



ESTUDIO INFORMATIVO DE LA NUEVA ESTACIÓN FERROVIARIA EN EL AEROPUERTO DE GIRONA – COSTA BRAVA.

ANEJO 10. ELECTRIFICACIÓN



ANEJO 10. ELECTRIFICACIÓN



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	1
2.	ANTECEDENTES TÉCNICOS.....	1
2.1	Normativa de obligado cumplimiento .....	1
2.2	Normas administrativas de carácter general .....	1
2.3	Documentos CENELEC.....	1
2.4	Documentos IEC.....	2
2.5	Documentos UIC .....	2
2.6	Documentos ADIF.....	2
2.7	Otros documentos de referencia.....	3
3.	SITUACIÓN ACTUAL .....	4
3.1	Electrificación .....	4
3.1.1	Sistemas asociados.....	5
3.1.1.1	Calefacción de agujas.....	5
3.1.1.2	Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos.....	7
3.2	Subestaciones y Centros de Autotransformación asociados .....	7
3.3	Telemando de energía.....	8
3.4	Esquema de electrificación.....	8
4.	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	1
4.1	Descripción de las alternativas objeto del estudio .....	1
4.1.1	Alternativa 1: Ampliación del PAET.....	1
4.1.2	Alternativa 2: Estación en prolongación .....	1
4.2	Esquema de electrificación.....	2
4.3	Línea aérea de contacto .....	2
4.4	Sistemas asociados.....	3
4.4.1	Calefacción de agujas .....	3
4.4.2	Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos .....	3
4.5	Subestaciones y centros de autotransformación asociados .....	4
4.6	Telemando de energía.....	4
5.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA .....	5
5.1	Línea aérea de contacto .....	5
5.1.1	Elementos de sustentación: cimentaciones, postes y pórticos.....	10
5.1.2	Pórticos Rígidos .....	12
5.1.3	Ménsulas .....	13

5.1.4	Equipos de compensación .....	14
5.1.5	Seccionamientos de compensación.....	15
5.1.6	Sistema de alimentación .....	16
5.1.7	Agujas aéreas .....	17
5.1.8	Retorno de tracción y Protecciones.....	17
5.2	Sistemas asociados.....	18
5.2.1	Calefacción de agujas .....	18
5.2.2	Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos .....	23
5.3	Subestaciones y centros de autotransformación asociados .....	23
5.4	Telemando de energía.....	23

## APÉNDICE 1. ESQUEMAS DE ELECTRIFICACIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente anejo es describir las actuaciones que deben realizarse en las instalaciones de electrificación como consecuencia de las obras diseñadas en el presente Estudio Informativo para la Estación del Aeropuerto de Girona – Costa Brava de la línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona - Figueres.

Esta línea discurre a escasos 600 metros del Aeropuerto de Girona – Costa Brava, ubicándose el PAET de Vilobí de Onyar en sus inmediaciones. El edificio técnico del PAET existente se sitúa a unos 1,6 kilómetros del aeropuerto.

Esta proximidad hace que se plantee la ubicación de una estación ferroviaria de viajeros en el entorno del PAET aprovechando las condiciones geométricas del mismo que dé servicio al aeropuerto sin anular su funcionalidad. De esta forma, la nueva estación se situaría a aproximadamente 82,6 kilómetros de la estación de Barcelona – Sants y sólo 11,2 km de Girona.



Figura 1. Situación del del PAET de Vilobí en relación con el aeropuerto.

## 2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

### 2.1 Normativa de obligado cumplimiento

Serán de aplicación todas las normas y borradores de normas vigentes en la fecha de redacción del presente estudio, así como los documentos elaborados en el marco de la UIC, ADIF y FEVE.

En el caso que hubiera discrepancias entre dos documentos, prevalecerá el específico para el asunto, así los estándares establecidos por CENELEC, el IEC o el ETSI, tendrán mayor prioridad que los borradores de norma o las recomendaciones y especificaciones establecidas por los estamentos reguladores nacionales.

### 2.2 Normas administrativas de carácter general

- Ley 38/2015, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario.
- Ley 26/2022, de 19 de diciembre, por la que se modifica la Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario.
- Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario.

### 2.3 Documentos CENELEC

- UNE-EN 50082 o partes de la norma UNE-EN 61000 que sustituyen a la anterior a partir del 1 de julio del 2004 Compatibilidad electromagnética – Norma genérica de inmunidad.
- UNE-EN 50119: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Líneas aéreas de contacto para tracción eléctrica.)
- UNE-EN 50121-1: Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad Electromagnética. (Partes 1 a 4).
- UNE-EN 50122-1: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 1: Medidas de protección relativas a seguridad eléctrica y puesta a tierra en instalaciones fijas.
- UNE-EN 50122-2: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 2: Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas causadas por los sistemas de tracción eléctrica de corriente continua.
- UNE-EN 50124: Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. (Partes 1 y 2).
- UNE-EN 50125-1: Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para los equipos. (Partes 1 a 3).
- UNE-EN 50149: Aplicaciones ferroviarias Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Hilos de contacto de cobre y aleaciones de cobre.
- UNE-EN 50162: Protección contra la corrosión por corrientes vagabundas de los sistemas de corriente continua).

- UNE-EN 50163: Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de los sistemas de tracción.
- UNE-EN 50206-1: Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Pantógrafos: Características y ensayos. Parte 2: Pantógrafos para vehículos de línea principal.
- UNE-EN 50206-2: Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Pantógrafos: Características y ensayos. Parte 2: Pantógrafos para metros y ferrocarriles ligeros.
- UNE-EN 50317:2012 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre).
- UNE-EN 50318: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Validación de la simulación de la interacción dinámica entre pantógrafo y línea de contacto.
- UNE-EN 50345: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Conjuntos de cables sintéticos aislantes para el apoyo de líneas aéreas de contacto.
- UNE-EN 50367:2012 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre)
- UNE-EN 50388: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas de alimentación y material rodante. Criterios técnicos para la coordinación entre sistemas de alimentación (subestaciones) y el material rodante para realizar la interoperabilidad.
- UNE-EN 60439: Conjunto de apartamiento de baja tensión. (Partes 1 a 5).
- UNE-EN 60529/IEC 529: Specification of protection by enclosures (IP code) (Especificación de los grados de protección proporcionados por los alojamientos (código IP).
- UNE-EN 60947: Apartamiento de baja tensión. (Partes 1 a 8).
- UNE-EN 61140: Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y los equipos.

#### 2.4 Documentos IEC

- IEC 364-4-41: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra descargas eléctricas.
- IEC 529/EN 60529: Specification for degrees of protection provided by enclosures (IP code).
- IEC 605-1: Pruebas de fiabilidad, requisitos generales.
- IEC 605-7: Prueba de fiabilidad de equipos - Planes de prueba para confirmar la tasa de fallos y el tiempo medio entre fallos, supuesta una tasa de fallos constante.
- IEC 721: Classification of environmental conditions (Clasificación de condiciones ambientales).
- IEC 60077-3: Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 3: Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit – breakers. (Aplicaciones ferroviarias. Equipos eléctricos para el material rodante. Parte 3: Componentes electrónicos. Reglas para interruptores automáticos en corriente continua).
- IEC 60077-5: Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Part 5: Electrotechnical components - Rules for HV Fuses.

- IEC 60494-1: Railway applications -Rolling stock – Pantographs -Characteristics and tests - Part 1: Pantographs for mainline vehicles.
- IEC 60494-2: Railway applications -Rolling stock -Pantographs -Characteristics and tests -Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles.
- IEC 62128-2: Railway applications - Fixed installations - Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems.
- IEC 62236-1: Railway applications -Electromagnetic compatibility -Part 1: General.

#### 2.5 Documentos UIC

- UIC 791 R: Assurances qualité des installations. Caténaires. 2ème édition, janvier 1990.
- UIC 794 O: Interaction entre caténaire et pantographe dans le Réseau européen à grande vitesse. 1ère édition, Janvier 1996.
- UIC 794-1 OR: Interaction entre caténaire et pantographe pour les lignes ferroviaires en courant continu. 1ère édition, Juin 2000.
- UIC 796 O: Tension au pantographe. 1ère édition, Juin 2000.

#### 2.6 Documentos ADIF

##### Normativa de montaje y ejecución

- N.A.E. 101. Norma de montaje de las grifas de conexión y empalme para la catenaria.
- NAE 101. Grifas de conexión y empalme para la catenaria. (2ª ed.)
- NAE 102. Montaje de herrajes helicoidales preformados para electrificación. (2ª ed.)
- NAE 103. Anclajes de seguridad para electrificación
- NAE 106\_2. Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto.
- NAE 107. Definición y medida de parámetros geométricos de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria)
- NAE 108. Ejecución y montaje de sustentador e hilo de contacto de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria)
- NAE 110. Pliego de condiciones técnicas para montaje del cable alimentador o feeder (desnudo y aéreo) de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria 3 kV C.C.)
- NAE 111. Ejecución y montaje del cable de tierra de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria 3 kV C.C.)
- NAE 112\_2. Esquemas eléctricos de línea aérea de contacto en corriente continua.
- NAE 113. Ejecución, montaje y tipos de anclaje necesarios para la instalación de diverso tipo de postes
- NAE 114. Montaje de cables aislados para feeders en corriente continua
- NAE 115. Ejecución, montaje de agujas aéreas (Catenaria 3000 V C.C.)

- NAE 116. Cálculo y montaje del pendolado para líneas aéreas de contacto de corriente continua (líneas convencionales)
- NAE 117. Línea aérea de contacto para vías con tres carriles electrificadas en corriente continua.
- NAE 120. Guía para el control de calidad en la ejecución de instalaciones ferroviarias de la Línea Aérea de Contacto
- NAE 201. Instrucción Técnica para el montaje de grapas de anclaje tipo "CUÑA".

Las NAE son documentos vivos cuya última versión puede obtenerse de la página web de ADIF [www.adif.es](http://www.adif.es)

#### Especificaciones técnicas

- ET 03.313.002.2 Cables de acero para usos generales
- ET 03.364.003.8 Piezas fundidas de aleaciones de cobre para elementos auxiliares de catenaria
- ET 03.364.004.6 Herrajes helicoidales preformados para electrificación
- ET 03.364.005.3 Conexiones eléctricas de carriles
- ET 03.364.008.7 Tensores y herrajes de anclajes y cadenas de aisladores para electrificación.
- ET 03.364.011.1 Piezas de acero y acero inoxidable para línea aérea de contacto.
- ET 03.364.012.9 Piezas de fundición para elementos auxiliares de catenaria
- ET 03.364.014.5 Tubos de acero y aluminio para línea de aérea de contacto.
- ET 03.364.015.2\_2 Grifas y manguitos de cobre electrolítico para conexión y empalme en catenaria
- ET 03.364.016.0\_2 Grifas de aleación de cobre para empalme de hilo de contacto en catenaria
- ET 03.364.017.8\_2 Anclajes de seguridad para electrificación. (2ª ed.)
- ET 03.364.018.6 Grifas de atirantado y de péndola para la catenaria
- ET 03.364.019.4 Piezas, tornillería y tubos de acero galvanizados en caliente
- ET 03.364.020.2 Manguitos de empalme y grapas de aluminio para sujeción o derivación de cables de aluminio en la Línea Aérea de Contacto
- ET 03.364.021.0\_2 Grapas de sujeción, conexión y terminales para cable de aluminio en la toma de tierra de la L.A.C. (2ª ed.)
- ET 03.364.022.8 Ejes y estribos de acero y acero inoxidable para línea aérea de contacto.
- ET 03.364.101.0+M1 Estructuras metálicas para soporte de línea aérea de contacto. (edición 1ª+M1)
- ET 03.364.102.8 Brazos de atirantado para electrificación
- ET 03.364.103.6 Conjuntos de poleas para electrificación.
- ET 03.364.104.4 Conjuntos de giro de ménsulas
- ET 03.364.150.7\_2 Seccionadores unipolares para instalación en exterior de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a. para catenaria. (2ª ed.)
- ET 03.364.151.5 Accionamientos de seccionadores
- ET 03.364.153.1\_2 Aisladores de sección de material compuesto para L.A.C. de 3 kV C.C. y de 25 kV C.A. (2ª ed.)
- ET 03.364.154.9\_2 Aisladores de porcelana para tensiones de 3.300 V C.C. para la suspensión y atirantado de catenaria (tipos A-11 y RT-51). (2ª ed.)
- ET 03.364.155.6 Accionamientos hidráulicos para seccionadores de catenaria
- ET 03.364.156.4 Pararrayos de óxido metálico para electrificación en corriente continua.
- ET 03.364.158.0\_2 Conductores de cobre desnudos para electrificación. (2ª ed.)
- ET 03.364.159.8 Cables de cobre débilmente aleados para electrificación
- ET 03.364.160.6 Pértigas aislantes
- ET 03.364.161.4 Cables desnudos de aluminio y de aluminio con alma de acero para líneas eléctricas aéreas
- ET 03.364.162.2 Aisladores de material cerámico para L.A.C. de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a.
- ET 03.364.163.0 Aisladores de material cerámico para conjuntos de suspensión de L.A.C. de 3 kV c.c.
- ET 03.364.164.8 Aisladores de vidrio tipos A11 y RT51 para L.A.C. de 3 kV c.c.
- ET 03.364.165.5 Aisladores de vidrio para L.A.C. de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a.
- ET 03.364.170.5 Cables de energía unipolares para alta tensión con aislamiento extruido.
- ET 03.364.197.8 Útiles de operación para pértigas
- ET 03.364.200.0 Grapas de anclaje tipo cono
- ET 03.364.201.8 Verificadores de ausencia de tensión de 3 kV C.C.
- ET 03.364.202.6 Aisladores compuestos para catenaria
- ET 03.364.203.4 Verificadores de tensión de 3 kV C.C. con indicación adicional de C.A.
- ET 03.364.204.2 Dispositivos limitadores de tensión para electrificaciones en corriente continua.
- ET 03.364.291.9\_4 Hilo ranurado para la línea de contacto. (4ª ed.)
- ET 03.364.503.7 Suministro y uso de herrajes de fundición de aluminio para Electrificación Ferroviaria de Alta Velocidad
- ET 03.366.206.5 Electrodo (picas) de puesta a tierra, constituidos por varillas cilíndricas bimetálicas

#### 2.7 Otros documentos de referencia

- R.B.T. Reglamento Electrónico para Baja Tensión e instrucción técnica complementaria (Ministerio de Ciencia y Tecnología Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2.002, publicado en B.O.E. 18 de septiembre).
- L.A.T. REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

- R.A.T. REAL DECRETO 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- N.E.L.F. Normas de Ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- M.E.L.C. Métodos de Ensayo de Laboratorio Central de ensayos de materiales.
- N.T.E. Normas tecnológicas de la Edificación.
- R.P.H. Recomendaciones prácticas para una buena protección del hormigón I.E.T.
- U.I.T.-T. Recomendaciones técnicas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Anteriormente C.C.I.T.T.).
- U.N.E. Normas de la Asociación Española de Normalización y Certificación

Si se produce alguna discrepancia entre los términos de una prescripción análoga contenida en las Prescripciones Generales citadas anteriormente, será de aplicación la más exigente.

### 3. SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 Electrificación

La línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Figueres, donde se encuentra el tramo objeto del presente estudio, incluye un sistema de electrificación 2x25 kV.

Se dispone de una línea aérea de contacto con catenaria de Alta Velocidad compensada apta, para los requerimientos de la instalación cuyas características más relevantes son las siguientes:

- Sistema de catenaria simple, poligonal, atirantada en todos los perfiles, vertical, con péndola en Y, sin flecha en el hilo de contacto y formada por un sustentador, un hilo de contacto y péndolas equipotenciales, compensada mecánicamente y apta para circular a 350 km/h, que satisfaga los requerimientos de normativas para este tipo de líneas y en particular la E.T.I. del subsistema de “energía” y la norma Europea EN-50119 para la velocidad de circulación de 350 km/h.

En concreto el tramo afectado por el presente estudio se encuentra en el entorno del PAET de Vilobí D’Onyar. Este está ubicado en el PK 703,5 de la línea de Alta Velocidad Madrid – Barcelona – Frontera Francesa y tiene una longitud aproximada de 2.178 metros entre los escapes en cabecera (JCA). El esquema funcional del PAET incluye sendos escapes simples en las cabeceras, para banalizar la vía, vías de apartado y mangos.

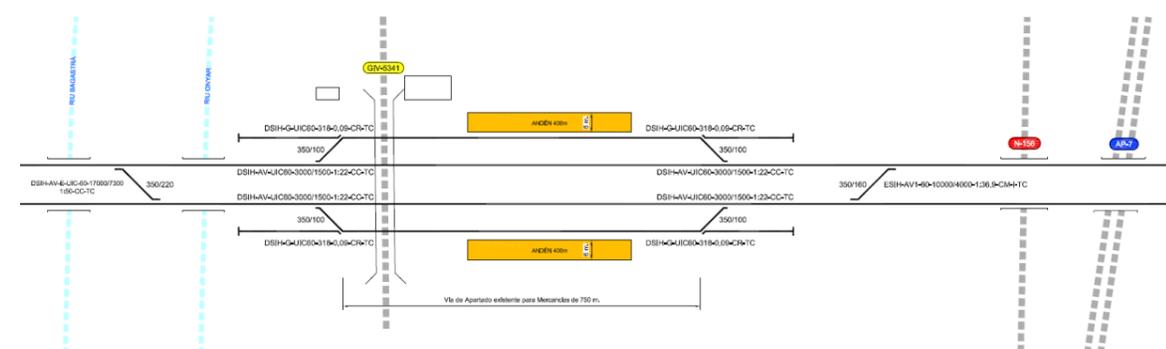


Figura 2. Esquema funcional del PAET actual en el tramo de la LAV en estudio.

Los escapes de las cabeceras tienen una velocidad de paso por vía directa de 350Km/h, y por vía desviada de 220 Km/h (lado Barcelona) y 160 Km/h (lado Girona). Los desvíos de las vías de apartado tienen una velocidad por desviada de 100 km/h.

El PAET se encuentra encajado en un tramo recto y pendiente constante de 1 milésima, permitiendo el apartado de mercancías de 750 metros. Cuenta asimismo con andenes y edificio técnico.

