

# ANEJO Nº 9 ELECTRIFICACIÓN

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>1</b>
2.1. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID – SEVILLA.....	1
2.1.1. <i>Sistema de Alimentación.....</i>	1
2.1.2. <i>Línea Aérea de Contacto .....</i>	1
2.2. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD CÓRDOBA – MÁLAGA .....	2
2.2.1. <i>Sistema de Alimentación.....</i>	2
2.2.2. <i>Línea Aérea de Contacto .....</i>	2
2.1. LÍNEA 400 ALCÁZAR DE SAN JUAN – CÁDIZ DE LA RED CONVENCIONAL, .....	2
2.1.1. <i>Sistema de Alimentación.....</i>	2
2.1.2. <i>Línea Aérea de Contacto .....</i>	2
<b>3. INSTALACIONES A PROYECTAR .....</b>	<b>3</b>
3.1. LÍNEA AÉREA DE CONTACTO DE ALTA VELOCIDAD .....	3
3.1.1. <i>Sistemas de alimentación y velocidades de circulación.....</i>	3
3.1.2. <i>Tipología de la línea aérea de contacto .....</i>	3

**APÉNDICES****APÉNDICE 1. FIGURAS**

ESQUEMA ELÉCTRICO DE SITUACIÓN ACTUAL

ESQUEMA ELÉCTRICO DE SITUACIÓN PROYECTADA

*Alternativa A**Alternativa C*

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente anejo es establecer las condiciones que deben cumplir las instalaciones de electrificación que serían necesarias realizar en cada una de las dos alternativas que se contemplan en el presente Estudio Informativo.

Las actuaciones en dichas instalaciones se llevarán a cabo en coordinación con los restantes trabajos de plataforma, vía e instalaciones de seguridad y comunicaciones previstos en el presente Estudio.

Asimismo, se describe en este Anejo la situación actual en la zona de intervención, en la medida en que sea punto de partida para el análisis de las actuaciones recogidas en este anejo.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID – SEVILLA

La Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla está dotada de doble vía de 1.435 mm de ancho, electrificada en corriente alterna a 1x25 kV, 50 Hz. La velocidad máxima permitida por la misma es de 300 Km/h, aunque en el entorno de Almodóvar está limitada entre 220-250 km/h.

Las instalaciones de electrificación existentes en la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla son las que se describen a continuación:

#### 2.1.1. Sistema de Alimentación

El tramo a su paso por Almodóvar del Río se encuentra alimentado por las subestaciones colaterales de La Lancha en el P.K. 333+937 y de Posadas en el P.K. 377+093.

Entre estas subestaciones se encuentra la estación de alta velocidad de Córdoba. A los 14,5 km aproximadamente de la estación se inicia la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga después de pasar la denominada Zona Neutra Córdoba.

#### 2.1.2. Línea Aérea de Contacto

La catenaria actualmente instalada en la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla corresponde al tipo Re 250 y constituida por:

- Sustentador: Bz 70 mm<sup>2</sup>
- Hilo de contacto: 1xCu-Ag 120 mm<sup>2</sup>
- Péndola en Y (falso sustentador): Bz 35 mm<sup>2</sup>
- Péndolas: Bz 16 mm<sup>2</sup>
- Cable de retorno: Aluminio Al 240 mm<sup>2</sup>

## 2.2. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD CÓRDOBA – MÁLAGA

La Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga está dotada de doble vía de 1.435 mm de ancho, electrificada en corriente alterna a 2x25 kV, 50 Hz. La velocidad máxima permitida por la misma es de 350 Km/h, aunque en el entorno de Almodóvar está limitada entre 265-300 km/h.

Las instalaciones de electrificación existentes en la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga son las que se describen a continuación:

### 2.2.1. Sistema de Alimentación

Durante sus primeros 3,3 km, desde su bifurcación de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla , la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga se encuentra electrificada en corriente alterna a 1x25 kV, 50 Hz. Es a partir de ese punto, en el que se ubica el centro de autotransformación ATS 401.1 (P.K. 3+277), cuando el sistema de alimentación es en corriente alterna a 2x25 kV, 50 Hz.

La subestación de Almodóvar del Río 401 se sitúa en el P.K. 12+496.

### 2.2.2. Línea Aérea de Contacto

La catenaria actualmente instalada en la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga corresponde al tipo C350 y constituida por:

- Sustentador: Cu 95 mm<sup>2</sup>
- Hilo de contacto: 1xCu-Mg 150 mm<sup>2</sup>
- Péndola en Y (falso sustentador): Bz 35 mm<sup>2</sup>
- Péndolas: Bz 16 mm<sup>2</sup>
- Cable de retorno: Aluminio-Acero 116 mm<sup>2</sup>
- Feeder -25kV (negativo): Aluminio-Acero 281 mm<sup>2</sup>

## 2.1. LÍNEA 400 ALCÁZAR DE SAN JUAN – CÁDIZ DE LA RED CONVENCIONAL,

El tramo Córdoba Central – Lora del Río, perteneciente a la Línea 400 Alcázar de San Juan – Cádiz de la Red Convencional, está dotado de vía única de 1.668 mm de ancho, electrificada en corriente continua a 3 kV.

La velocidad máxima permitida por la estación de Almodóvar del Río es de 140 km/h.

Las instalaciones de electrificación existentes en dicho tramo son las que se describen a continuación:

### 2.1.1. Sistema de Alimentación

El tramo afectado de la línea convencional resulta de 1 km de longitud aproximada en las inmediaciones del P.K. 461+400 de la línea.

Se encuentra alimentado a 3kV c.c. a través del feeder 1 de la subestación de Villarrubia en el P.K. 454+060 y desde el feeder 3 de la subestación de Posadas en el P.K. 472/550.

### 2.1.2. Línea Aérea de Contacto

La catenaria de la vía está formada por sustentador de Cu, dos hilos de contacto de Cu y pendolado equidistante con péndolas de varilla de Cu. En la zona de afección, además, se sitúa un seccionamiento de compensación en el que la compensación mecánica de la catenaria se realiza de manera conjunta para sustentador e hilos de contacto.

### 3. INSTALACIONES A PROYECTAR

En las alternativas de conexión entre la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla y la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga en el entorno de Almodóvar del Río no se encuentra prevista alimentación eléctrica mediante subestaciones propias, sino que en las dos alternativas los ramales de conexión se alimentarían de las subestaciones existentes en las líneas de alta velocidad que conectan.

Al utilizar subestaciones existentes, que además disponen de unas líneas de alimentación adecuadas, no son precisas nuevas líneas de alimentación, aspecto este relevante dentro de un Estudio Informativo por su posible incidencia ambiental y de afección a terceros.

Con objeto de aislar eléctricamente las alimentaciones de las catenarias que estén a su vez alimentadas desde subestaciones diferentes a la vez, se ha previsto la instalación de una zona neutra en la conexión la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla y la Línea de Alta Velocidad Córdoba – Málaga. La ubicación concreta de estas zonas neutras deberá coordinarse con la técnica de instalaciones de Seguridad y Comunicaciones (IISCC) teniendo en cuenta la situación de las señales de los desvíos de enlace.

En el Apéndice 1 se incluyen los esquemas tipo de alimentación tanto en la situación actual como en la proyectada:

- Figura nº 1: Esquema eléctrico de situación actual
- Figura nº 2: Esquema eléctrico de situación proyectada

Se propone en estos esquemas que la alimentación del ramal de conexión en las dos alternativas se realice en sistema 1x25kV.

