicios afectados, se tomarán las medidas necesarias para que se mantengan en todo momento las distancias de seguridad de

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

la máquina respecto a los cables, mediante la instalación de gálibos, barreras protectoras, señalización, etc. que impidan el contacto directo de máquina-cable.

Todos estos trabajos estarán planificados en las diferentes reuniones de seguridad que se realicen a lo largo de la obra, anunciados y conocidos por todos. Tendrán su correspondiente procedimiento de trabajo firmado y sellado por las partes que intervengan en esta fase de trabajo.

## **4.4 HORMIGONADO**

### **4.4.1 Descripción de los trabajos**

Una vez estén realizadas las zanjas y zapatas de los apoyos, se procederá a hormigonar el elemento en cuestión, bien mediante bomba de hormigón, bien mediante cubo o directamente mediante canaleta de la hormigonera.

### **4.4.2 Riesgos profesionales**

- Caída de personas y/u objetos al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Caída de personas y/u objetos al vacío.
- Heridas punzantes en pies y manos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Pisadas sobre superficies de tránsito.
- Los derivados de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos).
- Salpicaduras de hormigón en los ojos.
- Fallo de entibaciones.
- Corrimiento de tierras.
- Los derivados de la ejecución de trabajos bajo circunstancias meteorológicas adversas.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Atrapamientos.

#### **4.4.3 Medidas preventivas durante el vertido**

- Prever el mantenimiento de las protecciones instaladas durante el movimiento de tierras.
- Antes del inicio del vertido del hormigón, el responsable del tajo revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones, si es que existen.
- Antes del inicio del hormigonado se revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Se mantendrá una limpieza esmerada. Se eliminarán antes del vertido del hormigón puntas, restos de madera, redondos y alambres.
- Se instalarán pasarelas de circulación de personas sobre las zanjas a hormigonar, formadas por un mínimo de tres tablones trabajados (60 cm de anchura).
- Se establecerán pasarelas móviles, formadas por un mínimo de tres tablones (0,60 m) sobre las zanjas a hormigonar para facilitar el paso y los movimientos necesarios del personal de ayuda al vertido.
- Se establecerán a una distancia mínima de 3 m (como norma general) fuertes topes al final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de zanjas (o zapatas) para verter hormigón.

#### **4.5 MONTAJE Y DESMONTAJE DE APOYOS**

##### **4.5.1 Procedimiento de trabajo**

Comprenderá todos los trabajos y actividades necesarias para el montaje de apoyos:

- Transporte
- Acopio
- Armado

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Izado

#### **4.5.2 Riesgos profesionales**

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Atropellos, por maquinaria o vehículos por presencia cercana a la misma en labores de comprobación.
- Caída de objetos
- Atrapamiento
- Sobreesfuerzos
- Ambientes de polvo en suspensión
- Riesgo de accidentes de tráfico dentro y fuera de la obra
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, tormentas, fuertes vientos, lluvias, etc.)
- Riesgos de picaduras de insectos y reptiles.

#### **4.5.3 Medidas preventivas en el transporte**

- Se entiende por transporte tanto la carga como la descarga del material transportado hasta la zona de trabajo, teniendo especial cuidado en el acopio de material en el transporte y acopio provisional de obra.
- Previo a los comienzos de los trabajos de transporte de materiales se verificará el perfecto estado y funcionamiento del vehículo y grúa que se utilizará para la carga y descarga de material.
- Así mismo se verificará el estado de la carga previo a su carga y posterior descarga.
- El peso de la carga no superará el peso máximo admitido del vehículo. Queda prohibido que sobresalgan las cargas por los laterales y las que sobresalgan por la parte trasera del vehículo serán señalizadas conforme al Código de

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Circulación.

- No se sobrepasará nunca el peso máximo admitido por la grúa, en función de las características de funcionamiento de la grúa.
- El gruista podrá ser ayudado por un señalista cuando no pueda ver la carga. Deberán permanecer siempre en contacto visual.
- Queda totalmente prohibido permanecer debajo de la carga izada.
- El izado de la carga será siempre vertical, quedando prohibido arrastrar la carga. Se realizará de manera lenta, evitando movimientos bruscos, hasta que la carga quede suspendida.

#### **4.5.4 Medidas preventivas en el acopio**

- El acopio de material se realizará lo más próximo a la zona de trabajo.
- El acopio de material se realizará en una zona señalizada, acotada y lejos de zonas de paso. Se tomarán las medidas necesarias para evitar el desplome de la carga. En el caso de bobinas se procederá a calzarlas evitando de esta manera que rueden.
- La carga y descarga de bobinas se realizará con ayuda de medios auxiliares. Se utilizará una barra metálica de resistencia, acorde al peso de la bobina, que cruzará el hueco central de la bobina. Queda prohibido descargar la bobina directamente al suelo.
- Para el correcto acopio de los apoyos se utilizarán calzos de madera en número suficiente para evitar pandeos de los perfiles utilizados en la construcción de los apoyos.
- En el caso de acopiar paquetes también se dispondrá de maderas en los mismos con un número suficiente en función del número de paquetes a acopiar.

#### **4.5.5 Medidas preventivas en el armado**

- Previo al montaje de los apoyos se procederá a clasificar y verificar el material para que, según los planos de contracción e instrucciones del fabricante, no falte ninguna pieza a utilizar.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Queda prohibido utilizar cualquier material que no forme parte de los planos de construcción. En caso de pérdida o rotura de algunas de las partes se repondrán dichas piezas por otras iguales.
- Previo al armado de los apoyos se verificará el estado del terreno, acondicionando el mismo para que esté lo más horizontal posible. Se utilizarán maderas para apoyar los calzos de la grúa utilizada en el izado del apoyo.

#### **4.5.6 Medidas preventivas en el izado**

- Normalmente los apoyos se izarán mediante la utilización de grúa.
- Antes de izar cualquier apoyo se comprobará que la cimentación está bien y ha transcurrido el tiempo necesario para su fraguado correcto según las especificaciones de la obra civil del proyecto.
- Previo al izado de los apoyos se revisará toda la pluma que se utilice, así como todas las partes que la componen en cada izado. Nunca se sobrepasará el peso máximo admitido por la grúa utilizada.
- La grúa se situará en una zona lo más horizontal posible, acondicionando el terreno si fuese necesario. Se desplegarán en su totalidad los estabilizadores de la grúa o camión y se colocarán tablones de madera en la zona donde estén desplegados los estabilizadores.
- Queda totalmente prohibido permanecer debajo de la carga izada. La carga podrá ser guiada con cuerdas auxiliares.
- El izado de la carga será siempre vertical, quedando prohibido arrastrar la carga. Se realizará de manera lenta, evitando movimientos bruscos, hasta que la carga quede suspendida.
- Una vez colocado el apoyo y fijado de manera segura, se desengancharán las eslingas utilizadas. Debido a que son trabajos en altura se utilizará el sistema de línea de vida para la realización de estos trabajos.

#### **4.5.7 Protecciones individuales**

- Casco homologado con barbuquejo

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Mascarilla anti polvo
- Filtro para reposición de mascarillas.
- Pantalla facial anti impactos
- Cinturones de sujeción clase A.
- Mono de trabajo
- Traje de agua.
- Chalecos reflectantes.
- Guantes de lona y piel.
- Botas de agua para protección frente al agua y la humedad.
- Botas de seguridad antideslizantes

#### **4.5.8 Protecciones colectivas**

- Orden en el tráfico de camiones.
- Desvío de los servicios afectados.
- Vallas de delimitación y protección.
- Señalización general:
  - STOP en la salida.
  - Obligatorio uso de casco.
- Señales acústicas y luminosas de aviso en maquinaria y vehículos.
- Limpieza de viales.
- Cintas de balizamiento.
- Topes de desplazamiento de vehículos.
- Orden y limpieza en el entorno.
- Orden y limpieza en viales.
- Barandillas de 0,90 m, listón intermedio y rodapié en el perímetro del vaciado.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Riegos antipolvo.
- Acceso independiente para personas y vehículos.

## **4.6 TENDIDO DE CABLES**

### **4.6.1 Procedimiento de trabajo**

Comprenderá todos los trabajos y actividades necesarias para el montaje del conductor:

- Montaje cable piloto
- Montaje cable tierra
- Montaje cable conductor
- Tensado
- Regulado
- Engrapado

Para todos los trabajos que se realicen en altura será necesaria la instalación de una línea de vida.

Ningún operario se situará en la vertical de otro trabajo o trabajador, quedando prohibido permanecer en la vertical de la carga o en el radio de acción de la misma.

Así mismo no se podrá efectuar un tendido de un conductor si no se dispone de unos medios de comunicación adecuados a lo largo de la serie entre los responsables de la bobina, la máquina de tiro y el encargado de la maniobra. Una sola persona será la responsable de dirigir las maniobras.

En caso de tormenta con aparato eléctrico, se suspenderán los trabajos y al reanudarse estos, se descargarán a tierra los conductores. Asimismo, en series de longitudes considerables los conductores también serán puestos a tierra.

### **4.6.2 Riesgos profesionales**

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Golpes contra objetos
- Pisadas sobre objetos
- Cortes, erosiones o golpes contra objetos y / o herramientas
- Proyección de fragmentos y partículas
- Atrapamiento
- Sobreesfuerzos
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, tormentas, fuertes vientos, lluvias, etc.)

#### **4.6.3 Medidas preventivas en la ubicación de maquinaria y materiales**

Las zonas de trabajo así como sus accesos se mantendrán limpias y libres de obstáculos. Los materiales y/o restos estarán almacenados en los lugares destinados a tal fin.

Se realizarán trabajos forestales si es necesario limpiar la zona de tendido de los cables.

Se delimitará la zona de trabajo de la máquina y estará debidamente protegida y señalizada, evitando el acceso a la misma de personal no autorizado.

Se colocará un cartel visible de “PROHIBIDA LA UTILIZACIÓN A PERSONAL NO AUTORIZADO”.

#### **4.6.4 Medidas preventivas en el tendido de cable de tierra y conductor**

- El primer cable que se tenderá será el de tierra para evitar causar daños a los conductores de fases o provocar apantallamientos.
- Para poder frenar los cables de una manera segura se utilizará un freno adecuado en función del tense que tenga que producirse. La ubicación del freno en el suelo será la idónea para no interferir el paso de vehículos y trabajadores.
- Para no dañar los apoyos se graduará el limitador de carga del cabestrante

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

antes de poner en funcionamiento el sistema de tiro.

- El freno será regulado paulatinamente hasta conseguir su punto ideal de altura.
- Una vez levantado el piloto, con el freno cargado en el cable conductor, se arriará el freno a la vez que se pone en marcha el cabestrante.
- Si se produce un descarrilamiento, la maniobra de engarzar será realizada por dos trabajadores (cabestrante y freno), los cuales siempre estarán en contacto.
- En esta operación queda prohibido pisar o tocar el cable conductor.
- En el tendido de conductores hay que vigilar el anclaje de máquinas cabestrantes, máquina de freno y recuperar el piloto.
- Se controlará la tracción y velocidad, manteniéndolos lo más uniformemente posible, para que no se produzcan oscilaciones, paradas o sacudidas entre las dos máquinas.
- Debe asegurarse que las bobinas ruedan con suavidad, sin golpes, vueltas cruzadas o montadas.
- La serie de los conductores hasta que pase a la posición normal de tense, deberá quedar a una altura prudencial del suelo para que no puedan producir un accidente.
- En todos los apoyos metálicos se deberá proceder a la conexión de la puesta a tierra antes de tender los conductores eléctricos.
- La colocación de puesta a tierra deberá ser mediante una pica clavada o una plancha de hierro o de otro metal, de dimensiones apropiadas y que irán conectada al apoyo por un cable de cobre o de acero. El lugar de elección debe ser donde exista mayor cantidad de tierra y a ser posible húmeda, realizando en ocasiones, si fuese necesario, una zanja para conseguir un lugar de emplazamiento.
- Es imprescindible que el cabestrante y la máquina de freno estén puestos a tierra con el fin de evitar que por un escape de un cable piloto o caída del conductor de aluminio se produzca un accidente al ponerse en tensión.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **4.6.5 Medidas preventivas en el tensado, regulado y engrapado**

- La máquina de regulado estará colocada a la suficiente distancia del apoyo para que los trabajos de regulado no produzcan sobrecarga en el apoyo. La distancia entre el apoyo y máquina deberá ser dos veces la altura del apoyo.
- En las operaciones de regulado se tomarán las siguientes medidas:
  - Será obligatorio realizar un atirantado de la cruceta en sentido vertical en cualquier operación en la que se pueda modificar el estado de equilibrio del apoyo y/o crucetas.
  - El personal que se encuentre en lo alto de los apoyos permanecerá en el centro del apoyo, que en todo momento estará sujeto a la línea de vida utilizando el correspondiente arnés.
  - El personal del suelo estará situado alejado de la traza de los cables.
  - Cuando por motivos de dilatación aumente la flecha de los conductores, se comprobará la cadena de aisladores por si dispone de tensores para poder de esta manera regular la flecha de los conductores.
  - Una vez corregido el error en la flecha de los conductores se realizará el amarre en los apoyos.

#### **4.6.6 Medidas preventivas en el amarre aéreo**

- Este amarre se realiza cuando se han pasado uno o varios apoyos. Al pasar el amarre, en la punta de la cruceta el tense estará compensado, por tanto solamente será necesario sujetar los cables a un lado y otro del apoyo y así de podrán cortar los cables, bajarlos al suelo para hacer las grapas y volverlos a subir y así poder aflojar la retenida.
- Los trabajadores que se encuentren en el suelo bajo ningún concepto se colocarán en la misma vertical que los trabajadores que se encuentren en altura, sobre todo cuando se bajen o suban los conductores.

#### **4.6.7 Medidas preventivas en los engrapados en apoyos en suspensión.**

- Para realizar los trabajos de colocación de grapas, el operario estará

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

posicionado en una escalera suspendida, evitando de esta manera que esté en el propio cable.

- En todo momento los trabajadores estarán sujetos a la línea de seguridad, usen o no escalera.

#### **4.6.8 Equipos de protección individual recomendados**

- Casco de seguridad con barbuquejo.
- Botas de seguridad
- Guantes de trabajo
- Cinturón de seguridad con arnés
- Ropa de trabajo para el mal tiempo
- Gafas de protección contra las proyecciones de fragmentos o partículas.

#### **4.6.9 Protecciones colectivas**

- Vallas de delimitación y protección.
- Señalización general.
- Limpieza de viales.
- Cintas de balizamiento.
- Orden y limpieza en el entorno.
- Orden y limpieza en viales.

### **4.7 TRABAJOS EN ALTURA**

#### **4.7.1 Procedimiento de trabajo**

Una vez montados los apoyos será necesario que un operario ascienda al apoyo para la realización de trabajos para pasar el cable guía para la posterior instalación de la línea eléctrica.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Los trabajos verticales son técnicas que se basan en la utilización de cuerdas, anclajes y aparatos de progresión para acceder, junto con todos los accesorios incorporados a las mismas para la realización de algún tipo de trabajo.

La utilización de las técnicas de trabajo verticales es aconsejable en aquellos trabajos donde el montaje de sistemas tradicionales resulta dificultoso técnicamente o presenta un riesgo mayor que realizarlo con dichas técnicas con independencia de que la duración de muchos de estos trabajos hagan que económicamente no sean rentables.

Los trabajos verticales comprenden las siguientes fases:

- Planificación del trabajo a realizar.
- Puntos de anclaje y de progresión.
- Maniobras de ascenso y descenso hasta el punto de operación.
- Posicionamiento en el punto de operación.
- Ejecución de los trabajos propiamente dichos.
- Descanso después de la realización de los trabajos.
- Recuperación de los sistemas de anclaje (instalación de cabecera) y progresión de instalaciones a no ser que las intervenciones tengan una periodicidad que aconseje que sean permanentes.

#### **4.7.2 Riesgos profesionales**

Los principales riesgos asociados a los trabajos verticales son los derivados de las caídas de personas o materiales.

##### **Caídas de personas a distinto nivel**

Se deben, fundamentalmente, a efectuar los trabajos sin la debida planificación, utilización inadecuada de los EPI o falta de control suficiente de los mismos, materiales auxiliares deteriorados o mal mantenidos, puntos de anclaje insuficientes o mal distribuidos, falta de formación o formación insuficiente.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

#### **Caídas de materiales sobre personas y/o bienes**

Es debida a llevar herramientas sueltas o sin el equipo auxiliar de transporte en operaciones de subida o bajada o mientras se realizan los trabajos, o bien a la presencia de personas situadas en las proximidades o bajo la vertical de la zona de trabajo.

#### **4.7.3 Medidas preventivas**

Las medidas de prevención y protección para prevenir el riesgo de caída de altura consisten, por un lado, en la idoneidad de los equipos necesarios para realizarlos y por otro, en la aplicación de técnicas específicas para la realización de los mismos.

A continuación se describen los equipos necesarios para la realización de estos trabajos, la protección de la vertical de la zona de trabajo y otras medidas de prevención y protección frente a riesgos específicos.

#### **Equipo de trabajo o de acceso**

Es el que sirve para acceder de forma segura al lugar de trabajo, posicionarse y abandonarlo una vez finalizado el trabajo. Consta de un descendedor autobloqueante, bloqueador de ascenso, varios conectores con seguro, una cuerda semiestática de suspensión de longitud variable, un arnés de suspensión y un cabo de anclaje doble.

#### **Cuerdas**

El material normalmente utilizado es la fibra de nylon, del tipo poliamida; según el tipo de trenzado existen cuerdas semiestáticas, pensadas para soportar esfuerzos constantes como son el peso de personas y que presentan una elongación entre el 1,5 y el 3 % frente a un esfuerzo puntual y las cuerdas dinámicas que presentan unas buenas prestaciones frente a un impacto ya que su elongación, en estos casos, oscila entre el 5 y el 10 % de la longitud de la cuerda. El coeficiente de seguridad debe ser de 10.

Existen, además, unas cuerdas denominadas cordinos y que se caracterizan por tener un diámetro de 8 mm o inferior. Sirven para suspender herramientas o maquinaria, o para asegurar pequeños objetos.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **Conectores**

Son pequeñas piezas en forma de anillos de metal, con apertura, que se utilizan para la conexión de elementos del equipo vertical. Existen dos tipos principales: los mosquetones y los maillones.

Los mosquetones son anillos de metal con un sistema de apertura de cierre automático en forma de pestaña. Sirven de nexo de unión entre la persona y los materiales o entre los diferentes accesorios. Hay mosquetones sin seguro y con seguro.

Los mosquetones sin seguro están formados por una pieza en forma de C y una pestaña que al presionarla permite su apertura. Pueden abrirse de forma accidental por lo que no deben usarse para trabajos verticales y solo se pueden emplear para maniobras auxiliares como conectar herramientas.

#### **Arneses**

Los arneses son dispositivos de prensión del cuerpo destinados a parar las caídas.

El arnés anticaídas puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste y de enganche y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta.

Los arneses deben estar diseñados de forma que no presionen, limitando la circulación sanguínea, sujeten la región lumbar y no ejerzan fuertes presiones sobre el hueso ilíaco.

#### **Cabo de anclaje**

Se utiliza un cabo de anclaje doble unido al anclaje de la cintura del arnés.

El cabo de anclaje doble conecta el arnés con los aparatos de ascenso, descenso o directamente a una estructura.

#### **4.7.4 Mantenimiento**

Todos los elementos que componen el equipo de protección anticaídas deberán comprobarse y verificarse diariamente por cada operario antes de iniciar los

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

trabajos, debiendo desecharse cualquier equipo o elemento del mismo que presente algún tipo de daño.

#### **4.7.5 Operador**

En particular, los operadores de trabajos verticales deben tener una serie de conocimientos específicos consistentes en:

- Técnicas de uso del equipo de acceso para que éste sea seguro, con dos cuerdas (una de suspensión y otra de seguridad) para cada operario.
- Técnicas de instalación que incluyen los elementos de fijación, naturales o instalados.
- Técnicas de progresión una vez instalado el equipo.

Sólo las personas preparadas, formadas específicamente y autorizadas deben efectuar trabajos verticales.

Todos los operarios deberán ser mayores de edad y haber pasado un examen médico que descarte problemas de tipo físico o psicológico.

## **4.8 TRANSPORTE Y MANEJO DE MATERIALES**

### **4.8.1 Descripción de la actividad**

Esta unidad consiste en el transporte, descarga y colocación en obra de piezas de gran volumen y peso. Para su puesta en obra es necesario el uso de una grúa móvil.

### **4.8.2 Riesgos profesionales**

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación.
- Caída de personal al mismo y distinto nivel.
- Desplome de piezas prefabricadas.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Aplastamientos de manos o pies al recibir las piezas.

#### **4.8.3 Medidas preventivas**

- Se balizará la zona bajo la vertical en la que se esté izando la carga, de forma que ningún trabajador pueda invadir la superficie sobre la cual pueda caer la carga, en caso de descuelgue de ésta.
- La carga será izada del gancho de la grúa mediante el auxilio de balancines.
- La carga en suspensión se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza.
- Una vez presentada la carga en el sitio de instalación se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, al montaje definitivo. Concluido éste, podrá desprenderse del balancín.
- Una vez comprobado que la carga está bien asentada, será necesario poner el medio de elevación en punto muerto y efectuar la parada del mismo, antes de llevar a cabo el desenganche de la carga.
- Se revisará frecuentemente el buen estado de los elementos de elevación (eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc.).
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- Se instalarán señales de "peligro, cargas suspendidas".
- Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de cargas.
- Las cargas se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares señalados.
- Las cargas se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- A las cargas en acopio, antes de proceder a su izado para ubicarlos en la obra, se les amarrarán los cabos de guía, para realizar las maniobras sin riesgos.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Las barandillas de cierre de los forjados y huecos verticales o cualquier otra protección se irán desmontando únicamente en la longitud necesaria para recibir la carga, conservándose intactas en el resto de la fachada.
- Se paralizará la labor de izado de cargas bajo régimen de vientos superiores a 50 Km/h.

#### **4.8.4 Protección individual**

- Casco de seguridad
- Guantes de lona y serraje
- Guantes de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad
- Botas de goma con puntera reforzada
- Arnés de seguridad

#### **4.8.5 Protección para soldadores**

- Yelmo para soldadura
- Pantalla de mano para soldadura
- Gafas para soldador
- Mandil de cuero
- Polainas de cuero
- Manguitos de cuero
- Guantes de lona y serraje

### **4.9 TRABAJOS FORESTALES**

Comprenderán todos los trabajos de limpia, tala y poda de arbolado en la proximidad de las líneas eléctricas con el fin de evitar interferencias en los trabajos de instalación de apoyos y tendido de cables.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **4.9.1 Riesgos**

- Caída de objetos
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Daños a tercera
- Contactos eléctricos
- Golpes y cortes
- Sobreesfuerzos
- Carga física
- Desprendimiento, desplome y derrumbes
- Caídas a distintito nivel
- Incendios

#### **4.9.2 Medidas preventivas en el talado de árboles**

- Si la dirección de caída natural no coincide con la elegida, se forzará ésta mediante cuerdas y se efectuará la "entalla" en tal dirección.
- Ningún operario permanecerá en las proximidades de caída en la trayectoria del árbol, incluso de los árboles próximos a dicha trayectoria.
- No se efectuarán operaciones de tala con vientos fuertes.
- Los árboles deberán ser guiados en su caída cuando puedan producir daños a terceros, propiedades, etc.
- Una vez comenzada la tarea de talado, ésta deberá terminarse totalmente antes de retirarse al terminar la jornada de trabajo.
- Si es necesario derribar un árbol cerca de líneas eléctricas, telefónicas, etc., se deberán cortar las ramas a una altura suficiente para que el árbol caiga sin traspasar la distancia de seguridad.
- Antes de talar es conveniente cortar las ramas que estén demasiado bajas.

#### **4.9.3 Medidas preventivas en la poda**

- Una persona dirigirá los trabajos desde el suelo.
- No se situarán varios operarios en un árbol simultáneamente.
- Antes de acceder a cualquier árbol se deberán inspeccionar las ramas, para comprobar si tienen debilidades en su estructura.
- Al ascender/descender del árbol, los operarios no transportarán herramientas en las manos.
- Durante los trabajos que impliquen caída de ramas, no permanecerá ninguna persona debajo de la zona afectada.
- Se respetarán las distancias de seguridad en el caso de cortar ramas en proximidad de líneas eléctricas. Si no fuera posible se procederá al descargo de las mismas.
- Para evitar daños a terceros, interrupción de carreteras, vías, etc., se tendrá especial cuidado en la caída de las ramas. Si es necesario se guiará y controlará su caída mediante cuerdas o medios auxiliares.