En cuanto a los seccionadores de catenaria existentes asociados al PAET, se encuentra la siguiente relación:

SECCIONADOR	P.K.	TIPO
VON-S1	702+411	BIPOLAR
VON-S2	702+571	BIPOLAR
VON-S1-3	703+213,8	UNIPOLAR
VON-S2-4	703+213,8	UNIPOLAR
VON-S3	704+367	BIPOLAR
VON-S4	704+255	BIPOLAR

Figura 3. Listado seccionadores de catenaria en PAET Vilobi D’Onyar

### 3.1.1 Sistemas asociados

Respecto a las instalaciones asociadas al sistema de electrificación, en el tramo existen las siguientes:

- Calefacción de Agujas.
- Acometida a Edificios Técnicos.
- Acometidas al Sistema de Señalización y Comunicaciones (edificios técnicos).
- Acometidas al Sistema de Alumbrado de Túneles (en el tramo afectado por el presente estudio no hay túneles).
- Alumbrado de Túneles (en el tramo afectado por el presente estudio no hay túneles).

En el caso de los sistemas de calefacción de agujas, la solución existente es la de elementos calefactores instalados en los desvíos, con sistemas de alimentación a los mismos, e incluso su control y protección.

Por otro lado, para los sistemas de alimentación a otras instalaciones, la solución existente es la de centros de transformación en poste o caseta alimentados por el lado de alta tensión de catenaria o feeder.

La relación de seccionadores de catenaria para acometidas a los sistemas de calefacción de agujas existentes asociados al PAET, así como para Edificios Técnicos es la siguiente:

SECCIONADOR	P.K.	VÍA	ALIMENTACIÓN A	POTENCIA INSTALADA (KVA)
VON-CA2	701+820	2	CALEFACCIÓN DE AGUJAS	100
VON-CA4	702+380	2	CALEFACCIÓN DE AGUJAS	160
VON-ET1	702+661,2	1	EDIFICIO TÉCNICO	350
VON-ET2		2		
VON-CA6	703+514	1	CALEFACCIÓN DE AGUJAS	160
VON-CA1	703+665	1	CALEFACCIÓN DE AGUJAS	100
ABFIB1200P	704+048	1	BTO	100

Figura 4. Listado seccionadores de alimentación a sistema de calefacción de agujas en PAET Vilobi D’Onyar

#### 3.1.1.1 Calefacción de agujas

El sistema de calefacción de agujas consta de un armario de control cuyo cometido es el de realizar el seguimiento de las variables atmosféricas, decidir el instante de encendido y apagado de los calefactores, detectar las posibles averías que se producen y comunicarlas al personal encargado del mantenimiento, y de armarios de distribución desde los cuales se reparte la energía hasta cada zona calefactada.

En el armario de control, la energía es acoplada a barras de distribución a través de un seccionador con fusible, de accionamiento manual y accede a cada una de las 6 etapas de salida a través de los contactores de maniobra y protegidas con interruptores magnetotérmicos. La gestión de todos los procesos que tengan lugar es llevada a cabo por un autómata capaz de funcionar en condiciones ambientales extremas.

Asimismo, mediante un transformador diferencial se pueden medir las corrientes de fugas hacia tierra detectando posibles averías o fallos de aislamiento en las resistencias y el cableado en su estado más incipiente permitiendo fijar niveles variables de alarma de carácter preventivo.

Además, de forma permanente se monitorizan los contactos auxiliares de los interruptores magnetotérmicos de líneas para verificar su correcto accionamiento.

El armario de control y distribución de energía se ubica en el Edificio Técnico del PAET. Para el mando dispone de un autómata programable que controla y regula el funcionamiento para conseguir un ahorro en el consumo y supervisa el funcionamiento completo de la instalación.

En el cuerpo de distribución, mediante 6 contactores de potencia controlados por el autómata programable, se distribuye la energía a las diferentes cajas de vía, evitando que las líneas de distribución estén con tensión cuando el sistema no esté conectado. Con la activación de los contactores y dando un margen de normalización de la instalación, el sistema de medición de fugas comprueba el funcionamiento de la instalación, actuando sobre los contactores si detecta alguna anomalía, dejando desconectado el contactor que corresponda.

La alimentación de las resistencias calefactoras se realiza de forma escalonada al conectarse de forma secuencial los contactores del armario de control. Además, se supervisa e identifica el funcionamiento de las resistencias calefactoras por grupos, comprobándose su estado a través de cada una de las cajas de vías y reflejándose su estado en un sinóptico.

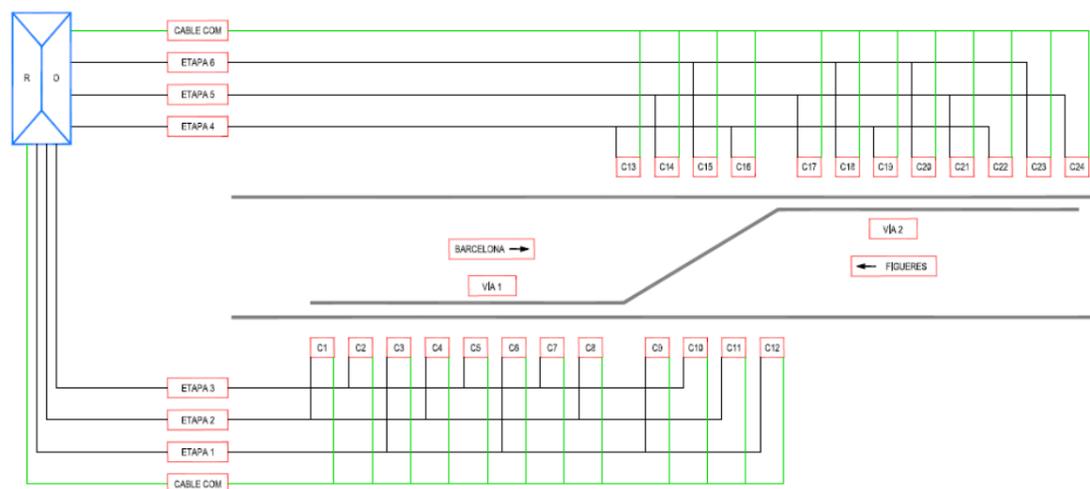


Figura 5. Situación actual cajas de distribución calefacción de agujas en PAET Vilobí D'Onyar. P.K. 701+746

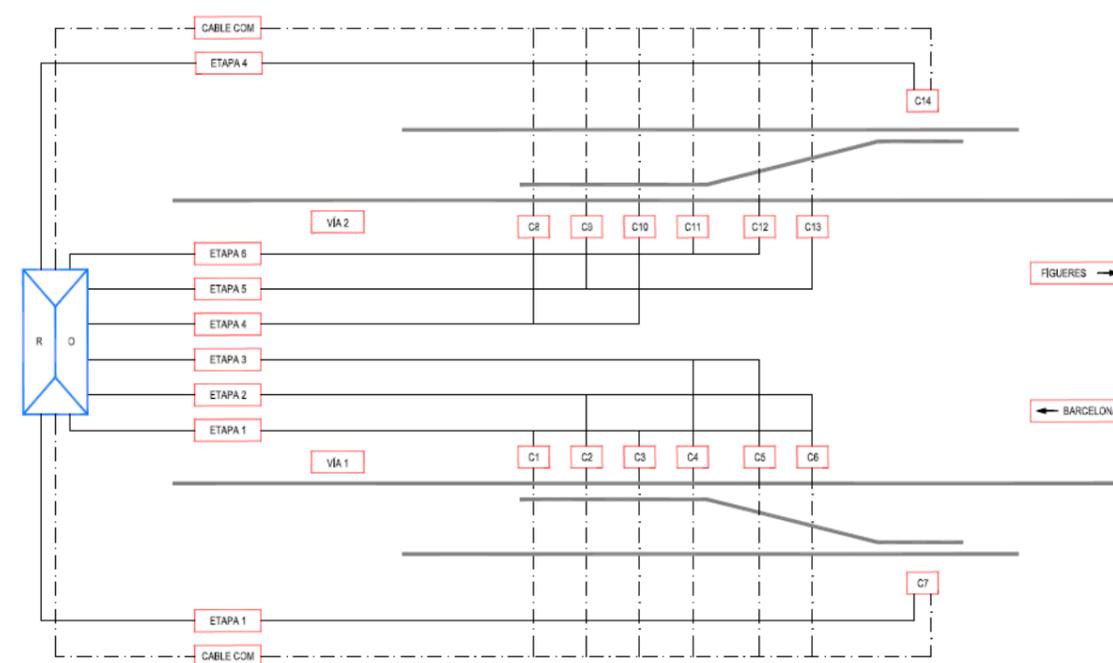


Figura 6. Situación actual cajas de distribución calefacción de agujas en PAET Vilobí D'Onyar. P.K. 702+501

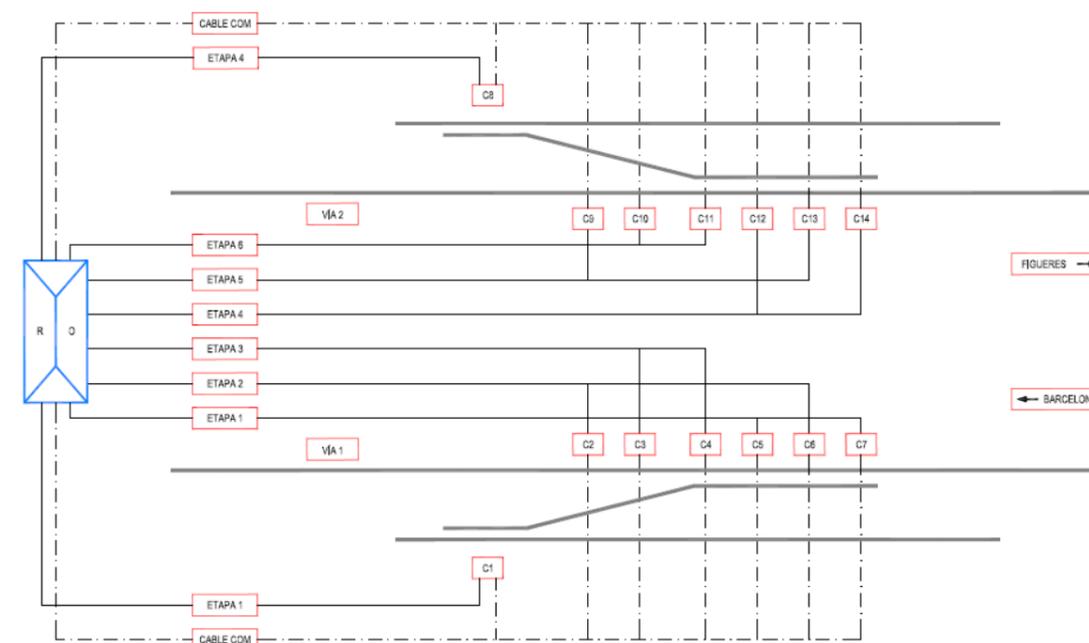


Figura 7. Situación actual cajas de distribución calefacción de agujas en PAET Vilobí D'Onyar. P.K. 703+052

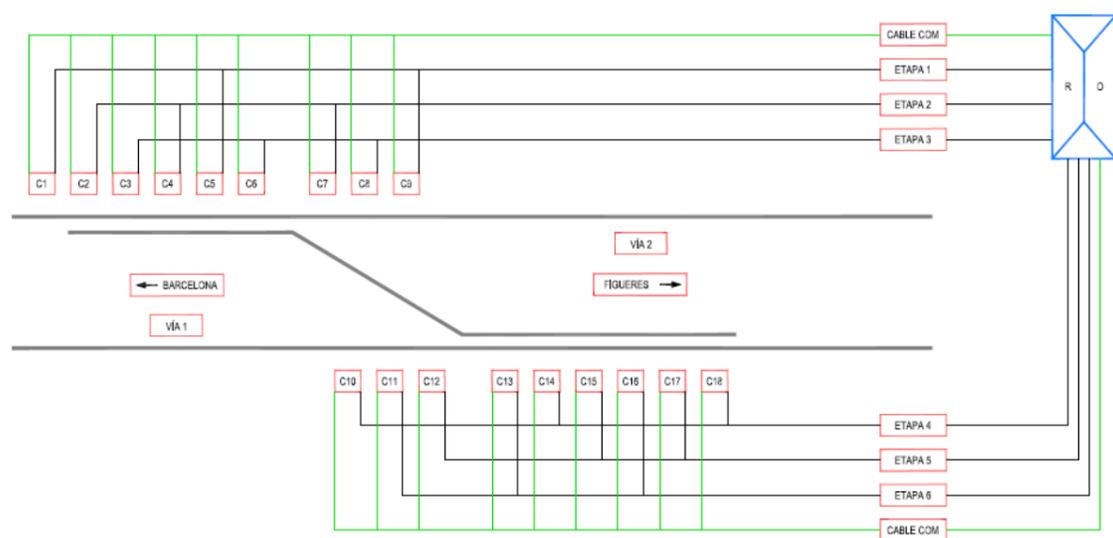


Figura 8. Situación actual cajas de distribución calefacción de agujas en PAET Vilobí D'Onyar. P.K. 703+636

### 3.1.1.2 Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos

Las acometidas desde la línea aérea de contacto dan servicio a los siguientes consumidores ubicados a lo largo de la línea:

- Casetas de túnel
- Casetas Técnicas
- Edificios Técnicos
- Casetas GSM-R
- Casetas de operadoras de telefonía
- Sistemas de calefacción de agujas

Estas acometidas están formadas como regla general por los siguientes elementos:

- Seccionador de 25 kV con accionamiento telemandado
- Base portafusible de 36 kV con cartucho fusible
- Transformador de 27,5kV/240V
- Autoválvula de protección de 36 kV
- Cuadro de protección en baja tensión

Estas acometidas están ubicadas en postes independientes de los postes propios de catenaria, ubicándolos en cada caso lo más cercano posible al punto de alimentación.

Las alimentaciones al sistema se han realizado generalmente desde el feeder negativo (-25 kV.) de la vía más cercana al punto de alimentación.

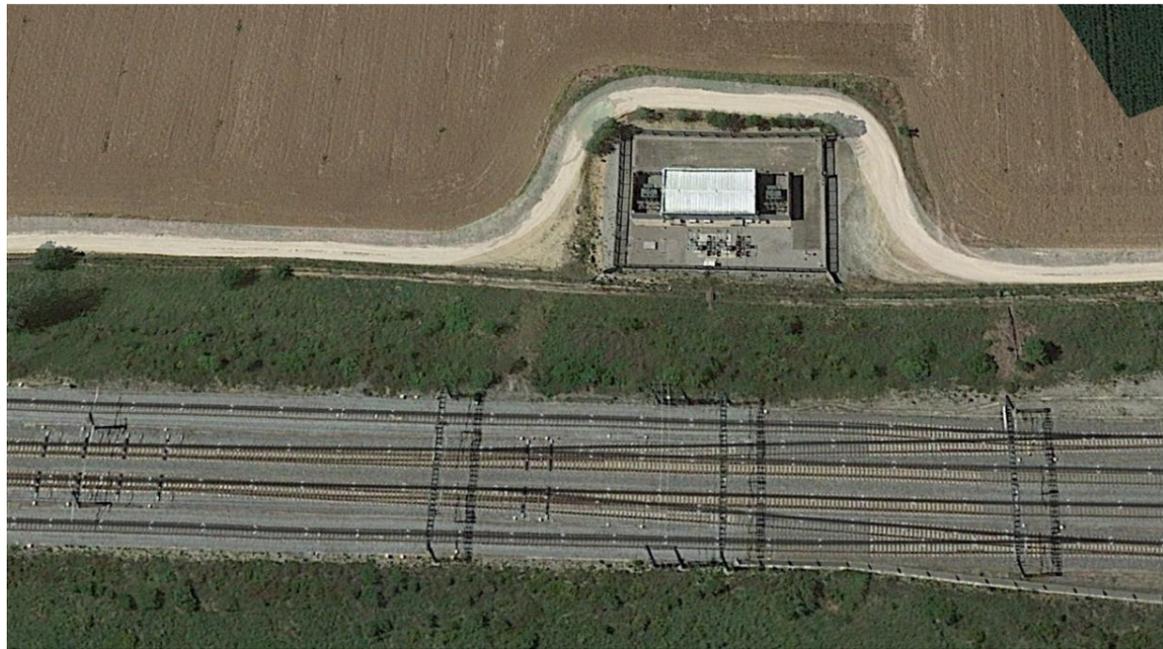
### 3.2 Subestaciones y Centros de Autotransformación asociados

En la siguiente figura se muestra el esquema de electrificación en el entorno del PAET de Vilobí D'Onyar. Tal y como se puede apreciar, junto al PAET se ubica el Centro de Autotransformación Intermedio ATI 14+4, en el P.K. 703+000, perteneciente al Área Eléctrica 14, cuya Subestación Eléctrica SE 14 Riudarenes se encuentra en el P.K. 694+402.

INSTALACIÓN	P.K.
ATF 14.1	664+629
ATI 14.2	673+031
ATI 14.3	682+094
SE 14 Riudarenes	694+402
<b>ATI 14.4</b>	<b>703+000</b>
ATI 14.5	711+789
ATF 15.1	721+123

Figura 9. Subestación y Centros de Autotransformación Asociados (ATIs y ATFs) del Área Eléctrica 14 de la línea de Alta Velocidad Madrid – Barcelona – Frontera Francesa

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación actual del ATI 14.4, ubicado en el lado de Vía 2 de la línea:



para que crucen e intercambien información entre CRCs, permitiendo además su monitorización remota en los CRC centrales.

### 3.4 Esquema de electrificación

En la siguiente figura se puede ver el esquema de electrificación actual en el entorno del PAET de Vilobí D'Onyar:



*Figura 10. Ubicación del ATI 14.4. Planta y vista lateral*

### 3.3 Telemando de energía

La línea Madrid-Barcelona-frontera francesa se gestiona desde el Centro de Regulación y Control (CRC) de Zaragoza.