#### 3.1. LÍNEA AÉREA DE CONTACTO DE ALTA VELOCIDAD

##### 3.1.1. Sistemas de alimentación y velocidades de circulación

La línea aérea de contacto propuesta para las actuaciones de alta velocidad se alimentará en c/a y lo hará con el sistema 1x25 kV c/a 50 Hz compatible con las instalaciones actuales.

La línea aérea de contacto estará diseñada para circular a la mayor velocidad posible por vía, teniendo en cuenta que la máxima velocidad por los ramales de conexión será de 100 km/h.

##### 3.1.2. Tipología de la línea aérea de contacto

La línea aérea de contacto se realizará mediante catenaria simple, poligonal y atirantada y con regulación independiente de la tensión mecánica de los conductores.

La línea aérea de contacto se diseñará de tal forma que cumpla los requisitos de Interoperabilidad especificados en el subsistema de energía de la Especificación Técnica de Interoperabilidad.

##### 3.1.2.1. Características técnicas de la electrificación a 25 kV

###### 3.1.2.1.1. *Características funcionales*

La línea aérea de contacto deberá cumplir las siguientes características:

###### 3.1.2.1.2. *Velocidad de diseño*

La línea aérea de contacto se diseñará para la velocidad máxima establecida en cada actuación por tramos, teniendo en cuenta que la máxima correspondiente a la conexión de la L.A.V. Madrid-Sevilla con la L.A.V. Córdoba-Málaga es de 100 km/h.

##### GÁLIBO DE INFRAESTRUCTURA

Para el diseño de la línea aérea de contacto se utilizará el galibo de infraestructura tipo ADIF.

**TIPO DE LÍNEA A CONSIDERAR**

En el diseño de la línea aérea de contacto se considerará el tipo de línea Ic cuyas características son:

- Frecuencia de trenes cada tres minutos por sentido.
- Velocidad ≤ 160 km/h.
- Potencia utilizada por el tren a través del pantógrafo 10 -15 MW.

**TIPO DE CORRIENTE Y TENSIÓN ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN**

La tensión nominal y sus límites permisibles máximos y mínimos vienen indicados en la tabla 1 de la norma EN 50163 y los valores son los siguientes:

Sistema de electrificación	Tensión no permanente mínima V	Tensión permanente mínima V	Tensión nominal V	Tensión permanente máxima V	Tensión no permanente máxima V
Corriente alterna (valores eficaces)	17.500	19.000	25.000	27.500	29.000

**FRECUENCIA**

Según el apartado 4.2 de la norma 50163 a la que dirige la ETI del Subsistema de Energía del sistema ferroviario de la Unión, la frecuencia del sistema de tracción eléctrica de 50 Hz viene impuesta por la red trifásica. En el siguiente cuadro se indican los valores de frecuencia y sus límites admisibles.

Duración	Frecuencia nominal del sistema	sistema de electrificación ferroviaria alimentado por:	
		una red trifásica interconectada	una red trifásica no interconectada
95% de una semana	50 Hz	50,50 Hz	51,00 Hz
		49, 50 Hz	49,00 Hz
100% de una semana	50 Hz	52,00 Hz	57,50 Hz
		47,00 Hz	42,50 Hz

**CONDICIONES AMBIENTALES ESPECÍFICAS DE ESTE PROYECTO**

En el diseño de la línea aérea de contacto se utilizarán los valores de las condiciones ambientales específicas que se indican a continuación, no obstante para cualquier otra condición ambiental que sea necesario utilizar se seguirá lo indicado en la norma EN 50125-2.

- Temperatura ambiente: Será mínima de -30°C y máxima de +50°C, depende de la zona
- Temperatura máxima de los conductores: Sustentador +80° C e hilo de contacto +100°C
- Variación máxima de temperatura en los conductores: Sustentador entre -30° y +80°C e hilo de contacto entre -30° y +100°C.
- Viento: Valor máximo de velocidad de referencia 33,33 m/s

En el caso de que la velocidad máxima del viento por las zonas donde discurren los tramos sea superior al indicado, se utilizará dicho valor.

La velocidad del viento indicada es la velocidad de referencia del viento en m/s a la altura de 10 m por encima del nivel del terreno y promediada en un intervalo de 10 min, teniendo un periodo de retorno de 50 años.

- Hielo.  
Deberán tenerse en cuenta las cargas de hielo dependiendo de las zonas definidas en el Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión.
- Humedad.

El sistema de catenaria deberá funcionar correctamente con unas humedades relativas del aire existentes en las zonas donde discurre la línea.

- Radiación Solar.

Cuando sea necesario realizar un balance térmico en los conductores de la línea aérea de contacto, se utilizarán los valores de radiación solar que dependiendo de la latitud y de acuerdo con la clase 4K 3 de la norma EN 60721-3-4, se indican en la siguiente tabla.

Clase	Radiación solar W/m <sup>2</sup>
R1(baja)	700
R2(alta)	1120

- Polución.

En el diseño de los equipos de la línea aérea de contacto en cuanto a (nivel de aislamiento, efectos corrosivos de la lluvia y del aire contaminado y dispositivos de ventilación ) se deberán considerar los niveles de contaminación existentes en las zonas por donde discurren los tramos de la línea de alta velocidad.

En general y con las particularidades que existen a lo largo del tramo de línea se consideran a efectos de dimensionamiento de la instalación y sus elementos una contaminación media-alta.

- Requisitos adicionales.

Se deberán considerar, si procede, los requisitos adicionales para:

- vibraciones en caso de condiciones del terreno extremas
- protección en zonas con posibilidad de rayos
- contaminación electromagnética
- altitud.

### 3.1.2.1.3. Características geométricas y estáticas de la catenaria

La línea aérea de contacto deberá cumplir las siguientes características:

#### ALTURA DEL HILO DE CONTACTO

De acuerdo con la normativa existente la altura nominal del hilo de contacto será de 5,30 m.

#### VARIACIÓN DE ALTURA DEL HILO DE CONTACTO CON RELACIÓN A LA VÍA

La variación de la altura del hilo de contacto con relación a la vía, de acuerdo con la norma EN50119, será:

Velocidad hasta (km/h)	Gradiente máximo (‰)	Variación máxima del gradiente (‰‰)
100	6	3
160	3.3	1.7
250	1	0.5
>250	0	0

Para otras velocidades véase tabla 11 de la EN50119.

#### DESCENTRAMIENTO DEL HILO DE CONTACTO BAJO EL EFECTO DEL VIENTO TRANSVERSAL.

De acuerdo con la ETI del Subsistema de Energía la desviación lateral del hilo de contacto por efecto de un viento transversal, será como máximo de 400 mm para una longitud de pantógrafo de 1.600 mm.

#### ALTURA DE LA CATENARIA

La altura de la catenaria deberá ser: A cielo cubierto 1,40 m

Vano máximo: Será de 65 m a cielo abierto.

#### DIFERENCIA DE LONGITUD ENTRE DOS VANOS CONSECUTIVOS

La máxima diferencia de longitud entre dos vanos consecutivos será como máximo de 10 m.

**MÍNIMA LONGITUD DE LA PÉNDOLA**

La mínima longitud de la péndola en caso general, deberá ser de 0,30 m.

**DISTANCIA ENTRE PÉNDOLAS**

La distancia entre péndolas será inferior a 9,5 m.

**DESCENTRAMIENTO MÁXIMO DEL HILO DE CONTACTO EN EL APOYO**

El descentramiento máximo del hilo o hilos de contacto será  $\leq 0,20$  m para  $V > 300$  km/h.