#### **4.9.4 Protecciones individuales**

- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad anti proyecciones
- Pantalla facial
- Mascarilla anti polvo con filtro mecánico recambiable
- Ropa de trabajo
- Guantes de cuero
- Arnés de sujeción

## **5 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LA MAQUINARIA DE OBRA**

Para la realización del presente proyecto de ejecución de obra, se tendrán en cuenta al menos las siguientes unidades constructivas:

- Máquinas para movimiento de tierras
- Camión basculante
- Camión hormigonera
- Bombas de hormigón sobre camión
- Vibrador
- Cables y eslingas
- Dumper
- Pequeñas compactadoras
- Herramientas manuales
- Bombas sumergibles
- Camión grúa
- Grúa sobre neumáticos autopropulsada
- Maquinaria para trabajos forestales
- Máquina de tendido y freno
- Pilotadora

## **6 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS MEDIOS AUXILIARES**

Para la ejecución de las obras, se prevé que se utilicen al menos los siguientes medios auxiliares:

- Instalación eléctrica provisional de obra

- Andamios en general
- Escaleras de mano
- Pasarelas y rampas
- Barandillas de protección

## **7 ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE**

Como se establece en el Art. 20 de la Ley 31/95 pasamos a analizar las posibles situaciones de emergencia así como las medidas necesarias a adoptar.

Aunque el objetivo de este estudio de seguridad y salud es establecer las bases para que las empresas contratistas puedan planificar la prevención a través del Plan de Seguridad y Salud y de su Plan de prevención y así evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario prever la existencia de primeros auxilios para atender a los posibles accidentados.

Siempre en un lugar visible como casetas de obra, se colocara un cartel indicativo con los teléfonos de emergencia y la ruta al hospital más próximo.

### **7.1 PRINCIPIO DE ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA**

Existen 4 Principios de actuación de emergencia que deben seguirse cuando se atiende un accidente:

- 1º Examinar la escena del accidente
- 2º Solicitar ayuda del servicio designado para la atención médica
- 3º Actuar con calma y tranquilizar al accidentado ganándose su confianza
- 4º Evaluar el estado del accidentado.

Dependiendo de la causa originaria del accidente la persona afectada podrá sufrir de:

- Heridas

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Contusiones
- Fracturas
- Quemaduras
- Electrocutación

## **7.2 EVACUACIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

- Asegúrese de que tanto usted como la víctima no corren peligro. Observe el lugar, despeje los alrededores y compruebe si hay, humo, cables eléctricos, derrame de líquidos peligrosos, vapores químicos u objetos materiales que puedan caerse.
- Nunca pase a un lugar inseguro, si fuera imprescindible hacerlo, salga de inmediato.

## **7.3 CÓMO MOVER AL ACCIDENTADO**

Examinar al accidentado y descartar posibles lesiones de columna vertebral (viendo si mueve los miembros, si los siente, o tiene golpes en la cabeza). Si estos síntomas son positivos y usted no tiene más remedio que mover al paciente o corre peligro inmediato, use el método de arrastre agarrando de la ropa a la víctima para llevarlo al lugar seguro. Actuará de la siguiente forma:

- 1º No doblar la columna
- 2º Apoyarlo sobre plano duro boca arriba
- 3º Cabeza, tronco y piernas en un mismo plano
- 4º Sujetar al accidentado en bloque, (incluida la cabeza)
- 5º No evacuar hasta estar seguros de su correcta inmovilización.
- 6º Agarrar la ropa de la víctima a nivel de los hombros
- 7º Apoyar la cabeza de la víctima en sus muñecas y antebrazos
- 8º Arrastrar a la víctima por sus ropas

## **7.4 PEDIR AYUDA**

- Lleve la iniciativa haciendo ver que está usted preparado para ayudar a su compañero.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Si está solo debe solicitar ayuda. Preste los primeros auxilios más necesarios, luego deje a la víctima brevemente y busque a la persona más cercana para que lo notifique al servicio de atención médica de emergencia designado.

## 7.5 GANAR LA CONFIANZA DE LA VÍCTIMA

Demuestre tranquilidad, no complicando la situación reaccionando exageradamente y asustando a la víctima, anímela y reste importancia al suceso:

- Respirando profundamente y relajándose.
- Sentándose y hablando con la víctima serenamente.
- Comunicando a la víctima que la ayuda está en camino.

## 7.6 EVACUACIÓN DEL ACCIDENTADO

Valorar la importancia del estado del paciente, puede ser un factor de ayuda para el equipo de atención médica, notificando lo observado en la evaluación a su llegada. Comprobaremos:

- 1º Pulso:
  - Tome el pulso en la arteria carótida colocando dos o tres dedos hacia uno de los lados del cuello, bajo la nuez.
- 2º Vías respiratorias:
  - Examine dentro de la boca para comprobar que no hay ningún objeto extraño (cuidado con las prótesis dentarias)
  - Desplace la cabeza hacia atrás para que la lengua no bloquee la garganta, esto suele ser decisivo para facilitar la entrada del aire.
  - Si se sospecha que hay lesión de columna cervical, utilice el procedimiento de empujar la mandíbula hacia delante con ambos pulgares.

Mientras administra los primeros auxilios, es extremadamente importante que continúe revisando las vías respiratorias. Use el método de cabeza inclinada y mentón levantado o el de empuje de la mandíbula para evitar que la lengua de la víctima se deslice hacia atrás, bloqueando la garganta.

Si no respira seguir los siguientes pasos:

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Incline la cabeza y aproxime el oído al pecho de la víctima.
- Observe el pecho y vea si se está moviendo
- Acerque la mejilla al rostro de la víctima para sentir su respiración
- Si el accidentado tiene una lesión en la columna, está boca abajo, y sospecha que no respira, puede ser necesario moverle para descongestionar las vías respiratorias

## **7.7 HEMORRAGIAS**

Debido a la posibilidad que hay de contagio del SIDA y de la hepatitis B, se deben extremar las precauciones al tratar con heridas que tengan hemorragias. Para aplicar los primeros auxilios y evitar un posible contagio:

- Se utilizarán guantes de protección de latex u otro material disponible evitando el contacto directo con la sangre
- Si estos guantes no están disponibles, utilice su imaginación y use lo que tenga a mano, plásticos, cartones o cualquier material que le proteja.
- Después de auxiliar a la víctima lávese cuidadosamente las manos
- Para detener las hemorragias se procederá de la siguiente manera:
- Comprimir la herida con gasa esterilizadas (si fuese posible), paño, toalla o pañuelo y sujete el apósito suavemente
- Si es una pierna o un brazo el afectado, elévelo.
- Tumbbar al herido.
- Si la hemorragia es importante, y no cesa se presionará con los dedos la arteria que riega la zona sangrante
- No se manipulará la herida
- No presionar en caso de fractura
- No hacer maniobras bruscas
- No retirar los apósitos aunque estén empapados, aplique un nuevo vendaje encima.

## **7.8 PÉRDIDA DEL CONOCIMIENTO**

- El sistema circulatorio deja de emitir suficiente sangre oxigenada a los órganos vitales, especialmente al cerebro. Los síntomas (Inmovilidad, piel pálida, pulso débil e irregular, presión sanguínea baja, sudoración fría, respiración superficial).
- Este estado puede presentarse cuando el accidentado ha sufrido traumatismo de gravedad, hemorragia importante o quemaduras externas. Se procederá del siguiente modo:
  - Tumbiar al paciente con las piernas elevadas del suelo (15 a 20 cm) utilizando cualquier objeto disponible
  - Aflojar la ropa
  - Abrigar al paciente
  - Mantener despejadas las vías respiratorias
  - Transporte inmediato a un centro sanitario.

### **IMPORTANTE**

No eleve las piernas de un accidentado que ha sufrido un traumatismo de cabeza, pecho o columna.

Si la víctima manifiesta dificultad para respirar, colóquela en posición semi inclinada para facilitar la respiración.

Si la persona ha sufrido una lesión en el miembro inferior, eleve el otro miembro.

Si el accidentado presenta ganas de vomitar, colóquelo sobre su costado para facilitar la salida del contenido gástrico.

## **7.9 ELECTROCUCIÓN**

Resista la tentación de correr a auxiliar a un compañero accidentado por una descarga eléctrica.

- Desconectar la corriente eléctrica (no intente desconectar los cables)
- Comprobar que el lugar esta seco y en condiciones seguras
- Utilizar una pértiga o utensilio de madera para separa al accidentado

## **7.10 QUEMADURAS**

Pueden ser de:

- De primer grado-Enrojecimiento
  - De segundo grado-Ampollas
  - De tercer grado-calcinamiento
- Es importante cubrir toda la piel quemada con gasa estéril si es posible, no deben romperse las ampollas, ni hacer aplicaciones con productos extraños. Elevar los miembros ( si son estos los quemados) para aliviar el dolor y si tiene dificultades para respirar, incorporar a la víctima.
  - Examen corporal del accidentado
  - Revise a la víctima de la cabeza a los pies para determinar las lesiones sufridas. Comience por la cabeza y continúe hasta los pies, comparando ambos lados del cuerpo al mismo tiempo. Revise el cuerpo de la víctima para ver si encuentra:
    - Posibles hemorragias
    - Fracturas
    - Deformidades
    - Collares o brazaletes de alergia médica

## **8 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

### **8.1 LIMPIEZA DE OFICINAS E INSTALACIONES PROVISIONALES**

El personal previsto es de una persona con dedicación de cinco horas a la semana.

### **8.2 TRABAJOS DE OFICINA**

El personal previsto es un administrativo a jornada completa y el jefe de obra, ayudantes y encargado, compartido el trabajo de oficina con el trabajo a pie de obra.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

El trabajo de oficina implica el uso continuado de mobiliario y equipos informáticos, así como la exposición a determinadas condiciones ambientales de ruido, temperatura, humedad e iluminación, cuyo correcto diseño tiene una importante influencia sobre la comodidad, eficacia en el trabajo e incluso sobre la salud de los trabajadores.

La masiva incorporación de terminales de ordenador a los puestos de oficina ha hecho aumentar la incidencia de patologías ocupacionales que afectan a una parte importante de la población ocupada en el sector. Determinados problemas como las molestias musculares en la zona de cuello y de espalda, la fatiga y alteraciones visuales o el estrés son los problemas manifestados con mayor frecuencia.

Aunque la gravedad de la mayoría de los problemas que se presentan en las oficinas es bastante menos acusada que en otros tipos de ocupaciones, como la construcción o la industria, es preciso abordar soluciones efectivas, sobre todo teniendo en cuenta que dichos problemas son relativamente fáciles de resolver.

### **8.3 LABORES DE VIGILANCIA DEL CENTRO DE TRABAJO**

El personal previsto es de una persona en la fase final de obra y en horario nocturno. Su trabajo consiste en la realización de rondas por perímetro de la obra avisando a las fuerzas del orden en caso de detectar situaciones irregulares (vehículos sospechosos, personal dentro de la obra fuera de horario, etc.)

### **8.4 RIESGOS PROFESIONALES**

- Caída al mismo nivel
- Caída a distinto nivel
- Cortes por uso de herramientas y máquinas
- Contactos eléctricos
- Contactos con sustancia químicas, solo para el personal de limpieza.
- Sobreesfuerzos
- Estrés

## **8.5 ORDEN Y LIMPIEZA**

El orden y la limpieza en los lugares de trabajo son dos principios fundamentales de la prevención. Por eso, todos los trabajadores y cargos deben implicarse y hacer un esfuerzo en mantener los lugares de trabajo, limpios y ordenados.

La importancia del orden y la limpieza se debe a los siguientes puntos:

- Se evitan peligros (tropezos, resbalones, caídas de materiales, etc.).
- Se ahorra tiempo de trabajo porque se encuentran las cosas antes.
- Con el orden se gana espacio.
- El trabajo en lugar limpio y ordenado es más agradable para todos.

## **8.6 CAÍDAS AL MISMO NIVEL**

La actividad en oficinas está sometida a una serie de riesgos inherentes a la propia actividad y a la forma realizada (carga de trabajo, horarios, etc.).

Las medidas preventivas para evitar las caídas al mismo nivel son:

- Buen almacenamiento y mantener los suelos limpios y sin obstáculos.
- No correr en el lugar de trabajo.
- Mantener una adecuada iluminación en las vías de paso.
- Los suelos y paredes han de ser de materiales que no den lugar a huecos y grietas.
- Tener un sitio adecuado donde se puedan ir poniendo los restos, desperdicios, etc.

## **8.7 CAÍDAS AL DISTINTO NIVEL**

Es posible que se den caídas a distinto nivel y, para evitarlas en la medida de lo posible, es muy importante:

- Mantener un adecuado orden y limpieza en las escaleras y zonas de paso.
- Mantenerlas secas y limpias.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Colocar barandillas en las zonas de paso.
- Buena señalización y adecuada iluminación en las zonas de escaleras.

## **8.8 CORTES**

Por el uso continuado de elementos cortantes y punzantes y maquinaria (máquinas de escribir, ordenadores, calculadoras, multcopistas, destructoras de documentos, guillotinas, etc.), el trabajador está expuesto a cortes y atrapamientos. Para minimizar estos riesgos, se debe cumplir lo siguiente:

- El uso de maquinaria segura .
- Un correcto orden y limpieza de la maquinaria.
- Una vez finalizada la jornada o el trabajo con una determinada máquina, colocarla en su correcto lugar. Ahorra tiempo y evita pinchazos y cortes por su mala colocación.
- Usar la maquinaria y los utensilios para la tarea para la cual han sido diseñados.
- Utilizar las máquinas siempre con sus protecciones puestas.
- Conservar las máquinas en buenas condiciones para evitar su deformación o deterioro.

## **8.9 CONTACTOS ELÉCTRICOS**

Para minimizar los riesgos por contacto eléctrico se deben cumplir las siguientes medidas preventivas:

- Mantener los equipos en perfecto estado (mantenimiento periódico).
- Antes de usarlos es aconsejable revisar que los cables, enchufes, etc. están en perfecto estado.
- La toma de tierra y los interruptores son medidas de protección muy importantes y es necesario revisarlas periódicamente.
- Evitar el uso de ladrones, ya que producen sobrecargas.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Las instalaciones eléctricas (cuadros eléctricos, cableados, etc.), han de estar aislados y cerrados para evitar manipulación por personas que no están capacitadas para ello.

## **8.10 CONTACTO CON SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL PERSONAL DE LIMPIEZA**

En las operaciones de limpieza de este tipo de establecimientos se usan sustancias cáusticas como lejía, amoníaco, agua fuerte y otras que son tóxicas y peligrosas para el trabajador, por ello se debe:

- Intentar sustituir dichas sustancias por otras con las mismas propiedades pero que sean menos peligrosas.
- Conocer las propiedades y peligros que entraña el uso de dichas sustancias.
- Exigir al fabricante la ficha de seguridad de cada producto. En éstas, además, se indica la forma de actuar ante una emergencia.
- Los productos que sean inflamables han de colocarse en sitios adecuados que estén correctamente ventilados y alejados de fuentes de calor.

## **8.11 SOBRESFUERZOS**

Los trabajadores de oficinas suelen tener problemas de dolor lumbar debido a:

- Manejo de cargas (cajas, útiles de trabajo, etc.).
- Las posturas a las que están sometidos la mayor parte de su jornada (de pie, sentados, etc.).
- Movimientos muy repetitivos.
- El espacio de movimiento suele ser estrecho.

Para reducir sobreesfuerzos se deben tomar las siguientes medidas preventivas:

- Es necesario disminuir el peso de las cargas (respetar las cargas máximas según sexo y edad).

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Adecuar el mobiliario en altura a los trabajadores que vayan a estar en estos puestos, a fin de evitar posturas forzadas que conduzcan a lesiones dorso lumbares.
- Una buena organización que permita que el trabajador pueda cambiar de postura y descansar durante el trabajo

#### **8.12 ESTRÉS**

La buena organización del trabajo y la adecuada motivación del trabajador es importante para un adecuado funcionamiento y evitar situaciones de estrés.

Para reducir el estrés se deben tomar las siguientes medidas preventivas:

- Es necesario distribuir las tareas claramente
- Planificar el trabajo de cada operario durante su jornada.
- En el caso de turnos con una mayor carga de trabajo, es aconsejable reforzar estos turnos.
- Prever situaciones de trabajo extras.
- Pausas de los trabajadores.
- No prologar excesivamente la jornada habitual de trabajo.
- Motivación del personal.
- Responsabilizar a la gente de su trabajo e informarles sobre la calidad del mismo.
- Impedir que se cree un clima de competitividad entre los trabajadores, y así evitar enfrentamientos entre ellos y mal ambiente de trabajo.

#### **8.13 MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS**

En relación a la forma de actuar correctamente al realizar estos movimientos, a continuación se describe como deben ser estos:

Muchos esguinces, dislocaciones y distensiones, entre otras lesiones, se producen al levantar o bajar cargas objetos manualmente, por lo que la manipulación de

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

materiales ocasiona, aproximadamente, un cuarto de todas las lesiones ocupacionales que no se producen solamente en el almacén, sino también en cualquier instante de las operaciones.

La prevención de los accidentes de transporte manual o de manipulación no debe ir solamente enfocada al trabajo efectuado por la manutención. Ésta debe dirigirse a mejorar las técnicas simples de “levantar-llevar”, pero también debe incluir todo lo que ponga en cuestión el comportamiento físico del individuo cualquiera que sea el puesto de trabajo.

Se deben tener en cuenta las siguientes reglas:

- No realizar esfuerzos excesivos.
- No llevar una carga demasiado grande que no permita ver sobre esta o hacia los costados.
- Examinar la carga para asegurarse de que no tiene bordes cortantes, clavos salientes o puntos de atrapamiento.

Un vez que se haya decidido levantar algo, se debe recordar esta regla: levantar con las piernas, no con la espalda. Emplear el método siguiente:

- Apartar las piernas colocando un pie delante de otro.
- Agarrar firmemente la carga con toda la mano y no solamente con los dedos.
- Para tener más fuerza, mantener los codos cerca del cuerpo.
- Apoyar el peso directamente sobre los pies y acercar la carga.

## **9 RIESGOS Y PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS**

- Derivados de la intromisión descontrolada de personas en la obra, durante las horas de trabajo o descanso.
- Atropellos por vehículos al entrar o salir de la obra.
- Choques en los enlaces con carreteras o caminos existentes.
- Caída de objetos sobre personas.
- Caída de personas al mismo y diferente nivel.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **9.1 MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Se procederá al cerramiento perimetral de la obra, de manera que se impida el paso de personas y vehículos ajenos a la misma. En todos aquellos casos en los que por trabajos puntuales sea necesario invadir la calzada, se señalizará la zona.
- La altura de la protección perimetral no será inferior a 2 metros.
- Se prevé colocación de señales de seguridad en lugares acorde al riesgo específico.
- Se establecerán accesos cómodos y seguros, tanto para personas como para vehículos y maquinaria. Se separaran los accesos de vehículos y maquinaria.
- Si no es posible lo anterior, se separara por medio de barandilla la calzada de circulación de vehículos y la de personal, señalizándose debidamente.
- Las rampas para el movimiento de camiones no tendrán pendientes superiores al 12% en los tramos rectos y el 8% en las curvas.
- Antes de comenzar los trabajos se deberán conocer los servicios públicos que puedan resultar afectados, tales como agua, gas, electricidad, saneamiento, etc. Por otra parte, existirán riesgos derivados de la salida de vehículos, llegando incluso a colocar un semáforo para una mejor salida de vehículos.
- Una vez conocidos los servicios públicos que se encuentren involucrados, hay que ponerse en contacto con los departamentos a que pertenecen y cuando sea posible, se desviarán las conducciones afectadas.

#### **9.2 PROTECCIONES COLECTIVAS**

- Desvío de las líneas que interfieren con la obra.
- Señalización de la existencia del riesgo.
- Vallado del solar.
- Señalización de los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso de toda persona ajena a la misma.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Se señalarán de acuerdo con la normativa vigente los enlaces con carreteras y caminos, tomándose las adecuadas medidas de seguridad.
- Instalación de malla tupida que evite la caída de pequeñas partículas a la calle.
- Instalación de vallas de limitación y protección, cintas de balizamiento, etc.

## 10 PRESUPUESTO

### 10.1 ARTÍCULO I: INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
Horno microondas de 18 litros de capacidad, con plata giratorio incorporado(amortizable 5 usos).	1	62,00	62,00
Mesa de comedor tipo parque. Comercializada en madera de pino barnizada, sobre armazón metálico pintado anticorrosión para soporte de tablero y bancos laterales. Modelo con capacidad para 10 comensales.	1	95,00	95,00
Costo mensual de conservación de las Instalaciones (2 horas/semana)	48	5,56	266,88
Frigorífico doméstico instalado en comedor	1	240,15	240,15
Calefactor convector eléctrico de 1000 a 2000 W de potencia, instalado en los vestuarios, aseo y comedor.	1	14,23	14,23
Banco fabricado con madera de pino, lijado y barnizado para 5 personas de capacidad, comedor y vestuario	2	45,23	90,46
Armario taquilla con chapa metálica, con cerradura de llave	10	22,13	221,30
Calentador para agua de 50 litros	1	150,00	150,00
Espejo	1	24,68	24,68
Pila lavavajillas	1	90,26	90,26
Acometida de agua y electricidad	1	150,00	150,00
Acometida de saneamiento de vestuario y comedor	1	150,00	150,00
Cubos para recogida de basuras (amarillo, verda, azul)	1	90,00	90,00

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos quimicos.	6	100,00	600,00
Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor	6	100,00	600,00
Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuario.	6	100,00	600,00
Mes de alquiler de caseta prefabricada para primeros auxilios	6	100,00	600,00
Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacen	6	100,00	600,00
Costo mensual de limpieza y desinfeccion de casetas de obra, considerando 2 horas semana por un peon ordinario.	48	5,56	266,88
<b>TOTALARTÍCULO I</b>			<b>4.911,84</b>

## 10.2 ARTÍCULO II: PROTECCIONES COLECTIVAS

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
Valla tipo ayuntamiento de 2,50 m. de largo y 1 m. de alto.	20	12,0	240,00
Tope para camion de 5 metros	4	32,85	131,40
Alquiler m/mes valla metalica de 2 m de altura por 2 metros long.	20	6,32	126,40
Lampara portatil de mano, con cesto protector y mango aislante	5	8,24	41,20
instalacion de puesta a tierra	1	93,96	93,96
Transformador de seguridad con primario para 220V. Y secundario de 24 V. y 1.000 W., instalado.	1	24,50	24,50
Extintor de polvo quimico ABC de 9 kg.	4	35,95	143,80
Extintor de nieve carbonica CO2 de 5 Kg.	4	35,95	143,80
Malla naranja tipo ayuntamiento de 1 m. de altura	100	0,15	15,00
citna balizamiento bicolor rojo/blanco de plastico.	100	0,20	20,00
Cono de balizamiento reflectante irrompible de 50 cm de diametro.	10	11,25	112,50
Cartel indicativo generico de riesgos.	4	15,28	61,12
Cuerdas auxiliares	6	6,59	39,54
Cuerdas auxiliares, guia segura de cargas	10	6,53	65,30
Exlingas de seguridad	8	12,36	98,88

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

<b>TOTAL ARTICULO II</b>			<b>1.357,40</b>

### 10.3 ARTÍCULO III: EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
Filtro para radiaciones de arco voltaico	2	2,15	4,30
Mascarilla de papel filtrante contra el polvo	10	0,78	7,80
Mascarilla contra las partículas con filtro mecánico recambiable	10	7,69	76,90
Mascarilla contra las emanaciones tóxicas.	2	7,98	15,96
Guantes de goma o de material plástico sintético.	10	1,23	12,30
Guantes de cuero flor y loneta	2	6,69	13,38
Guantes aislantes de la electricidad hasta 1000 v.	2	12,13	24,26
Gafas de seguridad contra las proyecciones y los impactos	10	3,19	31,90
Rodilleras para soldadores y otros trabajos realizados de rodllas	2	12,69	25,38
Gafas de seguridad de protección de las radiaciones de soldaduras y oxicorte	2	4,34	8,68
Pantalla de seguridad contra las radicaciones de soldaduras y oxicorte	2	15,69	31,38
Filtro químico para disolventes	2	7,63	15,26
Polainas de cuero flor	2	3,12	6,24
Filtro químico para mascarilla contra las emanaciones tóxicas	2	6,98	13,96
Ropa de trabajo, monos o buzos de algodón	10	10,76	107,60
Mandiles de seguridad fabricados en cuero	2	4,92	9,84
Manguitos de cuero flor	2	3,58	7,16
Casco con pantalla de seguridad	2	6,57	13,14
Pantallas de seguridad contra proyecciones de sujeción al cráneo	2	8,34	16,68
Cascos de seguridad	10	4,93	49,30

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Guantes de malla contra cortes	10	8,03	80,30
Manoplas de cuero flor	2	1,38	2,76
Botas aislantes de la electricidad	2	12,05	24,10
Botas de goma o material plástico sintético impermeables.	10	10,36	103,60
Botas en loneta reforzada y serraje con suela contra los deslizamientos en goma o PVC.	10	11,33	113,30
Botas de Seguridad en PVC de media caña con plantilla contra los objetos punzantes	10	11,90	119,00
Casco de Seguridad - yelmo del soldador	2	3,77	7,54
Filtro para radiaciones de arco voltaico. Gafas de soldador	2	1,56	3,12
Cascos protectores auditivos	10	3,01	30,10
Arneses de Seguridad contra las caidas	4	48,00	192,00
Faja de protección contra los sobreesfuerzos	4	7,83	31,32
Filtro mecánico para las mascarillas contra el polvo	20	1,94	38,80
Casco de seguridad, aislante eléctrico (baja tensión).	4	3,69	14,76
Guantes aislantes contacto electrico en tension hasta 5000 V	4	24,36	97,44
Guantes aislantes contacto electrico en tension hasta 10000 V	4	29,36	117,44
Par botas aislantes para electricista hasta 5000 V	4	36,85	147,4
Chaleco personal reflectante colores amarillo.	10	4,00	40
<b>TOTAL ARTICULO iii</b>			<b>1.654,40</b>