El CRC de Zaragoza está equipado con la plataforma DaVinci. La señalización, electrificación, comunicaciones, información al viajero, energía y seguimiento son centralizados por la plataforma

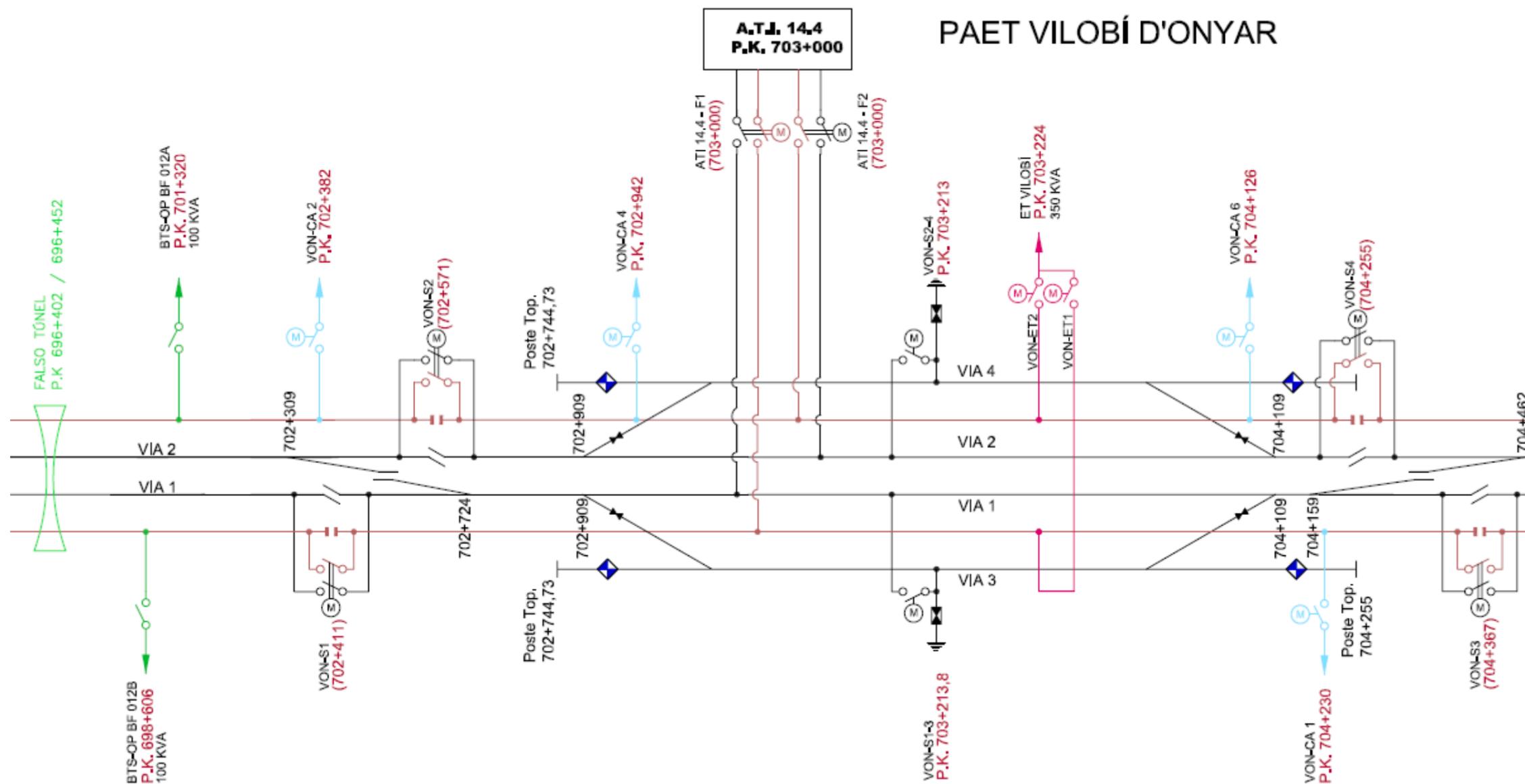


Figura 11. Esquema de Electrificación actual del tramo Barcelona – Figueras de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa en el entorno del PAET Vilobí D'Onyar (Fuente ADIF AV)

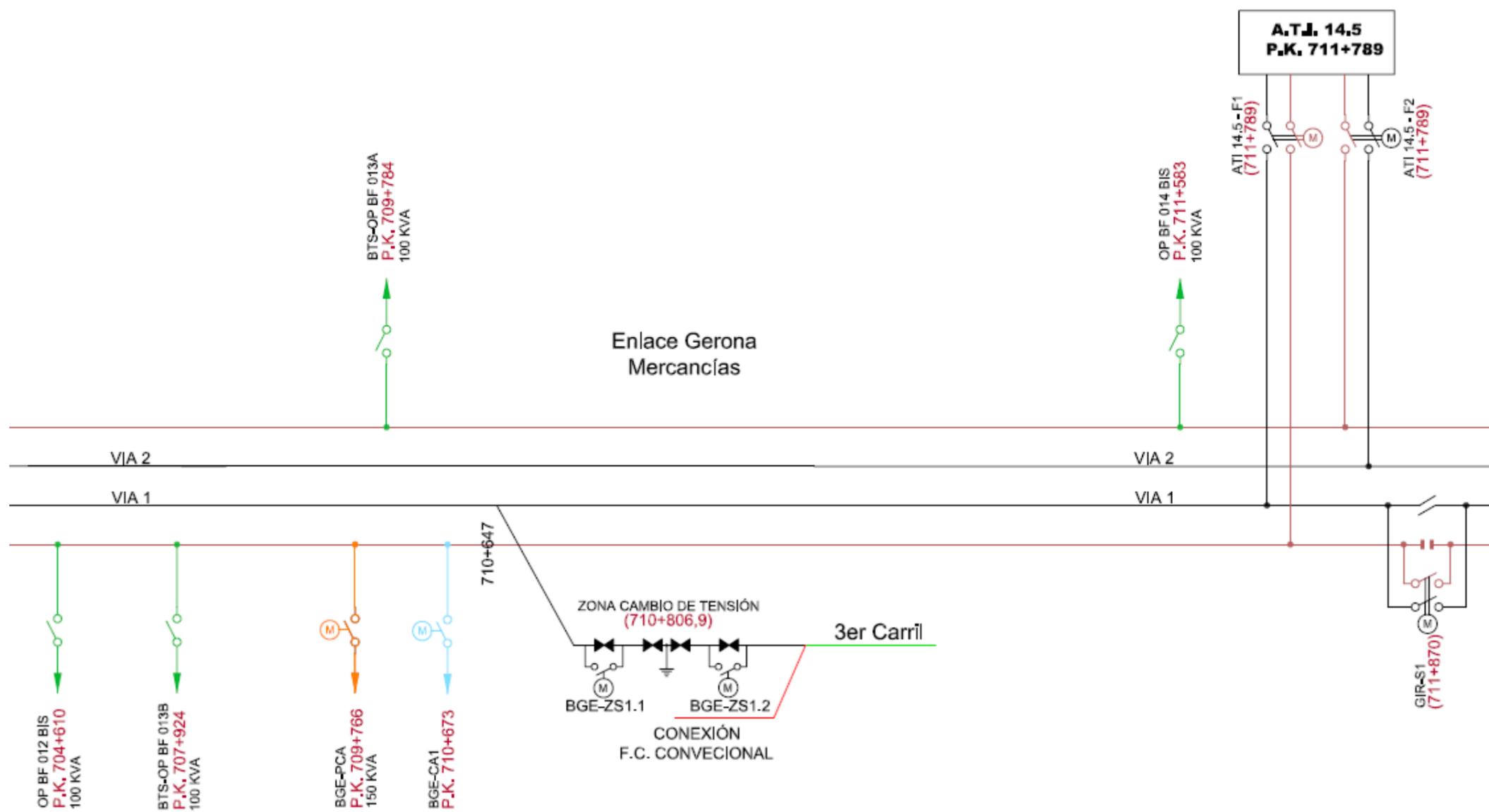


Figura 12. Esquema de Electrificación actual del tramo Barcelona – Figueras de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Zaragoza – Barcelona – Frontera Francesa en el entorno del PAET Vilobí D'Onyar. (Fuente ADIF AV)

## 4. SOLUCIÓN ADOPTADA

### 4.1 Descripción de las alternativas objeto del estudio

Las posibles alternativas funcionales para la estación del aeropuerto están condicionadas principalmente por la geometría del trazado de la línea en el entorno del PAET. El presente estudio contempla dos alternativas:

- Alternativa 1: ampliación del PAET
- Alternativa 2: estación en prolongación

#### 4.1.1 Alternativa 1: Ampliación del PAET

La alternativa 1 consiste en ampliar el PAET desplazando las vías de apartado al exterior e incorporando dos nuevas vías para la parada de viajeros. Las vías exteriores para el apartado y estacionamiento de trenes mantienen los desvíos actuales del PAET.

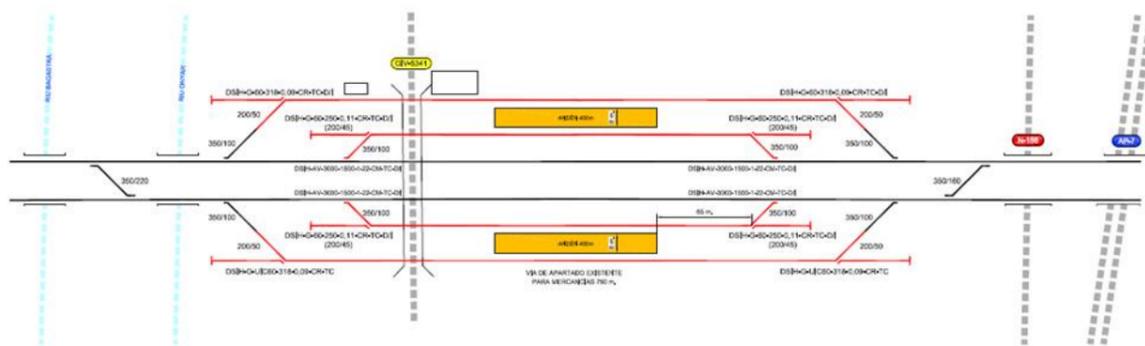


Figura 13. Esquema funcional de la alternativa 1 Fase I

En segunda fase, se incorpora un ramal para tráficos en lanzadera desde Barcelona tomando un desvío a unos 3,8 km del PAET actual. Este ramal cruza la línea existente mediante un salto de carnero situándose al oeste de la línea (lado aeropuerto). En la zona de estación se bifurca a dos vías y andén central. La incorporación a la línea en sentido Barcelona se realiza mediante un escape por desviada. En esta segunda fase, es preciso sustituir los escapes actuales por sus simétricos.

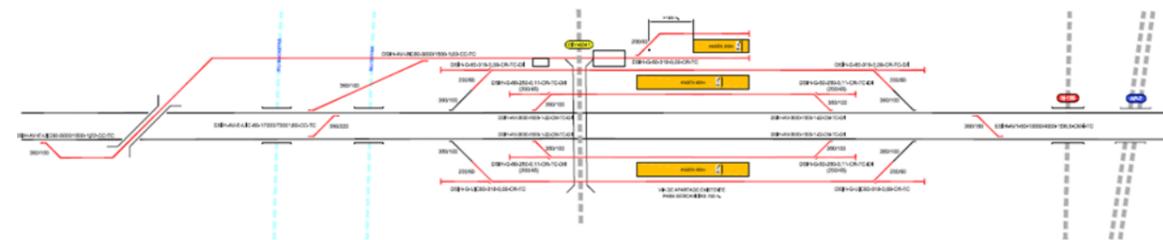


Figura 14. Esquema funcional de la alternativa 1 Fase II

De esta forma, en situación final, la estación consta de 8 vías; 2 pasantes, 4 de apartado en la línea principal y 2 vías para servicios en lanzadera desde Barcelona.

#### 4.1.2 Alternativa 2: Estación en prolongación

La alternativa 2 consiste en establecer la estación en prolongación del PAET actual, continuando las vías de apartado y estableciendo los correspondientes desvíos de entrada y salida de la estación y PAET.

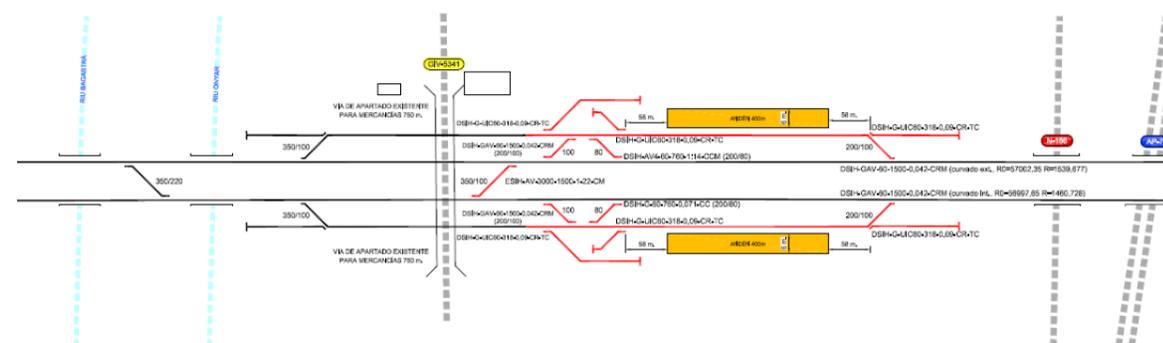


Figura 15. Esquema funcional de la alternativa 2. Fase I

En esta alternativa, se elimina el escape y los desvíos del lado Girona. El primero se incorpora a la entrada de la estación por el lado Barcelona, configurándose un escape conjugado, y se incorporan nuevos desvíos para la incorporación desde el PAET y acceso a la estación.

En segunda fase, igual que para la alternativa 1, se incorpora un ramal para tráficos en lanzadera desde Barcelona tomando un desvío a unos 3,8 km del PAET actual. Este ramal cruza la línea

existente mediante un salto de carnero situándose al oeste de la línea (lado aeropuerto). En la zona de estación se bifurca a dos vías y andén central. La incorporación a la línea en sentido Barcelona se produce mediante un escape por desviada. En esta segunda fase, es preciso sustituir los escapes actuales por sus simétricos.

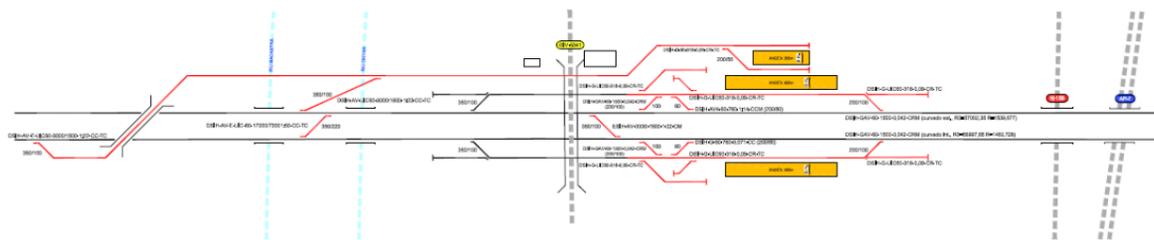


Figura 16. Esquema funcional de la alternativa 2. Fase II

De esta forma, en situación final, la estación consta de 6 vías, 2 pasantes, 2 de apartado y 2 para servicios en lanzadera desde Barcelona.

#### 4.2 Esquema de electrificación

La solución adoptada para el sistema de electrificación en ambas alternativas tiene en cuenta la nueva disposición de vías y aparatos, debiendo adecuarse la instalación actual a ésta.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la configuración final de vías en la estación será la siguiente:

- Alternativa 1: 8 vías; 2 pasantes, 4 de apartado en la línea principal y 2 vías para servicios en lanzadera desde Barcelona.
- Alternativa 2: 6 vías, 2 pasantes, 2 de apartado y 2 para servicios en lanzadera desde Barcelona.

En ambas alternativas se prevé mantener la ubicación actual del ATI 14.4.

Finalmente, se deberán instalar las alimentaciones a calefacción de agujas nuevas, así como el desmontaje de las que queden fuera de servicio. En el caso de la alimentación al Edificio Técnico actual, se procederá de la misma forma ya que éste se ve afectado por el proyecto y por lo tanto deberá ser reubicado también.

En el *Apéndice 1. Esquemas de Electrificación* se incluye una propuesta de esquema de electrificación para ambas alternativas objeto de estudio.

#### 4.3 Línea aérea de contacto

Se propone la instalación de un sistema de Línea Aérea de Contacto de las mismas características del actual, adaptado a las características de la nueva configuración de vías.

Por lo tanto, se deberá proceder a adecuar la electrificación del tramo, así como al levante de todas las estructuras, equipos y catenarias actuales que queden fuera de servicio. En general, se mantendrá la catenaria existente de las vías generales, y se instalará nueva catenaria en el resto de vías nuevas, desmontando la catenaria sin uso.

Para este tramo se propone la instalación de catenaria simple, poligonal, atirantada en todos los perfiles, vertical, con péndola en Y, sin flecha en el hilo de contacto y formada por un sustentador, un hilo de contacto y péndolas equipotenciales, compensada mecánicamente y apta para circular a 350 km/h, que satisfaga los requerimientos de normativas para este tipo de líneas y en particular la E.T.I. del subsistema de “energía” y la norma Europea EN-50119 para la velocidad de circulación de 350 km/h, y de las mismas características a la existente en la línea.

La solución adoptada requeriría por tanto de las siguientes actividades:

- Excavación y hormigonado de nuevas cimentaciones para postes y anclajes
- Izado de nuevos postes y pórticos de electrificación
- Tendido y fijación de cables de tierra a los nuevos postes
- Adecuación de la red de tierras
- Montaje de equipos de catenaria: ménsulas, suspensiones y atirantados
- Montaje de equipos de compensación.
- Ejecución de elevaciones, cola de catenaria, anclajes
- Montaje de seccionamientos
- Montaje de agujas aéreas
- Tendidos de catenarias: sustentador, hilos de contacto y pendolado.
- Tendidos de feeder positivo y negativo
- Instalación de aislamientos intermedios y conexiones.
- Montaje y conexionado de seccionadores
- Instalación de nuevo pórtico de seccionadores a la salida del ATI 14.4.
- Desmontaje y demolición de todos aquellos elementos de la electrificación que interfieran con las nuevas instalaciones o queden fuera de servicio.

