

## **ANEJO Nº 11.- INSTALACIONES DE ELECTRIFICACIÓN, SEGURIDAD Y COMUNICACIONES**



**ÍNDICE**

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ANCHO IBÉRICO.....	1
2.1.- INTRODUCCIÓN .....	1
2.2.- SITUACIÓN ACTUAL.....	1
2.3.- SOLUCIÓN PROPUESTA .....	1
2.3.1.- Protecciones .....	2
2.3.2.- Alimentación .....	2
2.3.3.- Protecciones .....	3
2.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CATENARIA A INSTALAR .....	3
2.4.1.- Características comunes.....	3
2.4.1.1.- Tensión de alimentación .....	3
2.4.1.2.- Frenado por recuperación .....	4
2.4.1.3.- Características dinámicas de la catenaria.....	4
2.4.1.4.- Material de los hilos de contacto .....	4
2.4.1.5.- Geometría del sistema .....	4
2.4.2.- Características de los Materiales, Equipos y Montajes.....	6
2.4.2.1.- Macizos .....	6
2.4.2.2.- Postes .....	7
2.4.2.3.- Pórticos rígidos .....	8
2.4.2.4.- Ménsulas.....	8
2.4.2.5.- Aisladores .....	8
2.4.2.6.- Conductores.....	8
2.4.2.7.- Equipos de compensación .....	8
2.4.2.8.- Seccionadores .....	9

2.4.2.9.- Protecciones .....	9	3.3.4.1.- Composición de las catenarias.....	27
2.4.2.10.-Especificaciones técnicas de componentes.....	11	3.3.4.2.- Agujas aéreas .....	27
2.4.2.11.-Separación de fases y de sistemas.....	11	3.3.4.3.- Protecciones.....	27
2.4.3.- Catenaria rígida .....	11	3.3.4.4.- Macizos o cimentaciones .....	27
3.- ANCHO MÉTRICO.....	18	3.3.4.5.- Postes .....	27
3.1.- INTRODUCCIÓN .....	18	3.3.4.6.- Ménsulas.....	27
3.2.- SITUACIÓN ACTUAL.....	19	3.3.4.7.- Aisladores.....	28
3.3.- SOLUCIÓN PROPUESTA .....	19	3.3.4.8.- Aisladores de sección .....	28
3.3.1.- Electrificación en la zona soterrada .....	19	3.3.4.9.- Seccionadores.....	28
3.3.2.- Electrificación en exterior .....	19	3.3.4.10.-Protecciones.....	28
3.3.3.- Características de la catenaria rígida.....	20	3.3.4.11.-Alimentación y retorno.....	28
3.3.3.1.- Hilo de contacto .....	21	4.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES .....	29
3.3.3.2.- Barras de catenaria rígida .....	21	4.1.- SITUACIÓN ACTUAL.....	29
3.3.3.3.- Unión entre barras .....	22	4.1.1.- Línea de Ancho Ibérico .....	29
3.3.3.4.- Estructuras soporte: ménsulas de catenaria rígida .....	23	4.1.2.- Línea de Ancho Métrico .....	29
3.3.3.5.- Aisladores .....	23	4.2.- SOLUCIÓN PROPUESTA.....	29
3.3.3.6.- Longitud de barras y ubicación de soportes.....	23	4.2.1.- Línea de Ancho Ibérico .....	29
3.3.3.7.- Seccionamientos de aire o compensación.....	23	4.2.2.- Línea de Ancho Métrico .....	30
3.3.3.8.- Transición entre catenarias .....	23	4.2.3.- Actuaciones en Estaciones .....	30
3.3.3.9.- Puntos fijos.....	24	4.3.- TELEMANDO .....	31
3.3.3.10.-Agujas .....	24	4.4.- SISTEMA ASFA .....	31
3.3.3.11.-Protecciones .....	24	4.5.- COMUNICACIONES .....	31
3.3.3.12.-Máquinas de instalación.....	25	4.5.1.- Telefonía de señales.....	31
3.3.3.13.-Criterios de Evaluación .....	25	4.5.2.- Radiotelefonía .....	31
3.3.4.- Características de la Catenaria Flexible .....	25		

## 1.- INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto definir técnica las actuaciones y requisitos, tanto funcionales como operacionales, para la realización de los trabajos relacionados con las instalaciones de Línea aérea de contacto debido a las actuaciones para la Integración del ferrocarril en Avilés.

Las instalaciones desarrolladas en el presente anejo son las siguientes:

- Catenaria rígida para la zona soterrada urbana
- Catenaria convencional para el resto de tramos

## 2.- ANCHO IBÉRICO

### 2.1.- INTRODUCCIÓN

En lo referente a LAC convencional, el presente anejo comprende la instalación de:

- Cimentaciones, estructuras, postes, pórticos y ménsulas para línea aérea de contacto.
- Nueva catenaria para la electrificación de las nuevas vías, compuesto de sustentador, hilo de contacto y péndolas.
- Elementos de protección de la instalación (cable de tierra, señales, etc).
- Elementos de alimentación de la instalación (seccionadores, aislador de sección, etc).
- Modificación y ajuste de la instalación de catenaria en servicio por la nueva electrificación y por las situaciones provisionales necesarias para no interrumpir el tráfico ferroviario.
- Desmontaje de los elementos de la instalación que quedan inservibles.

En lo referente a catenaria rígida, el presente anejo comprende la instalación de:

- Los conjuntos de suspensión para catenaria rígida.
- Las estructuras de soporte y anclaje necesarias para sustentar y fijar el carril conductor. Los conjuntos de suspensión del perfil de catenaria rígida se fijarán, bien directamente a la losa o estructura, o a través de pórticos rígidos tipo PRA fijados a las paredes del túnel.
- El carril conductor formado por un perfil de aluminio en el que se insertará el hilo de contacto de cobre.
- Elementos de protección de la instalación (cable de tierra, etc).

### 2.2.- SITUACIÓN ACTUAL

La línea actual de ancho ibérico está electrificada a una tensión de 3.000 V cc. y dispone de una subestación, dentro del ámbito de actuación, situado en la estación de Villalegre.

Las catenarias del tramo son compensadas mediante sistemas de contrapesos.

### 2.3.- SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución adoptada para la electrificación es la siguiente:

- Instalación de catenaria rígida para la zona soterrada. La catenaria rígida a instalar deberá poseer certificado CE como interoperable
- Instalación de línea aérea de contacto CA-160 compensada independientemente para el resto de los tramos, incluyendo el túnel del Bustiello y las situaciones provisionales.

La situación proyectada corresponde a la aplicación de la solución adoptada descrita anteriormente y su integración en las instalaciones actuales teniendo en cuenta la nueva disposición de vías y el proceso constructivo del estudio dividido en varias fases provisionales.

Se tendrán en cuenta los criterios para la electrificación con el sistema de corriente continua de 3 kV.

La separación eléctrica para poder trabajar durante las diferentes fases provisionales se conseguirá mediante aisladores de sección puenteables por seccionadores instalados en los postes proyectados, y la independencia mecánica se conseguirá mediante seccionamientos.

Las actuaciones por tanto necesarias a realizar de electrificación serán las siguientes:

- Excavación de macizos para los nuevos postes provisionales de catenaria a instalar. En este caso, y dadas las características del terreno, se emplearán macizos de cimentación tipo cilíndricos realizado con rotoperforadora tipo 'Cd' y de anclaje tipo 'Cd-An'.
- Izado y nivelación de nuevos postes que serán del tipo 'Z,-P X-P y PG-P'. con placa de fijación en su base.
- Ripado, traslado y tendido de cable de tierra sobre los nuevos postes. Conexión de nuevas bajadas de tierra.
- Montaje de nuevos conjuntos de ménsula y de ménsulas dobles provisionales de catenaria en los nuevos postes.
- Ripado y montaje de nueva catenaria para la electrificación de las vías provisionales, compuesto de sustentador, hilo de contacto y péndolas.
- Despendolado y nuevo pendolado equipotencial de la instalación.
- Montaje de nuevos equipos de compensación independiente.
- Montaje de seis nuevos puntos fijos y desmontaje de los actuales
- Instalación de nuevos seccionamientos de compensación debido a la nueva ubicación de los postes

- Ajuste del conjunto.
- Desmontaje de los elementos de la instalación que quedan inservibles.

#### 2.3.1.- Protecciones

- Cable de tierra tipo LA – 110 uniendo todos los postes de catenaria y todas las partes metálicas que estén dentro de la zona de catenaria.
- Se instalará señalética de aviso de peligro de muerte, de alto a la tracción, de seccionamiento, de limitación de velocidad y de final de catenaria en los lugares que lo requieran (elementos de maniobra: seccionadores; postes de catenaria, seccionamientos, etc.).

#### 2.3.2.- Alimentación

Durante la fase de explotación en vía única, se tenderá un feeders de continuidad para desafectar eléctricamente el tramo ferroviario.

Para la instalación de catenaria rígida se proyectan las siguientes actuaciones:

- Se ubicarán las zonas de transición de catenaria convencional a catenaria rígida en ambas bocas del tramo soterrado urbano:
  - Boca del túnel lado norte: se instalará una barra de transición por vía que permita el cambio de catenaria convencional CA-160 de un hilo de contacto Cu-150 a catenaria rígida.
  - Boca del túnel sur: se instalará igualmente una barra de transición por vía que permitan el cambio de catenaria convencional CA-160 de un hilo de contacto Cu-150 a catenaria rígida.
- Se proyecta la instalación de catenaria rígida con un vano general de 7 metros entre suspensiones. Excepcionalmente se proyectan vanos de hasta 12 m en la zona de cruce bajo el Turluergo, con el objeto de

ubicar los soportes de catenaria en la losa superior de los tramos adyacentes al cruce, salvando de esta manera el cruce bajo dicho cauce.

- La transición de catenaria convencional a catenaria rígida se proyecta siendo la catenaria convencional tipo CA-160 de dos hilos de contacto de CuAG0,1-120 y un sustentador de Cu-150.
  - Desde los seccionamientos de compensación mecánica ubicados en el exterior del túnel, junto a la boca lado norte. En estos seccionamientos, la catenaria que va hacia el túnel será catenaria de dos hilos de contacto de CuAG0,1-120 y sustentador de Cu-150.
  - Desde los seccionamientos en el exterior del túnel lado sur, en el P.K. 90+029. En estos seccionamientos, la catenaria que va hacia el túnel será también catenaria de dos hilos de contacto de CuAG0,1-120 y sustentador de Cu-150.

La altura nominal del hilo de contacto en el interior del túnel será de 5,3 m, salvo en la zona soterrada urbana, donde se adoptará una altura del hilo de 5,1 m, debido al gálibo reducido disponible en dichos puntos, en especial, el cruce bajo el Tuluergo.

Al alejarnos de las zonas de gálibo reducido la altura del hilo de contacto irá aumentando desde los 5,1 m hasta alcanzar la altura nominal de 5,3 m, con una pendiente del 1 ‰

### 2.3.3.- Protecciones

El estudio contempla la instalación de cable de tierra uniendo todas las partes metálicas de los herrajes de la instalación, de acuerdo con la normativa ADIF, así como la instalación de pozos de tierra.

En el trayecto en túnel el cable de tierra discurrirá por la clave de la bóveda. Para su suspensión se emplearán grapas de cable de tierra tipo G36, ancladas a la bóveda

mediante un angular y anclaje químico. Dichas grapas serán colocadas cada 28 metros. Para disminuir la flecha entre dos suspensiones G36 consecutivas, se instalarán cada 7 m suspensiones auxiliares. Ambos tipos de suspensiones se procurarán de instalar en el centro del vano de catenaria rígida.