## 10.4 ARTÍCULO IV: MANO DE OBRA DE SEGURIDAD Y FORMACIÓN

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
Lectiva de formación de los trabajadores en seguridad y salud en el trabajo (grupos de 15 trabajadores). 1 hora	1	100,00	100,00
Técnico de seguridad y salud	80	11,00	880,00

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Reunión Comité de Seguridad (formado por 1 Técnico cualificado en materia de seguridad y salud, 2 trabajadores con categoría oficial 2ª o ayudante y un vigilante con categoría de 1ª 2 horas / mes	6	100,00	600,00
<b>TOTAL ARTICULO IV</b>			<b>1.580,00</b>

## 10.5 ARTÍCULO V: SEÑALIZACIÓN DE OBRA

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
R.T. Advertencia, riesgo de tropezar. Tamaño mediano	1	3,88	3,88
Señal de advertencia de peligro indeterminado	1	3,88	3,88
Señal de advertencia del riesgo eléctrico	1	3,88	3,88
Señal de advertencia de riesgo de incendios por existencia de materias inflamables	1	3,88	3,88
Señal de advertencia de materias comburentes	1	3,88	3,88
Señal de advertencia de riesgo de caída de objetos por cargas suspendidas	1	3,88	3,88
Señal de protección de las vías respiratorias	1	3,88	3,88
Lucha contra incendios. Extintor	1	24,56	24,56
Dirección de salida de emergencia. (plantas en ejecución)	1	3,88	3,88
Señal de advertencia de caída a distinto nivel	1	3,88	3,88
Señal de protección obligatoria de la vista	1	3,88	3,88
Señal de protección obligatoria de la cabeza	1	3,88	3,88
Señal de obligación de uso de protección individual contra las caídas	1	3,88	3,88
Señal de salvamento o socorro, primeros auxilios	1	3,88	3,88
Señal de obligación de protección obligatoria de la cara	1	3,88	3,88
Señal de protección obligatoria de las manos	1	3,88	3,88
Señal de protección obligatoria de los pies	1	3,88	3,88
Señal de obligación de protección obligatoria del cuerpo	1	3,88	3,88

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Señal de protección obligatoria de los oídos	1	3,88	3,88
Señal de prohibición entrada a personas no autorizadas	1	3,88	3,88
Señal de prohibido fumar y llamas desnudas	1	3,88	3,88
Señal advertencia caída a distinto nivel	1	3,88	3,88
Señal riesgos genéricos entrada en obras.	1	10,90	10,90
Señalización trabajos sin tensión	1	3,88	3,88
<b>TOTAL ARTÍCULO V</b>			<b>120,82</b>

## 10.6 ARTÍCULO VI: INSTALACIONES Y SERVICIOS DE PRIMEROS AUXILIOS

Designación de Partida	Cantidad	Precio Euros	TOTAL PRESUPUESTO
			Euros
Maletín botiquín portátil para primeros auxilios	1	36,00	36,00
Reconocimiento médico anual obligatorio	10	36,00	360,00
Señal de primeros auxilios	1	3,44	3,44
<b>TOTAL ARTÍCULO VI</b>			<b>399,44</b>

## 10.7 PRESUPUESTO

<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
ARTÍCULO I Instalaciones provisionales de obra	4.911,84€
ARTÍCULO II Protecciones colectivas	1.357,40€
ARTÍCULO III Equipos de protección individual	1.654,40€
ARTÍCULO IV Mano de obra de seguridad y formación	1.580,00€
ARTÍCULO V Señalización de obra	120,82€
ARTÍCULO VI Inst. y servicios de primeros auxilios	399,44€

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

---

**TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**10.023,90€**

El presupuesto de seguridad y salud asciende a la cantidad de: **DIEZ MIL VEINTITRES EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS DE EURO.**

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# ANEXO V: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### ANEXO V: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

#### ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 NECESIDAD DEL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	1
1.2 NECESIDAD DE LA LÍNEA.....	2
2 ÁREA DE ESTUDIO .....	2
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
4 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES .....	3
4.1 HIDROGRAFÍA.....	3
4.2 VEGETACIÓN .....	3
4.3 FAUNA.....	5
4.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO .....	6
4.4.1 Espacios protegidos y zonas de interés natural .....	6
4.4.2 Infraestructuras y servicios .....	7
5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	7
6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS .....	8
6.1 MEDIDAS PREVENTIVAS DE PLANIFICACIÓN.....	8
6.2 MEDIDAS PREVENTIVAS DEL PROYECTO.....	8
6.3 MEDIDAS PREVENTIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	9
6.4 MEDIDAS CORRECTORAS.....	10
6.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS A DESARROLLAR EN EL MANTENIMIENTO .....	10
7 IMPACTOS RESIDUALES Y VALORACIÓN GLOBAL .....	10
7.1 IMPACTOS SOBRE EL SUELO.....	10
7.2 IMPACTO SOBRE LA HIDROLOGÍA.....	11
7.3 IMPACTOS SOBRE LA FAUNA.....	11
7.4 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO .....	11
7.4.1 Afeción sobre la población.....	11
7.4.2 Pérdidas en el sector primario.....	12
7.4.3 Afeción a las infraestructuras existentes .....	13

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

7.4.4 Mejora de las infraestructuras y servicios .....	13
7.5 IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE .....	13
7.6 RESUMEN DE IMPACTOS.....	14
7.7 VALORACIÓN GLOBAL DE IMPACTOS .....	14
8 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....	15
8.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	15
8.1.1 Plan de vigilancia y control de ruido.....	15
8.1.2 Plan de vigilancia y control en áreas de actuación.....	16
8.1.3 Plan de vigilancia y control de almacenamiento de tierra vegetal y de control de la erosión .....	16
8.1.4 Plan de vigilancia y control de la calidad del aire.....	16
8.1.5 Plan de vigilancia y control de residuos y efluentes .....	16
8.1.6 Plan de vigilancia y control del paisaje .....	17
8.2 FASE DE EXPLOTACIÓN.....	17
8.2.1 Plan de restitución de los suelos y servicios afectados. ....	17
8.2.2 Plan de vigilancia y control de las Instalaciones .....	18
8.2.3 Plan de vigilancia de avifauna.....	18
8.3 FASE DE ABANDONO. PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL .....	19
8.4 INFORMES DE SEGUIMIENTO.....	19
8.4.1 Seguimiento durante la fase de la obra .....	19
8.4.2 Durante la fase de explotación.....	20

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 NECESIDAD DEL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

El presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se realiza como documento base para llevar a cabo el procedimiento de Evaluación Ambiental de Proyectos contemplado en la legislación básica estatal.

A continuación se describen los aspectos concretos contemplados en el EIA:

- Descripción detallada del proyecto, de sus componentes y de las actividades que su desarrollo conlleva.
- Localización e identificación de las zonas y parajes que, por sus características legales, especiales o destacables se puedan ver afectadas por el proyecto, representen un impedimento para su realización, o posean una sensibilidad especial frente a éste.
- Descripción detallada del ámbito de estudio, analizando sus componentes físicos, biológicos, socioeconómicos y paisajísticos.
- Determinación del trazado de proyecto. Análisis de las alternativas
- Identificación de los efectos ambientales que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto sobre los diversos componentes del medio.
- Proposición de las medidas preventivas y correctoras que permitan evitar, reducir o compensar los impactos ambientales negativos significativos que se puedan producir.
- Identificación y evaluación de los impactos residuales.
- Definición de un Programa de Vigilancia Ambiental, cuyos objetivos serán, por un lado, controlar que todas las medidas definidas y adoptadas se cumplan y, por otro, efectuar el seguimiento y evaluar los resultados obtenidos con su aplicación.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## **1.2 NECESIDAD DE LA LÍNEA**

Las mejoras en el Vertedero Controlado de Meruelo exigen que la energía sobrante producida en su Planta de Aprovechamiento de Biogás se exporte a la Red y sirva como suministro al Ayuntamiento de Argoños.

Por tanto, el presente proyecto tiene como objetivo la ejecución de una línea aérea de alta tensión de doble circuito de 55 kV de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños.

## **2 ÁREA DE ESTUDIO**

La línea del presente proyecto se lleva a cabo en la provincia de Cantabria recorriendo los municipios de Meruelo, Arnúero, Escalante y Argoños, todos ellos situados en la parte noroeste de la comunidad.

Desde el punto de vista medioambiental, esta zona se caracteriza por su escaso relieve, con una importante abundancia de zonas de uso ganadero y de pasto para el ganado, así como la presencia de bosques de eucalipto.

## **3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se propone la instalación de una línea eléctrica aérea de 55 kV de doble circuito, con una longitud de 9.650 metros con 50 nuevos apoyos. La línea objeto de estudio unirá las subestaciones eléctricas de Meruelo y Argoños.

Las obras que se precisan para la construcción de la línea son las siguientes:

- Obtención de permisos.
- Excavación y hormigonado de las cimentaciones del apoyo.
- Retirada de tierras y materiales de la obra civil.
- Acopio de material de los apoyos.
- Armado e izado de apoyos.
- Acopio de los conductores, cables de tierra y cadenas de aisladores.
- Tendido de conductores y cable de tierra.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Regulado de la tensión, engrapado.
- Eliminación de materiales y rehabilitación de daños.

## **4 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES**

El estudio de impacto ambiental refleja las condiciones del medio físico, biológico, socioeconómico y el paisaje del área en que va a implantarse el proyecto. Se identifican los principales valores ambientales que pudieran verse alterados por el desarrollo del proyecto y así facilitar la definición de las medidas preventivas y correctoras de impacto ambiental. A continuación se muestran de forma sintética los datos más destacables referentes a hidrografía, vegetación, fauna y paisajísticas que han sido determinantes para la elección del pasillo de menor impacto.

### **4.1 HIDROGRAFÍA**

El río Campiazo, es uno de sus principales valores naturales. Nace en las estribaciones del pico Regolfo en el municipio de Solórzano a una altitud de unos 100m y atraviesa algunos núcleos como Solórzano, Hazas de Cesto, Beranga, San Miguel de Meruelo o La Venera. El Campiazo desemboca en el mar Cantábrico a través de la ría de Ajo, un estuario de configuración lineal que cuenta con distintas figuras de protección. Forma parte también de la cuenca de las Marismas de Joyel y Victoria, masa de agua de transición vinculada a la cuenca de Campiazo

### **4.2 VEGETACIÓN**

La vegetación de la zona en la que transcurre la línea se compone principalmente de plantas características de praderas y pastizales y de bosques de frondosas o de hoja ancha.

La vegetación no sufre alteraciones por la realización del proyecto de manera significativa, siendo necesaria la tala de pequeñas superficies en bosques de

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

eucaliptos. Estas masas de arbolados no son consideradas de interés botánico o natural y han sido plantadas para su aprovechamiento maderero en la producción de pasta de papel.

Dentro de las especies vegetales en la zona destacan:



- Tojo (Genista Hirsuta)



- Zarza (Rubus Ulmifolius)



- Brezo (Erica Cinerea)



- Brezo (Erica Australis)



- Brezo (Erica Vagans)



- Brezo vizcaíno  
(Daboecia cantábrica)

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”



- Piorno (*Cytisus scoparius*)
- Hierba cana (*Senecio Vulgaris*)

La vegetación marismeña presenta un conjunto de plantas adaptadas a vivir en las condiciones de alta salinidad y se denominan halófilas (de halos=sal y phyton=planta). Además de la salinidad del suelo de las marismas, estas plantas deben hacer frente a la influencia de las mareas, que dan lugar a bandas de vegetación bien diferenciadas, en función de su adaptación a una mayor, menor o nula inmersión en las aguas salobres de los estuarios. Entre ellas se cuentan algas y plantas como las zosteras, que viven en canales profundos. El predominio corresponde nitidamente al Junco (*Juncus Maritimus*) acompañado de *Festuca Pruinosa*, *Inula Crithmoides* y otras numerosas plantas subhalófilas, generalmente herbáceas vivaces.

### 4.3 FAUNA

La Reserva de Santoña, Victoria y Joyel está catalogada como Zona de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.), Sitio Ramsar y Área Importante para las Aves en Europa.

Hay que destacar la cantidad y calidad de la producción biológica, o lo que es lo mismo, la diversidad de seres vivos que se reúnen en su seno, pudiendo nombrar como grupos zoológicos más representativos a moluscos (almeja fina, ostra, berberecho o navaja); crustáceos (todo tipo de cangrejos y camarones); peces (tanto sedentarios como erráticos ocasionales del estuario) o aves.

Cuando el frío arrecia en los países norte-europeos, miles de aves se desplazan hacia el sur en busca de un clima más suave, muchas de ellas encuentran en las marismas de Santoña un lugar idóneo donde instalar sus cuarteles de invernada.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Así, se han llegado a contabilizar en un solo invierno alrededor de 20.000 individuos de unas 100 especies, entre las que hay algunas protegidas y otras en grave peligro de extinción como el Colimbo del Ártico.

De entre la avifauna más destacable nos encontramos con la espátula, que utiliza las marismas de Santoña como estación de paso exclusiva en España en su tránsito hacia Doñana; el zarapito real, de gran escasez; diversos tipos de patos como el real y el azulón, el silbón, el pato cuchara, el rabudo, el friso; limícolas tales como agujas, chorlitejos, avocetas o zancudas, entre las que destaca la garceta y, por su majestuosa presencia, la garza real; todo tipo de gaviotas, fochas, incluso alcas y araos, además del impresionante cormorán grande.

Por el importante tránsito de aves, se deben considerar medidas de protección de avifauna, colocándose salvapájaros en espiral en el cable de tierra cada 10 metros.

## 4.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 4.4.1 Espacios protegidos y zonas de interés natural

La ZEPA más cercana es la reserva de Santoña, Victoria y Joyel y la subestación de Argoños se encuentra dentro de la limitación del parque natural.



#### **4.4.2 Infraestructuras y servicios**

En la zona de estudio existen algunas infraestructuras de comunicación como son las siguientes carreteras:

- Carretera CA-456
- Carretera CA-147
- Carretera CA-440
- Carretera CA-148

## **5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

El análisis de alternativas de la instalación de la línea eléctrica a 55 kV, resulta mediatizado en mayor o menor grado por varios factores genéricos que a continuación se enumeran:

- Reducida dimensión del ámbito de estudio.
- Necesidad de minimizar la longitud del nuevo tendido.
- Necesidad de respetar especificaciones establecidas por el RLAT.
- Necesidad de respetar las especificaciones establecidas para carreteras.

En el presente proyecto se plantean tres líneas alternativas, cuyo trazado se recoge en el documento "planos".

Tras un análisis de las opciones, se opta por la alternativa nº 2 (roja) por minimizar el impacto visual, facilitando su integración en el paisaje. Esto es debido a que se reduce el número de cruzamientos y pasos por bosques de hoja ancha. Además, la traza resulta ser más directa en todo su recorrido, minimizando de esta manera la longitud total y con ello reduciendo los costes totales de la línea.

## **6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS**

### **6.1 MEDIDAS PREVENTIVAS DE PLANIFICACIÓN**

En todas las fases del proyecto se contará con asistencia técnica ambiental mediante la presencia de un técnico que dependerá de la dirección de obra y que asesorará sobre el modo de ejecutar las obras y resolverá imprevistos que puedan aparecer.

### **6.2 MEDIDAS PREVENTIVAS DEL PROYECTO**

Dado que la zona de estudio posee una buena red de caminos agrícolas y la línea atraviesa fundamentalmente terrenos de cultivo, no será necesario abrir nuevos accesos en la mayoría de las zonas por las que discurre la traza.

La ubicación de los apoyos se ha de realizar de tal manera que éstos se hallen, como criterio general, en las zonas menos productivas, y a ser posible en las lindes y límites de cultivos, próximos a caminos ya existentes para poder aprovechar estas vías.

En la fase de proyecto se han considerado medidas adicionales de prevención aplicables a las líneas de alta tensión. Se instalarán protecciones para la avifauna en todo el trazado de la línea. Estas protecciones consistirán en salvapájaros en espiral colocados cada 10 metros en el cable de tierra de la línea.

La traza se ha alejado de los núcleos de población principales y, en general, no existen viviendas habitadas aisladas en una gran franja a cada lado de la línea.

La instalación de los apoyos producirá una pérdida de suelo cultivable de forma permanente. Dicha ocupación es de pequeña magnitud, aunque hay que tener en cuenta la importancia del sector agrícola en la comarca. Por ello, en la fase de proyecto se ha estudiado la ubicación de los apoyos, de forma que se minimice la pérdida de suelo agrícola, lo que se ha considerado una medida preventiva.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

En lo que respecta a las infraestructuras, se ha planificado la instalación de apoyos de forma que se prevé su instalación fuera de las zonas de protección de carreteras y otras infraestructuras, evitando impactos directos sobre ellas. Así mismo se solicitará a los organismos competentes las autorizaciones oportunas para el cruce con las vías de comunicación (carreteras CA-456, CA-147, CA-440 y CA-148).

La ocupación de la línea aérea (en los puntos donde hay cruces con vías pecuarias) será objeto del correspondiente expediente administrativo de autorización.

### **6.3 MEDIDAS PREVENTIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN**

Durante la fase de obras se realizará el seguimiento ambiental de la construcción, que asesorará sobre el modo de ejecutar las obras de modo que la afección sobre el entorno sea mínima y resuelva, sobre la marcha, imprevistos que puedan aparecer.

Se tratará de afectar a la mínima superficie en el entorno de los apoyos de los tendidos, buscando la preservación de los cultivos existentes, siempre que sea viable.

Se evitará la contaminación y los vertidos en el suelo de aceites y grasas provenientes de la maquinaria de construcción. Se exigirá el mantenimiento en taller de los vehículos y maquinaria.

Se extremarán las medidas protectoras durante las obras, manteniendo libres de obstáculos (residuos de obra, escombros, etc.) las líneas de escorrentía, que pudieran impedir la libre circulación de las aguas.

Se tomarán todas las precauciones posibles para causar el menor daño posible a los propietarios, tanto de las fincas directamente afectadas como de los predios colindantes.

Se evitará, siempre que sea posible, el paso por núcleos urbanos y urbanizaciones más próximos de camiones pesados y maquinaria durante la construcción.

## **6.4 MEDIDAS CORRECTORAS**

La eliminación de los materiales sobrantes de las obras se realizará a medida que se vayan terminando los trabajos de construcción, sin que haya que esperar al final de las obras, restituyendo donde sea viable la forma y aspecto originales del terreno. En el caso de materiales que puedan ser focos de incendios como restos de árboles y malas hierbas, se irán retirando a medida que se generen, sin esperar a que se terminen los trabajos.

Si se detectan problemas de compactación en las plataformas de instalación de los apoyos, parques de maquinaria, etc., se procederá a descompactarlas una vez finalizadas las obras mediante un escarificado-subsolado, seguido de un aporte de abono mineral para mejorar los contenidos de fósforo y potasio del suelo.

## **6.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS A DESARROLLAR EN EL MANTENIMIENTO**

Para evitar en lo posible cualquier tipo de fallo se debe mantener un control riguroso y continuo durante la fase de explotación con el fin de prever cualquier posible envejecimiento o agotamiento prematuro de los materiales utilizados en la construcción, y de las condiciones ambientales que garanticen el funcionamiento de la línea.

Se comprobará que han sido efectivas las medidas para evitar la compactación de los suelos y que no se incrementan los procesos erosivos en las pistas abiertas y en los entornos de los apoyos.

## **7 IMPACTOS RESIDUALES Y VALORACIÓN GLOBAL**

### **7.1 IMPACTOS SOBRE EL SUELO**

En la fase de ejecución la ocupación temporal del suelo puede resultar significativa por la necesidad de espacio para la actividad de las máquinas (camiones, grúas, etc.). En la fase de explotación este impacto corresponde

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

únicamente a las superficies ocupadas por los apoyos, por lo que se considera compatible.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **COMPATIBLE**

## **7.2 IMPACTO SOBRE LA HIDROLOGÍA**

El impacto sobre la alteración de la calidad de las aguas y de la red de drenaje viene dado por el cruce con el río Campiezo.

Hay que hacer notar que a este respecto se han previsto las medidas oportunas para evitar vertidos que pudieran provocar contaminación de las aguas superficiales o subterráneas. Por otro lado, no se interrumpe el discurrir de las aguas ni se contribuye a aumentar el riesgo de inundación.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **COMPATIBLE**

## **7.3 IMPACTOS SOBRE LA FAUNA**

Afección a especies protegidas de fauna por colisión (avifauna).

Una vez que la línea entre en funcionamiento, el principal impacto sobre la fauna se produce sobre las aves como consecuencia del incremento del riesgo de colisión.

Las colisiones se producen porque las aves no pueden esquivar los tendidos eléctricos y de telecomunicaciones que encuentran a su paso. En este punto, las medidas correctoras (colocación de salvapájaros) en toda la línea, van encaminadas a la mejor visibilidad de los cables.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **COMPATIBLE**

## **7.4 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO**

### **7.4.1 Afección sobre la población**

Para evaluar este impacto es necesario diferenciar entre la fase de obras y la fase de explotación. Durante las obras las principales molestias sobre la

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

población se producirán como consecuencia de la circulación de maquinaria pesada, incremento de humos y ruidos, etc.

Se ha previsto como medida preventiva durante la fase de obras evitar siempre que sea posible el paso por núcleos urbanos, con el fin de minimizar las afecciones sobre la población. En cualquier caso, son afecciones temporales que terminarán a la vez que las obras.

Otro factor que hay que considerar es la cercanía de algunas viviendas a la línea, como se mencionó anteriormente. Las posibles afecciones que se pudieran producir, debido principalmente al ruido que provoca el paso de la corriente, serían mínimas, ya que se supera la distancia mínima recomendada.

La creación de empleo tiene una magnitud mínima, ya que únicamente se generarán empleos durante la fase de construcción, tanto de tipo directo en la propia construcción de la línea, como indirecto en el sector servicios.

**CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: COMPATIBLE**

#### **7.4.2 Pérdidas en el sector primario**

Los impactos sobre el sector primario se centran principalmente en la afección al cultivo, ya que es el aprovechamiento predominante en la zona atravesada por la línea. Para evaluar la afección al sector primario hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La ocupación del suelo es mínima, ya que no será necesario abrir nuevos caminos, y la ocupación de los apoyos se limita a unos pocos metros cuadrados.
- Con la construcción de estas líneas no existen impactos debidos a la creación de la calle de seguridad.
- Respecto a la ganadería la línea va a ser compatible con este aprovechamiento.

**CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: COMPATIBLE**

Este impacto se ha considerado compatible ya que las pérdidas en el sector primario por la presencia de la línea van a ser mínimas, al estar centradas

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

principalmente en la disminución de superficie destinada a cultivos en la que se asienten las cimentaciones de los apoyos.

En cualquier caso será una pérdida escasa, ya que no se prevé que sea necesario abrir accesos y la superficie ocupada por los apoyos es muy pequeña, pudiendo mantenerse la actividad agropecuaria debajo de los conductores.

#### **7.4.3 Afección a las infraestructuras existentes**

En el caso de la zona de estudio la línea eléctrica vuela cuatro carreteras regionales (CA-456, CA-147, CA-440 y CA-148).

Se tendrá en cuenta la solicitud al Ministerio de Fomento y a la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Cantabria para la obtención de las autorizaciones oportunas.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **COMPATIBLE**

#### **7.4.4 Mejora de las infraestructuras y servicios**

La construcción de la línea eléctrica de 55 kV permitirá la interconexión entre las subestaciones eléctricas de Meruelo y Argoños con el fin de mejorar el aprovechamiento eléctrico del Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos de Meruelo.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **POSITIVO**

### **7.5 IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE**

El área de estudio presenta una calidad paisajística muy homogénea en gran parte debida a la ausencia de relieves y homogeneidad de los cultivos herbáceos de secano y regadío dominantes. Este impacto se produce durante la fase de obras y se prolonga durante la explotación de la línea.

Durante la explotación de la línea, la pérdida de calidad paisajística se origina por la presencia de elementos extraños como son los apoyos, en una zona donde por las condiciones topográficas del terreno van a ser muy visibles. Los

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

cables conductores tienen una percepción visual menor, ya que únicamente son visibles en los momentos en los que brillan a consecuencia del sol.

Además del impacto que originan los elementos que configuran propiamente la línea, apoyos y conductores, existen otras afecciones sobre el paisaje derivadas de la construcción y puesta en funcionamiento de la infraestructura.

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO: **MODERADO**

## 7.6 RESUMEN DE IMPACTOS

A continuación se enumeran todos los impactos generados por esta línea, agrupados en función de su clasificación:

### **Impactos compatibles**

- Ocupación del suelo por la infraestructura
- Alteración de las características físicas y químicas del suelo
- Alteración de características hidrológicas e hidrogeológicas
- Alteración de las pautas de comportamiento de la fauna
- Incremento del riesgo de colisión de las aves
- Afección a la población
- Afección a la actividad agropecuaria: agricultura
- Afección a las infraestructuras existentes

### **Impactos moderados**

- Pérdida calidad paisajística

### **Impactos positivos**

- Mejora del servicio eléctrico

## 7.7 VALORACIÓN GLOBAL DE IMPACTOS

La afección global que esta línea tendría sobre el medio puede ser globalmente calificada como COMPATIBLE, ya que únicamente se ha identificado un

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

impacto moderado, y el resto de impactos se clasifican como no significativos o compatibles tras la aplicación de medidas correctoras.