**NÚMERO DE VANOS DE LOS SECCIONAMIENTOS**

El número de vanos en los seccionamientos de compensación será  $\geq 4$ .

**DISTANCIA ENTRE CATENARIAS EN SECCIONAMIENTOS**

La separación de las catenarias en los seccionamientos de compensación será  $\geq 200$  mm y de lámina de aire  $\geq 450$  mm.

**CANTÓN DE COMPENSACIÓN MECÁNICA**

La longitud máxima del cantón será de 1.400 m.

**ZONAS NEUTRAS DE SEPARACIÓN DE FASES**

Las zonas neutras de separación de fases son necesarias para proporcionar la separación eléctrica entre las secciones del sistema de catenaria alimentadas por fases diferentes desde el sistema de suministro de energía de tracción.

Habitualmente, las zonas neutras de separación de fases están formadas por dos seccionamientos con lámina de aire distanciados de forma que un tren interoperable no puentee en ningún caso ambos seccionamientos a la vez teniendo los pantógrafos de servicio levantados. Para ello la distancia mínima entre semiejes será de 402 m según lo indicado en la ETI del Subsistema de Energía.

Alternativamente, y muy posiblemente en el caso de la alternativa A, se pueden considerar zonas neutras de las denominadas "cortas" que se implementan a través de cuatro aisladores de sección con puesta a tierra en la zona intermedia.

**ELASTICIDAD Y SU UNIFORMIDAD**

La línea aérea de contacto deberá ser proyectada de tal forma que el parámetro que mide la uniformidad de la elasticidad a lo largo del vano "u" sea lo más bajo posible de acuerdo con los conductores utilizados.

No obstante, el ser una línea interoperable, deberá cumplir lo indicado en la ETI vigente en el momento de la explotación.

En el Proyecto Constructivo vendrán calculados los valores máximos mediante cálculos de simulación con programas debidamente homologados de acuerdo a las normas EN 50317-50318, constatable una vez realizada la obra mediante la medición de la misma en un vano típico de la instalación.

**NÚMERO DE HILOS DE CONTACTO**

El número de hilos de contacto será de 1.

**SECCIÓN NOMINAL DEL HILO DE CONTACTO**

La sección nominal del hilo de contacto será de como mínimo de  $150 \text{ mm}^2$ .

**TENSIÓN MECÁNICA DEL HILO DE CONTACTO**

La tensión mecánica del hilo de contacto será de 30,9 kN y podrá emplearse una tensión reducida en función dependerá de la velocidad de explotación en el tramo considerado.

**NÚMERO DE SUSTENTADORES**

El número de cables sustentadores será de 1.

**LONGITUD Y SUSPENSIÓN EN Y**

La longitud de la suspensión en Y, será de 20 a 30 % de la longitud del vano.

## TENSIÓN DE LA SUSPENSIÓN EN Y

La tensión de la suspensión en Y, será de 25 a 50% de la tensión del sustentador.

### 3.1.2.1.4. Características dinámicas

La línea aérea de contacto deberá cumplir las siguientes características:

#### VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS

Según el apartado 5.2.4 de la norma EN50119 o el apartado 4.2.12 de la ETI de Energía de Alta Velocidad, La velocidad de propagación de ondas se ajustará de manera que la velocidad de la línea elegida no supere el 70 % de la velocidad de propagación de ondas.

$$V_{\text{circulación}} < 0,7 \cdot V_{\text{propagación}}$$

#### FACTOR DE REFLEXIÓN

El factor de reflexión dependerá de la velocidad de circulación según la UIC-799-OR.

#### FACTOR DOPPLER

La relación entre la velocidad de propagación de las ondas y la velocidad de circulación del tren o factor Doppler será mayor de 0,17.

#### FACTOR DE AMPLIFICACIÓN

El factor de amplificación será menor de 2,3 para velocidades superiores a 300 km/h

### 3.1.2.1.5. Criterios de comportamiento dinámico y de calidad de captación de corriente

La línea aérea de contacto deberá cumplir las siguientes características.

#### FUERZA DE CONTACTO DINÁMICA

La fuerza de contacto, de acuerdo con la norma EN 50119, deberá ser:

Velocidad (km/h)	Fuerza de contacto	
	Máxima (N)	Mínima (N)
> 200	350	Positiva

#### FUERZA CONTACTO MEDIA

Tanto en la norma EN 50367 como en la ETI del Subsistema de Energía se indica que la fuerza de contacto media está en función de la velocidad de circulación y para los sistemas en corriente alterna a 25 kV, la fuerza de contacto media será:

$$F_m = 0,00097 \times V^2 + 70 \text{ (N)}$$

#### DESVIACIÓN TÍPICA

En la tabla 6 de la norma EN 50367, al igual que en el cuadro 4.2.12 de la ETI del Subsistema de Energía del sistema ferroviario de la Unión, se indica que la desviación estándar a la velocidad máxima será:

$$\sigma_{\text{max}} = 0,3F_m \text{ (N)}$$

#### ELEVACIÓN MÁXIMA DEL BRAZO DE ATIRANTADO

Según la ETI del Subsistema de Energía y la norma EN 50119, el espacio necesario para la elevación máxima del brazo de atirantado para las líneas de alta velocidad nuevas será de 2So.

#### MOVIMIENTO VERTICAL DEL PUNTO DE CONTACTO MECÁNICO ENTRE LA PLETINA DEL PANTÓGRAFO Y EL HILO DE CONTACTO

La máxima diferencia entre el punto de contacto dinámico más alto y el más bajo en un vano de 60 m para una velocidad de 220 km/h con la fuerza media de contacto  $F_m$  tiene un valor en torno a los 65 mm.

La altura del punto de contacto del pantógrafo sobre la vía deberá ser tan uniforme como sea posible a lo largo del vano.

3.1.2.1.6. *Aislamiento eléctrico*

DISTANCIA DE AISLAMIENTO ENTRE PARTES EN TENSIÓN DE LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO Y ESTRUCTURAS O VEHÍCULOS

Las distancias eléctricas recomendadas, de acuerdo con la tabla 2 del punto 5.1.3 de la norma EN 50119:2009son:

Tensión	Distancias de aislamiento recomendadas	
	Estática (mm)	Dinámica (mm)
25 kV c.a.	270	150

Estas distancias pueden variar en función de las condiciones climáticas de acuerdo con la norma EN 50125-2.

DISTANCIAS DE AISLAMIENTO EN LAS FASES DE TENSIÓN

Las distancias de aislamiento entre partes en tensión de líneas de contacto de corriente alterna con diferentes fases de tensión se indican en la tabla 3 del punto 5.1.4 de la norma EN 50119:2009 y son las siguientes:

Tensión nominal kV	Diferencia fases	Tensión relativa kV	Distancia aislamiento recomendada	
			Estática (mm)	Dinámica (mm)
25	120 °	43,3	400	230

3.1.2.1.7. *Protecciones*

En el proyecto de la línea aérea de contacto se deberán considerar los siguientes puntos en cuanto a protecciones, marcada por la norma EN 50122-1.

- Condiciones para garantizar la seguridad de las personas.
- Condiciones para garantizar la seguridad de instalaciones cercanas a la electrificación.

- Circuitos de retorno y conductores de puesta a tierra.

CONDICIONES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Para garantizar la seguridad de las personas se utilizarán:

- Protecciones contra contactos directos.
- Protecciones contra contactos indirectos.
- Protecciones para estructuras total o parcialmente conductoras y para estructuras metálicas situadas en zonas de línea aérea de contacto o de pantógrafo.