La conexión de cada herraje al cable de tierra se realizará derivando el cable de tierra anclado a la bóveda a cada uno de los herrajes de suspensión de catenaria rígida. Se emplearán conexiones de alimentación Aluminio-Aluminio a compresión. Las conexiones a los herrajes de suspensión se realizarán mediante terminales de conexión de aluminio.

Todos los herrajes y postes irán unidos mediante cable de tierra de aluminio- acero (LA 110)

## 2.4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CATENARIA A INSTALAR

### 2.4.1.- Características comunes

#### 2.4.1.1.- *Tensión de alimentación*

### TENSIÓN NOMINAL DE LA CATENARIA

El sistema de alimentación eléctrica es el del tipo 3kV cc definido en la norma EN 50163

La tensión nominal de la catenaria es de 3.000V, siendo, de acuerdo con la UNE EN 50163, la tensión mínima permanente de 2.000V y máxima permanente de 3.600V

### RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación eléctrica para es el del tipo 3kV cc definido en la norma EN 50163

La tensión media útil es superior al límite indicado en la norma UNE EN 50388 (tabla 3) de 2160V.

2.4.1.2.- *Frenado por recuperación*

La solución técnica propuesta no restringe de ninguna forma el intercambio de energía entre trenes o entre trenes y subestaciones, siendo los niveles de tensión en cuanto a distancias o niveles de aislamiento coherentes con la posibilidad de un frenado regenerativo.

El sistema de 3kV de corriente continua permite el paso de la energía de frenado de un tren a otro a través de las catenarias y los embarrados de las subestaciones.

El sistema de rectificación empleado en las subestaciones de tracción está basado en diodos de silicio. Su conexión se efectúa mediante un doble puente trifásico Graetz (montaje nº 12 de la tabla 4 de la norma UNE EN 50328). E.T. 03.359.104.1. Este sistema de conexión, por construcción y filosofía impide la inyección de energía en el sistema de corriente alterna, pero permite el empleo de frenos de recuperación por intercambio de energía con otros trenes.

2.4.1.3.- *Características dinámicas de la catenaria*

Para la catenaria tipo CA-160, indicar que dicha catenaria cumple con los requisitos de la ETI, en particular:

- Fuerza de contacto media
- Comportamiento dinámico y calidad de captación de corriente
- Separación de pantógrafos.

Para la catenaria rígida no se evalúan estas características ya que se exige que la catenaria a instalar esté certificada como componente interoperable.

Debido a que no se puede proponer una tecnología en concreto en la presente actuación, el constructor queda obligado a instalar una catenaria rígida que cuente con dicho certificado y aportará la documentación necesaria para demostrar que cumple.

2.4.1.4.- *Material de los hilos de contacto*

La catenaria tipo CA-160, definida en la presente actuación estará dotada de hilos de contacto de aleación Cu AG 0,1 (EN50149) de 120 mm<sup>2</sup>

La catenaria rígida, definida en la presente actuación estará dotada de hilos de contacto de aleación Cu AG 0,1 (EN50149) de 150 mm<sup>2</sup>

Por lo que se cumple el punto 4.2.14 de la ETI de energía

2.4.1.5.- *Geometría del sistema*

**ALTURA DE LOS HILOS DE CONTACTO**

La altura nominal del hilo de contacto respecto al plano de rodadura a cielo abierto es de 5,30 m y la altura proyectada para el hilo de contacto en el tramo soterrado urbano será de a 5,1 m.

**VANOS**

La geometría en esos puntos es la siguiente: Vano en recta máximo: 60m

La distribución de vanos en m en función del radio en m es la siguiente, de acuerdo con la NAE 300 de ADIF, para el tipo CA-160 (Tipo B)

VANO	CA-160 (Tipos A y C)	CA-160 (Tipo B)
60 m	R ≥ 1500	R ≥ 1350
55 m	1500 > R ≥ 1050	1350 > R ≥ 1000
50 m	1050 > R ≥ 750	1000 > R ≥ 700
45 m	750 > R ≥ 550	700 > R ≥ 550
40 m	550 > R ≥ 400	550 > R ≥ 400
35 m	400 > R ≥ 300	400 > R ≥ 300
30 m	300 > R ≥ 200	300 > R ≥ 200
25 m	200 > R ≥ 140	200 > R ≥ 140
20 m	R < 140	R < 140

La diferencia entre vanos contiguos no será mayor de 10 m en general.



En el caso de seccionamientos, los valores adoptados en el estudio son los que se indican en la NAE 300, de la que adjuntamos las tablas a continuación:

RADIO (m)	VANO* (m)			
	50 ≤ L ≤ 60	40 ≤ L ≤ 50	30 ≤ L ≤ 40	25 ≤ L ≤ 30
R ≥ 10000	SC – 3 VANOS Cat1: +13 /+13 Cat2: -12 /-12	SC – 4 VANOS Cat1: +20 /+5 /+20 Cat2: -5 /-20 /-5		
4000 ≤ R <10000	SC – 3 VANOS Cat1: +20 /+20 Cat2: -5 /-5			
3000 ≤ R <4000	SC – 3 VANOS Cat1: +25 /+25 Cat2: 0 / 0			
2500 ≤ R <3000				
700 ≤ R <2500			SC – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: 0 / 0 / 0	
350 ≤ R <700				SC – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: 0 / 0 / 0

Tabla 20 Selección de Seccionamientos de Cantón (SC).

RADIO (m)	VANO* (m)			
	50 ≤ L ≤ 60	40 ≤ L ≤ 50	30 ≤ L ≤ 40	25 ≤ L ≤ 30
R ≥ 25000	SLA – 3 VANOS Cat1: +15 /+15 Cat2: -15 /-15	SLA – 4 VANOS Cat1: +20 /+10 /+20 Cat2: -10 /-20 /-10		
15000 ≤ R <25000	SLA – 3 VANOS Cat1: +18 /+18 Cat2: -12 /-12			
4000 ≤ R <15000	SLA – 3 VANOS Cat1: +25 /+25 Cat2: -5 /-5			
2800 ≤ R <4000				
800 ≤ R <2800			SLA – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: -5 /-5 /-5	
450 ≤ R <800				SLA – 4 VANOS Cat1: +25 /+25 /+25 Cat2: -5 /-5 /-5

Tabla 21 Selección de Seccionamientos de Lámina de Aire (SLA)

### TIPOLOGÍA Y PARÁMETROS DE LA CATENARIA A INSTALAR.

Se considera la instalación de la siguiente catenaria con las siguientes características.

#### SUSTENTADOR

- Designación: Cu 150
- Sección: 153 mm<sup>2</sup>
- Composición: 1x37 (d=2,25 mm)
- Diámetro: 16,10 mm
- Material: Cobre electrolítico
- Carga de rotura mínima: 45,1 kN
- Tensión de trabajo: 1425 daN
- Peso por metro: 1,344 kg/m

#### HILOS DE CONTACTO: 2 X CU AG 0,1 DE 120 MM<sup>2</sup>

- Designación: Cu Ag0,1 120
- Sección: 120 mm<sup>2</sup>
- Diámetro: 13,2 mm
- Carga de rotura mínima: 34,9 kN
- Material: cobre electrolítico
- Tensión de trabajo: 2 x 1200 daN
- Peso por metro: 1,069 kg/km

Una vez se ha establecido el tipo de cable a instalar, junto con la presión dinámica del viento, se está en disposición de calcular los esfuerzos por unidad de longitud que ejerce la catenaria sobre los equipos y postes que la sustentan.

Los esfuerzos verticales que los distintos cables utilizados ejercen sobre sus puntos de apoyo, dependen de su peso longitudinal y de la longitud de los vanos sobre los que están tendidos, así como de la carga que introduce el manguito de hielo en caso de que sea necesario considerarlo.

Los esfuerzos horizontales dependen de la carga longitudinal del viento sobre los distintos conductores, así como de los descentramientos y colas de anclaje instaladas. Existen también esfuerzos horizontales en dirección longitudinal a la catenaria que son producidos por los descentramientos, longitud media de vano y tensión propia de la catenaria.

Los esfuerzos verticales que los distintos cables utilizados ejercen sobre sus puntos de apoyo, dependen de su peso longitudinal y de la longitud de los vanos sobre los que están tendidos, así como de la carga que introduce el manguito de hielo en caso de que sea necesario considerarlo.

Los esfuerzos horizontales dependen de la carga longitudinal del viento sobre los distintos conductores, así como de los descentramientos y colas de anclaje instaladas. Existen también esfuerzos horizontales en dirección longitudinal a la catenaria que son producidos por los descentramientos, longitud media de vano y tensión propia de la catenaria.

Se obtienen, por tanto, los valores de los esfuerzos por unidad de longitud que la catenaria ejerce sobre los puntos de apoyo, tanto por peso propio, como por viento y carga de hielo.

### **GÁLIBO DEL PANTÓGRAFO**

Para la determinación del gálibo de pantógrafo, se empelan las indicaciones referidas en la Orden FOM/1630/2015” Instrucción Ferroviaria de Gálivos” de 14 de julio de 2015.

Según el apartado 3.5 de dicha instrucción, la determinación del gálibo de pantógrafo como parte del gálibo de implantación de obstáculos de instalaciones fijas se debe realizar partiendo de la determinación de los gálivos mecánicos y eléctricos y considerando los siguientes consideraciones y parámetros.

En este estudio se han considerado el pantógrafo de 1950 mm.

Para la determinación del gálibo de pantógrafo, se empelan las indicaciones referidas en la Orden FOM/1630/2015” Instrucción Ferroviaria de Gálivos” de 14 de julio de 2015.

#### **2.4.2.- Características de los Materiales, Equipos y Montajes**

##### **2.4.2.1.- Macizos**

Los macizos de cimentación para los postes de catenaria serán pilotes cilíndricos de hormigón armado.

El hormigón a emplear será tipo Hormigón para armar HA-25/B/20/IIa (norma EHE-08) 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 un tal que suponga un peligro para las personas. Las barras serán del tipo roscado para permitir la fijación del poste mediante tuercas. Los pernos que sobresalen del macizo deberán ser galvanizados en toda su longitud, de modo que el galvanizado llegue a unos 15 cm como mínimo por debajo del terreno. Los extremos atornillados de los cáncamos y una vez fijados y nivelados los postes, 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 y de las características y de la capacidad de carga del terreno, donde se realice la cimentación. Para el dimensionamiento de las cimentaciones se seguirán los criterios de cálculo de la catenaria tipo CA-160/3kV.

La ejecución de la excavación se realizará mediante máquina rotoperforadora.

Se realizará la retirada de los materiales procedentes de la excavación (follaje, escombros, etc.), la colocación de armaduras y el hormigonado con vibrado de la cimentación.

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

En los casos en que el terreno presente un alto contenido en piedras (pedraplén) o sea rocoso, se procederá a la instalación de micropilotes como base para la fijación del poste. En estos casos se procederá a la ejecución de un macizo cilíndrico con armadura pero sin pernos, cuya profundidad permita que tenga contacto con la zona de roca y tras el fraguado se procederá al taladrado del mismo que servirá de guía para los micropilotes.

Los micropilotes se fijan realizando un taladrado de unos 10cm de diámetro, tras lo cual y mediante el empleo de una plantilla se fijan los micropilotes.

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. Para la conexión eléctrica se empleará un cable de cobre aislado de 50 mm<sup>2</sup> en pvc 0,6/1 kV para evitar rozaduras. Se fijará a la pica y al poste mediante un terminal adecuado.