## **8 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

El objeto que permite alcanzar el Programa de Vigilancia Ambiental es controlar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras, así como proporcionar información acerca de su calidad y funcionalidad. Permite detectar así mismo las desviaciones de los efectos previstos o detectar nuevos impactos no previstos y, en consecuencia, redimensionar las medidas correctoras propuestas o adoptar otras nuevas.

Para ello se proponen las siguientes actuaciones y planes.

### **8.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN**

Tanto durante la fase de obras como en su finalización, se debe comprobar que se están llevando a efecto todas las medidas preventivas y correctoras propuestas en este estudio.

#### **8.1.1 Plan de vigilancia y control de ruido**

Se comprobará que los vehículos cumplen las condiciones suficientes para reducir las molestias por emisiones sonoras. Se procederá a la puesta a punto del motor, transmisión, carrocería y demás elementos capaces de producir ruidos y vibraciones y especialmente de dispositivos silenciadores de los gases de escape.

De manera que pueda constatarse el cumplimiento de los niveles establecidos en la Ley 7/1997 de 11 de agosto, se procederá a realizar mediciones de ruido de fondo y previo al inicio de las obras en aquellos núcleos de población o áreas que registraran niveles por encima de 60 dbA. Se realizará en el entorno de los apoyos 1, 7, 19, 21, 26, 45, 47y 49 y posteriormente durante la fase de obras en dichos puntos.

Los niveles de fondo deben tomarse lo más próximos en el tiempo a la fase de obras que sea posible puesto que en el periodo transcurrido desde la

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

presentación del proyecto hasta la fase de ejecución suelen aparecer nuevas infraestructuras, así como áreas industriales nuevas o ampliaciones de las existentes, y en mayor medida asociadas a los núcleos de población que condicionan dichos valores.

En cualquier caso, se realizará periódicamente un recordatorio al personal de obra de la conveniencia de mantener velocidades moderadas.

#### **8.1.2 Plan de vigilancia y control en áreas de actuación**

Se comprobará el correcto balizamiento y señalización de todas las zonas previstas de obras, así como de cualquier zona o camino auxiliar habilitado provisionalmente para la realización de las mismas.

Se comprobará que se ha aprovechado al máximo la red de caminos existentes.

Se realizará un seguimiento de las zonas aledañas a la obra, comprobando la no afección a la vegetación y suelo con acciones innecesarias y, en su caso, se impondrán las medidas restauradoras pertinentes.

#### **8.1.3 Plan de vigilancia y control de almacenamiento de tierra vegetal y de control de la erosión**

Se supervisará la retirada y almacenamiento de la tierra vegetal en montículos no superiores a 2,5 m.

#### **8.1.4 Plan de vigilancia y control de la calidad del aire**

Se controlará que los vehículos circulen a baja velocidad y, en su caso, con los elementos oportunos (lonas u otros, en camiones para el transporte de tierras, por ejemplo) limitando el levantamiento y dispersión de polvo.

#### **8.1.5 Plan de vigilancia y control de residuos y efluentes**

Sólo en caso de emergencia o necesidad mayor, se procederá a la reparación de maquinaria in situ, en cuyo caso se comprobará de forma previa a la

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

reparación que se dispone de los suficientes elementos de recogida de efluentes.

Se controlará que no se arrojan piedras y vertidos inertes a los terrenos colindantes. En caso de que se detecten, el Contratista deberá proceder a su inmediata retirada.

Se comprobará que todo el personal se encuentra informado sobre las normas y recomendaciones para el manejo responsable de materiales y sustancias potencialmente contaminantes.

Se comprobará que se está realizando la correcta gestión de los residuos generados según la legislación vigente.

Se realizarán inspecciones visuales diarias del aspecto general de las obras en cuanto a presencia de materiales sobrantes de obra, escombros, basuras, desperdicios y cualquier otro tipo de residuo generado.

En caso de detectarse posibles vertidos accidentales o vertidos incontrolados de materiales de desecho, se procederá a su retirada inmediata y a la limpieza del terreno afectado.

#### **8.1.6 Plan de vigilancia y control del paisaje**

Se comprobará que una vez finalizadas las obras todas las instalaciones provisionales necesarias para la ejecución de las mismas son retiradas.

### **8.2 FASE DE EXPLOTACIÓN**

Se comprobará que durante la fase de explotación se están llevando a cabo todas las medidas preventivas y correctoras propuestas en este estudio.

#### **8.2.1 Plan de restitución de los suelos y servicios afectados.**

Se comprobará que las condiciones iniciales de compactación y drenaje del suelo se mantienen igual a las condiciones iniciales.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Se comprobará que se han restituido los caminos y otros servicios que hubiesen sido afectados por las obras y se han reparado los daños derivados de la propia actividad.

Se comprobará que no se han dejado terrenos ocupados por restos de las obras.

#### **8.2.2 Plan de vigilancia y control de las Instalaciones**

Se comprobará la efectividad de los elementos instalados y en caso de detectarse casos de ineficiencia de éstos, se replanteará su tipología o colocación.

Como medida de precaución debe hacerse un seguimiento detallado de cualquier afección al medio que pudiera aparecer durante el período de explotación de la línea eléctrica no especificado en este estudio.

#### **8.2.3 Plan de vigilancia de avifauna**

El programa de vigilancia para la protección de la avifauna será el que determine la necesidad de instalar dispositivos salvapájaros en esta línea.

El plan de vigilancia de la avifauna que se llevará a cabo consistirá en la realización de controles trimestrales en toda la longitud de la línea, durante los dos primeros años de la vida útil de la línea. Durante el resto de la vida útil de la instalación, y haciéndolas coincidir con todas las labores de mantenimiento que se realicen, se deberán completar las fichas de seguimiento anotando cualquier incidencia que pueda ser objeto de nuevas medidas.

En caso de registrarse alguna incidencia se informará al órgano competente, adjuntando la siguiente información:

- Especie afectada
- Fecha de la incidencia
- Localización con respecto de la línea
- Causa probable de la muerte

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Fotografía

Durante los dos primeros años en que se realiza la vigilancia de la avifauna se establecen los umbrales de alerta de forma que se abarque al menos dos ciclos reproductores. En función de los mismos, y de la comparación de estos con los datos de los años sucesivos se estudiará la necesidad de ampliar las medidas correctoras de dispositivos salvapájaros en los transeptos que presenten alguna incidencia.

La determinación de unos umbrales de riesgo se realizará en función de la especie concreta que muestre interferencia con la línea durante los primeros años de su vida útil, estableciéndose tantos umbrales como especies diferentes de avifauna puedan verse afectadas.

### **8.3 FASE DE ABANDONO. PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL**

De producirse el desmantelamiento de la línea, se comprobará la correcta retirada de todas las instalaciones y la gestión adecuada de los residuos en función de su naturaleza.

### **8.4 INFORMES DE SEGUIMIENTO**

Los informes de seguimiento tienen por objeto constatar la eficacia de las medidas correctoras propuestas y garantizar el programa de vigilancia.

#### **8.4.1 Seguimiento durante la fase de la obra**

- Propuesta de calendario (cronograma mensual) de ejecución de la línea eléctrica incluidas las medidas correctoras.
- Informe de avance de obras de carácter trimestral, que refleje el desarrollo de los trabajos realizados, indicando incidencias e imprevistos.
- Informe de resultados del control arqueológico.
- Informe de resultados de medición de ruido.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **8.4.2 Durante la fase de explotación**

- Informe de carácter anual del Plan de Seguimiento y Vigilancia de avifauna durante los dos primeros años que recoja los registros de incidencias de colisión de aves con el tendido.
- Informe que refleje el estado de la revegetación del entorno de los apoyos y accesos.

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Santander, Septiembre de 2015



Fdo: Sara Ortega Conde

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

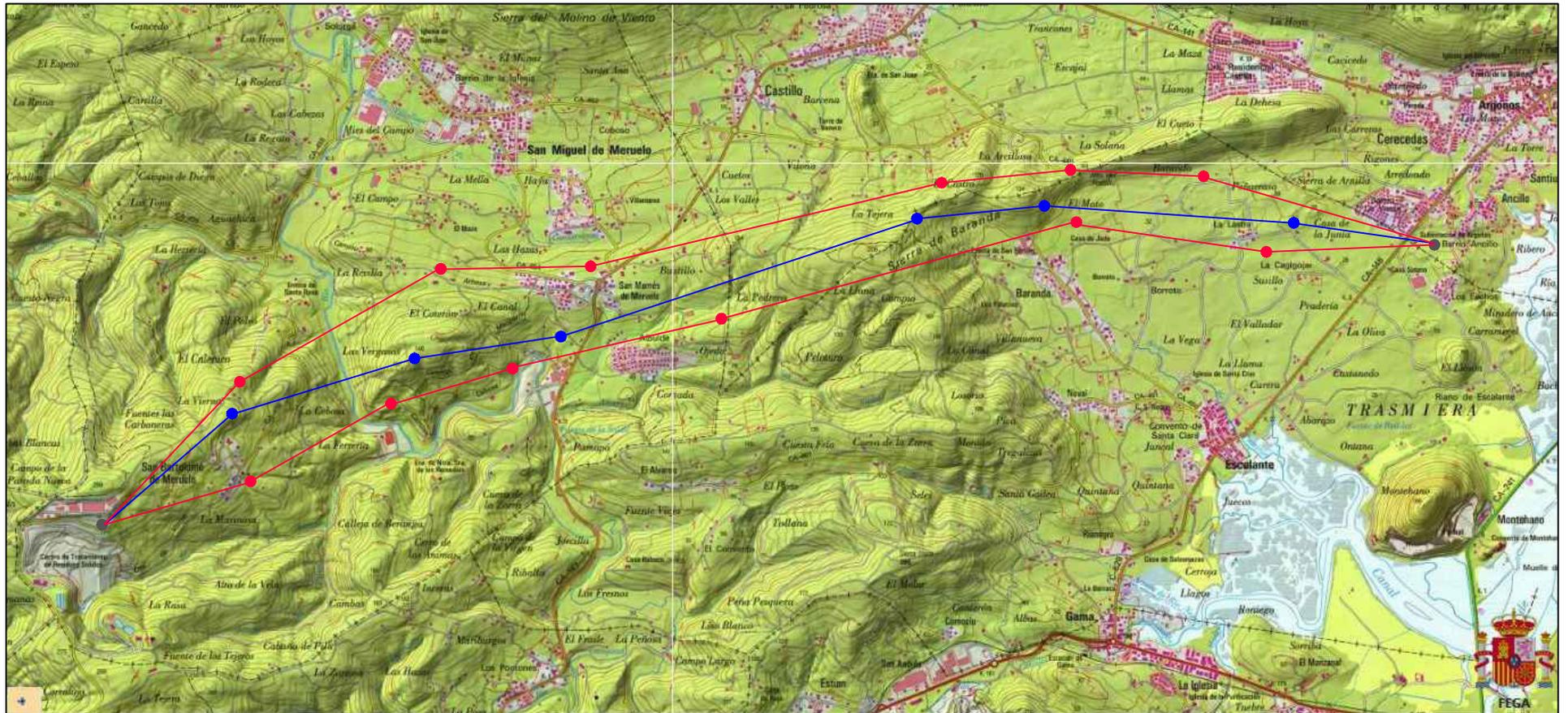
“Línea aérea alta tensión (55kv) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **DOCUMENTO N<sup>o</sup>2:**

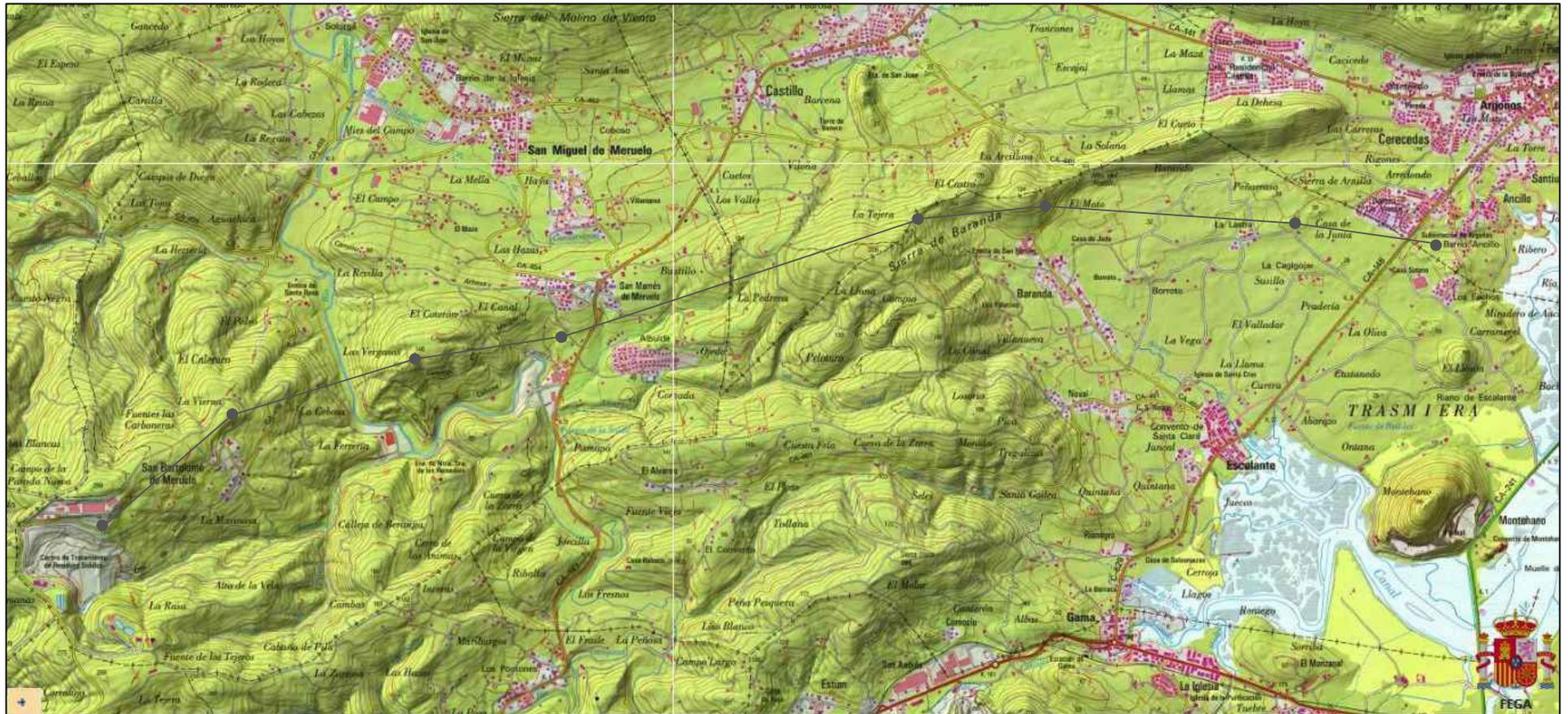
# **PLANOS**



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: SITUACIÓN	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/800.000	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 1

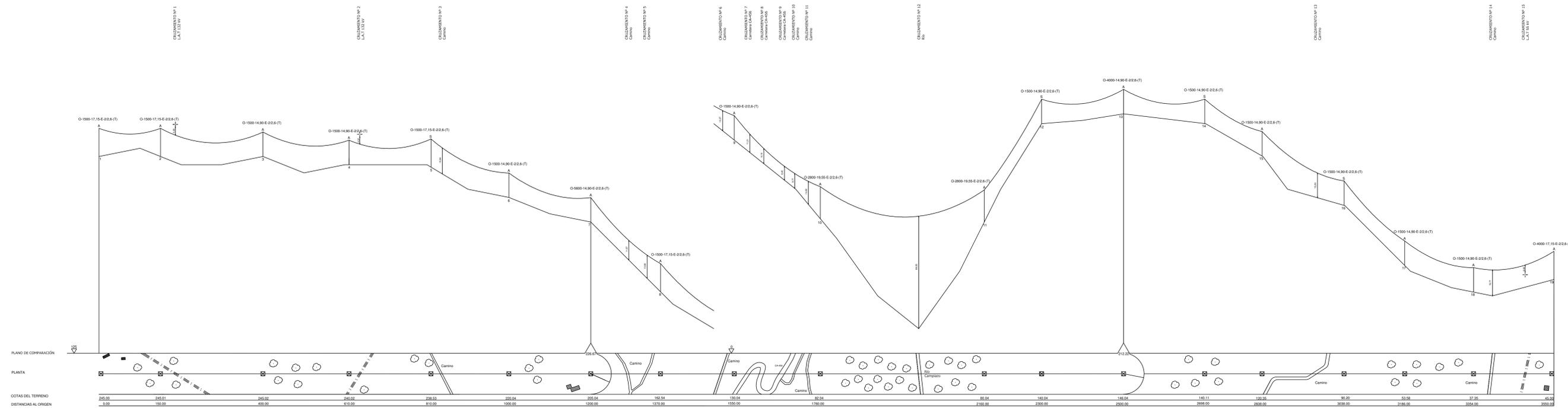


Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: TRAZADO DE ALTERNATIVAS	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/25.000	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 2



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: EMPLAZAMIENTO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/25.000	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 3

MERUELO



PLANO DE COMPARACION  
PLANTA  
COTAS DEL TERRENO  
DISTANCIAS AL ORIGEN

245.00	245.01	245.02	245.02	238.53	202.04	202.04	160.54	132.54	80.04	160.04	140.11	120.00	90.00	53.00	17.35	45.00
0.00	150.00	400.00	615.00	810.00	1000.00	1200.00	1370.00	1500.00	1780.00	2100.00	2500.00	2900.00	3030.00	3030.00	3180.00	3300.00

Depto. de Ingeniería Escuela de Ingeniería	Ciudad de San Diego de Guzmán	Asignatura Obras de Infraestructura
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIOS	Título del Documento Proyecto
Págs. 1	Fecha Septiembre 2022	Meters 1

MERUELO

ARNUERO

ESCALANTE

EDIFICAMIENTO N° 16  
Camino

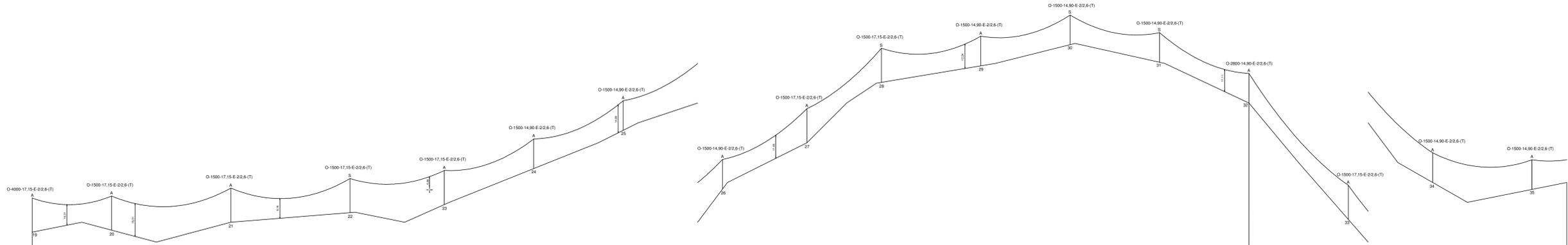
EDIFICAMIENTO N° 17  
Camino CA-142

EDIFICAMIENTO N° 18  
Camino

EDIFICAMIENTO N° 19  
Camino

EDIFICAMIENTO N° 20  
Camino

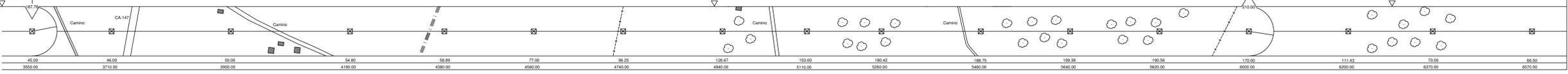
EDIFICAMIENTO N° 21  
Camino



PLANO DE COMPARACIÓN

PLANTA

COTAS DEL TERRENO  
DISTANCIAS AL ORIGEN



Logo of the institution	Created by: Sara Omega Conde	Approved by: Alfredo Martínez Mesa
ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	PLANO DE COMPARACIÓN	Estado del documento: Estado Estando
ESCALA 1:1000	Folio: A	Hoja: 13

ESCALANTE

ARGOÑOS

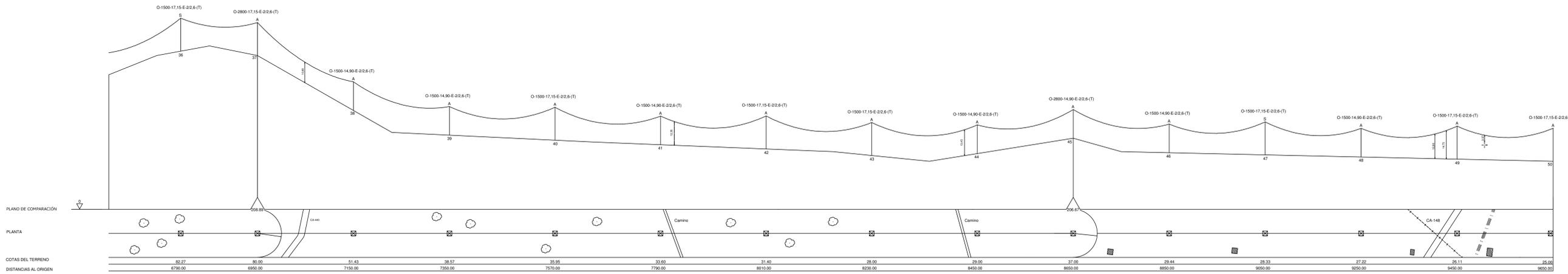
CRUZAMIENTO Nº 22  
Camino CA-440

CRUZAMIENTO Nº 23  
Camino

CRUZAMIENTO Nº 24  
Camino

CRUZAMIENTO Nº 25  
Camino CA-148

CRUZAMIENTO Nº 26  
LAT 151W



PLANO DE COMPARACIÓN

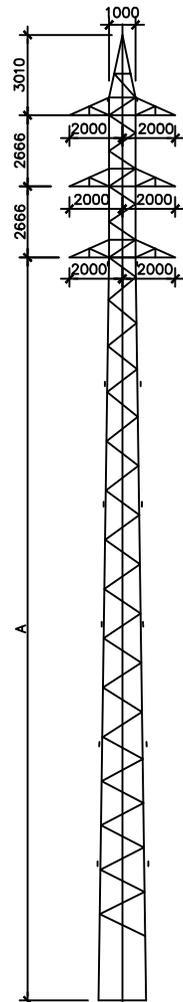
PLANTA

COTAS DEL TERRENO

DISTANCIAS AL ORIGEN

Datos de Ingeniería: Beto: 2.2 a 2.5 mpa ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE FUNDAMENTACIÓN	Creado por: Sara Ortega Conde PLANO DE ...	Aprobado por: Álvaro Martínez Maso Estado del documento: Emitido	Fecha: Septiembre 2015	Hoja: 05	Hoja: 11
--	---	---	---------------------------	-------------	-------------