El proceso constructivo se diseñará teniendo en cuenta que las vías generales deberán mantenerse en servicio en todo momento. Por lo tanto, los trabajos de electrificación deberán realizarse en horario nocturno, con corte de tensión.

#### 4.4 Sistemas asociados

##### 4.4.1 Calefacción de agujas

Se instalará nuevo equipamiento de calefacción de agujas para los nuevos desvíos y se desmontarán todos aquellos que queden fuera de servicio. Por lo tanto, para cada una de las alternativas se prevé las siguientes actuaciones:

###### Alternativa 1

CALEFACCIÓN DE AGUJA	TIPO DE ACTUACIÓN	P.K.	POTENCIA INSTALADA (KVA)
CA-29	Nuevo		100
CA-31/32/33/34	Nuevo		160
CA-16/17/19/20	Nuevo		160
CA-30/32	Nuevo		100
CA-1/3/7/8	Nuevo		160
CA2	Existente a desmontar	701+820	100
CA4	Existente a desmontar	702+380	160
CA6	Existente a desmontar	703+514	160
CA1	Existente a desmontar	703+665	100
CA-2/4/22/23	Nuevo		160
CA-18/21/24/25	Nuevo		160
CA-35/36	Nuevo		100

Figura 17. Actuaciones en sistema de calefacción de agujas. Alternativa 1

###### Alternativa 2

CALEFACCIÓN DE AGUJA	TIPO DE ACTUACIÓN	P.K.	POTENCIA INSTALADA (KVA)
CA-25	Nuevo		100
CA-26/27/31/32	Nuevo		160
CA2	Existente a desmontar	701+820	100
CA4-1/3/7/8	Existente mantener	702+380	160
CA-28/29	Nuevo		100
CA-11/12/13/14/15/16	Nuevo		250
CA6	Existente a desmontar	703+514	160
CA1	Existente a desmontar	703+665	100
CA-17/18/19/20/21/21/30	Nuevo		250
CA-2/4/23/24	Nuevo		160

Figura 18. Actuaciones en sistema de calefacción de agujas. Alternativa 2

Las actuaciones a realizar son:

- Excavación y hormigonado de nuevas cimentaciones para armarios de control y distribución.
- Instalación de nuevos armarios de control centrales del sistema de calefacción de agujas junto a poste con centro de transformación asociado para su alimentación, y demás elementos auxiliares (estación meteorológica, sensores, etc.)
- Instalación de nuevos armarios de distribución del sistema de calefacción de agujas.
- Instalación de calefactores y fijación.
- Tendido de cableado.
- Desmontaje y demolición de todos aquellos elementos de calefacción de agujas que interfieran con las nuevas instalaciones o queden fuera de servicio.

##### 4.4.2 Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos

Se instalarán nuevos puntos de alimentación para los nuevos sistemas de calefacción de agujas y edificios técnicos, e incluso casetas BTO/BTS.

La potencia a instalar vendrá determinada por cada caso concreto, especialmente en lo relativo a la calefacción de agujas.

Los puntos de alimentación a considerar son los siguientes:

- Calefacción de agujas: ver apartado 4.4.1
- Alimentación a casetas GSM-R:
  - Se prevé la reposición de la alimentación a la BTS ubicada en el PK 704+610 (100 kVA), únicamente en la Alternativa 2.
- Edificios Técnicos:
  - Se prevé la reposición de la alimentación existente para el Edificio Técnico del PAET desde vía 1 y vía 2 (350 kVA) en ambas alternativas.

Las actuaciones a realizar son:

- Excavación y hormigonado de nuevas cimentaciones para postes
- Izado de nuevos postes
- Instalación de transformadores sobre postes y seccionador asociado para conexión a feeder negativo del sistema de electrificación.
- Tendido de cableado en baja tensión desde transformador a punto de alimentación, según el caso.
- Red de tierras asociada.
- Desmontaje y demolición de todos aquellos elementos de alimentación a terceros que interfieran con las nuevas instalaciones o queden fuera de servicio.

#### 4.5 Subestaciones y centros de autotransformación asociados

En el caso del ATI 14.4, ubicado en el PK 703+000, se prevé la reposición del pórtico de salida de seccionadores de catenaria (ATI 14.4 F1 y F2) ya que será afectado por la ejecución del ramal para tráficos en lanzadera desde Barcelona, así como la reposición de canalizaciones (para tendido de cableado de retornos, cableado de telemando de seccionadores, etc.) entre el ATI y la plataforma y el propio cerramiento del ATI.



Figura 19. Afecciones al ATI 14.4.

#### 4.6 Telemando de energía

En el caso del sistema de telemando de energía, se trasladará el PLO (Puesto Local de Operaciones) a la nueva ubicación del Edificio Técnico, y se instalarán nuevos nodos de campo asociados a seccionadores de catenaria, calefacción de agujas y alimentación a sistemas desde catenaria.

Las actuaciones a realizar son:

- Traslado y adecuación de Nodo de Campo asociado al PAET de Vilobí D'Onyar.
- Instalación de unidades de control (UC) para nuevo equipamiento a telemandar:
  - Seccionadores de catenaria
  - Consumidores
- Ampliación de redes de comunicaciones de catenaria y consumidores.
- Tendido de cableado de alimentación y control
- Ampliación de sistema de telemando de Energía en Puesto Central.

## 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

### 5.1 Línea aérea de contacto

El sistema de línea aérea de contacto tipo C-350 que se adopta se compone de las siguientes partes:

- Catenaria propiamente dicha: formada por un cable sustentador, un hilo de contacto, falso sustentador o péndola en 'Y' y péndolas equipotenciales.
- Elementos de sustentación: cimentaciones, ménsulas, postes y pórticos
- Elementos de conexión: seccionadores, cables
- Circuito de retorno
- Protecciones

#### Características generales del sistema

Los materiales que forman el sistema de línea aérea de contacto, dada su naturaleza y composición no contribuyen significativamente al fuego.

#### Características geométricas:

Altura del hilo de contacto nominal	5,3 m
Descentramiento del hilo de contacto:	
Nominal:	+/-0,2 m
En agujas y seccionamientos:	+/- 0,3m

Máximo desplazamiento del hilo de contacto por efecto del viento transversal: definido según el cuadro 4.2.9.2 de la ETI de Energía, y teniendo en cuenta el gálibo del pantógrafo calculado según la Instrucción técnica de gálibos.

Variación de la altura del hilo de contacto con respecto a la vía: 0 (cero)

#### Altura del sistema:

Vía general	1,40 m
En seccionamientos	1,40 m - Variable
En agujas	Variable hasta 2,5 m

#### Vano

Máximo en vía general 64 m

Máximo en túnel 50 m.

El vano normal entre apoyos se encuentra definido en el anejo de cálculos mecánicos y deberá atender a:

- Criterios de descentramiento
- Tense radial mínimo y máximo
- Desplazamiento lateral máximo producido por el viento
- Obstáculos o puntos singulares (pasos superiores, desvíos, etc.)
- Sistemas de ancho de vía diferentes
- Distancias de aislamiento

Variación máxima de longitud entre vanos consecutivos 10 m

Longitud mínima de péndola: 0,25 m

Distancia de colocación de postes entre eje de vía y eje de poste:

Nominal: 3,35m

Mínima (por interferencia con canaleta) 3,15m

Otras distancias deben ser objeto de estudio aparte y debidamente justificadas.

Longitud del cantón de compensación máxima 1400 m

En general se procurará que la distancia entre el punto fijo y el equipo de compensación no sea superior a 640m

Separación mínima de catenarias en un seccionamiento de compensación: 250 mm

Separación mínima de catenarias en un seccionamiento de lámina de aire: 400 mm

Con péndola en Y o falso sustentador. La péndola en Y puede eliminarse en el caso de túneles o en caso de dobles o triples ménsulas donde las distancias entre las distintas partes no permitan su montaje. Se eliminará además la péndola en Y en las zonas con tense reducido (T = 15.45 kN).

Número de vanos de un seccionamiento: mayor o igual que 4 (seccionamiento con un eje). En general se adopta:

Catenaria tipo C-350:

Para vanos igual o superiores a 55m: 4 vanos

Para vanos inferiores: 5 vanos

Zonas neutras de separación de fases: Serán del tipo “Sección neutra larga, definida en la figura A.1.2. de la EN 50367. Se diseñarán teniendo en cuenta una longitud mínima sin tensión de 402m. Esta distancia estará medida desde los semiejes más cercanos de los seccionamientos que forman la zona neutra.

La compensación mecánica se realizará mediante equipos de poleas y contrapesos independientes para el sustentador e hilo de contacto, cuyas relaciones serán las siguientes:

Sustentador: relación 1:3

Hilo de contacto: relación 1:5.

*Características dinámicas:*

Velocidad mínima de propagación de las ondas mecánicas: 550 km/ h

Factor Doppler: mínimo 0,17 para una velocidad de 300 km/h

Factor de reflexión máximo: 0,4

Factor de amplificación máximo: 2,3

Fuerza de contacto:

Mínima: Positiva

Máxima: 350 N

Media: según la expresión  $F_m = 0,00097 \times V^2 + 70$  (N), que aparece en la ETI. En ningún caso esta fuerza debe superarse

Desviación típica:  $F_m - 3 \cdot \sigma > 0$

Desviación máxima:  $\sigma_{\max} = 0,3F_m$  (N)

Elevación máxima del brazo de atirantado. Se tomará el criterio de la ETI ENE (Cuadro 2.12):

Será  $2 S_0$ , siendo  $S_0$  la elevación máxima prevista.

Cuando sea posible el empleo de dispositivos de limitación de altura, esta limitación puede reducirse hasta  $1,5 S_0$

*Condiciones ambientales de diseño:*

Para el diseño se tendrá en cuenta las condiciones que se indican en normativa EN 50.125 – 2:

Temperatura ambiente	- 30° C a + 50° C
Temperatura máxima de los conductores	+ 80° C
Margen de temperatura de los equipos de regulación de tensión mecánica	- 30° C a + 80° C
Velocidad del viento	
• De referencia	29m/s
• Variación con la altura:	De acuerdo con UNE EN 50.125-2
Zonas climáticas	A y B
Humedad del aire	20 % a 100 %

*Aislamiento eléctrico:*

Distancia de aislamiento entre partes en tensión

La distancia entre partes en tensión y tierra es la especificada en la tabla que aparece en la norma UNE EN 50.119:

TENSIÓN	DISTANCIAS EN EL AIRE RECOMENDADAS	
	ESTÁTICA	DINÁMICA
25 kV ca	270 mm	150 mm

Para el sistema de 2 x 25 kV con autotransformador, al existir una diferencia entre fases de 180º entre todos los elementos comunes del feeder y todos los elementos comunes a la línea de contacto aérea, las tensiones que aparecen son mayores.

Para sistemas convencionales de corriente alterna la diferencia de fase de 120º producirá un efecto similar entre las zonas neutras.

La tabla que aparece en la norma EN 50.119 indica las distancias entre partes en tensión adyacentes de diferentes fases:

TENSIÓN	DIFERENCIA DE FASES	TENSIÓN RELATIVA	DISTANCIAS EN EL AIRE RECOMENDADAS	
			ESTÁTICA	DINÁMICA
25 kV	120°	43,3 kV	400 mm	230 mm
25 kV	180°	50 kV	540 mm	300 mm

#### Características de los aisladores

Los aisladores podrán ser de vidrio, de porcelana o de composites. En cada uno de los casos los aisladores deberán haber sido probados en todos los aspectos de acuerdo con cada norma aplicable.

Las características eléctricas y mecánicas de los aisladores serán las siguientes:

- **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 UNE EN 50.163 será de 29 kV.

Según el anexo D de la UNE 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 túnel y 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 túnel y zonas contaminadas

Los aisladores a que se refiere este proyecto tienen una línea de fuga mínima de 1.200 mm, debido a las posibles acumulaciones de suciedad y a la poca posibilidad de autolavado y a fin de unificar la instalación.

Tensión asignada por impulso:

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

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

Elegimos la más elevada: 200 kV

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

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

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

Elegimos la más elevada: 95 kV

- **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 UNE EN50119 "Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica mediante línea aérea de contacto".

La resistencia mínima a la tensión mecánica del aislador no deberá ser menor del 95 % de la especificada para el tensado del sistema de conductores en el que se utiliza. La máxima tensión de trabajo sobre el aislador no excederá del 40% de la resistencia mínima a la tensión mecánica del mismo.

La tensión máxima de trabajo a flexión no excederá del 40% de la resistencia mínima a la flexión del aislador. La máxima tensión de trabajo a flexión puede limitarse adicionalmente por algún criterio definido en el diseño del sistema.

*Características de los conductores*

La composición de la catenaria es la siguiente:

- Hilo de contacto

Norma: ..... EN 50149

Designación del material:..... 150 Cu-Mg 0.5

Sección transversal:..... 150 mm<sup>2</sup>

Ranura de fijación: ..... Type B

Resistividad máxima:..... 2,778·10<sup>-8</sup> Ω·m

Resistencia máxima a 20 °C:..... 0,191 Ω/km

Peso mínimo:..... 12.671,4 N/km

Peso máximo:..... 13.465,2 N/km

Fuerza tensora mínima:..... 470 N/ mm<sup>2</sup>

Carga de rotura mínima: ..... 68,4 kN (calculada en área mínima de sección transversal)

Tensión nominal:..... 3150 kg (30,90 kN)

Esta tensión nominal del hilo de contacto se reducirá a 1575 kg (15,45 kN) para catenarias con velocidad de paso igual o inferior a 160 km/h.

- Sustentador

Norma: ..... UNE 207015

Designación del material:..... C 95

Material:..... Cobre electrolítico

Sección transversal:..... 94,8 mm<sup>2</sup>

Composición:..... 1x19 hilos (Ø = 2,52 mm cada hilo)

Diámetro aparente: ..... 12,60 mm

Resistencia máxima a 20 °C:..... 0,196 Ω/km

Peso:..... 8.467,2 N/km

Carga de rotura mínima: ..... 35,25 kN

Tensión nominal de trabajo:..... 15,45 kN

- Péndolas

Designación: ..... Bronce Bz II 16 mm<sup>2</sup>

Norma:..... DIN 43138

Sección: ..... 16 mm<sup>2</sup>

Composición: ..... 84 hilos trenzados entre sí (Ø = 0,5 mm)

Peso por metro: ..... 0,162 kg/m

- Péndolas “Y” o falso sustentador

Tipo:..... Bronce Bz II 35 mm<sup>2</sup>

Norma:..... DIN 48201 parte 2

Sección transversal:..... 35 mm<sup>2</sup>

Carga de rotura mínima: ..... 20,17 kN

Fuerza tensora:

25 a 50% de la tensión del sustentador, normalmente 3,5 kN

Masa:..... 0,31 kg/m

Composición:..... 1x7 (Ø =2,5 mm)

Corriente permitida de trabajo: ..... 160 A

- Cable de retorno

Norma: ..... EN 50182

Designación del material: ..... 94-AL1/22-ST1A (anteriormente LA 110)

Composición: ..... 30+7

Sección del aluminio: ..... 94,2 mm<sup>2</sup>

Sección del acero: ..... 22,0 mm<sup>2</sup>

Sección total: ..... 116,2 mm<sup>2</sup>

Diámetro: ..... 14,0 mm

Peso ..... 4.238,5 N/km

Fuerza tensora: ..... 43,17 kN

Resistencia eléctrica: ..... 0,3067 Ω/km at 20 °C

- Feeder de -25 kV (aéreo-desnudo)

Norma: ..... EN-50182

Designación del material: ..... 242-AL1/39-ST1A (anteriormente LA 280)

Composición: ..... 30+7

Sección del aluminio: ..... 241,6 mm<sup>2</sup>

Sección del acero: ..... 39,5 mm<sup>2</sup>

Sección total: ..... 281,1 mm<sup>2</sup>

Diámetro: ..... 21.8 mm

Peso: ..... 9.566,76 N/km

Fuerza tensora: ..... 84,89 kN

Resistencia eléctrica: ..... 0,1195 Ω/km at 20 °C

- Feeder de alimentación 25 kV (aéreo-desnudo) de pórtico de alimentación (SE, ATF o ATI)

Norma: ..... ADIF E.T. 03.361.158.0

Designación del material: ..... CU-ETP CU 225

Composición: ..... 37 x 2,785mm

Sección total: ..... 225 mm<sup>2</sup>

Diámetro: ..... 19.5 mm

Peso: ..... 20,29 N/km

Resistencia eléctrica: ..... 0,08 Ω/km at 20 °C

- Feeder de alimentación -25 kV (aéreo-desnudo) de pórtico de alimentación (SE, ATF o ATI)

Norma: ..... EN-50182

Designación del material: ..... 337-AL1/44-ST1 (anteriormente LA-380)

Composición: ..... 57x7

Sección total: ..... 381 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: ..... 25,4 mm

Peso: ..... 1,274 kg/m

Resistencia eléctrica: ..... 0.857 Ω/m

- Feeder de alimentación ±25 kV (aislado perchado/canalizado)

Norma: ..... RHZ1-K

Aislamiento: ..... RHZ1-K 33/66 kV (

Composición: ..... Aluminio

Sección total: ..... 240 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: ..... 25,4 mm

Peso: .....

Resistencia eléctrica:.....

- Conexión de negativos de ATI, ATF y SE (aislado perchado/canalizado)

Norma: .....

Aislamiento..... RHZ1-K 0.6/ 1 kV

Composición:..... Aluminio

Sección total:..... 240 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: .....

Peso:.....

Resistencia eléctrica:.....

- Cable de conexión

Tipo: ..... Cu 95

Material:..... Cu - ETP

Norma: ..... DIN 43.138

Sección nominal: ..... 95 mm<sup>2</sup>

Composición:..... 269x0,7 mm

Peso por metro: ..... 0,935 kg/m

Corriente permitida de trabajo: ..... 420 - 460 A

### 5.1.1 Elementos de sustentación: cimentaciones, postes y pórticos

#### Cimentaciones

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 sulfurados etc.