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 mediante pintura bituminosa o envolvente de plástico.

Se podrán realizar ensayos obteniendo probetas del propio macizo, debiendo obtenerse como mínimo la resistencia correspondiente al tipo de hormigón especificado.

#### 2.4.2.2.- Postes

Serán los normalizados por ADIF tipos X, XR y Z empresillados y galvanizados, provistas en su base de una placa que facilitará su fijación a la cimentación mediante pernos. En casos especiales de postes a ubicar en gálibo escaso puede recurrirse a perfiles HEB. Para la sustentación de pórticos rígidos se instalarán preferiblemente perfiles doble HEB.

Las dimensiones de los postes y de sus placas de fijación serán los de los planos normalizados por Adif

Los postes metálicos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los postes deberán incorporar elementos antiescala 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 roscados que sobresalen de la cimentación, que se taparán con caperuzas o similar.
- 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 postes situados en zonas de vandalismo o paso de viajeros contarán con protección antiescalada.
- Cumplirán la E.T. 03.364.101.0 y la UNE EN ISO 1461 para el galvanizado

#### 2.4.2.3.- *Pórticos rígidos*

A fin de aumentar la fiabilidad de la instalación y de minimizar la incidencia de avería de una catenaria en otra colateral, se instalará preferiblemente un poste independiente para la o las catenarias de una vía.

Cuando por razones de gálibo no puedan instalarse postes independientes para la catenaria de una vía, se emplearán pórticos rígidos o ménsulas para dos vías.

Las ménsulas se instalarán en dichos pórticos rígidos mediante los soportes adecuados.

Los pórticos a instalar estarán compuestos por vigas rectangulares de celosía formadas por montantes de acero con perfil en 'L' y diagonales; normalizados por ADIF PRC-1... PRC-4, así como equipos de sustentación normalizados.

El material a emplear será perfiles de acero UNE-EN 10025 (acero S275 JR como mínimo), galvanizados igual que los postes.

Cumplirán la ET 03.364.101.0+M1

#### 2.4.2.4.- *Ménsulas*

Las ménsulas serán de acero conjuntos tipo Ca-1 RT y Ca-10, normalizadas por ADIF

#### 2.4.2.5.- *Aisladores*

Cumplirán las características indicadas en el libro LAC de ADIF y en el Memorando para la catenaria CA-160 de ADIF

#### 2.4.2.6.- *Conductores*

Se montará sustentador de Cu de 150 mm<sup>2</sup> de sección de 37 hilos de 2,25 mm de diámetro según E.T. 03.354.011.

El sustentador se tenderá con una tensión máxima (tense normal + sobretense) de 2.424 kg durante un periodo mínimo de 24 h, siendo recomendable alcanzar las 48 h.

Se montará hilo de contacto de Cu de 120 mm<sup>2</sup> de sección circular según E.T.03.364.291.9.

Los hilos de contacto se tenderán con una tensión máxima cada uno (tense normal + sobretense) de 1.753 kg durante un periodo mínimo de 24 h, siendo recomendable alcanzar las 48 h.

#### 2.4.2.7.- *Equipos de compensación*

La catenaria a instalar estará compensada mecánicamente de forma automática de modo que se mantenga la tensión mecánica de los conductores ante un cambio de las condiciones medioambientales, principalmente la temperatura.

Esta compensación automática se conseguirá mediante equipos de poleas y contrapesos.

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

- Compensación independiente para el sustentador y para los hilos de contacto mediante equipos separados. Cada equipo de contrapeso llevará su guía independiente y su montaje se proyectará de forma que no exista interferencia entre ambas.
- Relación de compensación 1:5 para el sustentador y para el hilo de contacto.
- Todas las catenarias se compensarán mecánicamente mediante equipo de poleas y contrapesos.

- Los equipos de compensación a cielo abierto deberán montarse en el mismo poste, colocando las poleas una sobre otra 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 sistemas antirrobo. 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% demostrable mediante los ensayos correspondientes.
  - El recorrido de los equipos de compensación deberá proyectarse teniendo en cuenta el margen de temperaturas, de -15 °C a +80 °C en los conductores, y para la longitud de semicantón máximo. Se permitirá una tolerancia de  $\pm 50$  mm en la posición vertical de los contrapesos con relación al eje de la polea.
  - En equipos de contrapesos montados cerca de andenes o zonas de paso, se instalarán jaulas de protección.

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. Los tubos guía podrán ser de aluminio.

El acabado del acero será galvanizado al igual que los postes y pórticos

#### 2.4.2.8.- Seccionadores

Los seccionadores de apertura en carga serán del tipo SAC-4 y las de puesta a tierra SAC-3T.

Los accionamientos de los seccionadores telemandados serán del tipo hidráulico o eléctrico, normalizados y homologados por ADIF. El bastidor de los accionadores se montará sin aislar y se conectarán a una toma de tierra propia.

El montaje comprende:

- El montaje de los seccionadores, accionamientos y timonería incluyendo las silletas y elementos de fijación.
- La conexión del seccionador.
- La colocación de las arquetas, cajas de registro, bajadas necesarias.
- El ajuste de la apertura y cierre del seccionador en función del recorrido del motor.

Para el montaje se seguirá la Norma NAE correspondiente y para las protecciones se seguirán las instrucciones para la puesta a tierra de los postes, accionamientos, cuadros de mando, etc., de ADIF.

#### 2.4.2.9.- Protecciones

##### **CABLE DE TIERRA**

Aluminio-acero LA 110. En los cambios de dirección o amarres se dará continuidad, mediante un bucle.

La suspensión del cable de tierra se realizará mediante grapa G-36U.

En los anclajes del cable de tierra se conectará dicho cable al poste mediante grapa G-39U.

Los empalmes del cable se realizarán mediante empalmes de compresión tanto al acero como al aluminio.

Debido a que cada poste lleva su propia pica de puesta a tierra no se considera la instalación de tomas de tierra adicionales salvo en donde se instalan pararrayos tipo autoválvula.

En aquellos tramos en los que exista una elevada resistividad del terreno o no sea posible la instalación de la pica de tierra de cada poste se deberá tender un cable colector de Cu 50 mm<sup>2</sup> desnudo enterrado en canalización (según plano de cimentaciones) que se conectará a cada poste mediante cable de Cu 50 mm<sup>2</sup> aislado 0,6/1 kV integrándose de esta manera en la red de tierras.

### **TOMA DE TIERRA**

La red de tierra formada por todos los postes será de una resistencia de difusión inferior a 10 Ohm, previendo si es necesario un estudio geoelectrico para la determinación del tipo de electrodo.

### **EQUIPOS ANTIESCALADA**

Los postes empesillados situados en zona de andén, incorporarán protección de seguridad antiescalada, así como su correspondiente placa de numeración y aviso de peligro.

### **DISPOSITIVO LIMITADOR DE TENSIÓN**

En zonas de estación o en sus inmediaciones, todas las estructuras metálicas próximas a catenaria deberán estar protegidas conforme a los requisitos de la norma la norma UNE-EN 50122-1:

- Todas las estructuras metálicas estarán equipotenciales entre sí y conectadas al cable de tierra de catenaria.
- Las marquesinas, y en general cualquier estructura que por avería en catenaria pueda ponerse en tensión, deberá disponer de un "Dispositivo Limitador de Tensión" conectado al carril de retorno.

### **SEÑALÉTICA**

Se montarán señales de riesgo eléctrico en las zonas de fácil acceso y en los postes que tengan aparamenta eléctrica.

### **SECCIONADORES DE PUESTA A TIERRA**

A fin de cumplir la ETI de seguridad en túneles, se prevén seccionadores de puesta a tierra en piñones (extremos) de las estaciones y en los puntos de acceso exteriores en las bocas de los túneles.

Todos estos puntos están dotados de sistemas de comunicación y alumbrado

Estos seccionadores poseerán botonera para accionamiento en local y además serán telemandados.

### **PROCEDIMIENTOS EN CASO DE EMERGENCIAS**

Tanto la operación de segmentación del túnel como la puesta a tierra estarán procedimentados mediante protocolo de ADIF que estará a su vez consensuado con la Dirección de Protección y Seguridad y comunicados a los diferentes servicios de intervención de emergencias. Dichos procedimientos se salen del alcance del presente estudio y será ADIF quien los definirá.

### **PROTECCIONES CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS**

Las protecciones contra choques eléctricos se alcanzarán en la presente actuación mediante el cumplimiento de la norma EN 50122- 1:2011+A1:2011, en los siguientes apartados:

- Apartado 5.2.1 (solo para zonas públicas): Ningún elemento en tensión se encuentra dentro de la zona de paso establecidas en las Figuras 3 y 4 de la EN 50.122-1:2011+A1:2011 El elemento en tensión más bajo es el hilo de contacto que se encuentra como mínimo a 4,6m de la zona de paso.

- Apartados 5.3.1 y 5.3.2: Al no haber elementos en tensión cercanos a las zonas de paso, tal como se indica en el primer párrafo del punto 5.3.1 de la EN 50.122-1:2011+A1:2011 los apartados 5.3.1 y 5.3.2 no hay lugar.
- Apartado 6.1: La instalación se ha diseñado con cables de tierra que unen todas las estructuras metálicas accesibles formando una red equipotencial conectada a tierra. La conexión de la puesta a tierra con el circuito de retorno se efectúa en la subestación de tracción, donde el negativo del rectificador se conecta a tierra.
- Apartado 6.2 (excluidos los requisitos de las conexiones de los circuitos de la vía). El apartado 6.2.1 no es de aplicación, al tratarse de un sistema de corriente continua. En cuanto al apartado 6.2.2, y como se ha indicado, la conexión entre tierra y el circuito de retorno de tracción se efectúa en el entorno de la subestación.

#### 2.4.2.10.- Especificaciones técnicas de componentes

Para todos los componentes y equipos no indicados en el presente anejo, se emplearán aquellos especificados y normalizados por Adif para sus catenarias tipo CA-160 y CA-220.

Así mismo, en donde no exista una especificación o norma propia de ADIF se aplicarán las normas españolas y europeas.

#### 2.4.2.11.- Separación de fases y de sistemas

Al tratarse de un sistema de corriente continua, con instalaciones colaterales en el mismo sistema, no existen ni separaciones de fases ni de sistemas

Las zonas neutras que se instalan son zonas neutras de protección, que se exigen para cumplir las normas de seguridad de ADIF, en las que se requiere un doble aislamiento (formado por una zona neutra) entre zona de tensión y de trabajo.

#### 2.4.3.- Catenaria rígida

El sistema de catenaria rígida a instalar será un sistema con homologación CE para interoperabilidad.

El sistema de catenaria rígida a instalar presenta las siguientes características:

- Tensión de alimentación: 3000 V cc.
- Sección del hilo de contacto: 1x150 mm<sup>2</sup>.
- Sección equivalente de cobre conjunto aluminio-cobre: 1.558 mm<sup>2</sup>.
- Altura nominal del hilo de contacto sobre el plano medio de rodadura: 5,1 m.
- Pendiente máxima del hilo de contacto: 1 ‰. Variación máxima de la pendiente del hilo de contacto: 0.5 ‰.
- Se evitará al máximo el número de cambios en la altura del hilo de contacto.
- Descentramiento del hilo de contacto respecto al eje de la vía: En recta y curva, alternativamente: ± 20 cm
- El descentramiento será progresivo.
- Separación mínima del eje de los perfiles en los seccionamientos:
  - De lámina de aire: 170 mm
  - De compensación: 100 mm

Tanto el hilo de contacto, como el perfil de aluminio se instalarán sin tensión mecánica de tendido alguna.