## APOYOS METÁLICOS DE CELOSÍA TIPO O CON ARMADO E-2/2,6(-T)



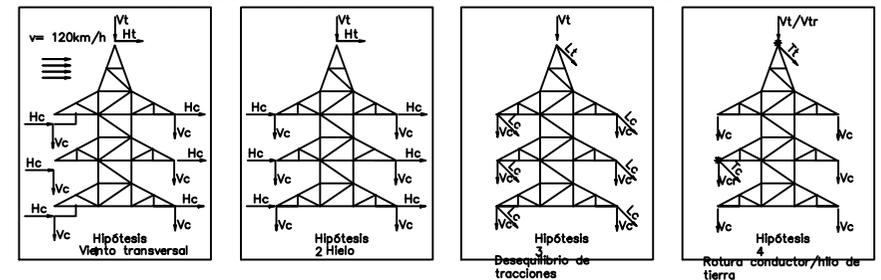
D.M.G. = 2.701 mm  
Dmín. = 2.666 mm

CARA FRONTAL

DENOMINACIÓN	PESO APROX. (kg) (4)	ALTURA A (m) (3)	Esfuerzo Nominal (daN)	R=Ht/Hc	ESFUERZOS (daN) (1)																		
					Hipótesis 1 Viento a 120 km/h C.S.=1,5				Hipótesis 2 Hielo C.S.=1,5				Hipótesis 3 Desequilibrio de tracciones C.S.=1,2				Hipótesis 4a Rotura de conductor C.S.=1,2		Hipótesis 4b Rotura cable tierra C.S.=1,2				
					Hc	Ht	Vc	Vt	Hc	Ht	Vc	Vt	Lc	Lt	Vc	Vt	Tc	Vcr	Vc	Vt	Tt	Vtr	Vc
0-1500-12,60-E-2/2,6(-T)	1.464	14,30	F=1.530	R=0	255	0	650	0	335	0	1.300	0	420	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-1500-14,90-E-2/2,6(-T)	1.590	16,25		R=0,7	217	155	650	500	285	200	1.300	1.000	355	250	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	1.700	700	1.300
0-1500-17,15-E-2/2,6(-T)	1.799	18,90		R=1	205	205	650	500	270	270	1.300	1.000	340	340	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	1.700	700	1.300
0-1500-19,55-E-2/2,6(-T)	1.952	20,95	F=2.880	R=0	480	0	650	0	530	0	1.300	0	665	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-1500-21,65-E-2/2,6(-T)	2.138	23,45		R=0,7	410	285	650	500	450	315	1.300	1.000	565	395	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-1500-24,10-E-2/2,6(-T)	2.302	25,60		R=1	385	385	650	500	425	425	1.300	1.000	530	530	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-1500-25,85-E-2/2,6(-T)	2.503	27,75	F=4.080	R=0	680	0	650	0	710	0	1.300	0	890	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-2800-12,60-E-2/2,6(-T)	1.621	14,35		R=0,7	560	390	650	500	580	405	1.300	1.000	725	510	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-2800-14,90-E-2/2,6(-T)	1.799	16,65		R=1	525	525	650	500	540	540	1.300	1.000	675	675	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-2800-17,15-E-2/2,6(-T)	2.013	18,95	F=5.640	R=0	940	0	650	0	1.040	0	1.300	0	1.300	0	1.300	0	2.375	700	1.300	0	-	-	-
0-2800-19,55-E-2/2,6(-T)	2.255	21,35		R=0,7	820	575	650	500	850	595	1.300	1.000	1.065	745	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-2800-21,65-E-2/2,6(-T)	2.476	23,50		R=1	770	770	650	500	795	795	1.300	1.000	995	995	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-2800-24,10-E-2/2,6(-T)	2.726	26,00	F=4.080	R=0	680	0	650	0	710	0	1.300	0	890	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-2800-25,85-E-2/2,6(-T)	2.990	27,75		R=0,7	560	390	650	500	580	405	1.300	1.000	725	510	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-4000-12,60-E-2/2,6(-T)	1.790	14,40		R=1	525	525	650	500	540	540	1.300	1.000	675	675	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-4000-14,90-E-2/2,6(-T)	2.039	16,85	F=5.640	R=0	940	0	650	0	1.040	0	1.300	0	1.300	0	1.300	0	2.375	700	1.300	0	-	-	-
0-4000-17,15-E-2/2,6(-T)	2.311	19,00		R=0,7	820	575	650	500	850	595	1.300	1.000	1.065	745	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-4000-19,55-E-2/2,6(-T)	2.609	21,55		R=1	770	770	650	500	795	795	1.300	1.000	995	995	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-4000-21,65-E-2/2,6(-T)	2.841	23,50	F=4.080	R=0	680	0	650	0	710	0	1.300	0	890	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-4000-24,10-E-2/2,6(-T)	3.143	26,10		R=0,7	560	390	650	500	580	405	1.300	1.000	725	510	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-4000-25,85-E-2/2,6(-T)	3.391	27,80		R=1	525	525	650	500	540	540	1.300	1.000	675	675	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-5600-12,60-E-2/2,6(-T)	2.057	14,50	F=5.640	R=0	940	0	650	0	1.040	0	1.300	0	1.300	0	1.300	0	2.375	700	1.300	0	-	-	-
0-5600-14,90-E-2/2,6(-T)	2.352	17,10		R=0,7	820	575	650	500	850	595	1.300	1.000	1.065	745	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-5600-17,15-E-2/2,6(-T)	2.601	19,05		R=1	770	770	650	500	795	795	1.300	1.000	995	995	1.300	1.000	2.375	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-5600-19,55-E-2/2,6(-T)	2.934	21,80	F=4.080	R=0	680	0	650	0	710	0	1.300	0	890	0	1.300	0	2.000	700	1.300	0	-	-	-
0-5600-21,65-E-2/2,6(-T)	3.302	23,55		R=0,7	560	390	650	500	580	405	1.300	1.000	725	510	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-5600-24,10-E-2/2,6(-T)	3.756	26,35		R=1	525	525	650	500	540	540	1.300	1.000	675	675	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300
0-5600-25,85-E-2/2,6(-T)	4.041	27,85	R=1	525	525	650	500	540	540	1.300	1.000	675	675	1.300	1.000	2.000	700	1.300	1.000	2.500	700	1.300	

**NOTAS:**

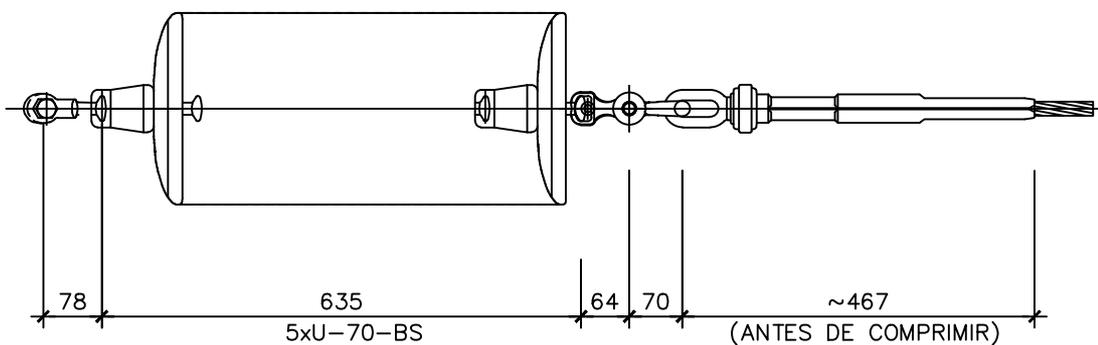
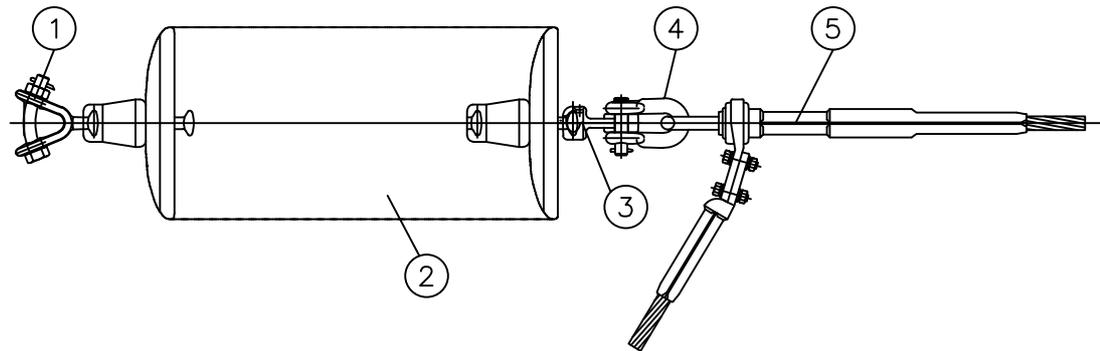
1.- CONSIDERANDO EL APOYO CON LAS CRUCETAS MONTADAS EN DIRECCIÓN LONGITUDINAL A LA LÍNEA, LOS ESFUERZOS APLICADOS EN LA PUNTA DE LA CRUCETA SON LOS SIGUIENTES:



- 2.-LOS ESFUERZOS DADOS CONSIDERAN INCLUIDOS LOS PESOS DE HOMBRE Y HERRAMIENTA.
- 3.-ALTURA DEL CUERPO DEL APOYO COMPRENDIDA ENTRE EL BORDE INFERIOR DEL APOYO Y LA CRUCETA INFERIOR. RESTANDO A ESTA MEDIDA LA PARTE EMPOTRADA SE OBTIENE LA ALTURA UTIL.
- 4.-PESO DEL APOYO SIN CUPULA DE TIERRA.
- 5.-LOS TALADROS EN LAS CRUCETAS PARA LA FIJACIÓN DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y AMARRE SERÁN DE  $\phi 22$  mm.
- 6.-LAS CARTELAS PARA LA FIJACIÓN DE LAS CADENAS DE SUSPENSIÓN SERÁN PERPENDICULARES A LA DIRECCIÓN DE LA LÍNEA.
- 7.-LOS TALADROS DE P.A.T. SERÁN DE  $\phi 13,5$  mm.
- 8.-LA ALTURA QUE APARECE EN LA DENOMINACIÓN DEL APOYO ES UNA APROXIMACIÓN DE LA ALTURA LIBRE DEL MISMO, DEBIÉNDOSE CALCULAR ÉSTA TAL Y COMO SE INDICA EN EL PUNTO 3.

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO O CON ARMADO E-2/2,6(-T)	Estado del documento: Editado
	ESCALA: 1/200	Rev: A Fecha: Septiembre 2015 Idioma: ES Hoja: 7





PESO APROXIMADO: 21 kg

CARGA ROTURA DE LOS AISLADORES: 7.000 daN

CARGA ROTURA DE LOS HERRAJES: 12.500 daN

CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA: 6.070 daN

TENSION SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA:  $\geq 140$  kV

TENSION SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50  $\mu$ s:  $\geq 325$  kV

LINEA DE FUGA:  $\geq 1.300$  mm

DISTANCIA DE ARCO:  $\geq 600$  mm

POS.	DENOMINACION	CANT.
1	HORQUILLA BOLA EN V HB-16 UNESA	1
2	AISLADOR VIDRIO U-70-BS	5
3	ROTULA CORTA R-16 A/16 UNESA	1
4	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA	1
5	GRAPA AMARRE COMPRESION PARA CONDUCTOR LA-180	1

Dpto. de Ingeniería  
Eléctrica y Energética

Creado por:  
Sara Ortega Conde

Aprobado por:  
Alfredo Madrazo Maza

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS INDUSTRIALES  
Y DE TELECOMUNICACIÓN



PLANO DE:  
CADENA DE AMARRE  
AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)

Estado del documento:  
Editado

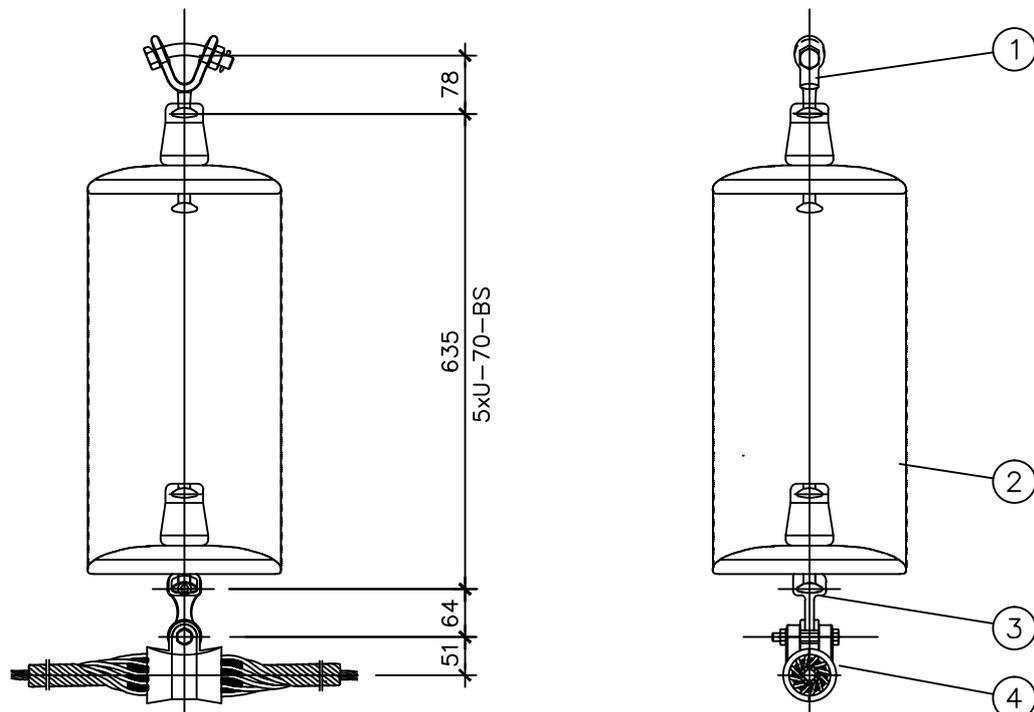
ESCALA:  
1/10

Rev:  
A

Fecha:  
Septiembre 2015

Idioma:  
ES

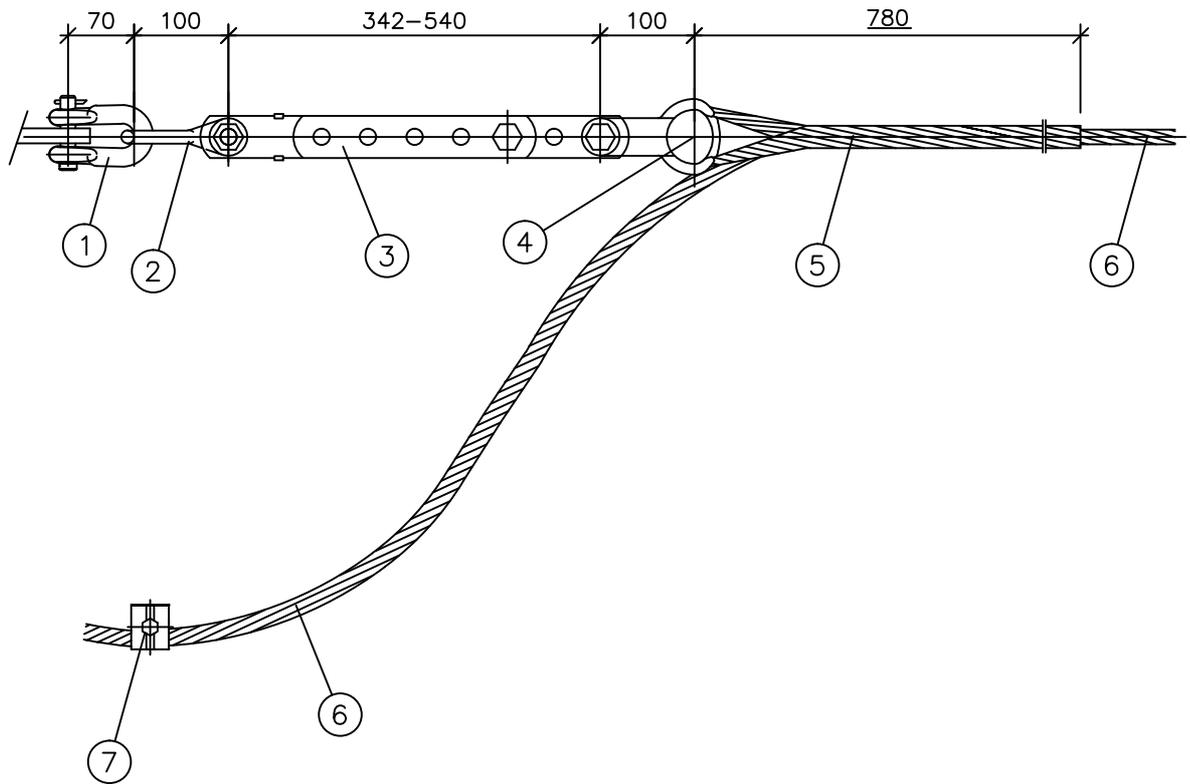
Hoja:  
8



PESO APROXIMADO: 18 kg  
 CARGA ROTURA DE LOS AISLADORES: 7.000 daN  
 CARGA ROTURA DE LOS HERRAJES: 12.500 daN  
 CARGA DE ROTURA DE LA GRAPA: 7.000 daN  
 TENSION SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA:  $\geq 140$  kV  
 TENSION SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 ms:  $\geq 325$  kV  
 LINEA DE FUGA:  $\geq 1.300$  mm  
 DISTANCIA DE ARCO:  $\geq 600$  mm

POS.	DENOMINACION	CANT.
1	HORQUILLA BOLA EN V HB-16 UNESA	1
2	AISLADOR VIDRIO U-70-BS	5
3	ROTULA CORTA R-16 A/16 UNESA	1
4	GRAPA SUSPENSION ARMADA GSA PARA CONDUCTOR LA-180	1

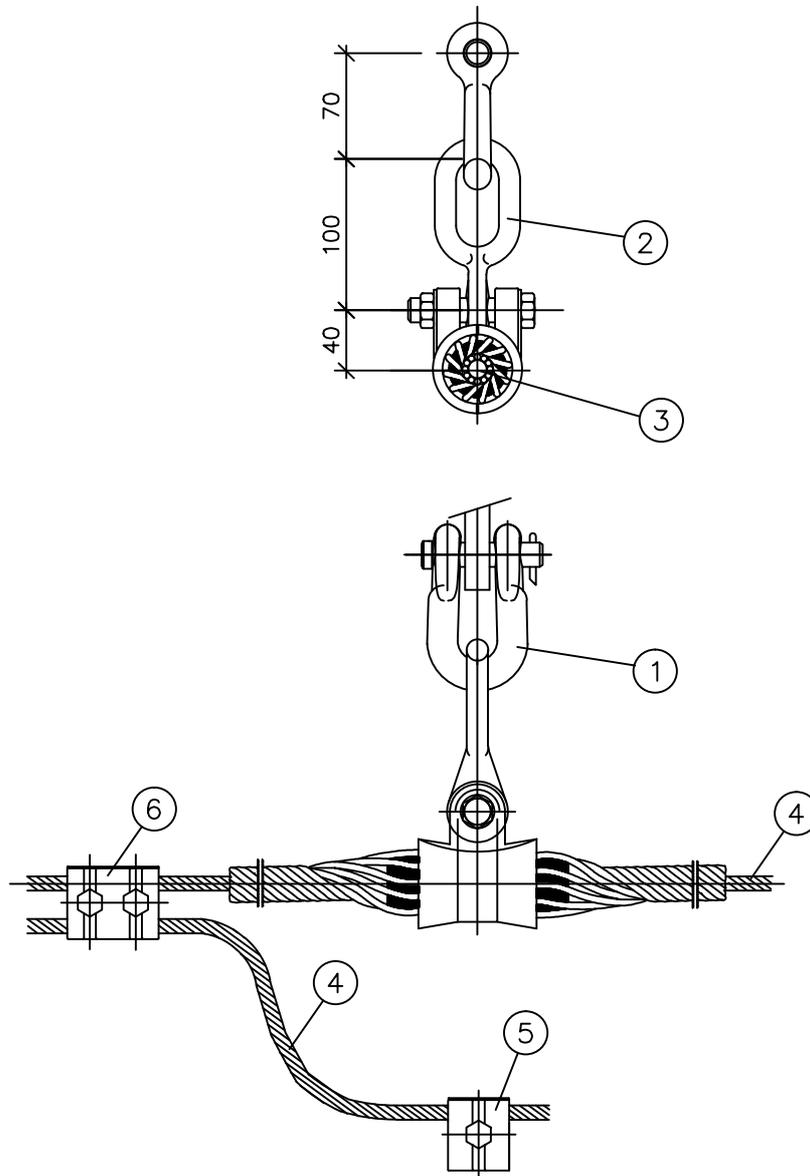
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: CADENA DE SUSPENSIÓN AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/10	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 9



PESO APROXIMADO: 6,3 kg  
 CARGA ROTURA DE LOS HERRAJES: 12.500 daN  
 CARGA ROTURA DEL PREFORMADO: 95 % CARGA ROTURA CABLE AC-50

POS.	DENOMINACION	CANT.
1	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA	1
2	ESLABON REVIRADO ER-16	1
3	TENSOR CORREDERA TC-16	1
4	HORQUILLA GUARDACABOS HG-16	1
5	RETENCION PREF. AMARRE CABLE AC-50	1
6	CABLE DE TIERRA AC-50	1 m
7	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ACERO GALVANIZADO	1

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: CONJUNTO AMARRE PARA CABLE DE TIERRA AC-50	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/8	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 10



PESO APROXIMADO: 2,8 kg  
 CARGA ROTURA DE LOS HERRAJES: 12.500 daN  
 CARGA ROTURA DE LA GRAPA: 4.100 daN

POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	440340	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA	1
2	284404	ESLABON REVIRADO ER-16	1
3	085074	GRAPA GSA PARA CABLE AC-50	1
4	211561	CABLE DE TIERRA AC-50	1m
5	292671	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ACERO GALVANIZADO	1
6	292669	GRAPA CONEXION PARALELA PARA CABLE ACERO GALVANIZADO	1

Dpto. de Ingeniería  
 Eléctrica y Energética

Creado por:  
 Sara Ortega Conde

Aprobado por:  
 Alfredo Madrazo Maza

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
 DE INGENIEROS INDUSTRIALES  
 Y DE TELECOMUNICACIÓN



PLANO DE:  
 CONJUNTO SUSPENSIÓN PARA CABLE  
 DE TIERRA AC-50

Estado del documento:  
 Editado

ESCALA:  
 1/5

Rev:  
 A

Fecha:  
 Septiembre 2015

Idioma:  
 ES

Hoja:  
 11

VER NOTA 1

HORMIGON EN MASA HM-25 B 20 IIa

200

300  
500

±0.00

ALZADO

VER NOTA 1

VER NOTA 1

PLANTA

CLASE DE TERRENO

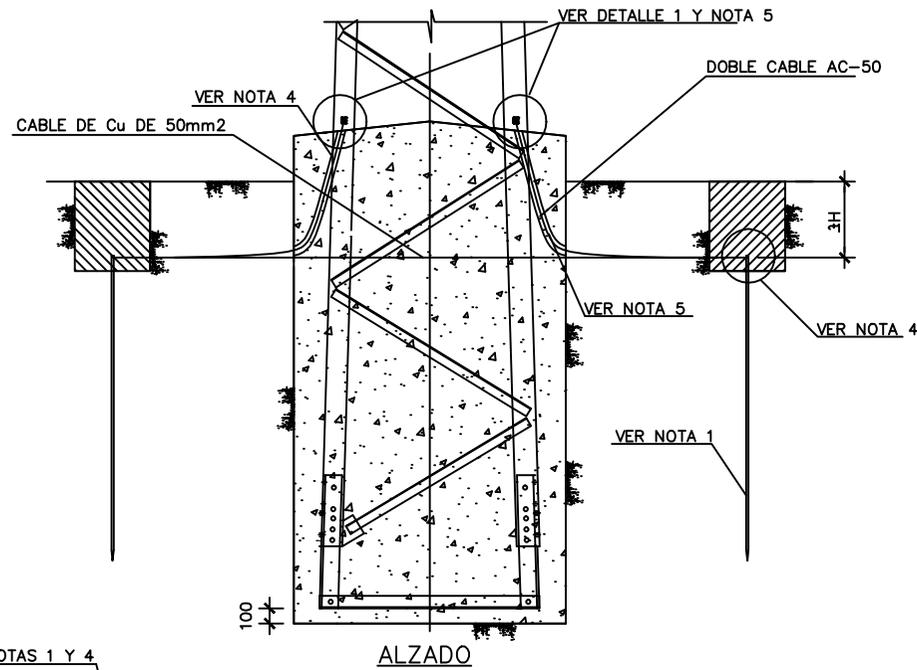
TIPO DE APOYO	ALTURA H (m) (4)	CLASE DE TERRENO											
		k=8 (kg/cm <sup>2</sup> )				k=12 (kg/cm <sup>3</sup> )				k=16 (kg/cm <sup>3</sup> )			
		a (m)	h (m)	Ve (m <sup>3</sup> )	Vh (m <sup>3</sup> )	a (m)	h (m)	Ve (m <sup>3</sup> )	Vh (m <sup>3</sup> )	a (m)	h (m)	Ve (m <sup>3</sup> )	Vh (m <sup>3</sup> )
O-1500	14,30	1,70	1,90	5,49	6,36	1,70	1,75	5,06	5,93	1,70	1,65	4,77	5,64
	16,25	1,75	1,95	5,97	6,89	1,75	1,80	5,51	6,43	1,75	1,70	5,21	6,13
	18,90	1,80	2,05	6,64	7,61	1,80	1,85	5,99	6,96	1,80	1,75	5,67	6,64
	20,95	1,85	2,10	7,19	8,22	1,85	1,85	6,33	7,36	1,85	1,75	5,99	7,02
	23,45	1,90	2,20	7,94	9,02	1,90	1,95	7,04	8,12	1,90	1,85	6,68	7,76
	25,60	2,00	2,20	8,80	10,00	2,00	1,95	7,80	9,00	2,00	1,80	7,20	8,40
O-2000	27,75	2,10	2,25	9,92	11,24	2,10	2,05	9,04	10,36	2,10	1,85	8,16	9,48
	14,50	1,70	2,15	6,21	7,07	1,70	1,90	5,49	6,35	1,70	1,80	5,20	6,07
	16,60	1,75	2,25	6,89	7,80	1,75	2,00	6,13	7,05	1,75	1,85	5,67	6,58
	18,90	1,80	2,35	7,61	8,58	1,80	2,05	6,64	7,61	1,80	1,90	6,16	7,13
	21,15	1,85	2,45	8,39	9,41	1,85	2,10	7,19	8,21	1,85	1,90	6,50	7,52
	23,45	1,90	2,50	9,03	10,11	1,90	2,15	7,76	8,84	1,90	2,00	7,22	8,30
O-2600	25,90	2,00	2,55	10,20	11,40	2,00	2,20	8,80	10,00	2,00	2,00	8,00	9,20
	27,65	2,10	2,55	11,25	12,57	2,10	2,25	9,92	11,24	2,10	2,00	8,82	10,14
	14,35	1,70	2,35	6,79	7,66	1,70	2,05	5,92	6,79	1,70	1,90	5,49	6,36
	16,65	1,75	2,45	7,50	8,42	1,75	2,15	6,58	7,50	1,75	1,95	5,97	6,89
	18,95	1,80	2,55	8,26	9,23	1,80	2,25	7,29	8,26	1,80	2,00	6,48	7,45
	21,35	1,85	2,65	9,07	10,10	1,85	2,30	7,87	8,90	1,85	2,10	7,19	8,22
O-2900	23,50	1,90	2,70	9,75	10,83	1,90	2,35	8,48	9,56	1,90	2,15	7,76	8,84
	26,00	2,00	2,75	11,00	12,20	2,00	2,40	9,60	10,80	2,00	2,20	8,80	10,00
	27,75	2,10	2,80	12,35	13,67	2,10	2,45	10,80	12,12	2,10	2,20	9,70	11,02
	14,40	1,75	2,65	8,12	9,04	1,75	2,30	7,04	7,96	1,75	2,10	6,43	7,35
	16,85	1,80	2,80	9,07	10,04	1,80	2,45	7,94	8,91	1,80	2,20	7,13	8,10
	19,00	1,85	2,90	9,93	10,96	1,85	2,50	8,56	9,59	1,85	2,25	7,70	8,73
O-3600	21,55	1,90	3,00	10,83	11,91	1,90	2,60	9,39	10,47	1,90	2,35	8,48	9,56
	23,50	1,95	3,10	11,79	12,93	1,95	2,65	10,08	11,22	1,95	2,40	9,13	10,27
	26,10	2,10	3,15	13,89	15,21	2,10	2,70	11,91	13,23	2,10	2,45	10,80	12,12
	27,80	2,20	3,15	15,25	16,70	2,20	2,70	13,07	14,52	2,20	2,45	11,86	13,31
	14,50	1,80	2,95	9,56	10,53	1,80	2,55	8,26	9,23	1,80	2,30	7,45	8,42
	17,10	1,85	3,10	10,61	11,64	1,85	2,70	9,24	10,27	1,85	2,45	8,39	9,42
O-4200	19,05	1,90	3,15	11,37	12,45	1,90	2,80	10,11	11,19	1,90	2,50	9,03	10,11
	21,80	1,95	3,35	12,74	13,88	1,95	2,90	11,03	12,17	1,95	2,60	9,89	11,03
	23,55	2,00	3,45	13,80	15,00	2,00	2,95	11,80	13,00	2,00	2,65	10,60	11,80
	26,35	2,10	3,55	15,66	16,98	2,10	3,05	13,45	14,77	2,10	2,75	12,13	13,45
	27,85	2,20	3,55	17,18	18,63	2,20	3,05	14,76	16,21	2,20	2,75	13,31	14,76