Las protecciones contra contactos directos se deberán realizar según lo indicado en la norma EN-50122-1.

Las protecciones contra contactos indirectos y las protecciones para estructuras deberán diseñarse siguiendo lo indicado en la norma EN50122-1.

Por otra parte, se deberán realizar estudios necesarios de las tensiones de paso y contacto en el entorno de la línea.

CONDICIONES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES CERCANAS A LA ELECTRIFICACIÓN

La protección de estas instalaciones se deberá realizar teniendo en cuenta lo indicado en la norma EN50122-1.

CIRCUITOS DE RETORNO

Deben realizarse teniendo en cuenta lo indicado en la norma EN50122-1.

El cable de retorno de tracción se conectará a los carriles cada 450 m. Conectándose además los postes entre sí.

Según el apartado 5.2.2.1 de la norma EN 50122-1 en los sistemas de tracción de corriente alterna, la puesta a tierra directa del sistema de tracción es el método preferente para los fallos del sistema y seguridad de las personas. Todas las partes conductoras accesibles con posibilidad de ser activas por la tensión de la línea de contacto bajo condiciones de fallo, deben ser conectadas directamente a la tierra del sistema de tracción. El circuito de retorno será compatible con el sistema de señalización.

### 3.1.2.2. Composición de la catenaria

#### 3.1.2.2.1. *Sustentador*

El sustentador será de Cu de 95 mm<sup>2</sup> (UNE207015).

#### 3.1.2.2.2. *Hilo de contacto*

El hilo de contacto será del tipo ranurado de Cu-Mg 0,5 – 0,7 de 150 mm<sup>2</sup> (EN50149).

#### *Péndolas*

Las péndolas serán equipotenciales de cable de Cu o bronce extraflexible, con bucles y a ser posible empleando la misma grifa tanto para el sustentador como para el hilo de contacto.

#### 3.1.2.2.3. *Suspensión en “Y”*

En el caso de llevar suspensión en “Y”, dichas suspensiones deberán cumplir los requisitos definidos anteriormente.

El cable deberá ser de bronce BzII o de Cu.

#### 3.1.2.2.4. *Feeders*

Los cables a utilizar serán los normalizados según normativa UNE y de la sección determinada según el dimensionamiento eléctrico.

Material	Normativa
Cu	UNE 207015
Material	Normativa
Al	UNE EN 50182
Material	Normativa
Al-acero	UNE EN 50182

#### 3.1.2.2.5. *Cable de retorno*

El posible feeder de retorno se deberá proyectar aéreo y los cables a utilizar serán de Al-acero, según la Normativa UNE EN 50182.

La determinación de la sección de cable a utilizar en cada caso vendrá definida por el dimensionamiento eléctrico.

### 3.1.2.3. Tensiones mecánicas de los conductores y cables

Los conductores y cables que se empleen en la catenaria deberán tener las siguientes tensiones mecánicas de tendido:

#### 3.1.2.3.1. *Conductores y cables con regulación de la tensión mecánica*

En los conductores y cables de la catenaria con regulación de la tensión mecánica, las tensiones mecánicas serán las siguientes:

- Hilo de contacto.

La tensión mecánica del hilo de contacto será de 30.900 N o inferior considerando la velocidad del tramo.

Como desgaste máximo de hilo de contacto se admitirá el 20%.

- Sustentador.

La tensión mecánica del sustentador será de 15450 N.

### 3.1.2.3.2. Conductores y cables sin regulación de la tensión mecánica

Las tensiones de tendido de los conductores y cables sin regulación de la tensión mecánica, deberán cumplir con:

- Normativa EN 50119.
- A la temperatura mínima no se deberá superar la tensión máxima admisible.
- A la temperatura máxima el cable deberá mantener la distancia de aislamiento requerida para corriente alterna.

Para conductores no compensados se tendrá que tener en cuenta las vibraciones producidas por efectos meteorológicos, en el caso que les afecte, principalmente los cables de tierra, retornos etc. realizando si es preciso el estudio específico correspondiente.

### 3.1.2.4. Equipamiento general

La línea aérea de contacto deberá llevar el siguiente tipo de equipamiento:

#### 3.1.2.4.1. Ménsulas

Las ménsulas serán del tipo tubular trianguladas y se compondrán de:

- Tubo de cuerpo de ménsula.
- Tirante tubo de ménsula.
- Tubo diagonal en caso necesario.
- Tubo estabilizador de atirantado.
- Péndola soporte tubo estabilizador de atirantado.
- Aislador de cuerpo de ménsula.
- Aislador de tirante de ménsula.
- Suspensión.

- Rótula de giro de tirante.
- Rótula de giro de tubo cuerpo de ménsula.

Las ménsulas deberán cumplir las siguientes exigencias:

- Estar dimensionadas para los esfuerzos de la catenaria de acuerdo con lo indicado en la norma EN-50119 última revisión.
- Sustentar la catenaria, los aisladores y otros equipos asociados (aisladores de sección, etc.).
- Llevar conexiones eléctricas que garanticen la continuidad eléctrica en las articulaciones, para caso de cortocircuito y asegurar la equipotencialidad de todas las partes. Las conexiones llevaran arandelas bimetálicas AL-CU para evitar pares electroquímicos.
- Garantizar el movimiento de los conductores en todas las condiciones medioambientales de funcionamiento.
- Ser regulables para permitir el ajuste final de la altura de la catenaria, así como de su descentramiento.
- No interferir el gálibo cinemático de los vehículos así como el gálibo de los pantógrafos susceptibles de circular por la línea.
- Estar compuestas por un número reducido de piezas y que éstas pudieran servir para cualquier tubo.
- Todos los tubos de las ménsulas deberán tener el mismo diámetro exterior, variando su espesor en función de las cargas y esfuerzos.
- Sus componentes deben estar protegidos contra la corrosión y contra las condiciones medioambientales extremas, para reducir su mantenimiento.
- Los tubos cuerpo y tirante se fijan al poste o soporte a través de los aisladores y de los conjuntos de giro.

- Dichos conjuntos de giro son iguales para puntal y tirante, y se fijan directamente al poste o estructura en caso de ménsula sencilla, o a una cruceta en caso de doble o triple ménsula.
- En el caso de pórticos rígidos, la instalación de las ménsulas se realizará bien directamente sobre los postes como en vía general o sobre soportes que irán fijados al dintel del pórtico o a la bóveda del túnel.
- Los aisladores de las ménsulas serán idénticos para tirante y puntal.

Dentro de la ménsula, el conjunto de atirantado deberá cumplir las siguientes condiciones:

- La altura del tubo estabilizador de atirantado respecto del hilo de contacto deberá ser tal que permita una elevación del hilo de contacto al paso del pantógrafo de al menos las siguientes cuantías, de acuerdo con lo indicado en la norma EN-50119:
  - Equipos de atirantado sin limitadores de elevación (2 veces el valor de la elevación calculada).
- La fijación del tubo estabilizador de atirantado al tubo cuerpo de ménsula deberá realizarse mediante rótulas o similar, en función del cálculo a realizar.
- El diseño y cálculo del sistema del conjunto de atirantado deberá tener en cuenta la velocidad máxima del viento en la zona medida a 10 m sobre el nivel del terreno y promediada cada 10 minutos (con periodo de retorno de 50 años), para evitar que el hilo de contacto se salga de la mesilla del pantógrafo en cualquier situación.
- El brazo de atirantado llevará péndola antiviento, excepto en los casos que se justifique su no necesidad, en función de los cálculos a realizar.
- La forma geométrica del brazo de atirantado deberá ser tal, que permita el paso de los pantógrafos y no sean rozados bajo ninguna circunstancia,

incorporando un limitador de la elevación del hilo de contacto, en el brazo o en su soporte, o bien elevando el tubo estabilizador de forma adecuada.