El hilo de contacto va ajustado en el perfil de aluminio, que en su extremo inferior tiene forma de tenaza. La forma del perfilado de aluminio es adecuada para conseguir el efecto resorte y contener por simple presión el hilo de contacto.

El modo de instalación del hilo en el perfil o su sustitución es con un útil especial que abre el perfil y tras la colocación o su retirada, vuelve a cerrar el carril.

El hilo no está en contacto directo con el aluminio. Se aplica entre ambos una grasa especial conductora, por lo que se hace pasar al hilo durante su montaje por un manguito de engrase. Esta grasa protege al aluminio y al cobre, no afectando la circulación de corriente.

Las barras de catenaria rígida consisten en perfiles fabricados a partir de una aleación de aluminio por un procedimiento por prensa de extrusión, en longitudes máximas y normales a determinar previo replanteo de la instalación. En este estudio la longitud general de las barras será de 14 m.

Las barras de 14 m vendrán cortadas de fábrica. Las barras de longitud inferior podrán cortarse en obra.

Las barras están provistas de taladros situados convenientemente a fin de evacuar las posibles condensaciones y acumulaciones de agua dentro del perfil, que siempre contiene gases disueltos o elementos agresivos.

El hilo de contacto es continuo en cada cantón, no admitiéndose discontinuidades.

Las barras de perfil de aluminio van suspendidas del techo. Para ello se emplearán conjuntos de suspensión normalizados tipo brazo.

El aluminio y el cobre sólo pueden ser combinados el uno con el otro de manera conductora, en una atmósfera libre de electrolitos para que no exista corrosión. Dado que éste no es el caso en la práctica, para impedirlo se han adoptado las siguientes medidas:

Al colocar el hilo de contacto, éste ha de ser lubricado lo que se hace con un manguito conectado a una bomba de agua. La grasa especial que se emplea tiene

una función protectora y favorece el flujo de corriente entre el aluminio y el cobre evitando fenómenos de corrosión por electrólisis.

La rigidez del perfil permite instalar una catenaria rígida con radios de hasta 120 m sin precauciones especiales. Si el perfil se ha curvado previamente de forma mecánica, se pueden incluso equipar vías con radios de 45 m.

A fin de evitar las posibles deformaciones que pudieran producirse en el conjunto carril rígido – hilo de contacto, la catenaria rígida debe cantonarse. Para ello, se tenderá el perfil de aluminio en secciones de una longitud máxima de 430 metros.

El seccionamiento de cantón de catenaria rígida permitirá dilataciones sin impedimento, y no dificultará la continuidad para el camino del pantógrafo, ni tampoco para la corriente eléctrica de tracción.

Siempre que un carril de catenaria rígida comience o termine en un seccionamiento, lo hará con una rampa, para que el contacto con el pantógrafo sea suave y progresivo.

En el centro de cada cantón se proyecta el montaje de un punto fijo que impide el movimiento longitudinal de las barras por dilatación o arrastre.

En los puntos con distancia eléctrica mínima entre carril y paramentos, las barras de la catenaria rígida incorporarán un aislamiento adicional consistente en láminas aislantes.

### **COMPONENTES ESPECÍFICOS DE CATENARIA RÍGIDA**

El sistema de catenaria rígida estará constituido fundamentalmente de los componentes específicos y montajes estructurales que seguidamente se describen:

- Hilo de contacto.

Barras de aluminio de fijación del hilo de contacto, rectas y curvas. Aisladores y elementos aislantes.



Conjuntos de suspensión y descentramiento. Seccionamientos. Puntos fijos y agujas aéreas.

- Hilo de contacto

El hilo de contacto a instalar en las barras de catenaria rígida será ranurado de cobre-plata 0,1 de sección circular de 150 mm<sup>2</sup> normalizado por ADIF.

- Características:

Material: Cu-Ag 0.1

Matrícula: 64.291.380

Sección: 150 mm<sup>2</sup>

Diámetro: 14,50 mm

Resistividad máxima a 20 °C: 1,7860 ohm•m•10<sup>-8</sup>

Resistencia mínima a la rotura: 358 N/mm<sup>2</sup>

Peso unitario: 1,336 kg/m

### **BARRAS DE CATENARIA RÍGIDA**

El carril conductor estará formado por un conjunto de barras, de hasta 14 m de longitud, unidas entre sí por medio de bridas de unión. Se empleará un perfil de 110 mm de altura y 85 mm de ancho.

El perfil tendrá una abertura en su parte inferior para introducir en ella el hilo de contacto. La separación del perfil en su parte inferior será algo menor al ancho de la garganta del hilo de contacto, lo que proporcionará la fuerza necesaria para el agarre del hilo de contacto.

El perfil tendrá en su parte inferior dos salientes para que circule por ellos el carro o útil de tendido del hilo de contacto. Asimismo el perfil tendrá dos ranuras en su parte inferior para que el carro de tendido del hilo de contacto abra el carril conductor.

El útil o carro de tendido será aportado o aprobado por el mismo fabricante que las barras de catenaria rígida. Preferiblemente será suministrado por el mismo fabricante.

### **CORROSIÓN DE COBRE/ALUMINIO**

Para prevenir la posible corrosión por el contacto entre el aluminio del carril conductor y el cobre del hilo de contacto se tomarán las siguientes medidas:

- Cada barra estará provista de cuatro huecos de ventilación en el lado inferior para prevenir la condensación en su interior.
- El hilo de contacto será engrasado durante su instalación por medio de una unidad engrasadora especial. La grasa deberá proteger de la corrosión y facilitar la circulación de corriente entre hilo de contacto y carril conductor.
- En zonas de posible humedad se protegerá el carril conductor con una cubierta de plástico. La cubierta protectora tendrá un peso despreciable en comparación con el perfil de la catenaria y se instalará de modo que no interrumpa los posibles movimientos longitudinales del carril debido a dilataciones sobre todo en las cercanías de los conjuntos de suspensión.

Deberá tener una rigidez tal que no introduzca modificación apreciable en la flecha del carril.

La cubierta será de material sintético aislante de al menos 2 mm de espesor. Para su montaje no se precisarán tornillos o accesorios adicionales sino que será por simple presión. El material empleado no debe emitir gases tóxicos ni ser propagador de la llama.

Valores estáticos del carril conductor

Sus características eléctricas serán las siguientes:

- $r_{20^\circ}$  (resistencia específica a  $20^\circ \text{ C}$ ) =  $0.0330 \text{ (W mm}^2 \text{ /m)}$
- $\alpha$  (coeficiente variación resistencia con temperatura) =  $4 \cdot 10^{-3} \text{ (1/}^\circ\text{C)}$

El carril conductor (formado por el perfil de aluminio y el hilo de contacto de  $150 \text{ mm}^2$  de cobre) permitirá una corriente de  $3000 \text{ A}$  de forma continua.

### **CURVADO DEL CARRIL CONDUCTOR**

El carril conductor podrá ser instalado formando radios de hasta  $120 \text{ m}$  sin necesidad de medidas especiales. Esta curvatura se empleará para conseguir los descentramientos requeridos respecto al eje de la vía (tanto en recta como en curva).

Si en algún caso se necesitasen barras de carril conductor con menores radios se realizarán en fábrica, sin que en ningún caso se pueda hacer curvados sin el material adecuado.

Se realizarán las pruebas y ensayos oportunos para comprobar el correcto curvado de las barras y su adecuación a la perfecta explotación de la línea.

El mínimo radio con que se podrán curvar los carriles es de  $45 \text{ m}$ .

### **AGARRE DEL HILO DE CONTACTO**

La abertura inferior del perfil será inferior a la garganta del hilo de contacto para asegurar el correcto agarre del hilo de contacto una vez insertado, aún estando engrasado. Esta fuerza será uniforme en las distintas secciones del carril conductor y proporcional a la longitud de agarre.

### **UNIÓN ENTRE BARRAS**

Las barras de carril conductor se unirán mediante un par de bridas de unión. Esta unión deberá asegurar el mantenimiento de las características mecánicas y eléctricas de la catenaria rígida.

La unión entre barras no coincidirá nunca con la posición del conjunto de suspensión sino que se montará en un lugar tal que se minimicen los esfuerzos cortantes en la zona de la unión de los perfiles.

Las bridas de unión serán suministradas por el mismo fabricante que el carril conductor.

### **ESTRUCTURAS SOPORTE: MÉNSULAS DE CATENARIA RÍGIDA**

Las distintas barras de la catenaria rígida se fijarán a un conjunto de suspensión de carril conductor tipo brazo.

Los conjuntos de suspensión deberán permitir el ajuste del carril conductor en los tres grados de libertad siguientes:

- Descentramiento
- Altura
- Inclinación

La catenaria rígida será perpendicular a la vía, incluso con vía peraltada.

El conjunto de suspensión consiste en un soporte - aislador tipo brazo, suspendido de un pendolón vertical anclado a la bóveda, y en cuyo extremo va fijada la pinza de suspensión.

El conjunto permite una regulación horizontal del perfil de catenaria a través del tubo extremo del conjunto y una regulación vertical, gracias al pendolón vertical que va anclado a la bóveda del túnel. Se prevé el mecanizado del pendolón para su ajuste a la inclinación de la bóveda, quedando siempre instalado totalmente vertical.

El conjunto de suspensión se compone de los siguientes elementos: Aisladores

Características:

- Tensión de servicio:  $3,3 \text{ kV}$

- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 120 kV
- Tensión soportada en seco a frecuencia industrial: 50 kV
- Tensión soportada bajo lluvia a frecuencia industrial: 38 kV
- Línea de fuga mínima: 350 mm
- Carga de rotura a la flexión: 16.000 N
- Fijación de las partes metálicas con cemento sulfuroso, sellado con silicona
- Ensayos según UNE-EN60383 sección 9 Brida de carril conductor

Características:

- Aleación de cobre - aluminio
- Será del mismo proveedor que las barras de catenaria rígida
- Permitirá el giro del carril.
- Incorporará juntas de material sintético para disminuir el rozamiento entre el carril y la brida

El conjunto barra-hilo de contacto, se sujetará a la bóveda del túnel a través del conjunto de suspensión, que deberá de ser regulable en altura, descentramiento e inclinación.

#### **LONGITUD DE BARRAS Y UBICACIÓN DE SOPORTES.**

La longitud nominal de las barras será de 14 m, a excepción de puntos singulares y seccionamientos.

Cada barra de carril conductor, por muy corta que sea, se une al menos a un soporte mediante el correspondiente conjunto de suspensión.

La distancia entre soportes y uniones de barras se realizarán a  $\frac{1}{4}$  de la distancia entre soportes (aproximadamente a 1,75 m para vanos de 7 m), coincidiendo con el punto de esfuerzo cortante nulo.

En puntos singulares se puede desplazar el soporte respecto a la unión entre barras, pero sin que el desplazamiento sea acumulativo.

#### **SECCIONAMIENTOS DE COMPENSACIÓN**

Para posibilitar la dilatación del carril conductor se instalan seccionamientos de aire o compensación cada aproximadamente 420 m. Para ello se superponen dos barras finales de carril conductor de al menos 4 metros de longitud y separadas entre sí 20 cm..