NOTAS.-

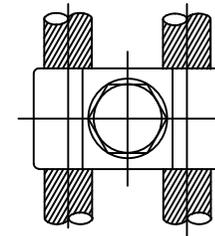
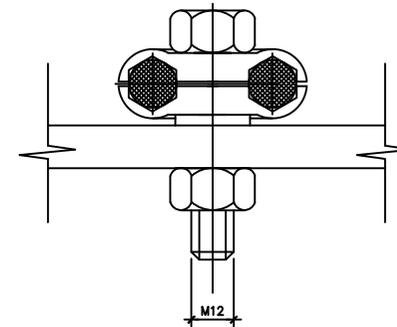
- 1.- LA CIMENTACION LLEVARA EMBEBIDOS DOS TUBOS CORRUGADOS DE POLIETILENO DE DIAMETRO MÍNIMO 36 mm PARA LOS CABLES DE P.A.T.
- 2.- ALTURA UTIL APROXIMADA. LA ALTURA UTIL EXACTA SE OBTENDRA RESTANDO A LA LONGITUD DEL APOYO LA PARTE EMPOTRADA.
- 3.- H: ALTURA DEL CUERPO DEL APOYO COMPRENDIDA ENTRE EL BORDE INFERIOR DEL APOYO Y LA CRUCETA INFERIOR.

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: CIMENTACIÓN PARA APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO O	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/25	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 12





ALZADO

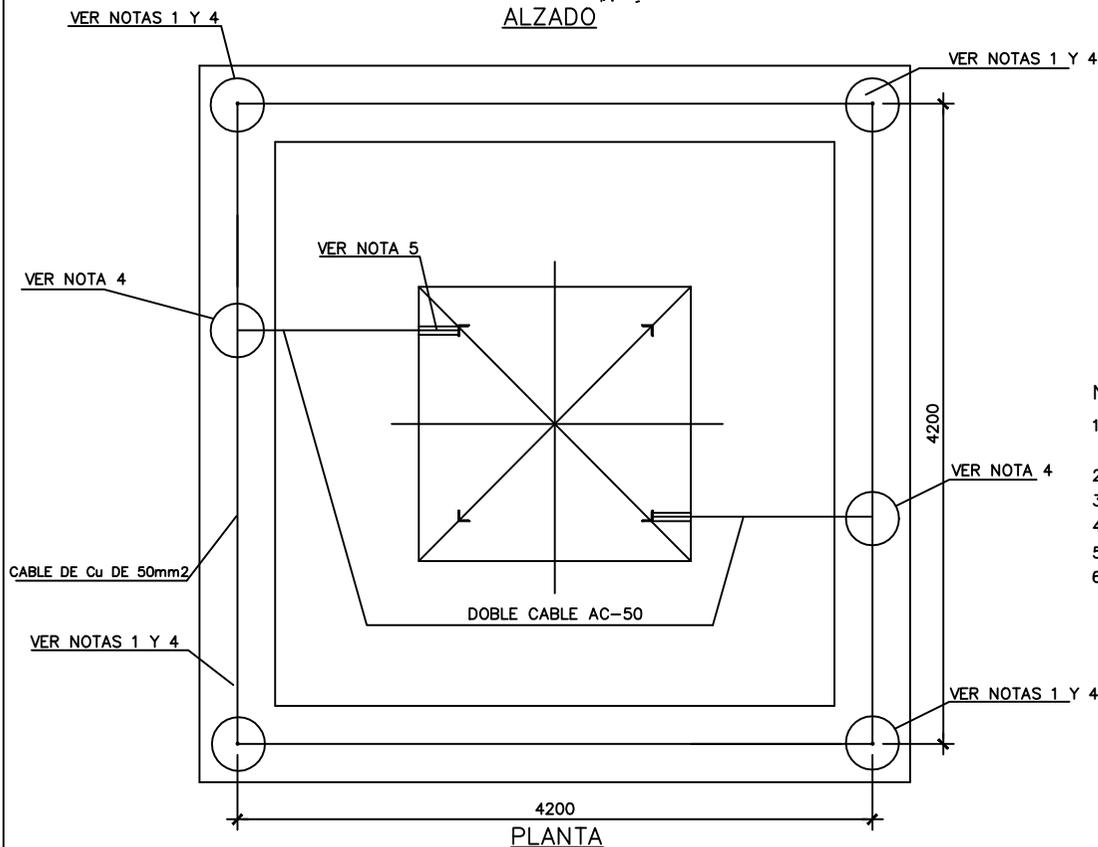


DETALLE 1  
SIN ESCALA

NIVEL DE TENSION (kV)	PROFUNDIDAD DEL ANILLO H (mm) (VER NOTA 6)
45	≥ 600
66	≥ 1000
132	≥ 1200

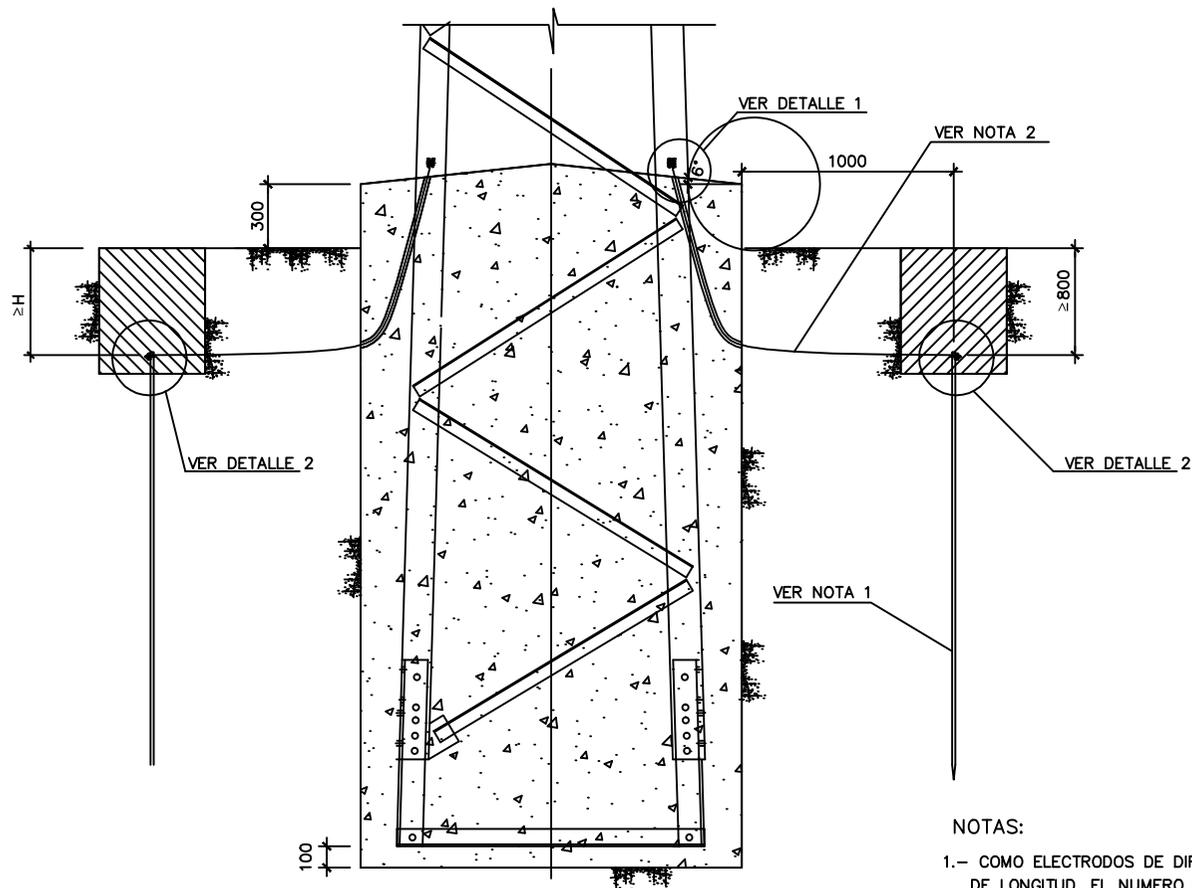
NOTAS:

- 1.- COMO ELEMENTOS DE DIFUSION VERTICAL SE EMPLEARAN PICAS CON ALMA DE ACERO Y RECUBRIMIENTO DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD.
- 2.- COMO ANILLO DIFUSOR SE EMPLEARA CABLE DE COBRE DESNUDO DE 50 mm2.
- 3.- COMO LINEA DE TIERRA SE EMPLEARA DOBLE CABLE DE ACERO GALVANIZADO AC-50.
- 4.- LAS UNIONES PICA-ANILLO Y LINEA TIERRA-ANILLO SE REALIZARAN MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTERMICA.
- 5.- EN LA CIMENTACION IRAN EMBEBIDOS DOS TUBOS CORUGADOS DE POLIETILENO DE DIAMETRO MINIMO 36 mm.
- 6.- ESTE ELECTRODO ES VALIDO PARA RESISTIVIDADES DEL TERRENO HASTA 200 Ω.m

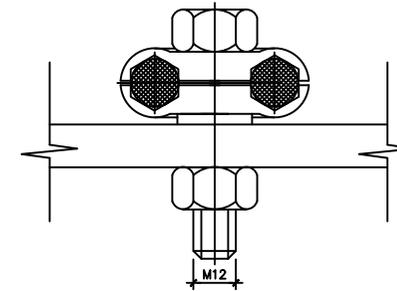


PLANTA

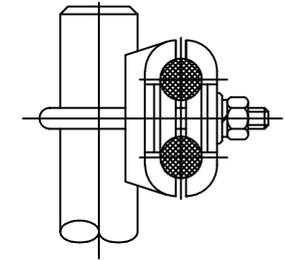
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: PUESTA A TIERRA EN ANILLO PARA APOYO METÁLICO DE CELOSÍA MONOBLOQUE	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/35	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 13



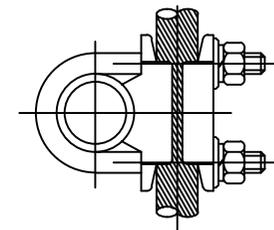
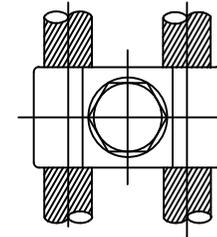
ALZADO



DETALLE 1  
SIN ESCALA



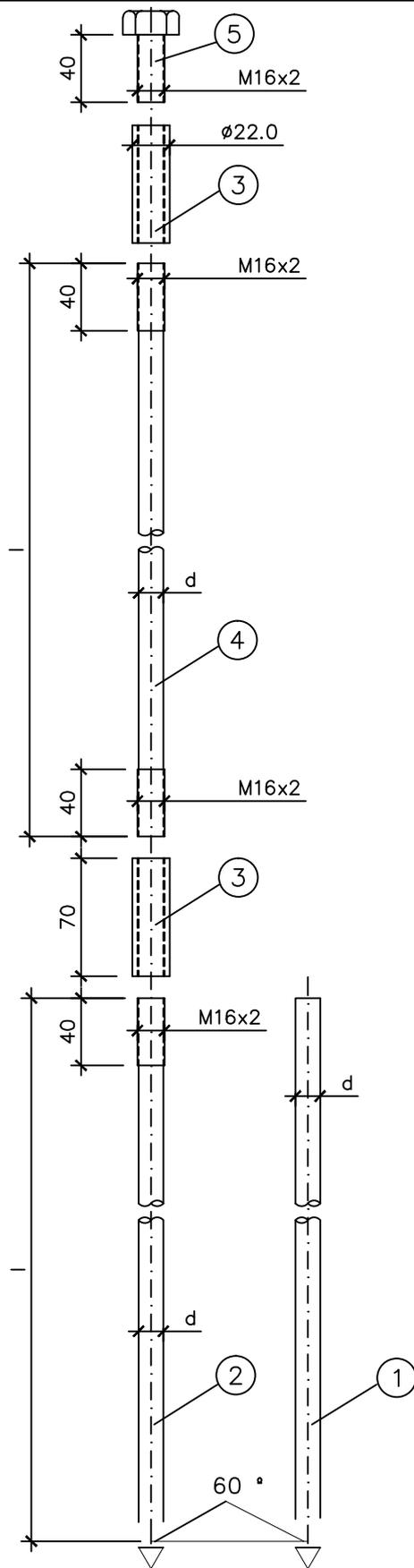
DETALLE 2  
SIN ESCALA



NOTAS:

- 1.- COMO ELECTRODOS DE DIFUSION VERTICAL SE EMPLEARAN PICAS CON ALMA DE ACERO Y RECUBRIMIENTO DE COBRE DE 2 m DE LONGITUD. EL NUMERO DE PICAS A INSTALAR ES DOS, SITUADAS EN POSICIONES DIAMETRALMENTE OPUESTAS CON RELACION A LA CIMENTACION (INDEPENDIEMENTE DEL NIVEL DE TENSION)
- 2.- COMO LINEA DE TIERRA SE EMPLEARA DOBLE CABLE DE ACERO GALVANIZADO AC-50, QUE IRA PROTEGIDO MEDIANTE TUBO CORRUGADO DE POLIETILENO DE DIAMETRO MINIMO 36 mm EN EL TRAMO QUE DISCURRE POR LA CIMENTACION.

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: PUESTA A TIERRA CON PICAS PARA APOYO METALICO DE CELOSÍA MONOBLOQUE	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/25	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 14



LEYENDA. —

- ① PICA LISA
- ② PICA ROSADA
- ③ MANGUITO DE ACOPLAMIENTO
- ④ PICA DE ACOPLAMIENTO
- ⑤ SUFRIDERA

d (mm)	l (mm)	ROSCA
14,6	2000	M 16x2

Dpto. de Ingeniería  
Eléctrica y Energética

Creado por:  
Sara Ortega Conde

Aprobado por:  
Alfredo Madrazo Maza

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS INDUSTRIALES  
Y DE TELECOMUNICACIÓN



PLANO DE:  
PICA DE PUESTA A TIERRA AC-CU

Estado del documento:  
Editado

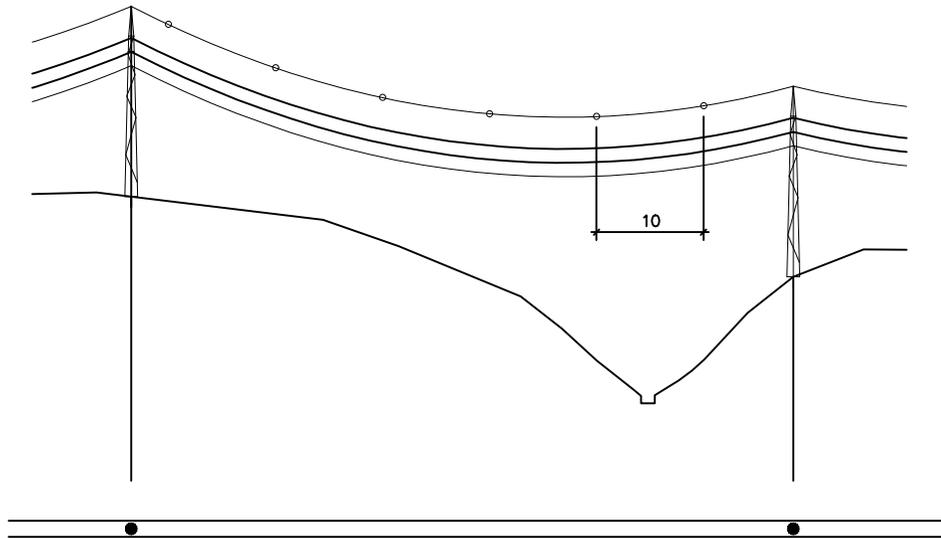
ESCALA:  
1/4

Rev:  
A

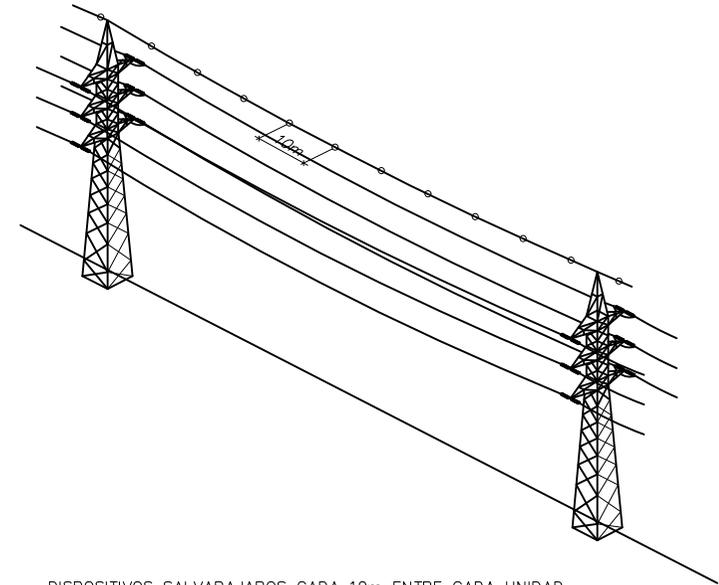
Fecha:  
Septiembre 2015

Idioma:  
ES

Hoja:  
15

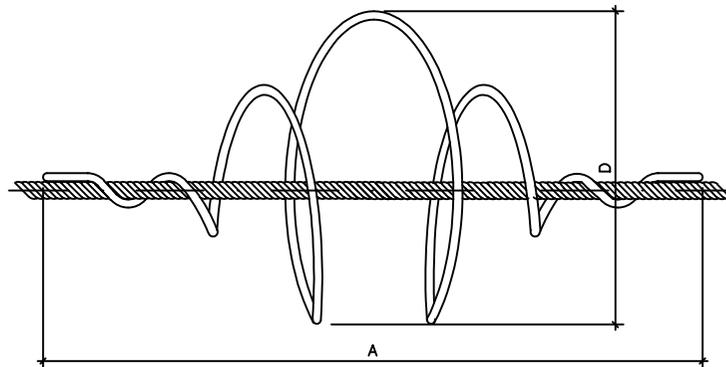


◦DISPOSITIVOS SALVAPAJAROS CABLE DE TIERRA CADA 10 m  
 TOTAL: 1.034 DISPOSITIVOS SALVAPAJAROS



DISPOSITIVOS SALVAPAJAROS CADA 10m ENTRE CADA UNIDAD  
 EN CABLE DE TIERRA

DETALLE DISPOSITIVOS SALVAPAJAROS EN CABLE DE TIERRA



DIMENSIONES (mm)			PESO APROX. (kg)
∅ CABLE	A	D	
≥13,41 ≤17,5	≥1000	≥300	≤0,65

DISPOSITIVO SALVAPAJAROS

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: MEDIDAS AVIFAUNA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: S/E	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 16





DENOMINACION	DIM. (mm)	PESO APROX. (Kg)
	A	
GT-21	210	0,10

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Sara Ortega Conde	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: SEÑAL DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	Estado del documento: Editado			
	ESCALA: 1/4	Rev: A	Fecha: Septiembre 2015	Idioma: ES	Hoja: 17

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Santander, Septiembre de 2015



Fdo: Sara Ortega Conde

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **DOCUMENTO N<sup>o</sup>3: PLIEGO DE CONDICIONES**

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

## “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### PLIEGO DE CONDICIONES

#### ÍNDICE

<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	1
<b>2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO</b> .....	1
<b>2.1 DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO</b> .....	1
<b>2.2 TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES</b> .....	2
<b>2.3 CIMENTACIONES</b> .....	4
2.3.1 Cemento .....	5
2.3.2 Agua.....	5
2.3.3 Áridos .....	5
2.3.4 Fabricación .....	6
<b>2.4 ARMADO DE APOYOS</b> .....	8
<b>2.5 PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS</b> .....	9
<b>2.6 IZADO DE APOYOS</b> .....	9
<b>2.7 TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y REGULACIÓN DE CONDUCTORES</b> .....	9
2.7.1 Herramientas .....	9
2.7.2 Método de montaje .....	12
<b>2.8 REPOSICIÓN DEL TERRENO</b> .....	19
<b>2.9 NUMERACIÓN DE APOYOS. AVISOS DE PELIGRO ELÉCTRICO</b> .....	20
<b>2.10 PRESCRIPCIONES MEDIOAMBIENTALES</b> .....	20
<b>2.11 CONDICIONES AMBIENTALES</b> .....	20
2.11.1 Condiciones generales.....	20
2.11.2 Atmósfera.....	21
2.11.3 Residuos .....	21
2.11.4 Inertes .....	22
2.11.5 Derrames y vertidos .....	22
2.11.6 Conservación ambiental .....	22
2.11.7 Finalización de obra y restauración ambiental .....	22
<b>2.12 PUESTA TIERRA</b> .....	23
<b>3 MATERIALES</b> .....	23

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

<b>3.1 APOYOS</b> .....	24
<b>3.2 CONDUCTORES Y CABLES</b> .....	24
<b>3.3 AISLADORES</b> .....	24
<b>3.4 HERRAJES</b> .....	25
<b>4 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MATERIALES DE A.T.</b> .....	25
<b>5 RECEPCIÓN EN OBRA</b> .....	26
<b>5.1 CALIDAD DE CIMENTACIONES</b> .....	26
<b>5.2 TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN</b> .....	27
<b>5.2.1 Desplazamiento de apoyos sobre su alineación</b> .....	27
<b>5.2.2 Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista</b> .....	27
<b>5.2.3 Verticalidad de los apoyos</b> .....	27
<b>5.2.4 Dimensión de flechas</b> .....	27
<b>5.2.5 Estado y colocación de los aisladores y herrajes</b> .....	28
<b>5.2.6 Grapas</b> .....	28
<b>5.2.7 Distancias a masa y longitudes de puente</b> .....	28
<b>5.3 TOLERANCIAS DE UTILIZACIÓN</b> .....	28
<b>5.4 DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b> .....	29
<b>6 NORMATIVA</b> .....	29

## **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de líneas eléctricas aéreas de 45, 66, 132 Y 220 kV.

Estas obras contemplan la obra civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de dichas líneas, así como la puesta en servicio de las mismas.

## **2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte. El director de obra del contratista principal, deberá tener presencia permanente en obra.

En el caso que la línea lleve OPGW, al menos con dos semanas de antelación al comienzo de los trabajos, el promotor se pondrá en contacto con la empresa distribuidora de telecomunicaciones para mantener una reunión de lanzamiento y coordinación del proyecto en el que se revisará el plan de trabajo y los detalles más importantes del mismo.