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

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 GEWI o similar 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.

El diseño de la cimentación debe ser tal que la posición final del poste quede de modo que su parte inferior (placa o perfil de fijación) quede a 15 cm de la capa de subbalasto, permitiendo un máximo de 20 cm solo en situaciones que se justifiquen debidamente.

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 capacidad de carga del terreno, donde se realice la cimentación.

La cara superior de los macizos se replanteará de modo que sobresalga del nivel de la plataforma unos 10 - 15 cm de modo que se evite su ocultamiento por el balasto, tanto por su vertido inicial como por las diferentes operaciones posteriores de mantenimiento.

La ejecución de la excavación se realizará mediante máquina rotoperforadora, ya sea cazo o hélice, retirada de los materiales procedentes de la excavación escombros, colocación de armaduras y hormigonado.

La fijación de las armaduras se realizará mediante la plantilla adecuada. La plantilla se dispondrá de modo que la armadura quede a una distancia de al menos 5 cm del terreno.

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.

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 macizo. En este caso todos los elementos serán de acero galvanizado.

La fijación de los postes y el forjado del viaducto o estructura se formarán a modo de 'sandwich' de modo que la fijación del poste o anclaje quede asegurada. Los huecos sobrantes de los taladros se rellenarán de una pasta sellante adhesiva tipo Sikadur 42 o similar, apta para su uso en intemperie. En caso de que los taladros se ejecuten una vez protegida la superficie del viaducto por tela asfáltica u otro sistema análogo, se procederá al sellado del mismo para evitar filtraciones. El aspecto final será homogéneo con el resto de la estructura.

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 de 50 mm<sup>2</sup> aislado en PVC 0,6/1 kV para evitar rozaduras. Se fijará a la pica y al poste mediante un terminal adecuado.

Cuando por las características de la plataforma no sea posible el hincado de la pica (bolos o pedraplenes, por ejemplo), o la medida de resistencia de difusión de tierra sea elevada, la puesta a tierra quedará asegurada por un cable colector enterrado entre la cimentación y la vía, bajo una capa de 25 cm mínimo excavada por una zanjadora con cuchara de unos 30 cm. El cable será de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> e irá conectado a todos los postes de la zona abarcada mediante latiguillos de cable aislado con PVC 0,6/1 kV de 50 mm<sup>2</sup>.

Los postes se fijan a las cimentaciones dejando un espacio entre la parte superior del macizo y la base del poste de unos 10 - 15 cm, de manera que permita el aplomado del poste. Para ello se hormigona la cimentación hasta enrasar con la capa de subbalasto o una altura de pocos cm sobre ésta. Tras la fijación de los postes y su nivelación final, se procederá a su relleno mediante un mortero de hormigón pobre y al sellado de los pernos mediante pintura bituminosa o envoltorio de plástico.

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

### Postes

Los postes a utilizar para sustentar las catenarias serán de acero S275JR (UNE EN 10025) galvanizado.

Los postes están compuestos por dos perfiles laminados tipo UPN en paralelo unidos mediante diagonales (postes abiertos) o cerrados con chapa metálica formando un cajón rectangular (postes cerrados). Los postes cerrados se emplean donde éstos puedan estar sometidos a esfuerzos de torsión (como es el caso de semiejes y elevaciones en agujas)

El uso de postes con caras verticales minimiza en efecto de variación de altura de hilo de contacto con el giro de la ménsula.

El acabado de los postes será pintado con el color corporativo de ADIF. El recubrimiento se realizará con un recubrimiento de pintura Esmalte Poliuretano Alifático Brillante (UNE 48274) de color verde RAL-6009. (Color corporativo del ADIF)

Los postes tienen diferentes alturas dependiendo de la aplicación de los mismos. En general, la altura de los postes es de 8,55m, lo que permite un ligero ángulo en el tirante.

Para anclajes de seccionamiento o postes que tengan que incorporar equipos de compensación de la tensión mecánica, y para postes que deban soportar dinteles de pórtico rígido autosoportados (sin tirantes), la altura de los postes será de 9,45m.

En caso de que los postes deban soportar pórticos rígidos que lleven tirantes o semipórticos, la altura será de 12,45m de longitud.

En puentes y viaductos se emplearán los mismos tipos de poste que en vía general, cambiando únicamente el tipo de cimentación utilizado.

En casos especiales de postes a ubicar en gálibo escaso puede recurrirse a perfiles HEB, que deberán ser calculados expresamente. En la zona ámbito de este proyecto se ha previsto su uso para pórticos de más de 35 m y anclajes de catenaria sin posibilidad de montar tirantes de anclaje.

Los postes metálicos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán estar calculados para soportar todos los esfuerzos a que están sometidos (catenaria, cable de retorno, feederes, etc).
- 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 con 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, bulón o referencia topográfica.
- Deberán llevar incorporados letreros de identificación del tipo de poste y en donde figure su numeración, así como casquillos o bulones para su referencia topográfica.
- Estarán calculados para que su deformación al estar bajo cargas variables no altere la geometría de la catenaria fuera de los límites admisibles.

- 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. En el caso de que la sección de plataforma no lo permita, deberá justificarse el gálibo, siendo este superior al de obstáculos.
- 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 similar, o varillas roscadas que sobresalen de la cimentación. Los postes varían según su función y su altura.
- 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 contarán con protección antiescalada.
- Los postes para pórticos de salida de centros de autotransformación o subestaciones serán de 12,45 m de altura, para facilitar los cruces y las alimentaciones a las diferentes catenarias.
- Los postes para acometidas de calefacción de agujas se ubicarán en el lado opuesto de la canaleta respecto de la vía. Esto facilita las labores de mantenimiento añadiendo una distancia de seguridad a la normalmente definida por normativa (3 m). Estos postes serán de 8,55 m de altura.

Los tipos de poste a utilizar serán los siguientes:

DENOMINACIÓN	APLICACIÓN
X-2AV	Poste con una ménsula en vía general / Poste para seccionadores
X-3AV	Poste para punto fijo ó anclaje de punto fijo o anclaje de un cable
X-3AV	Poste para acometidas (calefacción de agujas)
XL-4AV	Poste para anclaje de una catenaria.
X-4AV	Poste para semieje de seccionamiento o elevación de aguja.
X-4AV	Poste para eje de seccionamiento o dos catenarias.
X-5AV	Poste con triple ménsula con semieje de seccionamiento o elevación de aguja.
XL-4AV	Poste con eje de seccionamiento o elevación de aguja y anclaje de una catenaria.

DENOMINACIÓN	APLICACIÓN
XL-5AV	Poste con triple ménsula con semieje de seccionamiento o elevación de aguja y anclaje de catenaria.
XL-7AV	Poste para pórticos rígidos autoportantes.
XLLP-7AV	Acometidas ATF'S, ATI'S y Subestaciones.
XLLP-9AV	Poste para pórticos rígidos con tirantes.

### 5.1.2 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, esto no pueda realizarse, se emplearán pórticos rígidos para varias vías o ménsulas para dos vías (semipórticos).

Los pórticos rígidos serán preferiblemente autoportantes. Las ménsulas se instalarán en dichos pórticos rígidos mediante los soportes adecuados.

Se emplearán pórticos rígidos autoportantes para luces iguales o inferiores a 28 m y pórticos rígidos con tirantes para luces mayores a 28 m.

Los pórticos a instalar estarán compuestos por vigas rectangulares de celosía formadas por montantes de acero con perfil LPN y diagonales. En caso de que los pórticos deban incorporar tirantes debido a su luz, se emplearán pórticos rígidos normalizados por ADIF PR-1, PR-4 (conjuntos EPO, según memorando ADIF para la línea aérea de contacto tipo CA.- 160).

El material a emplear será perfiles de acero UNE-EN 10025 (acero S275 JR como mínimo), galvanizados, con un acabado en pintura en color corporativo del ADIF (Pintura RAL 6009 Según ISO 12944), igual que los postes.

Las dimensiones de la viga varían en función de las cargas y de la luz del pórtico. En los casos en que la deformación del pórtico lo exija, se montarán tirantes.

### 5.1.3 Ménsulas

#### *Prescripciones generales*

Las ménsulas serán del tipo tubular trianguladas estando formado el cuerpo de la ménsula por dos tubos (cuerpo y tirante) que se refuerzan en ciertos casos con tubos diagonales y se compondrán de:

- Tubo de cuerpo de ménsula.
- Tirante tubo de ménsula.
- Tubo diagonal en caso necesario (generalmente en semiejes).
- 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.
- 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 llevarán 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, pantallas y túneles, 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, a la pantalla o a la bóveda del túnel.
- Se procurará que los aisladores de las ménsulas sean idénticos para tirante y puntal.
- En caso de atirantado dentro, la péndola del tubo de suspensión será rígida formada por un tubo sujeta al puntal y al tirante mediante las articulaciones adecuadas. En atirantado fuera puede emplearse este sistema o recurrir a un cable de acero. En todo caso, la distancia entre el cable o tubo con cualquier otro conductor debe ser al menos de 10 cm a fin de evitar roces.

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).
  - Equipos de atirantado con limitadores de elevación (1,5 veces el valor de la elevación calculada).
- La fijación del tubo estabilizador de atirantado al tubo cuerpo de ménsula deberá realizarse mediante rótulas o un sistema 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 anti-viento 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 ser tal que solamente el brazo podrá entrar en el gálibo mecánico cinemático del pantógrafo, de acuerdo a lo indicado en el punto 4.2.10 de la ETI.
- Como se ha indicado anteriormente, 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 gravite sobre el hilo de contacto.
- En el diseño de 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 del brazo de atirantado deberá garantizar la libertad de giro de éste tanto el movimiento horizontal como el vertical, mediante rótula cardan, sistema de ojales combinados o similar.

El diseño de los brazos tiene en cuenta la posible elevación del hilo por el paso del pantógrafo tanto en la catenaria principal, como en la secundaria o segunda en los casos de agujas y seccionamientos.

- Los brazos de atirantado pueden ser rectos, acodados o curvos en función de la geometría de la catenaria y la presencia de seccionamientos u otras situaciones singulares

El aislador de la ménsula o tubo puntal será del tipo rígido. El aislador del tirante será preferiblemente rígido. En semiejes o elevaciones de aguja será rígido. Podrá estar formado por elementos (cadenas) previa justificación mecánica.

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.

En el extremo lado eje de vía del tubo superior o tirante se fija la grapa de suspensión que soporta el cable sustentador y por tanto el peso de la catenaria. Entre la grapa y el cable sustentador se intercala una placa bimetálica de cobre-aluminio que evita la corrosión debida a la diferente electronegatividad de ambos.

Como se ha mencionado, el soporte del brazo de atirantado puede llevar incorporado un limitador de altura.

*Materiales y planos*

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.
Péndola 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.

**5.1.4 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 el hilo de contacto o hilos de contacto.
- Relación de compensación 1:3 para el sustentador y 1:5 para el hilo de contacto en el caso de compensación mediante contrapesos.

- Los equipos de compensación se realizarán mediante poleas y contrapesos (rodelas o bloques cilíndricos) a cielo abierto y mediante resortes del tipo compacto en túnel. Se emplearán contrapesas de tipo “ecológico”, cuadradas de material ferroso reciclado y con dos tubos guías en línea con las instaladas actualmente en vía 1.
- 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 a cielo abierto 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% demostrable mediante los ensayos correspondientes.
- Las pesas de los equipos de compensación serán tipo “ecológico”, cuadradas de material ferroso reciclado como las instaladas en vía 1.
- El recorrido de los contrapesos deberá funcionar correctamente entre todo el margen de temperatura y para la longitud de semicantón máxima.
- El sistema de corredera del contrapeso y sus guías deben estar diseñadas y montadas de forma que se impida el trabado del contrapeso por cualquier motivo.

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 y pintado en los colores corporativos de ADIF, al igual que los postes.

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

Las condiciones y características del sistema a este respecto son las siguientes:

#### *Rango de temperatura*

Temperatura de operación mínima: -30° C

Temperatura ambiente máxima: 50° C

Temperatura máxima de los conductores: 80° C

Margen de temperatura de los equipos de regulación mecánica: -30°... 80°C

Temperatura en posición punto medio: 25° C

#### *Longitud máxima del cantón de compensación*

Será de 1.400m, con un punto fijo en el centro y contrapesos en los extremos.

Será de 700m, con punto fijo en un extremo y contrapesos en el otro. Se adopta una distancia máxima nominal entre punto fijo y contrapesos de 640m, que se superará hasta 700m en casos excepcionales.

#### *Tipología de los equipos de compensación*

Dos equipos independientes para sustentador e hilo de contacto

Poleas relación 1:3 y 1:5

Pesas de fundición u hormigón cilíndricas

Rueda tensora en aluminio, herrajes en aluminio y acero galvanizado

Guías en túnel que permitan adaptarse al gálibo disponible

#### *Punto fijo*

Se situará en el centro del cantón de compensación

Contará con latiguillos para el hilo de contacto

### **5.1.5 Seccionamientos de compensación**

Los seccionamientos de compensación se proyectan en cuatro o más vanos (un eje al menos), produciéndose la transición en el eje o entre ejes del seccionamiento.

La altura de la catenaria en los seccionamientos varía para impedir que una de las catenarias intercepte a la otra.

Las alturas proyectadas son las siguientes:

En seccionamiento en vía general 1,40 - 2,30 m

En seccionamiento en túnel 1 - 1,40 m

Las conexiones eléctricas en los seccionamientos se realizarán en ambos extremos, de acuerdo a los planos de proyecto. En las dobles ménsulas en los semiejes o equipos de elevación se instalará una conexión eléctrica de modo que no exista diferencia de potencial entre ambas.

En los seccionamientos aislados solamente permanecerán aisladas entre sí las ménsulas de los ejes del seccionamiento, manteniendo las distancias correspondientes.

Los aislamientos intermedios se instalarán en el vano de elevación, lo más cerca posible del equipo de hilo elevado que permita el montaje.

En zonas de andenes de estación se evitará la instalación de seccionamientos, así como equipos de compensación mecánica. Tampoco se instalarán en zonas de agujas para no complicar la instalación, sacándolos en lo posible al exterior.

Los seccionamientos aislados estarán ubicados de forma que no interfieran con el funcionamiento del sistema de señalización de modo que se evite su ubicación en los puntos posibles de parada.

#### *Zonas neutras*

Las zonas neutras 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.

Las zonas neutras 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 dos pantógrafos levantados. Para ello la distancia mínima entre las zonas pertenecientes a una sección o circuito y otro será como mínimo de 402 m, según normativa. Esta distancia comprende las distancias entre semiejes próximos. No incluye las zonas de elevación.

### **5.1.6 Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación es en corriente alterna a 50 Hz, Sistema 2 x 25 kV.

La topología eléctrica está basada en:

- Separación eléctrica entre vías generales par e impar.
- La distancia entre subestaciones, puesto que aproximadamente en la mitad se proyectará una zona neutra.
- Estructuración acorde con la disposición de subestaciones y puestos de autotransformación.
- Separación mediante zonas neutras de las catenarias en los sectores eléctricos correspondientes a las subestaciones.
- Posicionamiento de los seccionadores de línea para separar subsectores eléctricos a fin de permitir el funcionamiento de la instalación en el mayor número de situaciones degradadas posibles.

En el esquema eléctrico se expone de forma autoexplicativa la ubicación y servicio de cada seccionador y su función dentro de la instalación.

Para realizar la alimentación desde las subestaciones y puestos de autotransformación se dispone la instalación de pórticos de salida y seccionadores.

Los cables a emplear serán los siguientes:

- Feederes positivo y negativo (25kV): Cable de aluminio unipolar RHZ1-K de 36/66 kV (2x240 mm<sup>2</sup>) cada feeder.
- Cable de retorno de tracción: Cable aislado 0,6/1 kV de aluminio de 240 mm<sup>2</sup> RVFAZ por vía, conectados al carril de referencia de retorno.

#### **Pórticos de salida de centro de autotransformación intermedio**

Actualmente existe un centro de autotransformación intermedio el ATI 14.4 ubicado junto al PAET en el cual deberá preverse la reposición del pórtico de salida ya que éste se verá afectado por el ramal de la lanzadera en ambas alternativas.

El nuevo pórtico se instalará de manera que se adecúe a la nueva configuración de vías.

#### **Seccionadores en línea**

A lo largo del tramo ferroviario se disponen de seccionadores que permiten configurar la instalación en caso de funcionamiento normal o degradado.

Los seccionadores de alimentación longitudinal de los PB y PAET serán siempre bipolares a fin de interrumpir o conectar tanto la catenaria como el feeder de -25 kV.

Los seccionadores de punta de feeder de subestación o centro de autotransformación serán unipolares para el caso de las subestaciones y ATF.

Los seccionadores de alimentación a zona neutra serán unipolares.

Los seccionadores de alimentación a vías secundarias serán unipolares.

La timonería de seccionador deberá adaptarse al contorno del túnel y será preferiblemente del tipo flexible. El accionador irá ubicado de modo que no sea un obstáculo en los pasillos y ubicaciones donde se instale.

#### **Feederes y su disposición**

De acuerdo con el estudio eléctrico actual:

- No se empleará feeder de refuerzo en la instalación.
- El feeder negativo a instalar será del tipo 242-AL1/39-ST1A (anteriormente LA 280), para el caso de cable desnudo. No se prevé cable aislado.

### 5.1.7 Agujas aéreas

Las agujas aéreas serán del tipo tangencial en el punto 90 (P-90) para desvíos con velocidades de paso por vía directa superior o igual a 160 km/h. Para el caso de velocidades inferiores, la aguja será del tipo cruzado en el punto 50 (P-50).

En el caso de los escapes entre vías generales o vías pertenecientes a distinto paquete eléctrico, se dispondrá para el aislamiento del correspondiente aislador de sección.

Los cruzamientos y travesías en estaciones y agujas cruzadas se realizarán cruzando los hilos de contacto mediante los elementos de guiado (guías de aguja) correspondientes.

Todas las agujas se dotarán de las conexiones eléctricas necesarias para garantizar la equipotencialidad de las ménsulas y de los conductores que intervienen en las mismas.