- Debe ser diseñado para que pueda trabajar en el rango de inclinación máximo sin que repercuta en el desgaste prematuro de los hilos de contacto.
- El diseño del conjunto de atirantado debe cumplir con lo indicado en el apéndice D “Especificación del gálibo del pantógrafo” de la ETI del Subsistema Energía.
- La péndola del tubo de atirantado podrá ser bien de cable o bien rígida con piezas adecuadas, de acuerdo con los cálculos a realizar.
- El amarre de la péndola del tubo de atirantado deberá ser independiente de la grapa de suspensión en caso de catenaria suspendida.
- La posición en altura del brazo de atirantado deberá ser tal, que dicho brazo trabaje como péndola y no grave sobre el hilo de contacto.
- En el diseño se los brazos de atirantado para agujas aéreas, seccionamientos, zonas neutras de separación de fases, etc. se deberán tener en cuenta además de las condiciones para los brazos normales, las especiales de estos equipamientos.
- La unión del brazo de atirantado al soporte de atirantado deberá permitir tanto el movimiento horizontal como el vertical, mediante rótula cardan o similar.

Las suspensiones serán mediante grapa tipo mordaza permitiendo cierto grado de giro para su instalación en semiejes y otros cambios de dirección.

Las rótulas deberán permitir el giro de las ménsulas en todo el margen de temperaturas de funcionamiento.

El material de las ménsulas deberá ser:

Elemento	Material
Tubos de ménsula.	Aleación de aluminio.
Brazo de atirantado (tubo).	Aleación de aluminio de alta resistencia.
Tornillos, pasadores, pernos, abrazaderas, tuercas, arandelas.	Acero inoxidable.
Piezas de unión de los componentes del conjunto de ménsula, rótulos, herrajes, etc.	De fundición de aleación de aluminio.
Tubo tirante de ménsula.	Aleación de aluminio.
Tubo diagonal.	Aleación de aluminio.
Suspensión tipo apoyada.	Aleación de Al con placas bimetálicas Al-Cu, bronce o similar
Suspensión tipo grapa suspendida.	Al con placa bimetálica, bronce o similar con almohadilla protectora para el cable.
Péndula soporte tubo estabilizador de atirantado.	En caso de ser de cable, este será de acero inoxidable. Si es rígido de tubo será de aleación de aluminio.
Aislador de cuerpo de ménsula.	Composite, vidrio o cerámico, sin herrajes internos.
Aislador de tirante de ménsula.	Composite, vidrio o cerámico, sin herrajes internos.

### 3.1.2.4.2. Postes

Los postes a utilizar para sustentar las catenarias serán de las siguientes características:

- Postes de vía general.

Metálicos formados por dos perfiles UPN unidos mediante diagonales. Las dimensiones de los perfiles variarán en función de los esfuerzos que tengan que soportar.

Los postes metálicos deberán protegerse debidamente mediante el empleo de tratamientos químicos (galvanizado, etc.) completándose con pintura.

Los postes podrán ser de altura normal o alargados, dependiendo de su utilización.

- En caso de postes cuya configuración sea troncopiramidal, el ángulo será tal que con el giro máximo de la ménsula, no varíe la altura del hilo de contacto más de lo permitido.

- Postes en zona de puentes y viaductos.

Además de los formados por dos perfiles UPN, está normalizado el uso de postes de acero de perfiles HEB galvanizados y pintados con pintura de poliuretano.

- Postes en estaciones y para pórticos rígidos.

El tipo a utilizar dependerá de la ubicación, del gálibo y de las cargas a soportar.

En casos especiales perfiles HEB, galvanizados con pintura protectora posterior.

- Los postes metálicos deben cumplir las siguientes normas.

- Perfiles de acero UNE-EN 10025 (acero S 275 JR como mínimo).
- EN ISO 1461
- Pintura RAL 6009 Según ISO 12944

- Los postes metálicos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán estar calculados para soportar todos los esfuerzos de la catenaria y de los feeders, de acuerdo con las normas en vigor, presentándose los cálculos correspondientes a cada tipo de perfil, según las características que puedan concurrir.

- La base de los postes estará provista de angulares que facilitará su fijación a la cimentación, poniendo especial atención a la distancia entre taladros. así como la distancia de estos a los bordes de forma que cumplan la normativa vigente, y con un coeficiente de seguridad mínimo de 1,75.
- La configuración se realizará de forma que se realice la soldadura sin que queden oquedades en la base del poste, permitiendo por otra parte la penetración del galvanizado.
- Los postes saldrán de fábrica o taller con los taladros correspondientes a la fijación de los mismos, a la conexión a la pica de puesta a tierra, a la fijación de ménsulas y herrajes y un taladro adicional en cada montante para fijar el pin o referencia topográfica.
- Deberán llevar incorporados letreros de identificación del tipo de poste y numerados, así como casquillos para su referencia topográfica.
- Deberá calcularse la estabilidad de la estructura incluyendo un cálculo de deformación que permita conocer que la geometría de la catenaria no resulte alterada fuera de los límites admisibles a causa de cargas permanentes como las originadas por la presión del viento.
- La distancia de colocación normal de poste a eje de vía será de 3,35 m. Esta distancia está prevista para dejar un espacio de 5 cm entre cara de macizo y canaleta cuando el macizo de cimentación es de 80 cm de diámetro como máximo.
- Dado que algunas cimentaciones pueden ser de 1 m de diámetro, la distancia eje de poste – eje de vía podrá reducirse hasta 3,25 m, y en ningún caso ser inferior a 3,20 m.
- Los postes deberán incorporar elementos que impidan el fácil acceso a las partes altas (en tensión eléctrica).

- El anclaje a la cimentación se realizará mediante tuercas roscadas en los cáncamos, pernos GEWI o varillas roscadas que sobresalen de la cimentación. Los postes varían según su función y su altura.
- Los postes serán de acero galvanizado en caliente con un recubrimiento de pintura Esmalte Poliuretano Alifático Brillante (UNE 48274) de color verde RAL-6009. (Color corporativo del ADIF)
- Para el transporte, se utilizarán unos útiles especiales que eviten su roce entre sí y con otros elementos que puedan dañar la superficie de los mismos.

Los tipos de poste a utilizar se agruparán de la forma siguiente:

Tipo de poste	Aplicación
Tipo 1	Poste con una ménsula en vía general
Tipo 2	Poste para anclaje de punto fijo o un cable
Tipo 3	Poste para punto fijo
Tipo 4	Poste para anclaje de una catenaria
Tipo 5	Poste para semieje de seccionamiento o elevación de aguja
Tipo 6	Poste para eje de seccionamiento o dos catenarias
Tipo 7	Poste para instalaciones asociadas
Tipo 8	Poste para pórticos rígidos (varios dependiendo del cálculo)

#### 3.1.2.4.3. Dinteles para pórticos rígidos y semipórticos rígidos

Los dinteles de los pórticos rígidos serán preferiblemente autoportantes.

Los pórticos a instalar estarán compuestos por vigas rectangulares de celosía formadas por montantes de acero con perfil en 'L' y diagonales, similares a los del tipo ADIF PR-1. PR-4, según el 'Libro de línea aérea de contacto tipo ADIF'.