### **2.1 DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO**

El contratista deberá poseer como mínimo la siguiente documentación para el montaje de la línea:

- Plano de situación a escala 1:50.000 o 1:25.000.
- Plano de emplazamiento
- Plano de perfil longitudinal y planta de la línea a escalas verticales 1:500 y horizontales 1:2.000, en los que figuren la distribución de apoyos, catenaria de conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica para la hipótesis de máxima flecha, límites de parcelas, límites de provincias y términos municipales, servicios que existan en una franja de 50 m de anchura a cada lado del eje de la línea, tales como carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas o de telecomunicación, etc.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- En dicho perfil se indicarán las longitudes de los vanos, tipo, numeración y cotas de emplazamiento de los apoyos, ángulos del trazado y numeración de las parcelas afectadas.
- Planos de los apoyos y esfuerzos admisibles.
- Planos de puesta a tierra de los apoyos.
- Planos de formación de cadenas en sus composiciones de suspensión y amarre.
- Planos de cimentaciones y comprobación de la adherencia de las mismas.
- Tablas de tendido para el tensado de los conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica, de 5 en 5 grados centígrados, para los vanos reguladores y de comprobación que se fijen.
- Relación de bobinas de conductor con indicación de la longitud contenida en cada una de ellas.
- Especificaciones técnicas de materiales.
- Curvas de utilización de los diferentes apoyos suministradas por el fabricante.
- Estudio de amortiguamiento realizado por el fabricante.
- Requisitos para tendido de cable de fibra óptica tipo OPGW y PKP/TKT en líneas eléctricas.

Por otra parte, el contratista vendrá obligado a exponer en su oferta las herramientas que piensa utilizar en la construcción y el método de tendido a seguir, que será aprobado por la empresa distribuidora y hará mención de la que crea deba ser facilitada por la empresa distribuidora.

## **2.2 TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES**

Al ser el contratista quien suministra los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

El contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Así, se utilizarán eslingas textiles para la bajada de perfiles.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento o deformación de los mismos.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de estos con el suelo y entre ellos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de poder introducir los estobos. Esto supondrá situar un mínimo de tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se transportarán con vehículos especiales o elementos apropiados desde el almacén, hasta el pie del apoyo.

Se tendrá especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, dificultando su armado o haciendo desprenderse la capa de galvanizado.

Los estobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas y estarán siempre bien embalados para su transporte se hará, que se realizará con el debido cuidado.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Las bobinas se descargarán con grúa o con muelle de descarga pero nunca dejándolas caer desde el camión. En caso de rodarse las bobinas, se hará siempre en sentido contrario al del arrollamiento del cable.

## **2.3 CIMENTACIONES**

Antes de realizar las cimentaciones el contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

Antes de realizar las excavaciones, será preciso que el contratista realice un estudio geotécnico por muestreo del terreno que le entregará al director de Obra, siendo éste el que autorice un redimensionamiento nuevo de la cimentación a la vista de los resultados, si fuese necesario. Asimismo, se aprovechará el citado estudio para la obtención de la resistividad eléctrica del terreno, con objeto de conocer este parámetro para el dimensionado del electrodo de puesta a tierra del apoyo.

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a los planos de cimentaciones del proyecto y conforme a la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)”, empleándose un hormigón HM - 25 / B / 20 /Ila. Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) y estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 25 N/mm<sup>2</sup> según la EHE-08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a la clase general de exposición, se especifica una de tipo Ila, correspondiente a humedades altas.

El contratista, previa autorización de la empresa distribuidora, realizará la ejecución de pistas de acceso considerando los condicionantes precisos para su realización, como señalización para que los vehículos siempre usen esas pistas y no caminos alternativos sino sobre las mismas rodadas, causar mínimos daños, etc.

Por otro lado, respecto a los estudios de acceso necesarios, será el contratista quien los realice, y serán aprobados por el director de obra.

No se efectuarán movimientos de terreno ni explanaciones, sin previa autorización del director de obra.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

La fase de movimiento de tierras y excavaciones se realizará en todo momento según las normas técnicas de prevención, NTP 278: Prevención del desprendimiento de tierras y NTP 126: Máquinas para el movimiento de tierras.

Todas las excavaciones permanecerán siempre acotadas, señalizadas y quedará prohibido el acopio de material y tránsito de vehículos junto al borde de la excavación.

Por la noche las excavaciones se balizarán con cinta y señalización de riesgo de caídas reflectarías.

Cuando se abandone la zona de trabajo esta permanecerá siempre completamente acotada impidiendo el paso a toda persona ajena a la obra.

Los materiales empleados en la elaboración del hormigón en masa serán los siguientes:

#### **2.3.1 Cemento**

Los cementos utilizados en la elaboración del hormigón deberán ajustarse a lo establecido en el Art. 26 de la EHE-08.

#### **2.3.2 Agua**

Se podrá utilizar, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones establecidas en el Art. 27 de la EHE-08.

#### **2.3.3 Áridos**

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arena y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. En todo caso cumplirán las condiciones del Art. 28 de la EHE-08. Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

En caso de empleo de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Los áridos deberán llegar a obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones (arena y grava).

El tamaño del árido, las condiciones físico-químicas, las condiciones físico-mecánicas, la granulometría y el coeficiente de forma se ajustarán a lo establecido en el Art. 28 de la EHE-08.

#### **2.3.4 Fabricación**

La elaboración y puesta en obra del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 71 de la EHE-08.

El tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores del fraguado. En tiempo caluroso o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón se ajuste a la indicada en los planos de cimentaciones del presente proyecto.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón tendrá que documentar debidamente la dosificación empleada, que será aceptada expresamente por el director de obra.

El control de la resistencia característica del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 86 de la EHE-08.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

En los casos en que el contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 °C. Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0 °C. En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados. En aquellos casos que no puedan cumplirse las prescripciones anteriores, se admitirá el uso de los aditivos necesarios previa consulta y aprobación por parte de la empresa distribuidora.

No se hormigonará a temperaturas superiores a 40 °C o con vientos excesivos.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado según lo establecido en el Art. 71 de la EHE-08.

Caso que se suspenda el hormigonado por algún motivo y no se haya finalizado el trabajo se permite la introducción de varillas o resina epoxi para la unión posterior de las dos fases de hormigonado.

El contratista garantizará la correcta colocación de los anclajes en apoyos 4 patas con la inclinación correcta. Para ello, empleará la plantilla adecuada durante el montaje, y no realizará el vertido del hormigón directamente sobre los anclajes para evitar desplazarlos una vez colocados.

Para los apoyos metálicos de celosía, los macizos de cimentación, tanto monobloque como fraccionada, quedarán 30 cm sobre el nivel del suelo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar los tubos de polietileno corrugado de diámetro mínimo de 36 milímetros indicados en los planos de puesta a tierra de los apoyos. Estos tubos que deberán salir en la parte superior de la cimentación, junto a las

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

tomas de puesta a tierra previstas en el apoyo, estarán preparados para instalación a la intemperie, siendo resistentes a la degradación por radiación ultravioleta.

#### **2.4 ARMADO DE APOYOS**

El armado de los apoyos de celosía se realizará sobre una superficie de terreno lo más horizontal posible, a fin de que quede nivelado sobre los tacos de madera que lo calzan, evitando de ese modo que se deforme. También, añadir que durante el armado del apoyo se tendrá presente en todo momento la concordancia de diagonales y presillas.

El izado se realizará en todo momento según la norma técnica de prevención NTP 208: Grúa móvil y la instrucción técnica complementaria MIE-AEM-4 del reglamento de aparatos de elevación y manutención referentes a grúas móviles autopropulsadas.

Todas las maniobras de izado se realizarán por personal autorizado con grúas y plumas, que estarán en perfecto estado de mantenimiento. La grúa o pluma se seleccionará en función del peso y dimensiones de la carga, y durante todo el proceso de izado estará con estabilizadores desplegados y nivelados. El izado se realizará lentamente, quedando prohibido arrastrar la carga y permanecer debajo de esta. El estrobo de la carga se hará siempre de tal manera que su reparto sea homogéneo. El gruista podrá guiarse por el encargado de la maniobra de izado mediante señales que serán conocidas perfectamente por el encargado y el gruista. Una vez que la carga ha sido colocada y asegurada se procederá a desengancharla.

Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el contratista lo notificará al director de obra.

El uso de punteros o escarificadores para modificar taladros está prohibido.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del director de obra.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores se apretarán los tornillos dando a las tuercas el par de apriete correcto mediante llave dinamométrica. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

## **2.5 PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS**

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados en caliente, según norma UNE-EN ISO 1461 contemplada como de obligado cumplimiento en la ITC 02 del RLAT.

Todos los tornillos y sus accesorios deberán estar galvanizados en caliente según norma UNE 37 507 considerada de obligado cumplimiento según la ITC 02 del RLAT.

## **2.6 IZADO DE APOYOS**

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados, se recomienda sean izados con pluma o grúa según se indica en el apartado 2.4, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

La nivelación de los apoyos metálicos de celosía se realizará mediante la perfecta colocación de la base del apoyo con plantillas.

## **2.7 TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y REGULACIÓN DE CONDUCTORES**

### **2.7.1 Herramientas**

El contratista deberá aportar todas las herramientas necesarias, que estarán suficientemente dimensionadas en previsión de roturas y accidentes, como son poleas, cables pilotos, máquinas de empalmar, andamios, etc. y demás

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

herramientas utilizadas en este tipo de trabajo, salvo que sean suministradas por la empresa distribuidora por mutuo acuerdo.

La empresa distribuidora se reserva el derecho de rechazar en cualquier momento aquellas herramientas que, por no estar en condiciones, no sean adecuadas para efectuar el trabajo a que están destinadas.

#### **Máquina de frenado del conductor**

Dispondrá esta máquina de dos tambores en serie con canaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material que será previamente aprobado por el director de obra.

La relación de diámetros entre tambores y conductor será fijada por el contratista haciéndose responsable de la misma.

La máquina de frenado mantendrá constante la tensión durante el tendido limitando la tensión máxima y la velocidad de salida del cable.

La bobina se frenará con el exclusivo fin de que no siga girando por su propia inercia o por variaciones de velocidad en la máquina de frenado.

Nunca debe rebasar valores que provoquen daños en el cable por el incrustamiento en las capas inferiores.

#### **Poleas de tendido del conductor y cable de tierra**

Para tender el conductor de aluminio-acero, las gargantas de las poleas serán de aluminio, plástico o neopreno.

El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

Las poleas para el cable de acero podrán ser de acero, madera, plástico o neopreno, y siempre de un material de igual o menor dureza que el cable o el conductor.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o canaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables piloto.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

La forma de la garganta tendrá una curvatura en su fondo comprendida entre el diámetro del conductor o cable de tierra como mínimo y el diámetro de los empalmes provisionales y giratorios utilizados en el tendido. Las paredes laterales estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20º y 60º para evitar enganches.

Los bordes deberán de ser biselados con el mismo fin.

No se emplearán jamás poleas que se hayan utilizado para tendidos de conductores de cobre.

Las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca con cojinete de fricción, de tal forma que permitan una fácil rodadura.

Se colgarán directamente de la cadena de aisladores de suspensión.

#### **Máquinas de empalmar**

El contratista aportará las máquinas de empalmar requeridas, efectuándose revisiones periódicas de las dimensiones finales del manguito y efectuando ensayos dimensionales de los empalmes realizados para comprobar que las hileras y matrices están dentro de las tolerancias exigidas. Las matrices y las mordazas serán suministradas por el contratista.

#### **Mordazas**

Utilizará el contratista mordazas adecuadas para efectuar la tracción del conductor, cable de tierra o cable de fibra óptica que no dañen el aluminio del conductor, el galvanizado del cable de acero, el alumoweld del cable de fibra óptica OPGW o la cubierta del cable de fibra óptica autosoportado cuando se aplique una tracción igual a la que determine la ecuación de cambio de condiciones a 0º C sin manguito de hielo ni viento.

Se utilizarán, preferentemente, mordazas del tipo preformado. En el caso de utilizarse mordazas con par de apriete, éste deberá de ser uniforme y, si es de estribos, el par de apriete de los tornillos debe efectuarse de forma que no se produzca un desequilibrio.

#### **Máquina de tracción**

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

Podrá utilizarse como tal el cabestrante o cualquier otro tipo de máquina de tracción que el director de obra estime oportuno, en función del conductor y de la longitud del tramo a tender.

#### **Dinamómetros**

Será preciso utilizar dispositivos para medir la tracción del cable durante el tendido en los extremos del tramo, es decir, en la máquina de freno y en la máquina de tracción.

El dinamómetro situado en la máquina de tracción ha de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzca una elevación anormal en la tracción de tendido.

#### **Giratorios**

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinete axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto para evitar que pase el giro de un cable a otro.

### **2.7.2 Método de montaje**

#### **Tendido**

Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan transcurrido 28 días desde la finalización de la cimentación de los apoyos, salvo indicación en contra del director de obra.

El tendido del conductor debe realizarse entre amarres salvo situaciones excepcionales, donde caso de no poder ser así, se deberá justificar de manera detallada.

En lo concerniente al cable OPGW, es necesario considerar que cuando el cable pase del apoyo o pódico desde el tendido aéreo al tendido canalizado para la entrada en la subestación, el/los proveedores seleccionados de entre los homologados para servicios de telecomunicaciones instalarán cable PKP/TKT por lo que el cable OPGW debe dejarse terminado en dicho pódico con una coca de al menos 15 metros. Será en la reunión inicial de lanzamiento y coordinación del proyecto en la que se fijarán los puntos concretos en que deberán dejarse cocas de cable.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Antes de comenzar el tendido, los apoyos estarán totalmente terminados, así como los tornillos apretados, graneteados y las peanas terminadas.

El contratista se ocupará y someterá a la aprobación del director de obra el estudio del tendido, la elección de los emplazamientos del equipo y orden de entrega de bobinas para conseguir que los empalmes queden situados, una vez tensado el conductor, según se indica en el apdo. 2.1.6 de la ITC 07 del RLAT.

Las bobinas han de ser tendidas sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes.

Si en algún caso una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, el contratista lo someterá a la consideración del director de obra sin cuya aprobación no podrá hacerlo.

El cable se tendrá siempre en bobina y se sacará de éstas mediante el giro de las mismas.

Durante el despliegue es preciso evitar el retorcido del conductor con la consiguiente formación de cocas, que reducen extraordinariamente las características mecánicas de los mismos.

El conductor será revisado cuidadosamente en toda su longitud, con objeto de comprobar que no existe ningún hilo roto en la superficie ni abultamiento anormal que hicieran presumir alguna rotura interna. En el caso de existir algún defecto, el contratista deberá comunicarlo al director de obra quien decidirá lo que procede hacer.

La tracción de tendido de los conductores será, como máximo, la indicada en las tablas de tensado definitivo de conductores que corresponda a la temperatura existente en el conductor.

La tracción mínima será aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales, tales como tierra, que al contener ésta sales, se depositarían en el conductor, produciendo efectos químicos que podrían deteriorar el mismo.

El anclaje de las máquinas de tracción y freno deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

imprevista, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

La longitud del tramo a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio puede considerarse un máximo de veinte poleas por conductor y por tramo; pero en el caso de existir poleas muy cargadas, ha de disminuir dicho número con el fin de no dañar el conductor.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostamiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones (en particular en los apoyos de ángulo y de anclaje).

El contratista será responsable de las averías que se produzcan por la no observación de estas prescripciones.

#### **Empalmes**

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas con empalmes flexibles, que se sustituirán por definitivos, una vez que el conductor ocupe su posición final en la línea. En ningún caso se autoriza el paso por una sola polea de los empalmes definitivos.

Los empalmes se realizarán en cualquier caso cumpliendo lo indicado en el apdo. 2.1.6 de la ITC 07 del RLAT como se redacta a continuación.

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

La conexión de conductores, tal y como ha sido definida en el presente apartado, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de rotura del conductor.

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

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

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

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

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

El corte del cable se hará utilizando sierra y nunca con tijera o cizalla. La preparación del extremo se efectuará cortando el aluminio con sierra o máquinas de corte circular pero cuidando de no dañar jamás el galvanizado del alma de acero y evitando que se aflojen los hilos mediante ligaduras de alambre adecuadas.

El método de efectuar el empalme se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos empalmes.

Una vez tendido el conductor, será necesario mantener su tracción con el fin de que nunca lleguen a tocar tierra.

Durante la sustitución de empalmes provisionales por definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto de conductores tenga la tracción necesaria para que no lleguen a tocar tierra.

Si la línea llevase OPGW, los puntos concretos en los que se ubicarán las cajas de empalme quedaran determinados en la reunión inicial de lanzamiento y coordinación del proyecto mantenida con la empresa distribuidora.

### **Tensado**

El anclaje a tierra para efectuar el tensado se hará desde un punto lo más alejado posible y como mínimo a una distancia horizontal del apoyo doble de su altura, equivalente a un ángulo de  $150^\circ$  entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Se colocarán tensores de cable de acero provisionales, entre la punta de los brazos y el cuerpo del apoyo como refuerzo en los apoyos desde los que se efectúe el tensado.

Las poleas serán, en dicho apoyo, de diámetro adecuado para que el alma del conductor no dañe el aluminio.

Aunque los apoyos de anclaje están calculados para resistir la sollicitación de una fase en el extremo de una cruceta, si las demás sollicitaciones de las restantes fases están compensadas, se colocarán los tirantes previstos para compensar la sollicitación de la fase del lado opuesto de la cruceta en que se efectúa la maniobra de engrapado.

Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán a los cables a sacudidas.

#### **Regulación de conductores**

La longitud total de la línea se dividirá en cantones.

En cada cantón el director de obra fijará los vanos en que ha de ser medida la flecha.

Estos vanos pueden ser de “regulación”, o sea, aquellos en los que se mide la flecha ajustándola a lo establecido en la tabla de tendido, o de "comprobación" que señalarán los errores motivados por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Según sea la longitud del cantón, el perfil del terreno y la mayor o menor uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

- Un vano de regulación.
- Un vano de regulación y un vano de comprobación.
- Un vano de regulación y dos vanos de comprobación.
- Dos vanos de regulación y tres vanos de comprobación.

Se entregará al contratista una tabla de montaje con las flechas para los vanos de regulación y comprobación de cada serie en la situación de engrapado, deducidas

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

de las características del perfil en función de la temperatura del conductor, que deberá de ser medida con un termómetro cuya sensibilidad será de 1 °C como mínimo, introducido en una muestra de cable del conductor utilizado y expuesto a una altura próxima a los 10 m, durante un periodo mínimo de tres horas.

En aquellos cantones en que, por razón del perfil del terreno, los apoyos se hallen enclavados a niveles muy diferentes (terreno montañoso), el contratista deberá conseguir mantener constante la tensión horizontal del conductor en las grapas de alineación para la temperatura más frecuente del año y, por tanto, la verticalidad en las cadenas de aisladores de suspensión, no admitiéndose que las mencionadas grapas se desplacen en sentido de la línea un valor superior al 1% de la longitud de la cadena de aisladores de suspensión.

Para la regulación de conductores en líneas dúplex, se dispondrá de tensores de corredera que permitan corregir pequeñas diferencias una vez engrapados en las torres de anclaje.

Los errores admitidos en las flechas vienen indicados en el apdo. 5 del presente Pliego de Condiciones.

Después del tensado y regulación de los conductores, se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

En apoyos de amarre, se cuidará que en la maniobra de engrapados no se produzcan esfuerzos superiores a los admitidos por dichos apoyos y, en caso necesario, el contratista colocará tensores y vientos para contrarrestar los esfuerzos anormales.

El método de efectuar la colocación de grapas se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichas grapas.

En apoyos de suspensión, la suspensión de los conductores durante la colocación de la grapa en la cadena de aisladores se hará por medio de estobos de cuerda o de nylon para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### **“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”**

golpes: se suspenderá el conductor, se aflojará la grapa y se correrá a mano donde sea necesario.

#### **Colocación de separadores, amortiguadores y contrapesos**

Se entregará al contratista una relación con las distancias para colocación de dichas piezas en todos los vanos de la línea tanto en los conductores como en el cable de tierra.

La colocación de estos elementos deberá efectuarse antes de que transcurran quince días después de la regulación de los conductores.

El método de efectuar la colocación de separadores se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos herrajes. Estos elementos deberán ser aptos para soportar una intensidad de cortocircuito de 50 kA.

La colocación de amortiguadores y el número de los mismos será el indicado en el correspondiente estudio de amortiguamiento que deberá presentar el fabricante que los suministre.

#### **Protección y cruzamientos**

Las protecciones en ferrocarriles, carreteras, caminos, veredas, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, etc. serán por cuenta del contratista.

En aquellos cruzamientos que el proyectista considere que son de especial relevancia y en los que pudiera ser razonable aumentar los coeficientes de seguridad reglamentarios, se instalarán cadenas con doble aislamiento por conductor.

En los cruzamientos con vías públicas o en lugares transitados, se colocarán protecciones adecuadas, y se situará a cada lado del cruzamiento una señal indicadora de peligro.

En los cruzamientos de líneas eléctricas de cualquier tensión o en los trabajos a efectuar en las proximidades de dispositivos con tensión, se tomarán todas las precauciones conocidas (corte de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el contratista de lo que pueda suceder

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

aunque se halle presente en la obra alguno de los técnicos o vigilantes de la empresa distribuidora

Los cruzamientos se efectuarán, preferentemente, sin tensión en la línea cruzada, para lo que deberá solicitar el contratista los descargos correspondientes con veinte días de antelación a la empresa distribuidora, que se hará cargo de esta gestión. Si el cruzamiento se hiciese con la línea en tensión, éste no se realizará hasta la aprobación por parte del director de obra del método a emplear.

Los descargos se realizarán normalmente en días festivos, por lo que el contratista deberá organizar su trabajo de forma que los cruces con líneas coincidan con dichos días. No obstante, la empresa distribuidora hará las gestiones necesarias para que dichos descargos sean en las fechas más convenientes para el buen orden del trabajo, sin que el contratista pueda efectuar reclamación alguna si no se puede conseguir.

Las líneas de tensión inferior a 25 kV podrán ser puenteadas por el contratista, siempre que se consiga la debida autorización de la empresa propietaria de la línea.

Estos puentes se harán con cables aislados a su cargo y se introducirán en zanjas para su protección. Asimismo se colocarán placas indicadoras de peligro de muerte y se señalizará debidamente la zona afectada.

En líneas de tensión superior a la indicada y en todas aquellas en las que no se consiga autorización para puentearlas con cable aislado, tendrán que cruzarse en descargo, que será lo más breve posible, haciendo que el final y el principio de los cantones de tendido queden a ambos lados de la línea cruzada.

## **2.8 REPOSICIÓN DEL TERRENO**

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidos si el propietario del terreno lo autoriza o retiradas a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será a cargo del contratista.

Todos los daños serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

## **2.9 NUMERACIÓN DE APOYOS. AVISOS DE PELIGRO ELÉCTRICO**

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la indicada por el director de obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, el fabricante, la función, denominación según fabricante y el año de fabricación.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura visible y legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (aproximadamente 4 m).

Se señalará la instalación con el lema corporativo de la empresa distribuidora en los cruces con vías de comunicación.

## **2.10 PRESCRIPCIONES MEDIOAMBIENTALES**

Caso que aplique a la línea la colocación de salvapájaros, y que estos vayan ubicados en el cable de fibra óptica autosoportado, se tendrá sumo cuidado en la colocación de los citados elementos, evitando que el cable soporte elevados pesos y esfuerzos mecánicos que puedan dañarlo. Por ello, se recurrirá a su colocación mediante alguna metodología que evite que sea un operario en un carro que circula sobre el cable quien los situé en el mismo, y caso de emplear algún método similar al citado, se consultará previamente al fabricante sobre su viabilidad. Una opción sería colocar los salvapájaros con una pluma desde el suelo siempre que fuese posible.

## **2.11 CONDICIONES AMBIENTALES**

La ejecución de los trabajos deberá cumplir los requisitos ambientales expuestos a continuación.

### **2.11.1 Condiciones generales**

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de la empresa distribuidora en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir, se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental,

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Declaraciones de Impacto Ambiental, Planes de Vigilancia Ambiental, o resoluciones emitidas por la Administración Ambiental.

En caso de generarse un incidente o accidente ambiental durante el servicio imputable a una mala ejecución del contratista, se deben aplicar las medidas correctoras necesarias para restablecer el medio afectado a su situación inicial y hacerse cargo de la restauración del daño causado.

Las emisiones sonoras debidas al transporte de materiales, movimiento de maquinaria y presencia de personal, se realizarán asegurando que no se superan los límites máximos permitidos establecidos por las normas de aplicación.

#### **2.11.2 Atmósfera**

Para minimizar la dispersión de material por el viento, se adoptarán las siguientes medidas:

- Acopio y almacenamiento de materiales en lugares protegidos.
- Reducción del área y tiempo de exposición de los materiales almacenados al máximo posible.
- Humedecer los materiales expuestos al arrastre del viento y las vías no pavimentadas.
- Priorizar el acondicionamiento de suelo desnudo.
- La carga y transporte de materiales se realizará cubriendo las cajas de los vehículos y adaptando la velocidad del transporte al tipo de vía.