### 5.1.8 Retorno de tracción y Protecciones

En el sistema de tracción en corriente alterna, el retorno se realiza a través de los carriles y de los conductores de retorno en su mayor parte y en menor medida por tierra.

En el sistema de catenaria proyectado, se incluye un conductor de retorno de tracción que unirá todos los postes y herrajes del sistema de catenaria y que periódicamente estará conectado a los carriles de referencia de tracción o retorno.

Se tenderá un cable de retorno por vía. Los cables estarán suspendidos de los postes mediante grifas de suspensión que garanticen el contacto eléctrico cable – poste.

El cable de retorno se une a cada poste a través de la grapa de suspensión correspondiente.

Los conductores del sistema de retorno de tracción estarán pues conectados a tierra mediante las picas de puesta a tierra dispuestas en cada poste de catenaria.

Al tener cada cimentación una puesta a tierra mediante pica se obtiene un buen contacto del sistema de retorno con tierra, si bien el instalador deberá realizar las pruebas necesarias y poner los medios necesarios en su caso (adición de picas o cables colectores) para la mejora de la tensión de paso y contacto.

En el caso de no poder clavar picas o resistencia de difusión de tierra elevadas, se recurrirá a un cable colector de tierras, consistente en un cable de Cu 50 mm<sup>2</sup> desnudo enterrado en una zanja de 20-25cm de profundidad y 30cm de ancho y tendido a lo largo de la plataforma entre el poste y la traviesa, pegado al máximo a la alineación de las cimentaciones. Dicho cable se conectará a todos los postes mediante latiguillos de cable de Cu 50 mm<sup>2</sup> aislado 0,6/1 kV PVC.

De acuerdo con el estudio de dimensionamiento eléctrico, el conductor de retorno consistirá en un cable del tipo aluminio – acero LA 110 (94AL1/22ST1A EN 50182) por vía general de acuerdo con el dimensionamiento eléctrico de la instalación que se incluye como anejo a la presente memoria.

Cada 450 m, y sincronizándolo en lo posible con los cruces de vía en caso de doble vía, el cable de retorno se conectará al carril de referencia. (Planos de proyecto nº 4.8 y 4.9).

La conexión poste – carril se realizará mediante un par de cables de aluminio de 50 mm<sup>2</sup> que en un extremo se conectarán al poste mediante terminal y en el otro al carril mediante casquillo y soldadura aluminotérmica.

Para la protección contra descargas eléctricas se aplicarán las indicaciones que aparecen en la norma UNE EN 50 122-1, tanto para protección por gálibo, obstáculos y protecciones en zonas de catenaria y pantógrafos.

Todos los elementos que se encuentren dentro de la zona de catenaria y pantógrafo expresada en la norma deberán estar conectados al sistema de puesta a tierra.

Se incluyen en el proyecto la señalética de aviso de peligro y las señales relacionadas con electrificación: inicio y fin de zona neutra, subida y bajada de pantógrafo, alto a la tracción y cambio de tensión.

#### Sistema de retorno y puesta a tierra a cielo abierto

Todos los elementos que intervienen en el sistema de catenaria y que no están en tensión se conectan al sistema de retorno de tracción, de acuerdo con la normativa UNE EN 50122-1.

Todas las estructuras de viaductos, barandillas, pasos inferiores, superiores, etc. estarán conectadas al sistema de retorno y puesta a tierra. Deberán comprobarse las conexiones de continuidad eléctrica de dichos cables que habrán sido ejecutados durante la obra civil de la estructura. De este modo se forma una red equipotencial que minimiza las tensiones de paso y contacto.

Los postes dispondrán de los taladros suficientes para la conexión de múltiples cables procedentes de otros elementos de la instalación ferroviaria (cajas y armarios de otras instalaciones, motores, etc.)

En las subestaciones y centros de autotransformación se conectará tanto el carril de retorno como el cable de retorno al armario de barra cero. La conexión se realizará mediante cables de aluminio de 240 mm<sup>2</sup> con aislamiento PVC 0,6/1kV para evitar su deterioro en las operaciones de tendido.

### Continuidad del retorno de tracción por carril en casos de desvíos y aparatos de vía

En los casos de desvíos, cruzamientos y travesías, será el instalador del sistema de señalización quien realice las conexiones de retorno de acuerdo con su esquema de carriles de referencia.

En el caso de juntas de dilatación, el presente proyecto contempla las conexiones de continuidad necesarias mediante pares de cables de conexión que unan los carriles antes y después de estos aparatos.

### Conexión del retorno al sistema de tracción en subestaciones y centros de autotransformación

El sistema de retorno de tracción debe conectarse al armario general de retorno o armario de barra 0 de los centros de autotransformación y subestaciones. En el presente proyecto se incluye la conexión.

Los conductores previstos para el retorno de tracción en estos puntos es el siguiente:

- Subestaciones: 6 cables de Al de 240 mm<sup>2</sup> de sección por vía.
- Centros de autotransformación finales: 4 cables de Al de 240 mm<sup>2</sup> de sección por vía.
- Centros de autotransformación intermedios: 2 cables de Al de 240 mm<sup>2</sup> de sección por vía.

Los cables estarán forrados con cubierta de aislamiento PVC 0,6/1 kV para evitar su deterioro durante la instalación.

Los cables de retorno se conectarán al carril mediante taladro y terminal. Debe haber una separación de al menos 60 cm entre taladros de carril.

### Zonas en tensión flotante o sin referencia de tensión

Todos los elementos integrantes del sistema de catenaria deberán tener una referencia de tensión, ya sea a la tensión de catenaria, de feeder de -25 kV o a tierra.

Los elementos o catenarias que puedan quedar aislados, tales como catenaria en zonas neutras o catenarias secundarias en estaciones, deberán estar conectados a tierra a través de autoválvula.

## 5.2 Sistemas asociados

### 5.2.1 Calefacción de agujas

Para garantizar el buen funcionamiento de los cambios de vía de las agujas durante los meses de hielo y nieve, se instalará calefacción en los citados cambios, con el fin de que dicho hielo y/o nieve no dificulten su operatividad.

Cada sistema de calefacción de agujas comprende:

- Acometida en alta tensión desde catenaria o feeder.
- Centro de Transformación en poste, incluso éste con su cimentación.
- Armarios centrales (R0) y satélites de control (R1, R2...RN) del sistema de calefacción de agujas.
- Calefactores y fijación.
- Cableado en campo de la instalación.
- Control.
- El funcionamiento de cada una de las zonas a lo largo de los distintos puntos es el mismo, por tanto, se describirá el funcionamiento de forma general y será de aplicación a todos los puntos y zonas.

### Alimentación. acometida a cuadros R0

Las alimentaciones al sistema se realizarán desde el feeder negativo (-25 kV), donde se encontrarán los apoyos metálicos destinados a tal fin y el cable de retorno.

- Desde la catenaria, en cada una de las alimentaciones y mediante un cable se conectará un seccionador motorizado de acometida al sistema y en el mencionado apoyo se instalarán todos los elementos de media tensión:
- 1 Seccionador de entrada, motorizado.
- 1 Base portafusibles con cartucho fusible del calibre adecuado.
- 1 Transformador
- 1 Autoválvula de protección.
- Las conexiones de estos elementos se realizarán mediante cable desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección y los aisladores que sean necesarios.
- Desde el secundario del transformador se conectará el armario general de mando R0, mediante cable aislado bajo tubo de acero. Dicho armario general de mando se colocará en la base del propio apoyo de alimentación.
- Todo el aparellaje instalado en el apoyo de alimentación se sujetará mediante tornillos y estribos a dicho apoyo.
- Todos los herrajes utilizados, así como el propio apoyo, serán galvanizados en caliente y pintados.

### Armario central, armarios de distribución y cableado

Desde el armario general de mando (R0) de cada zona se tenderá una línea independiente en baja tensión hasta los armarios de distribución (R1, R2...RN), que estarán situados cerca de los centros de los espadines a calefactar.

La línea será de cable de cobre tipo REF3Z1-K, con una tensión nominal de aislamiento de 0,6/1 kV y estará armado, para protección contra golpes fortuitos y antirroedores, dado que será tendida por los canales de cables existentes a ambos lados de la plataforma de vía.

Se prevé un armario de distribución (R1, R2...RN) para cada espadín a calefactar. Desde estos armarios de distribución, se alimentarán los tubos calefactores correspondientes mediante cables de 2x2,5 mm<sup>2</sup> de cobre tipo REF3Z1-K, con una tensión nominal de aislamiento de 0,6/1 kV y armados.

Los armarios de distribución estarán equipados con las correspondientes protecciones magnetotérmicas para cada uno de los circuitos que alimentan a los distintos tubos calefactores.

No está prevista la protección diferencial por tratarse de circuitos conectados fase - tierra, así como por tratarse de circuitos de gran extensión longitudinal de cableado y que debido a las fugas propias no permitiría una protección de alta sensibilidad. Por otro lado, cuando este sistema está en servicio no podrá haber personal en vía, con lo que el riesgo es prácticamente nulo.

Sin embargo, se preverá un análisis de fugas previo a la conexión del sistema línea por línea, de tal forma que se pueda detectar en cada caso las posibles fugas en todo el sistema y en función del nivel de estas fugas, determinar si se permite la conexión o se prohíbe, siendo estos niveles totalmente regulables.

La conexión a los tubos calefactores se realizará mediante cable bipolar aislado de 2x2,5 mm<sup>2</sup> de sección de cobre, siendo la forma de conexión a través de cabezal metálico con terminal de pala. Estos terminales serán rectos para los tubos calefactores instalados en los corazones de los cambios y con giro a 180° para los tubos instalados en la zona de los espadines. La forma del cabezal girado favorecerá la conexión del cable al tubo de la misma forma que sirve de salvaguarda de dicho cable.

### Calefactores

La calefacción de agujas se realizará mediante elementos calefactores longitudinales adosados al propio carril de rodadura a lo largo de los espadines y corazón móvil, así como en las traviesas huecas, a excepción de aquellos cambios con corazón fijo, que no necesitan calefacción debido a que no tienen movimiento.

Los calefactores se sujetarán al carril mediante clips de presión, con la forma adecuada al carril, de tal forma que se consigna una completa adhesión al alma del carril.

Los elementos o tubos calefactores serán de una potencia de 300 W/m y se conectarán de forma manual y automática.

Los tubos calefactores serán del tipo varilla longitudinal con sección rectangular de las longitudes adecuadas a la zona a calefactar, dependiendo del tipo de cambio.

### Control

Todo el sistema se conectará de forma automática cuando las regulaciones de control basadas en la temperatura y agentes atmosféricos den la orden oportuna. Se producirá la desconexión del sistema, cuando las causas hayan desaparecido.

El control y mando del sistema, se realizará mediante un PLC instalado en el armario general de mando correspondiente a cada zona.

### Sistema de funcionamiento

Como se ha expresado anteriormente, se contemplan diversas zonas de calefacción, alimentadas desde transformadores distintos y con la potencia indicada en cada una de ellas. Los criterios de funcionamiento son iguales en todos los casos, de tal forma que se pueda mantener la independencia de funcionamiento zona a zona y punto a punto.

Este criterio está encaminado a conseguir las mínimas caídas de tensión dentro de cada circuito ya que, debido a las grandes distancias, se tendrían que utilizar cables de secciones muy grandes y a su vez en gran número.

Así pues, se describirá una zona y esto será de aplicación a cualquier otra zona.

Cada zona se alimentará desde feeder a -25 kV, 50 Hz, y dispondrá de un apoyo de catenaria donde se instalará el aparellaje de Media Tensión. Este será del tipo I.A. (instalación asociada) cimentado en base de hormigón.

Desde el secundario del transformador y bajo tubo de acero, se alimentará el correspondiente armario general de mando (R0) mediante cables con conductores de cobre y aislamiento 0,6/1 kV de la sección adecuada a la potencia a alimentar. Este armario se situará en la base del poste de transformador de alimentación.

Dicho armario se designará como R0 y dispondrá de la distribución de líneas de alimentación y el control, instalándose uno en cada punto de calefacción. Cada armario R0 se situará lo más centrado posible con respecto a las agujas a calefactar.

El armario de mando alojará en su interior el elemento de corte general, las distintas líneas de alimentación a los grupos de calefactores y el control y mando del sistema mediante un PLC.

Desde este armario general de mando (R0) partirán líneas a los distintos armarios de distribución (R1, R2...RN), los cuales dispondrán de las protecciones adecuadas a los tubos calefactores.

Desde los armarios de distribución se alimentarán directamente los tubos calefactores, por tanto, estos estarán situados lo más próximo posible a las propias agujas.

Los conductores serán armados y de las secciones y aislamiento adecuados para el servicio que han de prestar y que más adelante se indican.

El control y mando se realizará de la siguiente forma: el PLC de control recibirá las señales de los detectores de hielo y nieve, así como de temperatura del carril, dando las órdenes para poner en funcionamiento la calefacción o bien desconectándola cuando se reciba la orden contraria. Asimismo, aglutinará toda la información de posiciones de aparatos, estado de funcionamiento, medida de fugas, etc. La conexión y desconexión también podrá realizarse manualmente y por el telemando.

El elemento que ordenará tanto la conexión como la desconexión, de forma automática, será el detector de hielo-nieve y temperatura.

Dicho detector se compone de tres partes fundamentales:

a) Detector de humedad, nieve y temperatura: Dispone de un sensor de tipo piramidal con una resistencia de alto valor óhmico que detectará la humedad y la nieve, de tal forma, que al depositarse en su superficie humedad o nieve, disminuye su resistencia. También dispone del lector de temperatura, de tal forma que, cuando se reúnen las condiciones de temperatura baja, humedad alta o nieve, se produce la orden de conexión.

b) Detector de temperatura en carril: Este elemento medirá la temperatura en el propio carril, situado a unos 20 cm del último tubo calefactor, de tal forma que cuando se haya alcanzado la temperatura prefijada en el carril, ordenará la desconexión de la calefacción.

c) Relé integrador: Este relé recibirá todas las entradas procedentes de los elementos anteriormente descritos y procesará las correspondientes órdenes para la conexión/desconexión de la calefacción.

Todo el sistema podrá ser regulado de acuerdo a los parámetros óptimos considerados en cada punto de calefacción.

#### **Armario general de mando R0**

El armario general de mando estará instalado en la base del poste que soporta el transformador de alimentación al sistema.

El material con que estará construido este armario será poliéster, con placa de montaje donde se instalarán todos los elementos necesarios. Las dimensiones serán de acuerdo al equipamiento interno del armario.

El diseño es único para cualquier punto y zona de calefacción, esto es, todos los armarios serán idénticos, con el fin de unificar lo máximo posible el criterio de reparto de cargas.

El armario contendrá un interruptor seccionador con fusibles, de apertura en carga, con accionamiento manual, que actuará como elemento de corte general. A continuación, se instalarán los elementos de medida y vigilancia de tensión e intensidad, así como la vigilancia de fugas (función diferencial), pasando a las barras de distribución generales, desde las cuales se derivarán líneas independientes con protección magnetotérmica y salidas mediante contactor de potencia.

Asimismo, el armario alojará el PLC de control de cada zona, el relé detector de hielo y nieve, así como todos los elementos secundarios para su correcto control y mando.

Existirá la posibilidad de gobierno del sistema desde los siguientes puntos:

- Desde el propio armario de control.
- Desde el mando local de la S/E que alimenta a ese punto.
- Desde el Puesto Central de Telemando.

El gobierno del sistema desde el primer punto o desde el segundo se podrá realizar previa autorización del Puesto Central de Telemando de paso a mando local.

La orden de conexión y desconexión de la calefacción podrá ser:

- Voluntaria: desde TLM (en previsión) o Armario de control.
- Automática: a través del detector de hielo y nieve

#### ORDEN VOLUNTARIA:

Si la orden de conexión es voluntaria, la calefacción, se conectará prescindiendo de todos los parámetros, manteniéndose conectada hasta recibir la orden de desconexión procedente del mismo nivel.

#### ORDEN AUTOMÁTICA:

De forma automática se podrá conectar a través de las órdenes recibidas desde el detector de hielo y/o nieve:

- Cuando la temperatura descienda por debajo del nivel fijado (aprox. 3 °C).
- Cuando se deposite nieve o humedad en el detector correspondiente.
- Cuando se den ambas circunstancias.

La desconexión se producirá cuando los efectos hayan desaparecido o la temperatura del carril haya superado el valor fijado (aprox. 5 °C).

En cualquier caso y para evitar el efecto “bombeo” cuando los parámetros estén en zona crítica, una vez recibida la primera orden de conexión, esta se mantendrá durante un periodo de tiempo determinado (aprox. 30 minutos).

Existirá la posibilidad de tener fuera de servicio tantas agujas como se desee en función de su operatividad u otra circunstancia que lo determine.

#### CICLO DE CONEXIÓN:

Al recibirse una orden de conexión de la Calefacción, se realizarán de forma automática los siguientes pasos:

- Ciclo de pruebas: las tres líneas conectarán y desconectarán una a una con intervalos de 15 segundos analizando las corrientes de fugas en cada una de ellas. Para cualquier línea que supere el valor prefijado se dará la correspondiente alarma o bloqueo de esa línea. A continuación, se producirá la conexión definitiva de las líneas alimentando así los tubos calefactores.
- Cuando sea recibida la correspondiente orden de desconexión, y siempre que se haya superado el tiempo mínimo de funcionamiento, las líneas desconectarán, quedando preparado el sistema para el siguiente ciclo.

#### SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO:

El sistema contemplará la posibilidad del modo de funcionamiento en prueba.

Este sistema se podrá aplicar directamente desde el armario de control mediante los pulsadores de conexión/desconexión correspondientes, efectuándose la prueba bien en carga o en vacío.

El sistema en prueba reconocerá el correcto o incorrecto funcionamiento de la instalación, generando la correspondiente información.

El modo de funcionamiento en prueba, está pensado, fundamentalmente, para tareas de mantenimiento.

Con el fin de garantizar el modo de funcionamiento en prueba, el PLC del armario general de mando dispondrá de una alimentación redundante mediante rectificador y baterías con 3 - 4 h. de autonomía.