Las dimensiones de la viga varían en función de las cargas y de la luz del pórtico. El cálculo deberá determinar si los dinteles de los pórticos rígidos precisan

tirantes de suspensión. Determinando en su caso cuántos tirantes, de qué tipo y en qué lugar se colocarán.

Cumplirán la normativa vigente, y el coeficiente de seguridad mínimo será de 1,75.

Los pórticos o semipórticos rígidos deberán cumplir las siguientes normas:

- Perfiles de acero UNE-EN 10025 (acero S275 JR como mínimo)
- EN ISO 1461
- Pintura RAL 6009 Según ISO 12944

#### 3.1.2.4.4. Cimentaciones

Las cimentaciones deberán calcularse atendiendo al esfuerzo máximo del poste correspondiente que vaya a instalarse, definiendo el método de cálculo o indicando que se aportará metodología y factores que influyen en el cálculo.

Los macizos de cimentación para los postes de catenaria serán de hormigón armado de tipo cilíndrico.

El hormigón a emplear será tipo hormigón para armar HA-25/B/20/IIa (norma EHE) con los aditivos necesarios por condiciones especiales o agresividad del terreno tales como terrenos sulfurosos etc.

Las armaduras serán de acero corrugado para armar, tipo B500S (norma EHE-08).

De la armadura de los macizos sobresaldrán cuatro barras que servirán como pernos de fijación para los postes, no siendo la longitud de estas tal que suponga un riesgo de accidente al personal de montaje y mantenimiento. Las barras serán del tipo GEWI para permitir la fijación del poste mediante tuercas. Los pernos deberán ser galvanizados en toda su longitud. Los extremos atornillados de los cancamos, deberán protegerse eficazmente mediante terminales termoplásticos.

En el caso de cimentación de anclaje, los pernos se sustituirán por herrajes de anclaje adecuados a los tirantes de anclaje.

El tipo de cimentación dependerá del tipo de poste a emplear, de las características y de la capacidad de carga del terreno donde se realice la cimentación.

La cara superior de los macizos se replanteará a una altura del plano de rodadura medio de la vía de 0,70 m. La altura de la cara superior respecto a la capa de subbalasto es de 0,30 m.

La ejecución de la excavación se realizará mediante máquina rotoperforadora, retirada de los materiales procedentes de la excavación, colocación de armaduras y hormigonado.

La fijación de las armaduras se realizará mediante la plantilla adecuada.

En los casos en que el terreno presente un alto contenido en piedras o sea rocoso, se procederá a la instalación de micropilotes como base para la fijación del poste.

La fijación de los postes y anclajes en los viaductos se realizará utilizando las esperas preparadas en los viaductos a tal fin, y en el caso de que éstas no están realizadas, se practicarán taladros pasantes alojando en cada uno de ellos varillas roscadas debidamente protegidas mediante sellado de las mismas colocando herrajes tanto en la parte superior como inferior del tablero. En este caso todos los elementos serán de acero inoxidable.

Cada cimentación irá provista de una puesta a tierra independiente mediante pica. Se incluirá un latiguillo de conexión para su unión eléctrica al poste cuando éste se fije.

Los postes se fijan a las cimentaciones dejando un espacio entre la parte superior del macizo y la base del poste, de manera que tras la fijación de los postes y su nivelación final, se procederá a su relleno mediante un hormigón pobre y al sellado de los pernos.

### 3.1.2.4.5. Aisladores

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Los aisladores del sistema de catenaria deberán estar diseñados para una tensión de servicio nominal de 25 kV, lo cual implica que la tensión no permanente máxima de operación, según EN 50.163 será de 29 kV.

Según el anexo D de la EN 50.125, para instalaciones fijas de equipos destinados a estar conectados a la catenaria o feeder, como pueden ser seccionadores, transformadores, etc., la tensión más elevada para el equipo – que correspondería con la tensión entre fases para los sistemas de corriente alterna trifásicos – será de 52 kV.

#### *Línea de fuga:*

Nivel de contaminación:

PD4 s/EN 50.124-1 en general

PD4A s/EN 50.124-1 en zonas contaminadas

Líneas de fuga mínima: 30 mm/kV en general

Líneas de fuga mínima: 40 mm/kV en túnel y zonas contaminadas

Por lo tanto y para 29 kV:

Líneas de fuga mínima: 870 mm en general

Líneas de fuga mínima: 1160 mm en zonas contaminadas

#### *Tensión asignada por impulso:*

Según EN 50.124-1 para 27,5 kV, circuitos tipo OV4: 200 kV

Según R.L.A.T. Art 24 y para serie 36 kV: 170 kV

Se elige la más elevada: 200 kV

#### *Nivel de tensión de ensayo a frecuencia industrial de corta duración:*

Según EN 50.124-1 para 200 kV de impulso: 95 kV

Según R.L.A.T. Art 24 y para serie 36 kV: 70 kV

Se elige la más elevada: 95 kV

#### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Todos los aisladores estarán dimensionados para soportar todos los esfuerzos mecánicos de las catenarias.
- Los aisladores de las colas de anclaje deberán soportar esfuerzos de tracción y de torsión de acuerdo con los tenses mecánicos aplicados a los conductores y cables.
- Los aisladores del tubo cuerpo de ménsula deberán soportar esfuerzos de compresión, flexión y torsión.
- Los aisladores del tirante de ménsula deberán soportar esfuerzos de tracción y en ciertas circunstancias de compresión.
- El factor de seguridad deberá estar de acuerdo con la EN50119 “Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica mediante línea aérea de contacto”.

#### *Composición y herrajes:*

Los aisladores a utilizar en el sistema de catenaria podrán ser de los siguientes materiales (EN60672 y CEI61109).

- Aisladores de ménsula, feeder, colas de anclaje o intermedios, estarán homologados o con la correspondiente autorización de uso.
  - Podría ser de porcelana, vidrio o compuestos.

Los herrajes deberán estar realizados con materiales que aguanten las cargas de los conductores y cables con sus coeficientes de seguridad, así como estar protegidos contra la corrosión, actividad química o degradación por variación de temperatura.

Los herrajes para los aisladores de porcelana no deberán ser nunca del tipo insertado.

Los herrajes del aislador del tubo cuerpo de ménsula deberán ir preparados para unirse directamente a la rótula por un lado y por el otro al tubo.

Los herrajes del aislador del tirante de ménsula deberán ser los apropiados para unirse a la rótula y al tubo.

Los herrajes de los aisladores de cola de anclaje deberán ir preparados para su unión a las grapas de anclaje de los conductores y cables.

#### 3.1.2.4.6. *Abrazaderas, empalmes y terminales de anclaje*

Las abrazaderas, empalmes y terminales eliminarán la corrosión bimetálica con los conductores para los que se van a utilizar.

Los componentes se diseñarán para minimizar la rotura por fatiga a la corrosión.

Los componentes deberán conducir la corriente de defecto o falta donde no existan otros caminos de circulación disponible, sin fallos mecánicos.

Las grapas de anclaje deberán ser capaces de asegurar los cables e hilos con un mínimo de 2,5 veces la carga de trabajo, o con el 85% de la tensión de rotura especificada de los conductores. Se utilizará el criterio que proporcione mayor coeficiente de seguridad.

El deslizamiento no deberá ocurrir en las condiciones especificadas anteriormente, ni deberán aparecer deformaciones bajo las temperaturas máximas aparecidas en servicio.

En las colas de anclaje de hilos y cables se deberán utilizar grapas cónicas o cuñas de apriete.

Se diseñarán teniendo en cuenta todos los requisitos exigidos por la norma europea EN50119.