Los seccionamientos de compensación se puentean, para conseguir la continuidad eléctrica, mediante 4 cables de cobre desnudo extraflexible de 150 mm<sup>2</sup> (DIN 43.138). Dichos cables irán conectados mediante los terminales de conexión bimetálica Cu-Al a bridas de conexión de la barra de carril, nunca directamente. Las bridas de conexión serán específicas para el carril y suministradas por el mismo fabricante.

#### **FINALES DE TRAMO.**

En los finales de cada seccionamiento se sitúan unas barras de al menos 4 metros de longitud curvadas verticalmente en su extremo para facilitar el paso suave del pantógrafo de una catenaria a otra.

La zona curvada es de un metro y medio máximo de largo y de 6 m de radio.

Por razones de seguridad, el hilo de contacto sobresale 10 cm fuera del carril conductor y se dobla hacia arriba.

Como medida de protección para mejorar el agarre sobre el hilo de contacto, esta sección esta provista con un tornillo.

### **TRANSICIONES ENTRE CATENARIA RÍGIDA Y CATENARIA CONVENCIONAL.**

Para realizar la transición de los dos tipos de catenaria se dispondrá de una barra de transición aligerada.

Por el lado de la catenaria elástica, se ancla el sustentador al paramento del túnel, y se da continuidad al mismo mediante un feeder formado por dos cables de cobre de 150 mm<sup>2</sup> que se conecta al carril de la catenaria rígida. La conexión se realiza mediante dos cables de cobre extraflexible de 150 mm<sup>2</sup>.

El hilo de contacto va alojado en una barra de transición de catenaria rígida. Esta barra de transición consiste en una barra de carril de 5 metros de longitud y de sección variable, cuya finalidad es la de rigidizar la catenaria según el pantógrafo se desplace hacia el extremo de mayor sección.

Se instalarán dos anclajes de tipo punto fijo al perfil de catenaria rígida para recoger el tense del hilo de contacto de la catenaria convencional fijado a la barra de transición.

Las conexiones al carril o barra de catenaria rígida se realizará mediante grifas de conexión específicas para dicha barra y suministradas por el mismo fabricante.

### **PUNTOS FIJOS**

Los seccionamientos de compensación en catenaria rígida se sitúan a intervalos regulares de aproximadamente 420 m para posibilitar las dilataciones de la catenaria rígida.

Para dirigir las dilataciones y evitar los desplazamientos de la catenaria rígida, se sitúa en la mitad de cada tramo de barras, un punto fijo.

Las fuerzas que se deben contrarrestar son principalmente las debidas a dilataciones del carril conductor y, en menor medida, las introducidas por fricción del pantógrafo y componente horizontal del peso del carril.

Los puntos fijos se componen de los siguientes elementos:

- Brida de punto fijo, situada en el punto medio entre dos soportes. Dicha brida irá fijada mediante tornillos directamente al carril.
- Cables de cola de anclaje de punto fijo, de acero galvanizado de 72 mm<sup>2</sup>, con sus correspondientes casquillos o preformados de anclaje y guardacabos (en su caso)
- Tensores para permitir la regulación de la cola.
- Herrajes de fijación a la bóveda o paredes del túnel.
- Aisladores de colas de anclaje. Los aisladores a emplear serán cadenas de aisladores tipo E40 TC + E40 RZTC de vidrio.
- Herrajes auxiliares, pasadores, tornillos, etc.

Los cables de tensado se sitúan en el plano vertical que pasa por el eje de simetría del carril conductor; en esta misma línea se sitúan las ménsulas de anclaje. La inclinación vertical de los cables deberá ser menor que 5° para no introducir contraflecha en las barras de carril rígido.

A los cables se les da un ligero tensado.

La parte inferior del herraje de anclaje quedará al menos a 25 cm por encima de la parte superior del carril conductor.

### **MÁQUINAS DE INSTALACIÓN.**

Para el montaje de la catenaria rígida se emplea la siguiente maquinaria:

- Tractor grúa para levantar las barras.
- Plataforma de vía o tractor con castillete para el personal.
- Carro de replanteo, para obtener la altura del hilo de contacto y del resto de elementos.

Para la inserción del hilo de contacto se usa además:

- Unidad de engrase del hilo de contacto.
- Aparato de inserción del hilo de contacto. Carro que avanza por los salientes inferiores del carril conductor. Este elemento abre el perfil en su parte inferior e introduce el hilo de contacto en su posición.
- Tractor portabobinas con su correspondiente elemento guiador del hilo de contacto.

### PROTECCIONES

Todos los herrajes y postes irán unidos mediante cable de tierra de aluminio- acero (LA 110)

En el trayecto en túnel el cable de tierra discurrirá por la clave o eje central de la bóveda. Para su suspensión se emplearán dos tipos de conjuntos de suspensión:

- Los conjuntos de suspensión principales serán grapas de suspensión de cable de tierra G36U, ancladas a la bóveda mediante ángulo de acero inoxidable y anclaje químico bicomponente. Serán instalados en el eje central de la bóveda cada 28 m, procurándose ubicar en la mitad de un vano de catenaria rígida.
- Los conjuntos de suspensión auxiliares serán grifas para la sujeción del cable de tierra, ancladas a la bóveda mediante anclaje químico bicomponente. Serán instalados en el eje central de la bóveda cada 7 metros, procurándose ubicar en la mitad de un vano de catenaria rígida. Estas suspensiones auxiliares tienen el fin de disminuir la flecha del cable de tierra entre dos conjuntos de suspensión principales.

La conexión del cable de tierra a cada soporte de suspensión de catenaria se realizará mediante un conjunto de latiguillo de conexión de puesta a tierra para soporte con sujeción independiente, compuesto por:

- 1,5 m de cable de aluminio acero LA-110
- Terminal de conexión de aluminio
- Conexión de alimentación de cable LA-110 a cable LA-110

Se dará continuidad en la conexión de los cables de tierra que procedan de trayectos a cielo abierto, con el cable de tierra de los túneles.

Los pozos de puesta a tierra se ubicarán en zonas cuya solera sea preferiblemente terreno natural o relleno compactado, evitando las zonas con contrabóveda.

En los pozos de tierra se conectarán en paralelo todos los cables de tierra de todas las vías.

Ningún cable de tierra quedará aislado del resto, por lo que se instalarán las conexiones necesarias para asegurar dicha continuidad.

En los pozos o bajadas a tierra, independientemente de las picas necesarias, una de ellas se considerará como principal. Esta se encontrará alojada en una arqueta prefabricada de 40 x 40 x 50 preferiblemente de fibra de vidrio con tapa de hormigón.

Se instalarán autoválvulas de óxido de zinc para corriente continua en la catenaria flexible en un punto cercano a las transiciones a catenaria rígida (entradas y salidas de túnel); también se instalarán este tipo de autoválvulas en los feederes de alimentación a la catenaria rígida.

Se instalarán las señales de catenaria: de fin de catenaria, de seccionamiento de catenaria y de peligro.

A fin de conectar correctamente la barra de carril rígido a tierra durante las operaciones de mantenimiento, se instalarán en cada extremo de paquete eléctrico y en puntos intermedios no distanciados más de un cantón de catenaria rígida unos conectores a tal fin. Dichos conectores estarán específicamente diseñados para su

empleo con catenaria rígida y serán suministrados preferiblemente por el mismo suministrador que la barra.

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La catenaria se evaluará, para su recepción, de acuerdo a los criterios estáticos siguientes:

Se realizará con el coche auscultador de geometría, y se deberán cumplir las siguientes tolerancias:

- En altura del H.C. respecto al plano de rodadura:  $\pm 1$  cm
- En pendiente:  $\pm 0,5$  mm
- En descentramiento: En recta / En curva  $+ 3$  cm,  $-1$  cm/ $\pm 2$  cm

Para la recepción de las transiciones y seccionamientos, la Dirección de Obra establecerá las pruebas que considere oportunas para verificar el correcto comportamiento dinámico del conjunto pantógrafo-catenaria.

## 3.- ANCHO MÉTRICO

### 3.1.- INTRODUCCIÓN

En lo referente a LAC de la línea de ancho métrico, el presente anejo comprende la instalación de:

- Cimentaciones, estructuras, postes, pórticos y ménsulas para línea aérea de contacto.
- Nueva catenaria para la electrificación de las nuevas vías, compuesto de sustentador, hilo de contacto y péndolas.
- Altura del sistema. La altura nominal de la catenaria es de 1,40 m en vía general
- Elementos de protección de la instalación (cable de tierra, señales, etc).
- Elementos de alimentación de la instalación (seccionadores, aislador de sección, etc).
- Modificación y ajuste de la instalación de catenaria en servicio por la nueva electrificación y por las situaciones provisionales necesarias para no interrumpir el tráfico ferroviario.
- Desmontaje de los elementos de la instalación que quedan inservibles.

En lo referente a catenaria rígida, el presente anejo comprende la instalación de:

- Los conjuntos de suspensión para catenaria rígida.
- Las estructuras de soporte y anclaje necesarias para sustentar y fijar el carril conductor. Los conjuntos de suspensión del perfil de catenaria rígida se fijarán, bien directamente a la losa o estructura, o a través de pórticos rígidos tipo PRA fijados a las paredes del túnel.

- El carril conductor formado por un perfil de aluminio en el que se insertará el hilo de contacto de cobre.
- Elementos de protección de la instalación (cable de tierra, etc).

### 3.2.- SITUACIÓN ACTUAL

La línea de ancho métrico, en la zona de actuación, está completamente electrificada a una tensión de 1.500 V cc.

Las subestaciones de alimentación se encuentran en Santiago del Monte, Regueral y Gijón. Las catenarias del tramo no son compensadas.

### 3.3.- SOLUCIÓN PROPUESTA

La electrificación se realiza en corriente continua, 1,5 kVcc y dadas las características del trazado se utilizan dos tipos de línea de contacto:

De acuerdo a la topología de la línea, descrita anteriormente, se van a emplear dos sistemas distintos de electrificación:

- Electrificación en el tramo soterrado urbano. (altura del hilo de contacto a 5,0 metros de la cabeza de carril).
- Electrificación al aire libre/ exterior. (altura del hilo de contacto a 5,0 metros de la cabeza de carril).

#### 3.3.1.- Electrificación en la zona soterrada

En la zona de la estación soterrada se instalará un sistema de electrificación mediante catenaria rígida.

Los principales elementos que componen la catenaria rígida son los siguientes:

- Carril conductor formado por un perfil (barra) de aluminio, de diferentes longitudes, en el que se inserta el hilo de contacto de cobre.

- Estructuras de soporte y anclaje, compuestas por diferentes armaduras metálicas, cuya misión es sustentar y fijar el carril conductor.
- Los conjuntos de suspensión de catenaria rígida que se fijan a los soportes mediante los correspondientes conjuntos que tienen como función soportar el carril de catenaria rígida permitiendo la regulación del conjunto de suspensión.

#### 3.3.2.- Electrificación en exterior

En el exterior en el trazado actual, la electrificación se realizará con una catenaria simple poligonal atirantada, formada por un sustentador y dos hilos de contacto, para una tensión de 1,5 kVcc, compensada mecánicamente, habitual de RAM (Normativa ADIF ADAPTADA A FEVE).

Para realizar una correcta transición entre la catenaria flexible y la catenaria rígida, se instala un seccionamiento intermedio con catenaria formada por un Sustentador de Cu de 225 mm<sup>2</sup> y un Hilo de Contacto de Cu de 150 mm<sup>2</sup>, con péndolas equipotenciales. Serán seccionamientos de lámina de aire, antes de los accesos al tramo soterrado.