El armario general de mando dispondrá de termoventilador para la ventilación interna del armario. Éste se controlará mediante un termostato de ambiente interno.

#### **Armarios de distribución R1...Rn**

Estos armarios serán igualmente de poliéster y serán anclados al suelo mediante fundamento de obra civil.

Cada uno de estos armarios estará alimentado con una línea independiente desde el armario general de mando (R0), siendo el criterio general el que exista un armario por cada espadín de aguja calefactada.

Se instalarán lo más próximo posible a los tubos calefactores, ya que se conectarán directamente desde el armario mediante cable armado de tensión nominal 1.000 V y de sección 2x2,5 mm<sup>2</sup> de cobre.

Los armarios serán equipados con las protecciones magnetotérmicas necesarias de acuerdo con el número de tubos a calefactar y estos serán conectados de tal forma, que el sistema sea lo más equilibrado posible.

Existirá un desconectador manual de cada una de estas líneas en cada armario para facilitar las tareas de mantenimiento y poder seleccionar, si así se desea, el servicio total o parcial del sistema.

También se tendrá en cuenta que la desconexión de cualquier protección deje sin servicio un máximo de dos tubos calefactores y que estos no sean correlativos.

La actuación de cualquier automático magnetotérmico será informada al PLC que transmitirá al telemando la ubicación del defecto.

#### **Tubos calefactores**

Los tubos calefactores serán de una potencia de 300 W/m. El número y longitud de cada uno de ellos depende del tipo de aguja.

#### **PLC de control**

Cada punto de calefacción estará controlado por un PLC que realizará las tareas de control y mando.

Cada uno de los PLC's tendrá sus propias tareas dentro de sus instalaciones correspondientes.

Los equipos proyectados serán adecuados para funcionamiento en ambientes hostiles, debido a que se encontrarán ubicados dentro de los armarios generales de mando y estos, a su vez, estarán en campo.

Asimismo, permitirán el funcionamiento en una banda de temperaturas extremas (aproximadamente entre -20 °C y +60 °C).

## Comunicaciones

El sistema quedará preparado para poder ser comunicado mediante fibra óptica o cable (Red Modbus o Modbusplus) hasta la conexión con el sistema de telemando.

La información que quedará a disposición del telemando ha sido clasificada en tres apartados:

- Alarmas
- Señalizaciones
- Ordenes

### ALARMAS:

- Fuga de corriente nivel 1: Existe una derivación mayor de 250 mA en algún punto del sistema.
- Fuga de corriente nivel 2: Existe una derivación mayor de 500 mA en algún punto del sistema.
- Fallo PLC: Error de funcionamiento del autómatas.
- Fallo contactores: Mal funcionamiento de los contactores de alimentación a las líneas.
- Disparo de las protecciones: Actuación de los interruptores y desconectores del sistema.
- Fallo de Tensión: lectura de tensión cero en la acometida del sistema.
- Fallo del rectificador: Mal funcionamiento del cargador - rectificador de baterías.
- Avería del detector de hielo y nieve: mal funcionamiento de la centralita de hielo-nieve.

### SEÑALIZACIÓN:

- Modo de operación Local: Indica que el selector de operación está en posición de local para poder operar el sistema desde el armario de control.
- Modo de operación Distancia: Indica que el selector de operación está en posición de distancia para poder operar el sistema desde el telemando.
- Calefacción conectada: Indica que la calefacción está conectada.
- Calefacción desconectada: Indica que la calefacción está desconectada.
- Potencia LP1: Indica la potencia en kilovatios consumida en la línea 1.
- Potencia LP2: Indica la potencia kilovatios consumida en la línea 2.
- Potencia Total: Indica la potencia total en kilovatios consumida en ambas líneas.
- Energía total: Indica la Energía total en kilovatios / hora consumida por el sistema.

### ÓRDENES:

- Conexión de la calefacción: Mediante esta orden, se conecta la calefacción, si el selector de modo de operación del armario de control, está situado en posición de "distancia".
- Desconexión de la calefacción: Mediante esta orden, se desconecta la calefacción, si el selector de modo de operación del armario de control, está situado en posición de "distancia".

- Rearme de alarmas: mediante esta orden, se realiza, un enterado y borrado de alarmas, si el selector de modo de operación del armario de control, está situado en posición de "distancia".

## Conductores

Todos los conductores a emplear en el sistema serán de un aislamiento de 1 kV disponiendo de armadura (fleje) como protección mecánica / antirroedores.

Los conductores serán de las secciones adecuadas a la potencia de cada uno de los circuitos, de modo que no se superen las máximas intensidades admisibles ni las máximas caídas de tensión admisibles.

## Canalizaciones y rutas de cables

Las canalizaciones a utilizar para los cables serán las existentes dentro de la infraestructura de plataforma de vías.

El trazado hasta los armarios de distribución desde el armario general se realizará por canalizaciones existentes o bien se completarán adicionalmente.

Para la conexión de los tubos calefactores se partirá desde los armarios de distribución con tubo blindado, tipo ferroplast o similar, enterrado hasta el propio tubo calefactor. La conexión final y el cambio de carril se realizarán a través de las traviesas huecas.

Las rutas de cables se establecerán en los planos correspondientes, dependiendo de la ubicación y equipamiento de cada una de las zonas en los distintos puntos.

## Fundamentos obra civil

Todos los armarios se anclarán al suelo mediante fundamento de obra civil en hormigón.

Estos fundamentos dispondrán de entradas / salidas de cables por su parte inferior y serán equipados con los herrajes necesarios para el correcto anclaje de los armarios correspondientes.

## Puesta a tierra

Todos los elementos metálicos como postes de alimentación, bastidores de armarios, pletinas de sujeción, etc. serán puestas a tierra mediante conductores de cobre de 50 mm<sup>2</sup>.

Así mismo, estará puesto a tierra un borne del bobinado primario y el punto central del secundario del transformador de alimentación al sistema.

### 5.2.2 Alimentación a sistemas de calefacción de agujas y edificio técnicos

Las alimentaciones al sistema se realizarán desde el feeder negativo (-25 kV), donde se encontrarán los apoyos metálicos destinados a tal fin y el cable de retorno.

Desde la catenaria, en cada una de las alimentaciones y mediante un cable se conectará un seccionador motorizado de acometida al sistema y en el mencionado apoyo se instalarán todos los elementos de media tensión:

- 1 Seccionador de entrada, motorizado.
- 1 Base portafusibles con cartucho fusible del calibre adecuado.
- 1 Transformador
- 1 Autoválvula de protección.

Las conexiones de estos elementos se realizarán mediante cable desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección y los aisladores que sean necesarios.

Desde el secundario del transformador se conectará el armario general de mando R0, mediante cable aislado bajo tubo de acero. Dicho armario general de mando se colocará en la base del propio apoyo de alimentación.

Todo el aparellaje instalado en el apoyo de alimentación se sujetará mediante tornillos y estribos a dicho apoyo.

Todos los herrajes utilizados, así como el propio apoyo, serán galvanizados en caliente y pintados.

### 5.3 Subestaciones y centros de autotransformación asociados

En el presente estudio únicamente se contempla el traslado del pórtico de seccionadores junto a vía asociado al ATI 14.4, así como las sustitución del cableado de feeder y retornos entre en ATI y la línea. No se contemplan actuaciones adicionales en el entorno del ATI, excepto en lo relativo a la ejecución de las nuevas canalizaciones necesarias para el tendido de cableado de retorno mencionado, así como para el cableado de telemando de energía.

### 5.4 Telemando de energía

El Telemando de Energía abarca un conjunto de instalaciones que permiten el control remoto en tiempo real de los aparatos relacionados con el suministro, transporte y consumo de energía eléctrica a través de la catenaria. El objetivo que se persigue es mejorar los niveles de seguridad, rapidez y fiabilidad respecto a un control manual de los mismos. Se basa en un sistema electrónico de obtención de información desde campo y envío de ésta hacia un centro de control. Una vez

procesada, se representa sobre un interfaz hombre- máquina que permite al operador enviar órdenes sobre cualquiera de dichos aparatos.

Dicho esto, podemos clasificar funcionalmente los elementos de campo a telemandar de acuerdo al papel que desempeña en el circuito eléctrico de catenaria:

- **Suministro de Energía (RA-SE)**, presente en las subestaciones eléctricas de tracción y centros de autotransformación y materializado en el Sistema Integrado de Control Distribuido (SICD). Como ya se ha comentado, el diseño de este sistema queda fuera del alcance del presente proyecto, ya que éste se encuentra incluido en el proyecto de subestaciones y centros de autotransformación asociados. No obstante, sí se incluye su integración.
- **Transporte de Energía (RA-CA)**, presente en los seccionadores de la línea aérea de contacto que cumplen la misión de transferir o interrumpir la tensión eléctrica a lo largo de la línea, permitiendo así la tracción de los trenes, así como en los seccionadores del feeder de acompañamiento.
- **Consumo de Energía (RA-CO)** presente en los seccionadores de acometida de catenaria que a través de un transformador de poste, cumplen la función de alimentar en baja tensión a los emplazamientos consumidores distribuidos a lo largo del tramo: Edificios técnicos, casetas técnicas, calefactores de agujas y alumbrado de túneles.

Para conseguir el control remoto de una instalación, se deberá establecer tanto en el puesto de control como a pie de cada instalación un listado único de señales, que deberán corresponderse con las características constructivas de la instalación a telemandar. Desde el punto de vista del Puesto de Control, se definen las siguientes:

	Entrada	Salida
Digitales	SEÑALES	MANDOS
Analógicas	MEDIDAS	-

Según el tipo de señal, se definirán una serie de parámetros de control definidos dentro de los lenguajes de comunicaciones o protocolos a emplear entre el Puesto de Control y las instalaciones a telemandar.

#### Arquitectura general del Telemando de Energía

Para asegurar el telecontrol de todas las instalaciones relacionadas con el circuito eléctrico de catenaria, se crean para cualquiera de ellos varios posibles puestos de control. Para evitar conflictos entre ellos, se establecen mecanismos de cesión y toma de mando para que, en cualquier momento, exista uno y sólo un puesto de control capaz de operar sobre un elemento de campo en cuestión. En orden de jerarquía, se definen los Puestos de Control siguientes:

- **Centro de Control y Operaciones (CCO):** centro con capacidad de visualización y mando de la totalidad de la línea
- **Puesto Regional de Operaciones (PRO),** de existir: puesto de idéntica funcionalidad que el CCO, pero con un área de control limitada geográficamente a una región aproximada de 120 km (configurable).
- **Puesto Local de Operaciones (PLO):** puesto de control portátil que se conecta a los Nodos de Campo (NC) ubicados en edificio o caseta junto a la vía, y con capacidad de visualización y control limitada a los elementos finales que abarca su área local.

Tal y como puede observarse en la figura anterior, para hacer posible la arquitectura de control señalada, el contrato de Instalaciones de Seguridad/Comunicaciones Fijas deberá proporcionar a Telemando de Energía la conectividad IP necesaria. Para ello, deberá suministrar Redes Privadas Virtuales (VPN's o VLAN s) accesibles en todos aquellos emplazamientos en donde exista un NODO DE CAMPO. Telemando de Energía conectará cada nodo de campo a la VPN que corresponda de acuerdo a su funcionalidad:

- VPN - Red Asociada a Subestaciones (RA-SE)
- VPN - Red Asociada a Catenaria (RA-CA)
- VPN - Red Asociada a Consumidores (RA-C O)

Los Nodos de Campo previstos en el presente proyecto corresponderán a RA-CA, RA-CO o a ambas RA-CA-CO, dependiendo de los elementos finales que se asocien a su área de influencia.

Los Nodos de Campo incluirán la funcionalidad de PLO, que permitirá conectar un equipo portátil para el control local, así como todo el equipamiento electrónico y de potencia necesario para que el operador, ya sea desde el PLO o desde el CCO, pueda ejecutar satisfactoriamente cualquier orden sobre los elementos finales.

Cada Nodo de Campo instalado en edificio o caseta se conectará a los elementos finales a través de las UC (Unidades de Control) que serán unidades de electrónica periférica que permitirán el control local de los elementos finales, así como la recolección de señales en campo.

Las Unidades de Control UC se conectarán a los Nodos de Campo (NC) y podrán estar asociadas a:

- Seccionadores de Catenaria (junto a detectores de tensión)
- Calefacciones de Aguja.

Para conectar cada Nodo de Campo con las UC mencionadas, se tenderán a lo largo de la canaleta los cables necesarios para garantizar la comunicación y la alimentación eléctrica de dichos dispositivos, y en el caso particular de los motores de los seccionadores de catenaria, la alimentación de dicho motor en el momento de una maniobra. En general, la Red Local estará compuesta por dos cables:

- Cable mixto para la alimentación y comunicaciones del dispositivo que controla el elemento final
- Cable de energía para la alimentación del motor en el momento de la maniobra.

Los elementos finales se clasifican de acuerdo a la función que desempeñan dentro del circuito eléctrico de catenaria. De esta forma podremos considerar:

- **Elementos Finales de Subestaciones:** se telemandarán a través del Sistema Integrado de Control Distribuido de Subestaciones, fue a del alcance del presente proyecto.
- **Elementos Finales de Catenaria:** en todos los casos se trata de motores de accionamiento de seccionadores, telemandados desde el Nodo de Campo que corresponda a través de la correspondiente UC. Además, para medir la tensión de la catenaria, a dicha UC irá conectado un detector de tensión, que a través de distintas conversiones enviará periódicamente una medida de la tensión instantánea de la catenaria.
- **Elementos Finales de Consumidores:** se telemandarán desde el Nodo de Campo, pudiendo ser algunos de los siguientes, dependiendo del caso:
  - Motor de seccionador de acometida de catenaria
  - Interruptor de baja tensión de catenaria
  - Cuadro de Calefacción de Agujas
  - Convertidores de tensión e intensidad

### Centros de Control

Para el telemando de las instalaciones de campo se contempla la integración de los elementos en los actuales centros de control y mantenimiento existentes para la línea.

### Nodos de Campo

Como se ha explicado anteriormente, el objetivo de un Telemando de Energía es poder actuar remotamente sobre elementos finales del sistema eléctrico de catenaria. Para mejorar la fiabilidad y rapidez del sistema, el centro de control no interactúa directamente con cada elemento final. En su lugar, se instala un dispositivo electrónico intermedio, que centraliza el control de un conjunto de elementos finales próximos entre sí, y se encarga de transferir al centro de control toda la información recibida desde los mismos.

Por Nodo de Campo se entiende un dispositivo inteligente, basado en un sistema microprocesador, con los componentes electrónicos necesarios (CPU, memoria, interfaces de comunicación, entrada/salida de señales...). Comprenderá el equipamiento necesario para enlazar las comunicaciones bidireccionales entre la Redes Asociadas de Catenaria y Consumidores y sus correspondientes Elementos Finales a través de la Red Local. De este modo un Nodo de Campo puede ser considerado, de forma abstracta, como el equipo que establece la comunicación entre estas dos jerarquías.

Tipos de Nodos de campo

Dependiendo del tipo de instalación y de los elementos finales incluidos en el área de influencia del Nodo de Campo, se han establecido cuatro tipos de Nodos de Campo:

TIPO DE NODO	ALCANCE	APLICACIÓN
TIPO A	Exclusivo para el telemando de los elementos finales de catenaria (RA-CA)	Subestaciones (SSEE) y centros de autotransformación (ATF's y ATI's)
TIPO B	Exclusivo para el telemando de los elementos finales de consumidores (RA-CO)	Casetas y Edificios Técnicos
TIPO C	Para el telemando tanto de elementos finales de catenaria como de consumidores (RA-CA, RA-CO)	Estaciones comerciales, (EECC), Puestos de Adelantamiento y Estacionamiento de trenes (PAET), Puestos de Banalización(PB), Bifurcaciones (BIF)

Elementos de los Nodos de Campo

A continuación, se describen los distintos elementos que conforman los Nodos de Campo:

- Armario del Nodo de Campo
- Electrónica de control
- Contactor de Maniobra. Activado solo durante el periodo de tiempo que dura la maniobra del seccionador (parametrizado hasta el valor del timeout).
- Convertidores de medida
- Elementos Auxiliares

*Armario del Nodo de Campo*

Los Nodos de Campo se instalarán en sus respectivos armarios dispuestos en los emplazamientos de la traza en los que corresponda (edificios o casetas).

*Electrónica de Control*

La electrónica de control constará de CPU, tarjetas de comunicaciones, módulos de entrada y salida de señales digitales y analógicas y fuente de alimentación. El Nodo de Campo dispondrá además de un puerto para comunicar con el PLO-portátil que constituirá el interfaz de usuario, empleando para ello un protocolo abierto.

La electrónica de control será el único elemento “inteligente” del armario de Nodo de Campo. Entre sus funciones comprenderá:

- Control y gestión en tiempo real todos los elementos finales conectados en anillo al armario.
- Comunicación con los Puestos de Control (CCO) a través de la red corporativa. La conexión del Nodo de Campo a la Red Asociada correspondiente se realizará mediante un cable de par trenzado apantallado (STP -Cat 5) directo hasta el switch de comunicaciones, que dispondrá de un puerto Ethernet 10/100 Mbps con conector RJ45 exclusivo para el telemando de energía.
- Traducción de protocolo entre la red de transporte y la Red Local. El protocolo a emplear en campo será IEC-60870-5-101 /perfil ADIF o el que sea aprobado por la dirección de obra.

El control de la Red Local y los Elementos Finales en la vía se realizará mediante las tarjetas de comunicaciones correspondientes, que dispondrán de interfaces de fibra multimodo (módulos de enlace óptico). La comunicación se realizará entre el Nodo de Campo y las Unidades de Control correspondientes (UC) que ejercerán el control directo sobre los elementos finales. Para ello, las UC incorporarán también las correspondientes interfaces de comunicaciones sobre fibra óptica multimodo.