#### 3.1.2.4.7. *Materiales*

En el proyecto constructivo se indicará que todas las piezas tendrán grabadas de forma indeleble el nombre, siglas o anagrama del fabricante y la fecha de fabricación.

#### 3.1.2.5. Equipamientos especiales

La línea aérea de contacto deberá considerar los siguientes equipamientos especiales:

- Equipos de compensación.
- Puntos fijos.
- Seccionamientos.
- Agujas aéreas.
- Zonas neutras de separación de fases.

#### 3.1.2.5.1. *Equipos de compensación*

Los equipos de compensación de las catenarias deberán satisfacer las siguientes condiciones:

- Compensación independiente para el sustentador y para el hilo de contacto o hilos de contacto.
- Relación de compensación 1:3 y/ó 1:5.
- Los equipos de compensación se realizarán mediante poleas y contrapesos.
- Compensación independiente para el sustentador y para el hilo de contacto o hilos de contacto.
- Los equipos de compensación a cielo abierto deberán montarse en el mismo poste, colocando las poleas en paralelo y a la misma altura sobre el carril, o

bien colocando las poleas a distinta altura pero en vertical y con distinta separación del poste.

- Los equipos de compensación deberán llevar protecciones eficaces para garantizar la seguridad de las personas, así como sistema antirrobo de pesas. En cualquier caso, con la protección empleada, se deberá garantizar que, ante un eventual corte del cable que soporta los contrapesos, la línea aérea de contacto no caiga al suelo. El sistema deberá tener un rendimiento superior al 95%.
- Las pesas de los equipos de compensación serán cilíndricas a cielo abierto, pudiendo ser de hormigón o de fundición dependiendo del número de pesas y del recorrido.
- El recorrido de los contrapesos deberá funcionar correctamente entre todo el margen de temperatura y para la longitud de semicantón máxima. El zuncho de la guía de los contrapesos, en su recorrido, no rozará en ningún caso con las cartelas del poste.

Los materiales empleados en los equipos de compensación deberán evitar su corrosión, debiendo ser los sistemas de fijación de acero S-275 JR (1.0044) según UNE-EN 10025 galvanizado o similar.

Deberán emplearse materiales especiales en los elementos de fricción para asegurar la eficacia de la regulación de tensión.

#### 3.1.2.5.2. Puntos fijos

Se instalarán puntos fijos en el centro de los cantones de compensación mecánica, debiendo cumplir con:

- La longitud de los semicantones deberán ser lo más parecidos posible para evitar desplazamientos de los conductores.
- El cable de arriostamiento podrá ser de Cu o bronce, BzII.

- La carga de trabajo del cable se determinará según la norma EN50119.
- En caso de condiciones ambientales diferentes en ambos equipos de compensación, es conveniente que los puntos fijos lleven latiguillos.

#### 3.1.2.5.3. Seccionamientos

Los seccionamientos a proyectar deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

- Situados como máximo a cada lado de un cantón de compensación.
- Altura de hilo de contacto 5,30 m.
- La altura de las catenarias:
  - A cielo abierto Min:1,40 m/Máx: Variable.
- La separación de las catenarias en un seccionamiento será:
  - Tipo compensación  $\geq 200$  mm
  - Tipo lámina de aire<sup>1</sup>  $\geq 450$  mm
- Número de vanos de un seccionamiento:
  - Tipo compensación:
    - A cielo abierto  $\geq 4$  vanos
  - Tipo lámina de aire:
    - A cielo abierto  $\geq 4$  vanos
- En los seccionamientos de lámina de aire, las colas de anclaje aisladas deberán llevar conexiones equipotenciales, uniendo dichas colas a las catenarias del trayecto.

<sup>1</sup> La separación vendrá en función de las distancias de aislamiento entre partes en tensión adyacentes de la línea aérea de contacto de diferentes tensiones y fases.

Para la ubicación de los seccionamientos deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- No deberán ubicarse seccionamientos en la zona de andenes de las estaciones y apartaderos.
- Debe evitarse situar seccionamientos en puentes o en viaductos cortos, ni bajo pasos superiores debido al difícil acceso en caso de incidencias o en caso de trabajos de mantenimiento preventivo.
- Debe evitarse la instalación de seccionamientos en zonas de agujas aéreas, debido a la complicada ejecución de la instalación de la catenaria en cruce.
- Los seccionamientos de las dos vías generales deberán situarse preferentemente de forma simétrica, es decir en idénticas kilometraciones, al igual que toda la instalación de catenaria.

Además de las anteriores consideraciones, hay que tener presente que la ubicación de los seccionamientos deberá estar relacionada con el sistema de señalización de la línea para evitar incidencias en la explotación.

#### 3.1.2.5.4. *Agujas aéreas*

Se instalarán agujas aéreas para electrificar los aparatos de vía.

En función del tipo de aparato y de la velocidad de circulación por vía desviada, la tipología de las agujas aéreas será diferente.

Para escapes entre vías generales para circular por vía desviada a 160 km/h, las agujas aéreas podrán realizarse con los siguientes criterios:

- Serán del tipo tangencial utilizando dos catenarias (auxiliar y desviada), formando en el centro del escape un seccionamiento de lámina de aire, para separar eléctricamente las catenarias de las vías generales.

- Las catenarias que se utilicen para realizar las agujas aéreas serán del mismo tipo que las de las vías generales e igualmente compensadas, y deberán ser mecánicamente independientes de las catenarias de vía general. La compensación se realizará también de forma independiente.
- La altura de las catenarias será variable de 1,40 a 2,00 m y la suspensión se realizará mediante dobles o triples ménsulas, bien sobre postes independientes o bien sobre dinteles de pórticos rígidos, dependiendo de su ubicación y gálibo.

Las agujas con las catenarias de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla serán del tipo cruzado y con los conductores de la catenaria tipo Re 250. Por tanto, como los conductores proyectados son diferentes a los de la catenaria tipo Re 250, deberá realizarse una transición en el primer seccionamiento del nuevo ramal próximo a este enlace.

#### 3.1.2.5.5. *Zonas neutras de separación de fases*

En el sistema línea aérea de contacto de corriente alterna, se instalarán zonas neutras de separación de fases para separar catenarias alimentadas con tensiones que no estén en fase, y su ubicación responderá a los siguientes criterios:

- La ubicación será tal que los trenes siempre puedan pasar por inercia en dichas zonas neutras de separación de fases, previa posible parada en la señal correspondiente. Por tanto, deberá existir una coordinación con la técnica de IISS.
- Estar situadas en una zona horizontal con el fin de facilitar el paso por inercia de los trenes, sin traccionar las locomotoras.
- No deben ubicarse en rampas superiores a 6 ‰, debiendo desplazarse la sección de separación a un tramo de vía horizontal.

- El desplazamiento máximo de la zona neutra a situar en el centro entre subestaciones no debe ser mayor a 3 km para evitar el aumento de la caída de tensión en la sección más larga.
- Es conveniente no situar las zonas neutras de separación de fases ni en puentes ni en viaductos, debido al difícil acceso en caso de incidencia y/o tareas de mantenimiento.

La longitud de la zona neutra de separación de fases deberá ser función de la distancia entre los pantógrafos extremos en servicio, no pudiendo puentearse las dos catenarias en tensión al paso de un tren bajo ninguna circunstancia.

La longitud de la zona neutra de separación de fases estará de acuerdo con lo indicado en la Específica Técnica de Interoperabilidad del Subsistema Energía y en la Norma Europea EN50368.