Para lo cual deberán realizarse las siguientes actuaciones:

- Excavación y cimentaciones de postes y anclajes
- Izado e instalación de estructuras de soporte: pórticos y postes
- Montaje de equipos de ménsula, de suspensión y atirantado.
- Montaje y ajuste de catenaria, compuesta de sustentador, hilos de contacto y péndolas.
- Montaje de equipos de anclaje y compensación mecánica
- Instalación de seccionamientos

- Instalación de agujas aéreas
- Elementos de protección de la instalación (cable de tierra, señales, etc.).
- Elementos de alimentación de la instalación (seccionadores, aisladores de sección, etc.).
- Montaje de señales y avisos
- Desmontaje de los elementos de la instalación no necesarios tras la finalización de las situaciones provisionales.

### 3.3.3.- Características de la catenaria rígida

En la zona soterrada se instalará catenaria rígida formada por un perfil de aluminio en cuya parte inferior se fija el hilo de contacto. La catenaria rígida permite menor altura de instalación y una gran seguridad. De manera genérica pueden identificarse las siguientes ventajas:

- Alta capacidad de transporte de corriente
- Mantenimiento reducido
- Bajas necesidades de gálibo.
- Elevada fiabilidad

Los principales conjuntos que forman este tipo de catenaria son:

- Carril conductor, formado por un perfil de aluminio, suministrado en barras de diferentes longitudes, en el que se inserta el hilo de contacto de cobre.
- Estructuras de soporte y anclaje, compuestas por diferentes armaduras metálicas, cuya misión es sustentar, y fijar el carril conductor.

- Los conjuntos de suspensión de catenaria rígida. Estos conjuntos tienen la función de soportar el carril de catenaria rígida permitiendo además su regulación en altura, etc.
- Protección: cable de tierra conectado a todos los postes, y soportes de catenaria, con sus respectivas bajadas a tierra

Para llevar a cabo el cambio entre la catenaria convencional y la catenaria rígida habrá una zona de transición, explicada posteriormente.

El sistema de catenaria rígida a instalar, presenta las siguientes características:

- Sección del hilo de contacto: 1x150 mm<sup>2</sup>
- Sección equivalente de cobre conjunto aluminio-cobre: 1.558 mm<sup>2</sup>
- Altura mínima del hilo de contacto sobre el plano medio de rodadura: 4,35 m.
- Pendiente máxima del hilo de contacto: 1 ‰. Variación máxima de la pendiente del hilo de contacto: 0.5 ‰.
- Se evitará al máximo el número de cambios en la altura del hilo de contacto.
- Descentramiento del hilo de contacto respecto al eje de la vía:
- En recta y curva, alternativamente: ± 20 cm

El hilo de contacto va ajustado en el perfil de aluminio, que en su extremo inferior tiene forma de tenaza. El hilo no está en contacto directo con el aluminio. Se aplica entre ambos, una grasa especial conductora. Las barras de catenaria rígida consisten en perfiles fabricados y la longitud general de las barras será de 12 m. El hilo de contacto es continuo en cada cantón, no admitiéndose discontinuidades.



Las barras de perfil de aluminio van suspendidas del techo. Para ello se emplearán conjuntos de suspensión normalizados tipo barra bi-aislada (aislada en sus dos extremos).

El aluminio y el cobre sólo pueden ser combinados el uno con el otro de manera conductora, en una atmósfera libre de electrolitos para que no exista corrosión. Dado que éste no es el caso en la práctica, para impedirlo se han adoptado las siguientes medidas:

- Al colocar el hilo de contacto, éste ha de ser lubricado lo que se hace con un manguito conectado a una bomba de agua. La grasa especial que se emplea tiene una función protectora y favorece el flujo de corriente entre el aluminio y el cobre evitando fenómenos de corrosión por electrólisis.
- La rigidez del perfil permite instalar una catenaria rígida con radios de hasta 120 m sin precauciones especiales. Si el perfil se ha curvado previamente de forma mecánica, se pueden incluso equipar vías con radios de 45 m.

Se tenderá el perfil de aluminio en secciones de una longitud de 300-400 m. Siempre que un carril de catenaria rígida comience o termine en un seccionamiento, lo hará con una rampa, para que el contacto con el pantógrafo sea suave y progresivo.

En el centro de cada seccionamiento se proyecta el montaje de un punto fijo que impide el movimiento longitudinal de las barras por dilatación o arrastre. En los puntos con distancia eléctrica mínima entre carril y paramentos, las barras de la catenaria rígida incorporarán un aislamiento adicional consistente en láminas aislantes.

#### 3.3.3.1.- *Hilo de contacto*

El hilo de contacto a instalar en las barras de catenaria rígida será ranurado de cobre electrolítico de sección circular de 150 mm<sup>2</sup> normalizado por FEVE/ADIF. Sus principales características son:

- Material: Cu-ETP
- Sección: 150 mm<sup>2</sup>
- Diámetro: 12,24 mm
- Resistividad máxima a 20 °C: 0,017593 ohm mm<sup>2</sup>/m
- Peso: 1,336 kg/m

#### 3.3.3.2.- *Barras de catenaria rígida*

El carril conductor estará formado por un conjunto de barras, de hasta 12 m de longitud, unidas entre sí por medio de bridas de unión. El perfil tendrá una abertura en su parte inferior para introducir en ella el hilo de contacto. El área aproximada del carril conductor será de 2.214 mm<sup>2</sup>. El carril conductor (formado por el perfil de aluminio y el hilo de contacto de 150 mm<sup>2</sup> de cobre) permitirá una corriente de 3000 A de forma continua.

El perfil será del tipo KLK, Furrey & Frey o similar de 110 mm de altura. Las características dependerán de cada fabricante pero en general será de manera aproximada las siguientes:

- Área de la sección 2.214 mm<sup>2</sup>
- Perímetro: 420 mm
- Peso carril conductor: 5,8 kg/m
- Momento de inercia horizontal: 339 cm<sup>4</sup>
- Momento de inercia vertical: 113 cm<sup>4</sup>
- Modulo resistente horizontal: 67,3 cm<sup>3</sup>
- Módulo resistente vertical: 26,6 cm<sup>3</sup>
- Módulo elástico: 69.000 N/mm<sup>2</sup>

- Coeficiente de dilatación lineal:  $24 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$
- Tensión máxima:  $160 \text{ N/mm}^2$ .

La flecha máxima de las barras será:

- 3,1 mm Soportes cada 8 m
- 4,9 mm Soportes cada 9 m
- 7,5 mm Soportes cada 10 m
- 11 mm Soportes cada 11 m
- 15,5 mm Soportes cada 12 m

Sus características eléctricas serán las siguientes:

- $r_{20^{\circ}}$  (resistencia específica a  $20^{\circ} \text{ C}$ ) =  $0.0330 \text{ (W mm}^2 \text{ /m)}$
- $\alpha_r$  (coeficiente variación resistencia con temperatura) =  $4 \cdot 10^{-3} \text{ (1/^{\circ}\text{C})}$

El carril conductor podrá ser instalado formando radios de hasta 120 m sin necesidad de medidas especiales. Esta curvatura se empleará para conseguir los descentramientos requeridos respecto al eje de la vía (tanto en recta como en curva).

Si en algún caso se necesitasen barras de carril conductor con menores radios se realizarán en fábrica, sin que en ningún caso se pueda hacer curvados sin el material adecuado.

Se realizarán las pruebas y ensayos oportunos para comprobar el correcto curvado de las barras y su adecuación a la perfecta explotación de la línea.

El mínimo radio con que se podrán curvar los carriles es de 45 m.

La abertura inferior del perfil será inferior a la garganta del hilo de contacto para asegurar el correcto agarre del hilo de contacto una vez insertado, aún estando

engrasado. Esta fuerza será uniforme en las distintas secciones del carril conductor y proporcional a la longitud de agarre.

Para prevenir la posible corrosión por el contacto entre el aluminio del carril conductor y el cobre del hilo de contacto se tomarán las siguientes medidas:

- Cada barra estará provista de cuatro huecos de ventilación en el lado inferior para prevenir la condensación en su interior.
- El hilo de contacto será engrasado durante su instalación por medio de una unidad engrasadora especial. La grasa deberá proteger de la corrosión y facilitar la circulación de corriente entre hilo de contacto y carril conductor.
- En zonas de posible humedad se protegerá el carril conductor con una cubierta de plástico. La cubierta protectora tendrá un peso despreciable en comparación con el perfil de la catenaria y se instalará de modo que no interrumpa los posibles movimientos longitudinales del carril debido a dilataciones sobre todo en las cercanías de los conjuntos de suspensión.
- Deberá tener una rigidez tal que no introduzca modificación apreciable en la flecha del carril.
- La cubierta será de material sintético aislante de al menos 2 mm de espesor. Para su montaje no se precisarán tornillos o accesorios adicionales sino que será por simple presión. El material empleado no debe emitir gases tóxicos ni ser propagador de la llama.

### 3.3.3.3.- Unión entre barras

Las barras de carril conductor se unirán mediante un par de bridas de unión. Esta unión deberá asegurar el mantenimiento de las características mecánicas y eléctricas de la catenaria rígida. La unión entre barras no coincidirá nunca con la

posición del conjunto de suspensión sino que se montará en un lugar tal que se minimicen los esfuerzos cortantes en la zona de la unión de los perfiles.

#### 3.3.3.4.- *Estructuras soporte: ménsulas de catenaria rígida*

Las distintas barras de la catenaria rígida se fijarán a un conjunto de suspensión de carril conductor tipo barra bi-aislada (aislada en sus dos extremos). Los conjuntos de suspensión deberán permitir el ajuste del carril conductor en cuanto a descentramiento, altura e inclinación.

El conjunto de suspensión consiste en un soporte metálico suspendido del techo, que soporta una barra aislada en sus dos extremos, y a la cual se fija la pinza de suspensión.

#### 3.3.3.5.- *Aisladores*

- Tensión nominal: 3 kV cc (dada su mayor disponibilidad que para 1,5 kVcc)
- Cuerpo: Porcelana Grupo
- C-100, Subgrupo 120
- Línea de fuga mínima: 300 mm
- Carga de rotura mínima: 25 kN

#### Brida de carril conductor

- Aleación de cobre - aluminio
- Permitirá el giro del carril.
- Incorporará juntas de material sintético para disminuir el rozamiento entre el carril y la brida

El conjunto barra-hilo de contacto, se sujetará a la losa del túnel a través del conjunto de suspensión, que deberá de ser regulable en altura, descentramiento e inclinación.

#### 3.3.3.6.- *Longitud de barras y ubicación de soportes*

La longitud nominal de las barras será de 12 m, a excepción de puntos singulares y seccionamientos. Cada barra de carril conductor, por muy corta que sea, se une al menos a un soporte mediante el correspondiente conjunto de suspensión. La distancia entre soportes y uniones de barras se realizarán a  $\frac{1}{4}$  de la distancia entre soportes (aproximadamente a 3 m para vanos de 12 m), coincidiendo con el punto de esfuerzo cortante nulo.

En puntos singulares se puede desplazar el soporte respecto a la unión entre barras, pero sin que el desplazamiento sea acumulativo.

#### 3.3.3.7.- *Seccionamientos de aire o compensación*

Para posibilitar la dilatación del carril conductor se instalan seccionamientos con lámina de aire cada 360 m aproximadamente. Para ello se superponen dos barras finales de carril conductor al menos 4 metros de longitud y separadas entre sí 20 cm.

Los seccionamientos se puentean, para conseguir la continuidad eléctrica, mediante 4 cables de cobre desnudo extraflexible de 150 mm. Dichos cables irán conectados mediante los terminales correspondientes a placas de conexión de la barra de carril, nunca directamente.