#### **2.11.3 Residuos**

Como primera medida se aplicará una política de NO GENERACIÓN DE RESIDUOS y su manejo incluirá los siguientes pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

Conservar las zonas de obras limpias, higiénicas y sin acumulaciones de desechos o basuras, y depositar los residuos generados en los contenedores destinados y habilitados a tal fin.

La gestión y el transporte de los residuos se realizarán de acuerdo con la normativa específica para cada uno de ellos, según su tipología.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **2.11.4 Inertes**

Se establecerán zonas de almacenamiento y acopio de material en función de las necesidades y evolución de los trabajos en Obra. Las zonas de acopio y almacenamiento se situarán siempre dentro de los límites físicos de la obra y no afectarán a vías públicas o cauces ni se situarán en zonas de pendiente moderada o alta (>12%) salvo necesidad de proyecto y permiso expreso de la autoridad competente.

En el almacenamiento temporal se deberán construir barreras provisionales que impidan su dispersión.

#### **2.11.5 Derrames y vertidos**

Se controlarán los vertidos de obra en función de su procedencia.

Se prohíbe el lavado de cubas de hormigón en obra.

En caso de derrame accidental por avería, incidente o mala ejecución, se tendrá en cuenta lo dispuesto en el apartado 2.11.1 (Condiciones Ambientales Generales), y en el 2.11.3 (Residuos, en lo referente al transporte y gestión).

#### **2.11.6 Conservación ambiental**

Se acotarán las operaciones de desbroce y retirada de la cubierta vegetal a las necesidades de la obra.

Se acopiará y reservará la cubierta vegetal para su reposición una vez finalizada la obra.

Se utilizarán los accesos existentes para el transporte de material, equipo y maquinaria que se emplee durante la ejecución de la obra.

#### **2.11.7 Finalización de obra y restauración ambiental**

Retirada de los materiales sobrantes, estructuras temporales y equipos empleados durante la ejecución de la obra, restaurando las zonas que hayan sido compactadas o alteradas.

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **2.12 PUESTA TIERRA**

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el Documento nº 1 Memoria y los planos de puesta a tierra del Documento nº 2 Planos.

Una vez finalizadas las instalaciones de puesta a tierra, el contratista procederá a la medición de la tensión de contacto aplicada mediante un método por inyección de corriente en los apoyos donde la determinación de ese valor sea exigida (apoyos frecuentados), según se indica en el apdo. 7.3.4.6 de la ITC 07 del RLAT.

Cuando no sea posible cumplir las tensiones de contacto, se instalarán medidas adicionales de seguridad y se medirán las tensiones de paso.

En los apoyos no frecuentados, en el supuesto de que el valor de la resistencia de puesta a tierra sea superior a  $20 \Omega$ , se realizará una mejora de la puesta a tierra hasta alcanzar en lo posible dicho valor.

La medición de la resistencia de puesta a tierra del apoyo se determinará eliminando el efecto de los cables de tierra.

### **3 MATERIALES**

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el siguiente Pliego de Condiciones. El director de obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra. En aquellos materiales en los que se aplique la homologación de proveedores de bienes, los equipos que se instalen en la línea tendrán que escogerse obligatoriamente de entre los que figuren como homologados en la Oficina Técnica Virtual.

No se aceptará en ningún caso el uso de Policloruro de Vinilo (PVC).

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **3.1 APOYOS**

Los apoyos utilizados en el presente proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de la empresa distribuidora.

Además, los apoyos deberán ser suministrados por alguno/s de los proveedores que figuran como homologados en la Oficina Técnica Virtual de la empresa distribuidora.

En caso de ser necesario emplear antiescalo de material aislante con objeto de conseguir el cumplimiento reglamentario de la tensión de contacto, los taladros necesarios en el apoyo serán realizados en fábrica previo galvanizado en caliente, y se considerará en el cálculo estructural del apoyo. Asimismo, estos apoyos destinados a montarse con antiescalo, incorporarán escalera de pates a partir de los 3 metros para permitir el acceso a crucetas y cúpula de tierra.

#### **3.2 CONDUCTORES Y CABLES**

Los conductores Al-Ac y cables de acero para la puesta a tierra utilizados en el presente proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de la empresa distribuidora.

Además, los conductores deberán ser suministrados por alguno/s de los proveedores que figuran como homologados en la Oficina Técnica Virtual de la empresa distribuidora.

En lo referente a los cables de tierra empleados en el proyecto, se ajustarán a lo indicado en el documento de requisitos de tendido cable OPGW y PKP en líneas eléctricas de la empresa distribuidora.

#### **3.3 AISLADORES**

Los aisladores y las crucetas aislantes utilizados en el presente proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de la empresa distribuidora. Tal como se indica en las especificaciones correspondientes, los aisladores y crucetas aislantes de 220 kV llevarán anillo de potencial en el extremo más próximo al conductor.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Además, los aisladores deberán ser suministrados por alguno/s de los proveedores que figuran como homologados en la Oficina Técnica Virtual de la empresa distribuidora.

#### **3.4 HERRAJES**

Los herrajes utilizados en el presente proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de la empresa distribuidora.

Además, los herrajes deberán ser suministrados por alguno/s de los proveedores que figuran como homologados en la Oficina Técnica Virtual de la empresa distribuidora.

En lo concerniente a los herrajes para el cable OPGW, indicar que deberán colocarse de forma que no dañen ni deformen el cable, empleando los elementos necesarios para evitar tracciones en el cable, efectos del viento que permita que el cable golpee la torre y pueda dañarse, radios de curvatura del cable superiores o inferiores al recomendado por el fabricante, así como cualquier otra situación que impida disponer de un correcto tendido. Estos herrajes también se ajustarán a lo indicado en el documento de requisitos de tendido cable OPGW y PKP en líneas eléctricas de la empresa distribuidora.

#### **4 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MATERIALES DE A.T.**

El proceso de aseguramiento de la calidad estará formado por los siguientes aspectos:

- Verificación de que los materiales de A.T. cumplen especificación de la empresa distribuidora y son suministrados por proveedores homologados por ella.
- Ensayos de recepción en fábrica. Con carácter general, los ensayos de recepción en fábrica serán los recomendados por la normativa vigente.

Para todos los materiales de A.T., la empresa distribuidora recibirá los protocolos de los ensayos de recepción en fábrica realizados sobre los mismos y deberán ser aprobados explícitamente por la misma.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

- Ensayos de recepción en campo. Con carácter general, los ensayos de recepción en campo serán realizados conforme a lo establecido en el procedimiento de pruebas y puesta en servicio de líneas de la empresa distribuidora y con su presencia.

Además de los ensayos establecidos en las Normas de Obligado cumplimiento relacionadas en la ITC-MIE RLAT 02, la empresa distribuidora se reserva el derecho de establecer cuantos ensayos considere necesarios para el aseguramiento de la calidad de los materiales que se instalen en obra.

## **5 RECEPCIÓN EN OBRA**

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones general y de más pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

### **5.1 CALIDAD DE CIMENTACIONES**

De acuerdo con el apartado 2.3, el director de obra verificará las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno según el estudio geotécnico realizado.

Asimismo, podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación tal y como lo establecen el Art. 86 de la EHE-08. El contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

## **5.2 TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN**

### **5.2.1 Desplazamiento de apoyos sobre su alineación**

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real debe ser inferior a  $(D/100) + 10$ , expresada en centímetros.

### **5.2.2 Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista**

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

### **5.2.3 Verticalidad de los apoyos**

En los apoyos en alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

### **5.2.4 Dimensión de flechas**

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán de:

- +/-3% en el conductor que se regula.
- +/-3% entre dos conductores situados en un plano vertical
- +/-6% entre dos conductores situados en un plano horizontal

La medición de flechas se realizará según la norma UNE 21 101.

Cuando se utilice conductor en haz dúplex se comprobará también que la diferencia entre las flechas de un haz de los dos subconductores no excederá del diámetro del conductor.

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **5.2.5 Estado y colocación de los aisladores y herrajes**

Se comprobará que el montaje de cadenas de aisladores, crucetas aislantes y herrajes, son correctos y conforme a los planos de montaje.

No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena ni un giro superior a 2º en las crucetas aislantes giratorias.

#### **5.2.6 Grapas**

Se comprobará que las grapas y demás accesorios han sido instalados de forma correcta.

#### **5.2.7 Distancias a masa y longitudes de puente**

Se comprobará que las distancias fase-tierra son mayores que las mínimas establecidas en el apdo. 5.4.2 de la ITC 07 del RLAT.

### **5.3 TOLERANCIAS DE UTILIZACIÓN**

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias que se fijan a continuación:

- En el caso de aisladores no suministrados por el contratista, la tolerancia admitida de elementos estropeados es del 1,5%.
- La cantidad de conductor se obtiene multiplicando el peso del metro de conductor por la suma de las distancias reales medidas entre los ejes de los pies de apoyos, aumentadas en un 5%, cualquiera que sea la naturaleza del conductor, con objeto de tener así en cuenta las flechas, puentes, etc.

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias mínimas establecidas.

## **5.4 DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

Una vez finalizada y puesta en servicio la línea eléctrica, el director de obra entregará a la empresa distribuidora la siguiente documentación:

- Proyecto actualizado con todas las modificaciones realizadas.
- Permisos y autorizaciones administrativas.
- Certificado de final de obra.
- Certificado de puesta en servicio.
- Ensayos de medición de tierras.
- Medida de la tensión de contacto o paso, en los apoyos frecuentados.
- Ensayos de resistencia característica del hormigón de las cimentaciones.
- Ensayo de recepción de los materiales utilizados.
- Accesos realizados para el montaje y mantenimiento de la línea.

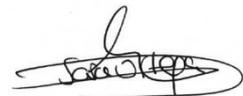
## **6 NORMATIVA**

- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Decreto 223/2008 de 15 de febrero, publicado en el B.O.E nº 68 de 19 de marzo de 2008).
- Real Decreto de Seguridad y Salud (B.O.E. 25-10-97).
- Real Decreto 1.403/86 sobre Señalización de Seguridad en los Centros y Locales de Trabajo.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Normas UNE.

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Santander, Septiembre de 2015



Fdo: Sara Ortega Conde

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **DOCUMENTO N<sup>o</sup>4: PRESUPUESTO**

# E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## PRESUPUESTO

### ÍNDICE

<b>1 CUADRO DE PRECIOS</b> .....	1
<b>2 PRESUPUESTOS PARCIALES</b> .....	10
<b>2.1 CAPÍTULO I: APOYOS</b> .....	10
<b>2.2 CAPÍTULO II: CABLES Y CONDUCTORES</b> .....	10
<b>2.3 CAPÍTULO III: CADENAS Y HERRAJES</b> .....	11
<b>2.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA</b> .....	11
<b>2.5 CAPÍTULO V: ACCESORIOS</b> .....	11
<b>3 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL</b> .....	12
<b>4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b> .....	13
<b>5 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN</b> .....	14

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

**1 CUADRO DE PRECIOS**

Nº	Ud.	DENOMINACIÓN	Importe (€)
1	m3	<b>METRO CÚBICO DE EXCAVACIÓN PARA CIMIENTOS DE APOYOS METÁLICOS DE TODO TIPO DE DUREZA DEL TERRENO INCLUIDO TRANSPORTE DE PRODUCTOS SOBREPANTES A VERTEDERO, ASÍ COMO RELLENO Y COMPACTO</b>	
	1		64,68
	1	-Maquinaria y herramienta	13,37
	1	-Relleno y compacto	18,51
		-Mano de obra y auxiliares	
		<b>TOTAL</b>	<b>96,56</b>
2	m <sup>3</sup>	<b>METRO CÚBICO DE HORMIGÓN EN MASA DE 250KG DE CEMENTO POR M<sup>3</sup>, INCLUIDO ENCOFRADO.</b>	
	1	-Materiales y maquinaria	126,90
	1	-Mano de obra, transporte y medios auxiliares	38,07
			<b>TOTAL</b>
3	Ud.	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-1500-14,90-E-2/2,6[-T]</b>	
	801	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	1.217,52
	0.801	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	111,18
	5,51	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	532,05
	6,43	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos,	

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

		colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97€/m <sup>3</sup> .	1.060,76
		-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.	328,41
	801		
		<b>TOTAL</b>	<b>3.249,92</b>
<b>4</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-1500-17,15-E-2/2,6[-T]</b>	
	993	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	1.217,52
	0.993	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	137,83
	5,99	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	578,39
	6,96	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .	1.148,19
	993	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg	407,13
		<b>TOTAL</b>	<b>3.489,06</b>
<b>5</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-14,90-E-2/2,6[-T]</b>	
	1.079	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	1.640,08
	1,079	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	149,77
	6,58	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de	635,36

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

		terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	
	7,50	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .	1.237,27
	1.079	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg	442,39
		<b>TOTAL</b>	<b>4.104,87</b>
<b>6</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-17,15-E-2/2,6[-T]</b>	
	1.287	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	1.956,24
	1,287	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	178,64
	7,29	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	703,92
	8,26	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .	1.362,65
	1.287	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.	527,67
		<b>TOTAL</b>	<b>4.729,12</b>
<b>7</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-19,55-E-2/2,6[-T]</b>	
	1.526	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	2.319,52

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

	1,526	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	211,81
	7,87	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	759,93
	8,90	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .	1.468,23
	1.526	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.	625,66
		<b>TOTAL</b>	<b>5.375,15</b>
<b>8</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-4000-14,90-E-2/2,6[-T]</b>	
	1.313	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.	1.995,76
	1,313	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.	182,24
	7,94	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .	766,69
	8,91	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .	1.469,88
	1.313	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.	538,33

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

			<b>TOTAL</b>	<b>4.952,90</b>
<b>9</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-4000-17,15-E-2/2,6[-T]</b>		
	1,583	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.		2.406,16
	1,583	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.		219,72
	8,56	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .		826,55
	9,59	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, 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 <sup>3</sup> .		1.582,06
	1.583	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.		649,03
		<b>TOTAL</b>	<b>5.683,52</b>	
<b>10</b>	<b>Ud.</b>	<b>APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-5600-14,90-E-2/2,6[-T]</b>		
	1,570	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1,52 €/kg.		2.386,40
	1,570	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138,8€/Tm.		217,92
	9,24	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96,56 €/m <sup>3</sup> .		892,21
	10,27	-m <sup>3</sup> de hormigón en masa de resistencia característica fck=150kg/cm y tamaño máximo de árido 40mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos,		

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

		colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164,97€/m <sup>3</sup> .	1.694,24
	1.570	-Kilogramo de armado e izado a 0,41€/kg.	643,70
		<b>TOTAL</b>	<b>5.834,47</b>
<b>11</b>	<b>Ud.</b>	<b>PUESTA A TIERRA SIMPLE PARA APOYO CELOSÍA MONOBLOQUE</b>	
	4	-Metro cable acero galvanizado 50 mm <sup>2</sup> a 2,8€/m	11,20
	1	-Conexión a pica con estribo para cables paralelo	1,40
	1	-Tubo de PVC corrugado D 36 mm para PAT	2,24
	2	-Pica P.T.AC-CU 2000X14,6 D lisa	5,29
	1	-Grapa conexión paralelo cable acero galvanizado	1,45
		-Transporte, acopio, mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura.	58,87
		<b>TOTAL</b>	<b>80,45</b>
<b>12</b>	<b>Ud</b>	<b>PUESTA A TIERRA EN ANILLO PARA APOYO CELOSÍA MONOBLOQUE</b>	
	4	-Carga conexión aluminotérmica cable-pica tierra	1,56
	8	-Metro cable acero galvanizado 50 mm <sup>2</sup> a 2,8€/m	22,40
	2	- Grapa conexión paralelo cable acero galvanizado	1,45
	2	-Tubo de PVC corrugado D 36 mm para PAT	4,48
	2	-Carga conex.aluminotérmica paralela AC-50/CU-50	10,22
	14	-Metro cable CU desnudo C-50 UNESA a 0,98€/m	13,72
	4	-Pica P.T.AC-CU 2000X14,6 D Lisa	21,16

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

		-Transporte, acopio, mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura	199,91
		<b>TOTAL</b>	<b>274,9</b>
<b>13</b>	<b>Ud.</b>	<b>CADENA DE SUSPENSIÓN AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)</b>	
	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
		<b>TOTAL</b>	<b>146,16</b>
<b>14</b>	<b>Ud.</b>	<b>CADENA DE AMARRE AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)</b>	
	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 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
		<b>TOTAL</b>	<b>144,40</b>
<b>15</b>	<b>Ud.</b>	<b>CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE TIERRA AC-50</b>	
	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

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación	24,67
		<b>TOTAL</b>	<b>57,38</b>
<b>16</b>	<b>Ud.</b>	<b>CONJUNTO DE AMARRE PARA CABLE DE TIERRA AC-50</b>	
	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 GAT a 23,78€/ud	23,78
		-Transporte del material medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación	26,26
		<b>TOTAL</b>	<b>60,93</b>
<b>17</b>	<b>Ud.</b>	<b>KILÓMETRO DE CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A (LA-180) TENSADO Y GRAPADO</b>	
	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
	1.000	-Metro de tendido por fase, incluido amarre hasta su total instalación 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, cortado a matarrasa y con anchura de calle reglamentaria etc...	233,29
		<b>TOTAL</b>	<b>6.208,44</b>
<b>18</b>	<b>Ud.</b>	<b>KILÓMETRO DE CABLE DE TIERRA AC-50</b>	

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

	390	-Kilogramo de cable de tierra AC-50 a 5,23 €/kg	2039,70
	11,72	-Kilogramo de cable de tierra en concepto de flechas a 5,23€/kg	61,30
	1000	-Metro de tendido por fase, incluido amarre hasta su total instalación 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
		<b>TOTAL</b>	<b>2.847,25</b>
<b>19</b>	<b>Ud.</b>	<b>SALVAPÁJAROS EN ESPIRAL</b>	
	1	-Dispositivo salvapájaros para cable de tierra	3,31
		-Acopio, transporte de materiales y montaje del conjunto	12,28
		<b>TOTAL</b>	<b>15,59</b>
<b>20</b>	<b>Ud.</b>	<b>SEÑAL TRIANGULAR RIESGO ELÉCTRICO EN APOYO CELOSÍA</b>	
	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
		<b>TOTAL</b>	<b>17,90</b>

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

## 2 PRESUPUESTOS PARCIALES

### 2.1 CAPÍTULO I: APOYOS

DENOMINACIÓN	UDS.	PRECIO UNITARIO (€/ud)	PRECIO TOTAL (€)
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-1500-14,90-E-2/2,6[-T]	24	3.249,92	77.998,08
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-1500-17,15-E-2/2,6[-T]	18	3.489,06	62.803,08
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-14,90-E-2/2,6[-T]	2	4.104,87	8.209,74
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-17,15-E-2/2,6[-T]	1	4.729,12	4.729,12
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-2800-19,55-E-2/2,6[-T]	2	5.375,15	10.750,30
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-4000-14,90-E-2/2,6[-T]	1	4.952,90	4.952,90
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-4000-17,15-E-2/2,6[-T]	1	5.683,52	5.683,52
APOYO METÁLICO DOBLE CIRCUITO O-5600-14,90-E-2/2,6[-T]	1	5.834,47	5.834,47
<b>TOTAL</b>			<b>180.961,21</b>

### 2.2 CAPÍTULO II: CABLES Y CONDUCTORES

DENOMINACIÓN	UDS.	PRECIO UNITARIO (€/ud)	PRECIO TOTAL (€)
KILÓMETRO DE CONDUCTOR 147-AL1/34-ST1A (LA-180) TENSADO Y GRAPADO	57,9	6.208,44	359.468,68
KILOMETRO DE CABLE DE TIERRA AC-50	9,65	2.847,25	27.475,96
<b>TOTAL</b>			<b>386.944,64</b>

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### 2.3 CAPÍTULO III: CADENAS Y HERRAJES

DENOMINACIÓN	UDS.	PRECIO UNITARIO (€/ud)	PRECIO TOTAL (€)
CADENA DE SUSPENSIÓN AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)	60	146,16	8.769,60
CADENA DE AMARRE AISLAMIENTO VIDRIO (NIVEL III)	480	144,40	69.312,00
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE TIERRA AC-50	10	57,38	573,80
CONJUNTO DE AMARRE PARA CABLE DE TIERRA AC-50	80	60,93	4.874,40
<b>TOTAL</b>			<b>83.529,80</b>

### 2.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA

DENOMINACIÓN	UDS.	PRECIO UNITARIO (€/ud)	PRECIO TOTAL (€)
PUESTA A TIERRA SIMPLE PARA APOYO CELOSÍA MONOBLOQUE	40	80,45	3.218,00
PUESTA A TIERRA EN ANILLO PARA APOYO CELOSÍA MONOBLOQUE	10	274,90	2.749,00
<b>TOTAL</b>			<b>5.967,00</b>

### 2.5 CAPÍTULO V: ACCESORIOS

DENOMINACIÓN	UDS.	PRECIO UNITARIO (€/ud)	PRECIO TOTAL (€)
SALVÁPAJAROS EN ESPIRAL	965	15,59	15.044,35
SEÑAL TRIANGULAR RIESGO ELÉCTRICO EN APOYO CELOSÍA	50	17,90	895,00
<b>TOTAL</b>			<b>15.939,35</b>

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### 3 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
CAPÍTULO I : Apoyos	180.961,21€
CAPÍTULO II : Cables y conductores	386.944,64€
CAPÍTULO III : Cadenas y herrajes	83.529,80€
CAPÍTULO IV : Puesta a tierra	5.967,00€
CAPÍTULO V : Accesorios	15.939,35€
CAPÍTULO VI: Aplicación y ejecución del Estudio de seguridad y salud	10.023,90€
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>683.365,90€</b>

El presupuesto de ejecución de material asciende a la cantidad de:

**SEISCIENTOS OCHENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS DE EURO.**

Santander, Septiembre de 2015

El ingeniero:



Fdo: Sara Ortega Conde

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### 4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	683.365,90€
GASTOS GENERALES (13%)	88.837,57€
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	41.001,95€
<b>TOTAL</b>	<b>813.205,42€</b>
<i>IVA (21%)</i>	170.773,14€
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>983.978,56€</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de:

**NOVECIENTOS OCHENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO.**

Santander, Septiembre de 2015

El ingeniero:



Fdo: Sara Ortega Conde

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

### 5 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	983.978,56€
GASTOS DE REDACCIÓN DEL PROYECTO (4% presupuesto de ejecución material)	27.334,64€
GASTOS DE TRAMITACIÓN DE LICENCIAS (2,5% presupuesto de ejecución material)	17.084,15€
<b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN</b>	<b>1.028.397,35€</b>

El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cantidad de:

**UN MILLÓN VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS DE EURO.**

Santander, Septiembre de 2015

El ingeniero:



Fdo: Sara Ortega Conde

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Santander, Septiembre de 2015



Fdo: Sara Ortega Conde

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

# **DOCUMENTO N<sup>o</sup>5: BIBLIOGRAFÍA**

## E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **NORMATIVA**

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación. Correcciones de errores y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre sobre Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de autorización de Instalaciones de Energía eléctrica
- Ley 54/1997 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Y todas las actualizaciones que lo afectan.
- Real Decreto. 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en obras de construcción. Modificaciones efectuadas por: Real Decreto 604/2006. Y todas las actualizaciones que lo afectan.
- 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.
- Normas UNE
- Normas particulares de la Empresa Distribuidora
- Recomendaciones UNESA

#### **LIBROS DE CONSULTA**

- Simón Comín, P.; Garnacho Vecino, F.; Moreno Mohíno, J y González Sanz, A., *Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión*, Editorial Garceta
- Madrazo Maza A., *Apuntes de sistemas de potencia*
- Madrazo Maza A., *Apuntes de tecnología eléctrica*

## **E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

### “Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

#### **PÁGINAS WEB**

- <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>
- <http://www.tuveras.com/lineas/parametros/parametros.htm#comienzo>
- <http://www.abaleo.es/wp-content/uploads/2011/09/Impacto-Ambiental-Redes-Elctricas.pdf>
- <http://www.cantabria102municipios.com>
- [http://www.invertaresa.com/GRUPO/made/espanol/descargas/catalogos/03\\_serie\\_olmo.pdf](http://www.invertaresa.com/GRUPO/made/espanol/descargas/catalogos/03_serie_olmo.pdf)
- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_073.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_073.pdf)
- <http://www.mare.es/Valorizaci%25C3%25B3nenerg%25C3%25A9tica>
- <http://www.meruelo.es/vertederocontrolado.htm>

#### **CATÁLOGOS**

- Apoyos MADE
- Cables GENERAL CABLE
- Aisladores SAINT-GOBAIN
- Salvapájaros SAPREM

#### **OTROS**

- Proyectos Tipo Iberdrola
- Proyectos Tipo Unión Fenosa Distribución

**E.T.S.I.I.T. TRABAJO FIN DE GRADO**

“Línea aérea alta tensión (55kV) de doble circuito de interconexión de las subestaciones de Meruelo y Argoños”

Santander, Septiembre de 2015



Fdo: Sara Ortega Conde