Las zonas neutras de separación de fases se proyectarán con los seccionadores adecuados telemandados para que en caso de incidencia o de situaciones degradadas pueda funcionar la línea sin problemas sobre la explotación.

#### 3.1.2.5.6. Equipamiento en viaductos y puentes

La electrificación en viaductos y puentes deberá realizarse teniendo presente las siguientes indicaciones:

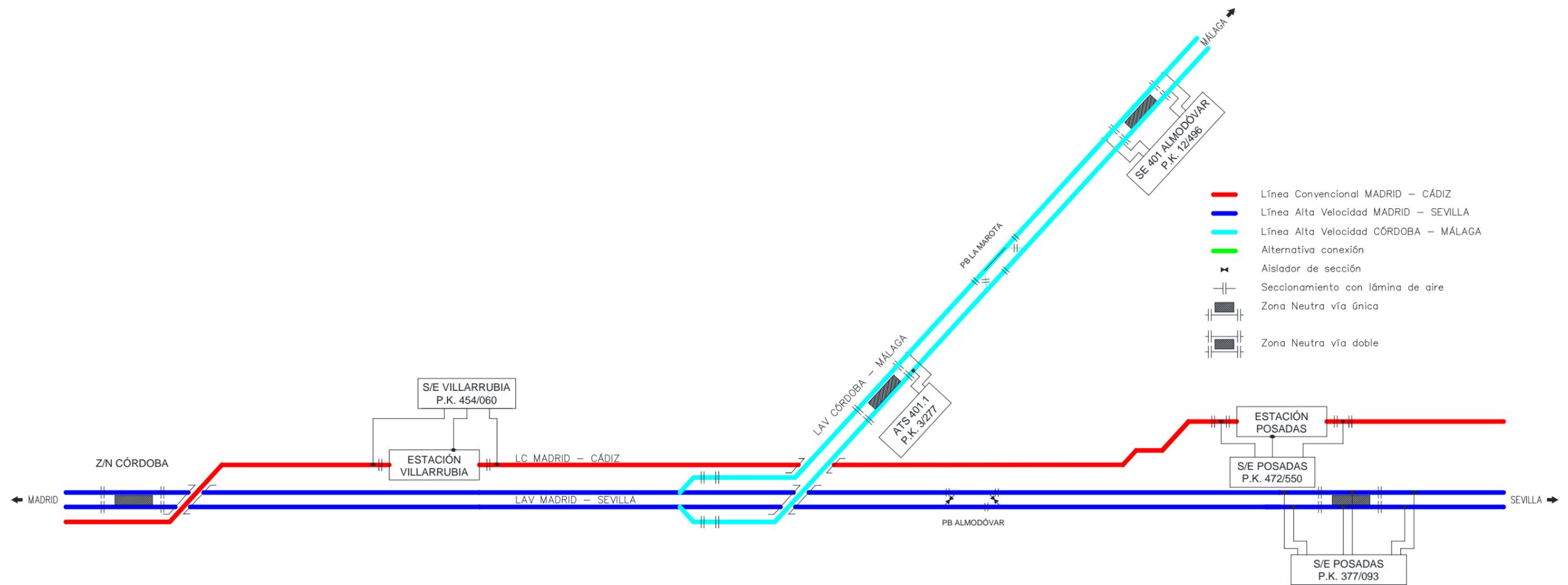
- La altura de los hilos de contacto será de 5,30 m.
- La altura de la catenaria será de 1,40 m salvo en caso de seccionamiento que podrá ser mayor.
- La ubicación de los postes se realizará normalmente sobre los pilares de los viaductos y puentes, sin afectar la estructura de aquellos.
- La colocación de los postes se realizará sobre bases preparadas con ejes roscados sobre el tablero.

- El gálibo de colocación de postes es de 3,35 m de eje de vía a eje de poste.
- El tipo de poste a utilizar será metálico, de perfil simple o compuesto, con base adecuada para fijarlo a la losa.
- Es conveniente no proyectar zonas neutras de separación de fases ni seccionamientos en puentes ni en viaductos debido al difícil acceso en caso de incidencias y/o tareas de mantenimiento.
- No se deben proyectar seccionamientos de compensación en puentes cortos.
- En caso de tener que proyectar anclajes sobre puentes y viaductos, estos se realizarán con placas montadas sobre el tablero.
- La longitud de los vanos en viaductos y puentes dependerá de si es recta o curva y de la velocidad del viento.

# ***APÉNDICES***

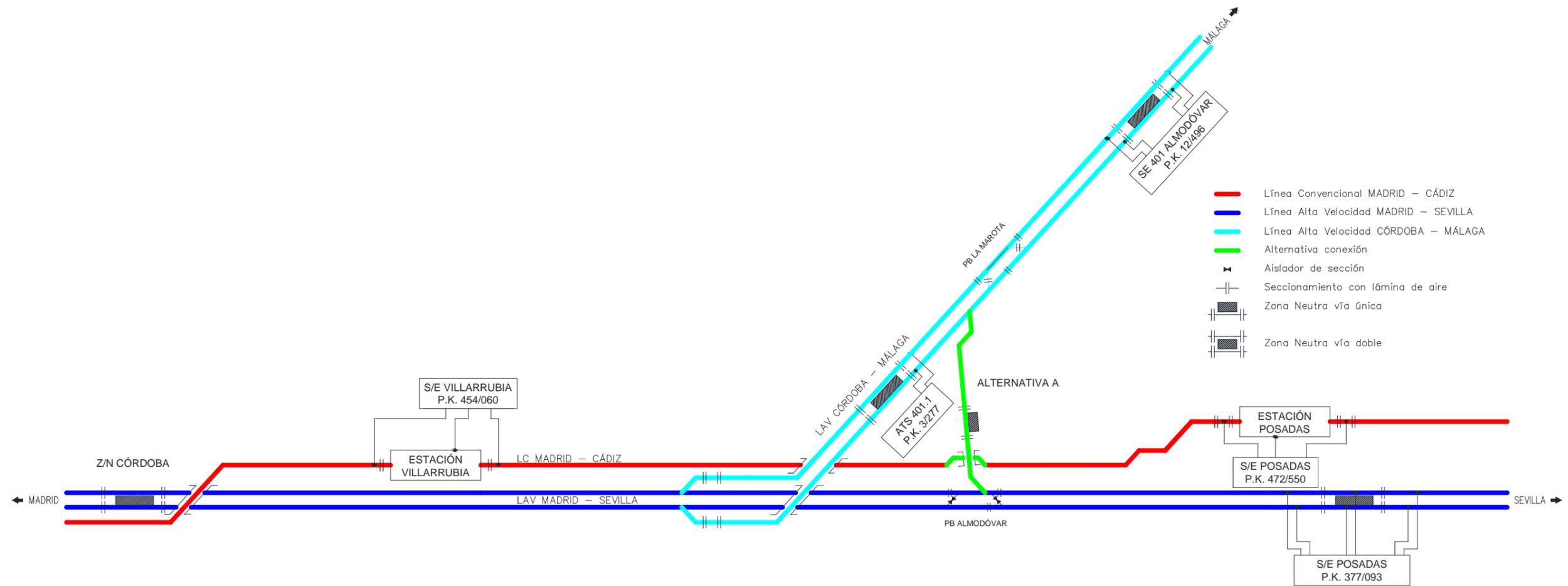
# APÉNDICE 1. FIGURAS

# ***ESQUEMA ELÉCTRICO DE SITUACIÓN ACTUAL***



# ***ESQUEMA ELÉCTRICO DE SITUACIÓN PROYECTADA***

# *Alternativa A*



## *Alternativa C*