#### 3.3.3.8.- *Transición entre catenarias*

Para realizar la transición entre la catenaria flexible y la catenaria rígida se utilizara una barra de transición aligerada. En los finales de cada seccionamiento se sitúan unas barras de al menos 4 metros de longitud curvadas verticalmente en su extremo para facilitar el paso suave del pantógrafo de una catenaria a otra. La zona curvada es de un metro y medio máximo de largo y de 6 m de radio.

Por el lado de la catenaria convencional, se ancla el sustentador al paramento del túnel, y se da continuidad al mismo mediante un feeder formado por dos cables de cobre de 150 mm<sup>2</sup> que se conecta al carril de la catenaria rígida. La conexión se realiza mediante dos cables de cobre extraflexible de 150 mm<sup>2</sup>. El hilo de contacto va alojado en una barra de transición de catenaria rígida. Esta barra de transición consiste en una barra de carril de 5 metros de longitud y de sección variable, cuya finalidad es la de rigidizar la catenaria según el pantógrafo se desplace hacia el extremo de mayor sección.

Se instalarán dos anclajes de tipo punto fijo al perfil de catenaria rígida para recoger el tense del hilo de contacto de la catenaria elástica fijado a la barra de transición.

Las conexiones al carril o barra de catenaria rígida se realizará mediante grifas de conexión específicas para dicha barra y suministradas por el mismo fabricante.

#### 3.3.3.9.- *Puntos fijos*

Los seccionamientos de aire en catenaria rígida se sitúan a intervalos regulares de aproximadamente 360 m para posibilitar las dilataciones de la catenaria rígida. Para dirigir las dilataciones y evitar los desplazamientos de la catenaria rígida, se sitúa en la mitad de cada tramo de barras, un punto fijo.

Las fuerzas que se deben contrarrestar son principalmente las debidas a dilataciones del carril conductor y, en menor medida, las introducidas por fricción del pantógrafo y componente horizontal del peso del carril.

#### 3.3.3.10.- *Agujas*

En las zonas de agujas se disponen una barra de carril conductor tipo rampa para cubrir la electrificación de las vías desviadas. El soporte que sujete la barra rampa se situará preferentemente en el punto 30 de los desvíos.

El paso del pantógrafo de la catenaria rígida de la vía principal a la vía desviada, se efectúa, instalando una barra de rampa en el inicio de la aguja y dirigida hacia la vía desviada, solapándola con el perfil de catenaria rígida de la vía principal en el punto

de aguja. En la zona de agujas se disponen conjuntos de interconexión de perfiles de catenaria rígida, mediante cuatro cables de Cu desnudo extraflexibles de 150 mm<sup>2</sup> necesarios para dar continuidad eléctrica al conjunto.

Las barras de la zona desviada se fijan a los soportes, mediante las correspondientes bridas de suspensión.

#### 3.3.3.11.- *Protecciones*

Todos los herrajes y soportes de catenaria rígida irán unidos mediante cable de tierra de aluminio-acero (LA 110), realizando la toma de tierra como máximo cada 3 km, con resistencia a la difusión menor de 10 Ohms.

Se dará continuidad en la conexión de los cables de tierra que procedan de trayectos a cielo abierto, con el cable de tierra de los túneles. Los pozos de puesta a tierra se ubicarán en zonas cuya solera sea preferiblemente terreno natural o relleno compactado, evitando las zonas con contrabóveda.

En los pozos de tierra se conectarán en paralelo todos los cables de tierra de todas las vías. Ningún cable de tierra quedará aislado del resto, por lo que se instalarán las conexiones necesarias para asegurar dicha continuidad.

En los pozos o bajadas a tierra, independientemente de las picas necesarias, una de ellas se considerará como principal. Esta se encontrará alojada en una arqueta prefabricada de 40 x 40 x 50 preferiblemente de fibra de vidrio con tapa de hormigón.

Se instalarán autoválvulas de óxido de zinc para corriente continua en la catenaria flexible en un punto cercano a las transiciones a catenaria rígida (entradas y salidas de túnel).

Se instalarán las señales de catenaria: de fin de catenaria, de seccionamiento de catenaria y de peligro.

A fin de conectar correctamente la barra de carril rígido a tierra durante las operaciones de mantenimiento, se instalarán en cada extremo de paquete eléctrico y

en puntos intermedios no distanciados más de un cantón de catenaria rígida unos conectores a tal fin. Dichos conectores estarán específicamente diseñados para su empleo con catenaria rígida y serán suministrados preferiblemente por el mismo suministrador que la barra.

La conexión catenaria y seccionador se realizará mediante tres cables de cobre de 300 mm<sup>2</sup>. Debido a la rigidez de estos cables, se dispondrá de una placa de cobre de conexión intermedia, fijada mediante aisladores a los paramentos del túnel. Desde dicha placa, llamada placa de positivos, se alimentarán los carriles de catenaria rígida mediante 6 cables de cobre extraflexible de 150 mm<sup>2</sup>.

### 3.3.3.12.- Máquinas de instalación

Para el montaje de la catenaria rígida se emplea la siguiente maquinaria:

- Tractor grúa para levantar las barras.
- Plataforma de vía o tractor con castillete para el personal.
- Carro de replanteo, para obtener la altura del hilo de contacto y del resto de elementos.

Para la inserción del hilo de contacto se usa además:

- Unidad de engrase del hilo de contacto.
- Aparato de inserción del hilo de contacto. Carro que avanza por los salientes inferiores del carril conductor. Este elemento abre el perfil en su parte inferior e introduce el hilo de contacto en su posición.
- Tractor portabobinas con su correspondiente elemento guiador del hilo de contacto.

### 3.3.3.13.- Criterios de Evaluación

La catenaria se evaluará, para su recepción, de acuerdo a los criterios estáticos siguientes:

Se realizará con el coche auscultador de geometría, y se deberán cumplir las siguientes tolerancias:

- En altura del H.C. respecto al plano de rodadura:  $\pm 1$  cm
- En pendiente:  $\pm 0,5$  mm
- En descentramiento:
- En recta : 3 cm / -1 cm
- En curva :  $\pm 2$  cm

Para la recepción de las transiciones y seccionamientos, la Dirección de Obra establecerá las pruebas que considere oportunas para verificar el correcto comportamiento dinámico del conjunto pantógrafo-catenaria.

### 3.3.4.- Características de la Catenaria Flexible

El sistema que se instalará será una catenaria simple poligonal atirantada, formada por un sustentador y uno o dos hilos de contacto, sin péndola en Y, y con flecha inicial de los hilos de contacto.

El sistema LAC se diseña para las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura mínima ambiental  $-15^{\circ}$  C
- Temperatura máxima ambiental  $45^{\circ}$  C
- Temperatura máxima en conductores  $80^{\circ}$  C
- Velocidad máxima del viento 120 km/h
- Espesor máximo del manguito de hielo 9 mm

Las principales características de este tipo de catenaria se describen a continuación:

- Tensión de alimentación. Corriente continua, a una tensión nominal de 1.500 V.
- Altura del sistema. La altura nominal de la catenaria es de 1,40 m en vía general.
- Vano. El vano máximo, adoptado es de 50 m en recta, siendo los vanos en curva variables de acuerdo con el radio de la curva, de modo que la flecha máxima sea de 0,35 m. Los vanos son los siguientes:
  - Recta y curva ( $R \geq 1042$  m.) Vano máximo 50 m.
  - Curva  $1042 > R \geq 844$  m. Vano máximo 45 m.
  - Curva  $844 > R \geq 667$  m. Vano máximo 40 m.
  - Curva  $667 > R \geq 510$  m. Vano máximo 35 m.
  - Curva  $510 > R \geq 300$  m. Vano máximo 30 m.
  - Curva  $300 > R \geq 280$  m. Vano máximo 26 m.
  - Curva  $280 > R \geq 260$  m. Vano máximo 25 m.
  - Curva  $260 > R \geq 180$  m. Vano máximo 20 m.
  - Curva  $180 > R \geq 140$  m. Vano máximo 18 m.
  - Curva  $140 > R \geq 100$  m. Vano máximo 15 m.

La diferencia entre vanos contiguos no será mayor de 10 m, siendo de 5 m en zona de agujas

- Descentramiento
  - En recta  $\pm 20$  cm en todos los apoyos.

- En curva + 20 cm en el exterior de la curva y -15 cm como máximo en el centro.

El descentramiento se realizará mediante brazos de atirantado.

- Pendiente del hilo de contacto

La pendiente máxima será del 2%, no excediendo la variación del gradiente superior al 1% (velocidades hasta 100 km/h)

Se proyectará procurando conseguir una altura constante del hilo de contacto, y realizando las menores transiciones posibles.

- Gálibo

La distancia normal del eje del poste y eje de vía será de 2,50 m aunque esta distancia puede variar en casos puntuales como en las secciones entre muros, etc.

- Máximo desgaste permitido de los hilos de contacto

Se adopta un desgaste máximo permitido de los hilos de contacto del 30%.

En el caso de catenaria de dos hilos de contacto de 107 mm<sup>2</sup>, el hilo de contacto de cobre utilizado tiene una carga mínima de rotura de 3.904 kg, por lo que tensado a 1.050 kg da un coeficiente de seguridad de 2,6, con el 30% de desgaste, que se considera aceptable.

- Regulación de la tensión mecánica

Se aplicará para las zonas con regulación de la tensión mecánica se adopta:

- Regulación de la tensión mecánica mediante poleas y contrapesos independientes.
- Las poleas de compensación se montarán en alineación vertical

- Tensión mecánica de los conductores

Para catenaria de dos hilos de contacto de 107 mm<sup>2</sup> y sustentador de 150 mm<sup>2</sup>, serán las siguientes:

- Sustentador 1.425 kg
- Hilo de contacto 1.050 kg

Para catenaria de un hilo de contacto de 150 mm<sup>2</sup> y sustentador de 225 mm<sup>2</sup>, serán las siguientes:

- Sustentador 2.096 kg
- Hilo de contacto 1.425 kg
- Sistema de pendolado
  - Se utilizarán péndolas equipotenciales conductoras de Cu extraflexible de 25 mm<sup>2</sup> de sección.

#### 3.3.4.1.- *Composición de las catenarias*

Las catenarias estarán compuestas por:

- Un sustentador de Cu de 150 mm<sup>2</sup> y dos hilos de contacto de Cu de 107 mm<sup>2</sup> para todas las zonas de catenaria de trayecto.
- Un sustentador de Cu de 225 mm<sup>2</sup> y un hilo de contacto de Cu de 150 mm<sup>2</sup>, en la situación previa a la transición catenaria flexible-rígida (transición catenaria rígida-flexible).
- No se utilizarán péndolas en Y.

#### 3.3.4.2.- *Agujas aéreas*

Las agujas serán del tipo cruzadas en el P-30.

#### 3.3.4.3.- *Protecciones*

Todos los postes irán unidos mediante cable de tierra de aluminio-acero (LA 110).

La puesta a tierra se realizará de acuerdo con la normativa ADIF para la catenaria CR-160 adaptada a los criterios de FEVE. Se realizará la toma de tierra centralizada en pozos de tierra distanciadas no más de 3 km, con resistencia a la difusión menor de 10 Ohms.

Independientemente de las picas necesarias, una de ellas se considerará como principal que será la más cercana al poste. Todos los herrajes de pasos superiores estarán conectados al sistema de puesta a tierra.

#### 3.3.4.4.- *Macizos o cimentaciones*

Para el equipamiento de catenaria, se utilizarán los macizos normalizados por ADIF (adaptados a los criterios de FEVE) tipo d, t y An.

Hay casos, cuando los postes no puedan instalarse sobre la plataforma, que los macizos y los postes tendrán características especiales.

#### 3.3.4.5.- *Postes*

Para el equipamiento de catenaria, serán los normalizados por ADIF (adaptados a los criterios de FEVE) tipos XB y Z, empresillados y galvanizados.

En la zona del soterramiento ubicada entre muro o pantallas, a cielo abierto, se instalarán postes mecanizados para su fijación mediante placa de anclaje y pernos al muro o pantalla.

#### 3.3.4.6.- *Ménsulas*

Para el equipamiento de catenaria, se utilizarán los conjuntos con rótula tanto en ménsula como en tirante y tensor de regulación de longitud en el tirante. Los ejes de giro de ménsula y tirante deberán estar en el mismo eje vertical.

#### 3.3.4.7.- Aisladores

Los aisladores a utilizar deberán cumplir las E.T. correspondientes y estar homologados por FEVE (o en su defecto ADIF), tanto el producto como el proveedor.

#### 3.3.4.8.- Aisladores de sección

Todos los aisladores de sección estarán dotados de aislador del tipo barra en sustentador, además de péndolas para su nivelación

Para catenaria con dos hilos de contacto se usarán aisladores de sección para 2 H.C).

Para catenaria con un hilo de contacto se montarán aisladores de sección cortos.

#### 3.3.4.9.- Seccionadores

Se utilizarán seccionadores de apertura en carga.

Los accionamientos de los seccionadores telemandados serán del tipo eléctrico, normalizados. El bastidor de los accionadores se montará sin aislar y se conectarán a una toma de tierra propia.

#### 3.3.4.10.- Protecciones

- Cable de tierra.

Será un cable de Aluminio-acero LA 110 realizando la toma de tierra como máximo cada 3 km. En los cambios de dirección o amarres se dará continuidad, mediante un bucle. Los empalmes del cable se realizarán mediante empalmes de compresión tanto al acero como al aluminio. En túnel el cable de tierra irá conectado a todos sus herrajes de catenaria. El cable de tierra del túnel y del trayecto al aire libre irá interconectado.

- Toma de tierra

Las tomas de tierra tendrán una resistencia de difusión inferior a 10 Ohm.

- Viseras

Se dotará de viseras de protección a las estructuras situadas por encima de las catenarias.

- Pararrayos

Serán del tipo formado por autoválvulas de óxidos metálicos, para 1500 V. Se instalará uno por cantón y vía, cada 1000 m aproximadamente. La distancia de dieléctrico es la requerida por FEVE.

#### 3.3.4.11.- Alimentación y retorno

- El nuevo feeder, que sustituye al actual, estará formado por dos cables desnudos de Cu300 mm<sup>2</sup>, colocados sobre palomilla en los postes actuales.
- El retorno de la corriente de tracción se realizará a través de los carriles conectado al negativo de la subestación de alimentación mediante la instalación de varios cables, de secciones normalizadas, 150, 185, 240, 300 mm<sup>2</sup> siendo preferibles los más bajos por su mayor densidad de corriente, fácil manejo y conexionado.



## 4.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y COMUNICACIONES

### 4.1.- SITUACIÓN ACTUAL

#### 4.1.1.- Línea de Ancho Ibérico

En la actualidad existe una línea de ancho ibérico desde Oviedo hasta San Juan de Nieva con bloqueo automático en vía única (BAU) que da servicio a la Estación de Avilés.

Las estaciones de esta línea están equipadas con enclavamientos eléctricos excepto la estación de La Maruca que tiene cerraduras Boure. Un CTC con un puesto de mando en Oviedo manda las órdenes a los enclavamientos.

La línea está dotada del sistema ASFA y radiotelefonía para la comunicación con los trenes.

#### 4.1.2.- Línea de Ancho Métrico

Independientemente discurre la línea de ancho métrico: Gijón-Pravia y Trubia-Pola de Siero, en cuyo trayecto de Pravia a Gijón se encuentran las estaciones y/o apeaderos de La Maruca, Avilés y Avilés Apeadero, afectadas por este proyecto, que están equipadas todas ellas de enclavamientos electrónicos exceptuando Avilés Apeadero que tiene un enclavamiento eléctrico.

En la actualidad el tramo analizado cuenta con bloqueo automático en vía única (BAU) y equipamiento ASFA así como radiotelefonía con los trenes, con CTC, cuyo puesto de mando se encuentra en El Berrón, unificado con el de la línea Gijón-Pravia y Trubia - Pola de Siero.

### 4.2.- SOLUCIÓN PROPUESTA

A continuación se hace una descripción de los trabajos a realizar desde el punto de vista de las instalaciones de seguridad y comunicaciones.

#### 4.2.1.- Línea de Ancho Ibérico

Las actuaciones sobre esta línea se resumen a continuación:

- Instalación de un enclavamiento de tecnología electrónica en las estaciones de Villalegre y Avilés Central, dependiendo del enclavamiento principal a instalar en la futura estación Intermodal.
- Suministro e instalación de un enclavamiento principal de tecnología electrónica en la nueva estación Intermodal de Avilés, dotado de un Puesto Local de Operaciones (PLO) que incluya:
  - El mando de los enclavamientos de Villalegre y el de Avilés Central
  - El mando de los bloqueos automáticos en vía única (BAU) desde Villalegre hasta Avilés Central, en ambos sentidos,
- Este enclavamiento incorporará el equipamiento del bloqueo entre Villalegre y San Juan de Nieva.
- Modificaciones en el telemando de Oviedo para la incorporación del bloqueo hasta San Juan de Nieva.
- Suministro e instalación de los equipos ASFA en las señales correspondientes
- Suministro e instalación de los equipos de radiotelefonía para la comunicación con los trenes
- Suministro e instalación de los equipos de telefonía selectiva de las estaciones y teléfono de señal en las señales de entrada y salida.
- Modificaciones en el telemando de Oviedo para la incorporación del enclavamiento de la estación Intermodal y del bloqueo hasta San Juan de Nieva.

#### 4.2.2.- Línea de Ancho Métrico

Las actuaciones sobre esta línea se resumen a continuación:

- Instalación de un enclavamiento de tecnología electrónica en la estación de Avilés Central, dependiendo del enclavamiento principal a instalar en la futura estación Intermodal.
- Suministro e instalación de un enclavamiento principal de tecnología electrónica en la nueva estación Intermodal de Avilés, dotado de un Puesto Local de Operaciones (PLO) que incluya:
  - El mando de los enclavamientos de Avilés Central
  - El mando de los bloqueos automáticos en vía única (BAU) desde Llanes hasta el apeadero de Cristalería, en ambos sentidos,
- Este enclavamiento incorporará el equipamiento del bloqueo entre Llanes y Cristalería.
- Modificaciones en el telemando de el Berrón.
- Suministro e instalación de los equipos ASFA en las señales correspondientes
- Suministro e instalación de los equipos de radiotelefonía para la comunicación con los trenes
- Suministro e instalación de los equipos de telefonía selectiva de las estaciones y teléfono de señal en las señales de entrada y salida.
- Modificaciones en el telemando de el Berrón para la incorporación del enclavamiento de la estación Intermodal.

#### 4.2.3.- Actuaciones en Estaciones

##### 4.2.3.1.- Estación Intermodal

En esta estación estarán ubicados los enclavamientos que controlarán todo el área de Avilés además del propio enclavamiento.

Al ser las distancias a Villalegre por la línea de ancho ibérico y a Llanes en la línea de métrico, relativamente pequeñas, el control y mando de los elementos de señalización ubicados en el entorno de estas estaciones estarán integrados en el enclavamiento principal de la estación Intermodal.

Los enclavamientos serán de tipo electrónico en configuración redundante, hot stand-by, para dar una alta fiabilidad a la instalación. La superficie aproximada que se puede requerir para la ubicación de cada uno de enclavamientos es de 8 x 8 metros.

En los edificios de esta estación, estará previsto el espacio para la instalación sendos Puestos Locales de Mando, uno para ancho ibérico y otro para ancho métrico, basados en monitores videográficos.

Los mandos de estos enclavamientos, y de los bloqueos que se incorporen, se integraran también en los puestos centrales de Oviedo en la línea de ancho ibérico y de el Berrón en la línea de métrico para poder ser mandadas las instalaciones desde estos PM.

Los elementos principales que se estiman que sean necesarios, y que tendrán que ser definidos más exactamente en el momento de redactar el proyecto constructivo, serán:

- 1 enclavamiento de tipo electrónico en hot stand by capaz de controlar los siguientes elementos de campo:
  - 4 señales de salida bajas de 4 focos
  - 2 señales de salidas altas de 3 focos y piloto
  - 2 señales de retroceso de 4 focos

- 3 señales de entrada altas de 3 focos más piloto
- 1 señal de avanzada alta de 2 focos
- 5 accionamientos eléctricos con sus timonerías
- 23 circuitos de vía de audiofrecuencia
- 1 UPS para alimentación.

#### 4.2.3.2.- Estación de Avilés Central y Villalegre

- 1 enclavamiento secundario de tipo electrónico, controlador de objetos, (dependiendo de las tecnologías puede estar integrado en el enclavamiento de la estación Intermodal), capaz de controlar los siguientes elementos de campo:
  - 1 señales de salidas altas de 3 focos y piloto
  - 1 señales de retroceso de 4 focos
  - 2 señal de bloqueo de 3 focos
  - 1 accionamientos eléctricos con sus timonerías
  - 7 circuitos de vía de audiofrecuencia
  - 1 UPS para alimentación

#### 4.3.- TELEMANDO

Como las líneas tanto de ancho ibérico como las de métrico están telemandadas, la línea ancho ibérico desde el PM situado en Oviedo y la línea de métrico desde el PM situado en El Berrón, es necesario la modificación de estos puestos de mando y el suministro de los equipos necesarios para su mando y gestión.

Independientemente del telemando en los puestos centrales y dado la importancia del tráfico en el nudo de Avilés, se instalarán en la estación Intermodal un PLO

(Puesto de Mando Local) para el mando y gestión de las líneas de ancho métrico y otro puesto de mando local (PLO) para el mando y gestión de las líneas de ancho ibérico. Estos puesto de mando estarán basados en monitores videográficos y seguirán las normas videográficas en vigor.

#### 4.4.- SISTEMA ASFA

Tanto las líneas de ancho ibérico como las de métrico están en la actualidad equipadas con el sistema ASFA por lo que se tendrá que mantener el mismo nivel de equipamiento en todas las instalaciones que se hagan y se vayan poniendo en servicio.

Como criterio general se aplicará el siguiente:

- En todas las señales de salida y señales de retroceso se montará una baliza de señal con su unidad de conexión asociada
- En todas las señales de entrada, avanzadas y de bloqueo se montaran una baliza previa y una baliza de señal con sus unidades de conexión asociadas.

#### 4.5.- COMUNICACIONES

##### 4.5.1.- Telefonía de señales

Se montaran teléfonos de señal en comunicación con la estación de la que dependa la señal y con el puesto de mando, en todas las señales de salida, señales de entrada y de bloqueo.

Entre estaciones se instalara una telefonía selectiva para la comunicación entre estaciones consecutivas y para la comunicación con el Puesto de Mando.

##### 4.5.2.- Radiotelefonía

Se instalaran los equipos necesarios para permitir la comunicación tren tierra de la misma forma que actualmente se hace.