Las UC, o Unidades de Control, serán unidades de periferia distribuida que integren la arquitectura de control local asociada al correspondiente Nodo de Campo. Tal y como puede observarse en la figura, por un lado tanto los Nodos de Campo como las Unidades de Control dispondrán de la correspondiente tarjeta de comunicaciones con las correspondientes interfaces que les permitirán establecer la Red Local en anillo sobre fibra óptica multimodo. Por otro lado, dispondrán de los correspondientes módulos de entradas y salidas de señales, a través de las cuales ejercerán el control sobre los Elementos Finales y recogerán los estados o la información aportada por los mismos. En verde se han resaltado aquellos Elementos Finales cuyo suministro se encuentra incluido dentro del alcance del presente proyecto. Aquellos suministrados por otros se representan en color gris.

El número de señales digitales o analógicas requeridas en cada emplazamiento dependerá del tipo de instalación. No obstante, se establecen de forma típica 16 señales digitales por emplazamiento. La tarjeta las tendrá divididas entre señales de entrada (posiciones de aparatos) y señales de salida (mandos). Los nuevos requerimientos serán resueltos mediante la inserción en paralelo de más tarjetas de señales.

La electrónica de control, entendiéndose por ésta tanto el Nodo de Campo como a las Unidades de Control, deberá ser modular, de fácil instalación y mantenimiento que minimice el tiempo de intervención en caso de avería. Se requiere que la unidad que aloje las tarjetas disponga de espacio de reserva para la inserción de nuevas tarjetas, de cara a cubrir posibles ampliaciones futuras, sin que ello conlleve la ampliación o modificación mecánica del armario.

A nivel software, la electrónica dispondrá de un sistema operativo abierto, que permita además ser accesible de forma remota para tareas de mantenimiento y administración remota (telecarga de usuarios, ampliación de bases de datos y gráficos, actualización, etc .).

### *Contactador de Maniobra*

Como elemento indispensable para el movimiento de motores, el armario incluirá un contactador de maniobra, cuya función principal es conectar y desconectar la alimentación del circuito de fuerza de motores. Este contactador, gobernado por una salida digital de una de las tarjetas de señales digitales del Nodo de Campo, estará temporizado a un tiempo configurable durante el cual se energizará el circuito de motor es en su totalidad, entregando la potencia necesaria para la maniobra completa de cualquiera de ellos. Sólo se moverá aquel que reciba la orden a través del anillo de fibra óptica. Este contactador estará protegido mediante su interruptor automático en el interior del propio armario.

### *Convertidores de medida*

En los Nodos de Campo que incluyan consumidores, la recepción de las medidas de tensión y consumo de catenaria del emplazamiento se realizará a través de convertidores de medida montados sobre carril DIN en el interior del armario. Estos convertidores recibirán las medidas desde los transformadores de tensión e intensidad (TI y TT) situados en el cuadro eléctrico del edificio y las convertirán a un rango aceptable para la tarjeta de entradas analógicas (típicamente de 4 a 20 mA).

Estas señales de tensión e intensidad, se llevarán a las entradas de medida de tensión e intensidad del convertidor de potencia. De estos convertidores saldrán sendas señales de valor comprendido entre 4-20 mA.

### *Elementos Auxiliares*

Como complemento al equipamiento anteriormente descrito, los Nodos de Campo dispondrán del siguiente material auxiliar de cableado y montaje:

- Cable flexible de 1x1,5 mm<sup>2</sup> tipo RZ1-K 0,6/1 kV, para cableado interno del cuadro.
- Carril DIN35 para montaje de materiales y equipos.
- Bornas y canaletas de montaje de equipos.
- Magnetotérmicos bipolares de 6A a 10A con contacto de señalización.
- Protecciones diferenciales.
- Regletero de hasta cinco tomas de corriente.
- Protecciones de sobretensión y descargas atmosféricas.
- Fuente de alimentación de 220 Vca/24 Vcc, para alimentación de electrónica.

### Alimentación de los Nodos de Campo

Dependiendo de la ubicación de los nodos de campo, su alimentación se realiza de una manera diferente:

- Para nodos ubicados en subestaciones (SSEE) o centros de autotransformación (ATI o ATF), la alimentación se toma desde el cuadro de Servicios Auxiliares de 125 VCC empleándose una única línea de alimentación para alimentar tanto al armario del Nodo de Campo como al movimiento de los motores de los seccionadores de catenaria. Para estos emplazamientos el presente proyecto prevé un Ondulador de 220 VCA de 5 KVA que se intercalará entre el cuadro de Servicios Auxiliares y el armario del Nodo de Campo.
- Para los nodos ubicados en edificios técnicos tales como estaciones comerciales (EECC), Puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAET), Bifurcaciones (BIF), Puestos de Banalización (PB) o cualquier edificio que cuente con su propia instalación de baja tensión completa, incluyendo SAI, la alimentación se toma desde el cuadro de distribución de baja tensión del propio emplazamiento a 220 Vac empleándose dos líneas de alimentación: Una línea bajo SAI para la alimentación del armario y otra línea directa desde el cuadro para la alimentación a los motores de los seccionadores de catenaria.

Para los casos en los que no existe un SAI propio del emplazamiento, por ejemplo, en un edificio anexo a otro más grande, el presente proyecto ha previsto un SAI de 2 o 5 KVA que protegerá la electrónica.

- Para los nodos ubicados en casetas técnicas, tales como casetas de túnel (CTU) o Puestos intermedios de circuitos de vía (PICV), la alimentación se toma desde un seccionador de catenaria. Independientemente de que exista una acometida redundante a una línea segura, para estos casos este proyecto incluye también un pequeño SAI de 2 o 5 KVA para proteger la electrónica.

### Comunicaciones de los Nodos de Campo con el Centro de Control

El procedimiento que emplea el Nodo de Campo se basa en interrogar periódicamente a los elementos de campo correspondientes a su ámbito de control. Una vez recopilada la información de estado de los mismos, la traduce a un protocolo diseñado para viajar por redes de larga distancia y la transmite al Centro de Control. Se trata, por tanto, del punto frontera entre las comunicaciones con los centros de control y las comunicaciones locales con los elementos finales a maniobrar.

Para la conexión de cualquier Nodo de Campo con el Centro de Control, el contratista de Instalaciones de Comunicaciones Fijas dispondrá en cada emplazamiento del equipamiento de acceso necesario (repartidor de fibra óptica, nodo de acceso y switch) para conectar el Nodo de Campo a la Red Asociada que le corresponda. El punto de conexión será un puerto Ethernet 10/100 Mbps con conector RJ-45 del switch de comunicaciones. Un cable de par trenzado apantallado (STP-Cat 5) llevará la señal de datos hasta un conector idéntico del Nodo de Campo.

La comunicación de los Nodos de Campo con los centros de control se basa en el establecimiento de redes IP virtuales (VPN) entre los dispositivos de comunicación. Estas redes, de carácter

privado, aseguran que la información que viaje por la red no puede ser accesible por ningún otro equipo más que aquellos cuya dirección IP corresponda al rango de direccionamiento asignado. El protocolo a utilizar para comunicar los Nodos de Campo con los centros de control será IEC-6 0870-5-104/Perfil ADIF. Por propia definición del protocolo, deberá ir encapsulado en paquetes IP.

Se deberán habilitar puertos RJ-45 en cada uno de los switches instalados en campo. En concreto para los Nodos de Campo, se requiere el siguiente número de puertos RJ-45 en los switches de comunicaciones:

- Dos puertos RJ-45 en los Edificios Técnicos
- Un (1) puerto RJ-45 en el resto (Subestaciones, Autocentros y Casetas de Alumbrado de Túnel).

Todos los Nodos de Campo estarán interconectados virtualmente mediante una red local virtual o VLAN (Virtual Local Area Network), con los centros de control.

#### Puestos portátiles para Operación Local

Además de los Puestos de Operador situados en el CCO (Puestos Fijos) existirán los Puestos Locales de Operación que permitirán a los operadores con el Perfil de Operador Local realizar su función.

Estos Puestos Locales de Operación (PLO) tendrán los siguientes componentes:

- Puesto Portátil de Operación, constituido por un equipo similar a un ordenador portátil o a un “tablet PC”, adecuados para trabajar en campo y dedicados exclusivamente a las labores a realizar por este tipo de operadores. El ordenador portátil tendrá un diseño robusto conforme a normas para poder ser manipulado en campo en condiciones agresivas.
- Red de conexión entre los equipos portátiles y el CCO acreditada por ADIF Telecomunicaciones, quien se encargará de la provisión y mantenimiento de estas conexiones así como el direccionamiento IP asociado. Esta conexión será una red privada virtual (VPN) de nivel 2 (VPN L2) entre cada equipo portátil y el CCO, o bien una VPN de nivel 3.
- Aplicación de Gestión de Usuarios, para poder realizar las funciones de alta/baja de puestos y operadores de puestos locales, requiriendo autenticación basada en la introducción del “nombre de usuario” y de la “clave de acceso”.

El Puesto de Operación Local deberá cumplir los siguientes requisitos:

- La aplicación del CCO será idéntica a la de los PLO para que se puedan realizar las funciones de supervisión y mando equivalente.
- Sólo permitirá realizar las operaciones encomendadas al Perfil de Operador Puesto Local y al Perfil de Mantenimiento de Puesto Local

- Estarán deshabilitados los puertos de entrada/salida (USB, lector de CD, etc.) para impedir la carga de software.
- La conexión a red estará diseñada exclusivamente para conectarse al puesto central a través del protector utilizando una VPN.
- Cada equipo portátil llevará un certificado digital para poderlo autenticar ante el puesto central.

La seguridad informática de la operatividad de estos puestos no fijos, al igual que el conjunto del CCO deberá seguir la norma IEC 62 210 y la norma UNE-ISO/IEC 17 799, de 29 de noviembre de 2002 o posterior (Código de buenas prácticas para la Gestión de la Seguridad de la Información), además de los requisitos mínimos que se establecen en este documento.

Un operador en la instalación podrá poner toda la instalación en “Modo Mando Local” actuando directamente sobre este Puesto Local mediante el método de “Petición-Concesión”. Este procedimiento es por software y comunicaciones entre el operador del PLO y el operador del CCO.

#### Funcionalidad de los Nodos de Campo

El Nodo de Campo permitirá como PLO realizar las funciones de gestión y control de los Elementos Finales de Catenaria y de los Elementos Finales de Consumidores.

El PLO tendrá básicamente dos modos de funcionamiento (La selección de los modos de funcionamiento se realizará mediante el proceso de “Petición y Concesión de Mando”)

- **Modo Local:** Sólo se podrán hacer maniobras desde el propio PLO previo proceso de validación, introduciendo usuario y contraseña. En este modo de funcionamiento no se permitirán maniobras desde los niveles de operación superiores.
- **Modo Telemando:** Sólo se podrán hacer maniobras desde los niveles superiores, pero no localmente desde el propio PLO.

Todas las operaciones que se realicen desde el PLO requerirán la validación del nivel superior que esté activo (solo hay uno en todo momento). Estas operaciones serán mandos, bloqueos, validaciones de acceso, etc.

El nivel de acceso al PLO dependerá del tipo de usuario que acceda al sistema. Existirán dos tipos de usuarios en el PLO, operadores y el administrador. El usuario administrador tendrá todos los privilegios de un operador, pero además podrá dar de alta a los usuarios operador, y definir permisos de operación. En cualquier caso, para poder realizar alguna maniobra se requerirá un proceso de validación.

- Se podrá establecer bloqueo sobre el seccionador. Se trata de un bloqueo contra cierre, de manera que si un seccionador está bloqueado no se podrá cerrar si no se desbloquea

previamente. Por seguridad, se permitirá la apertura de un seccionador bloqueado. Este comando reside en la tarjeta TTC, con la posibilidad de activarse o desactivarse de manera local desde el portátil o desde puesto de operaciones del el CCO.

- Los bloqueos serán acumulativos, de manera que se podrán poner más de un bloqueo a un seccionador.
- Para que un usuario pueda realizar un bloqueo de manera local desde el PLO previamente se debe de haber iniciado sesión en el sistema y disponer de los permisos correspondientes (por el Administrador del sistema), y por supuesto estar en “modo Local”. Para realizarlo desde el CCO o desde otros PLO, igualmente se requiere validación en los correspondientes sistemas así como contar con los permisos necesarios, y por supuesto en “modo Telemando”.

Para ello en la CPU de la TTC residirá una “función macro” parametrizable por el operador donde se registran los bloqueos, el seccionador bloqueado, la identificación del operador que lo bloquea, la etiqueta o comentarios, etc. Estos datos sólo podrán ser implementados en este cuadro (macro) por el operario que los introdujo, tanto en sentido de crear el bloqueo como de su eliminación.

Por otro lado, se podrán realizar labores únicamente de monitorización desde el PLO sin necesidad de haber iniciado sesión, y son las siguientes:

- Se podrá acceder al unifilar del sistema, se tendrá la posibilidad de consultar el estado de cada uno de los seccionadores que componen la instalación.
- Se podrá consultar la lista de eventos.
- Se podrá consultar la lista de alarmas aunque no se podrá reconocerlas.
- Se podrá consultar el topológico del sistema, en el que aparecerá el estado de las comunicaciones del Nodo con los Elementos Finales, así como con los niveles superiores.

En el ámbito de una subestación, adicionalmente al control de seccionadores del pórtico de catenaria realizado por la electrónica de control el Nodo de Campo aportará al SICD de Subestación del centro de autotransformación:

- El estado, abierto/cerrado/indefinido, de los seccionadores del pórtico de catenaria.
- El estado, presencia/ausencia/indefinido, de tensión ((no afecta el nivel) en catenaria través de los detectores de tensión.

#### Gestión de Toma de Mando. Procedimiento de Petición y Concesión de Mando

Un operador en la instalación podrá poner toda la instalación en “Modo Mando Local” actuando directamente sobre el PLO del Nodo de Campo mediante el método de “Petición-Concesión”. Este procedimiento es por software y comunicaciones entre el operador del PLO y el operador del CCO.

Este procedimiento se llevará a cabo a través de trasvase de comandos entre puestos: envío hacia el CCO del comando de “Petición de Mando Local” y recepción desde el CCO del comando de “Concesión de Mando Local” si el operador de CCO lo autoriza.

En el momento en que se recibe el comando “Concesión de Mando Local Local” el usuario se asegura que las instalaciones no podrán ser controladas desde el CCO.

Todas las peticiones y cesiones de mando realizadas por un operador local en el PLO quedarán registradas en el histórico del CCO.

#### Movimiento no voluntario en el Telemando

Un movimiento espontáneo o no voluntario es un cambio en el estado de un dispositivo de corte sin una orden previa. Se considera orden previa a una orden enviada desde el CCO, o desde el PLO o desde otros equipos como una Protección, un PLC, etc.

Con el fin de ayudar al CCO a determinar si un cambio en la posición de un dispositivo es debido a una orden previa, cada dispositivo tiene asociada una señal denominada “MOVIMIENTO NO VOLUNTARIO” que se activa cuando el sistema de control del dispositivo detecta que el movimiento no ha sido debido a una orden previa.

La señal “MOVIMIENTO NO VOLUNTARIO” se generará siempre con una etiqueta de tiempo posterior al cambio en el estado del dispositivo. Esto permite que un puesto, que no tenga el mando de una remota o que dicha remota está en local, pueda calcular si el cambio recibido en el estado de un dispositivo es no voluntario.

#### **Unidades de Control**

Tal y como se ha explicado anteriormente, las Unidades de Control (UC) se conectarán a los Nodos de Campo (NC) y podrán estar asociadas a:

- Seccionadores de Catenaria (junto a detectores de tensión)
- Calefacciones de Aguja.

A continuación se describen los diferentes tipos de Unidades de Control UC:

#### Unidad de Control asociada a Seccionador de Catenaria

Los elementos asociados al transporte de la energía de tracción son los siguientes:

- Controlador del Motor del Seccionador de Catenaria (UC)
- Detectores del Nivel de Tensión: Sus valores se recogen en la UC de Seccionador de catenaria.

Para cada elemento seccionador de catenaria se suministra una UC para recibir los estados de entrada digitales y los valores de entrada analógicos y para transmitir los mandos hacia los elementos finales. Son los responsables de recoger la posición de los seccionadores, de ejecutar órdenes y de captar la tensión de los sensores de tensión, que se tratan como Elementos Finales y se describen por tanto en dicho apartado.

Cada UC estará provista de al menos 4 entradas digitales (4 E/D, 4 salidas digitales (4 S/D) y 2 entradas analógicas (2 EA). Estará equipada con un reloj interno de tiempo real y la sincronización con el Nodo de Campo se llevará a cabo por sincronización cíclica vía IEC 608 70-5-101 ( O el protocolo que sea aprobado por la Dirección de Obra).

La funcionalidad y operabilidad del controlador del accionamiento será la siguiente:

- Permitirá al Nodo de Campo realizar orden de apertura y el cierre y comprobación del estado de abierto / cerrado / error posición del seccionador, dado que contará con dos entradas digitales cableadas a los finales de carrera de apertura y cierre del motor del seccionador. Si el comando no puede ser ejecutado, se envía un reconocimiento de recibo negativo. De lo contrario se producirá alarma de fallo de mando de seccionador.
- La UC verificará si el comando puede ser ejecutado y enviará al CCO o al PLO del Nodo Campo, el reconocimiento de recibo (positivo o negativo) del resultado de esta verificación. El CCO o el PLO podrá en ese momento emitir el comando de ejecución, si es positivo, que es enviado por el Nodo de Campo a la UC al que está dirigido.
- Generalmente, cada UC podrá procesar solo un comando por vez. Colocará la etiqueta temporal, fecha y hora, de las alarmas, señales y eventos par a su registro en el sistema. En estas condiciones, el sistema deberá recoger y registrar en la Base de Datos del servidor del PLO:
  - Los eventos que se produzcan sobre los Elementos Finales.
  - Las alarmas que se generen sobre los Elementos Finales.
  - Las órdenes (comandos de apertura y cierre) que, tanto desde el CCO como a nivel local desde el propio PLO, se realicen sobre los Elementos Finales. Así como los cambios de estados que estas órdenes o comandos originen.
  - Los valores de las señales analógicas recogidas de campo a través de los sensores o detectores de catenaria y los transductores de tensión y potencia.

Además, enviará esta información al CCO para su registro en la Base de Datos del mismo.

La UC de seccionador de catenaria, estará provista internamente de dos relés de maniobra para los mandos de cierre y apertura. El cierre del relé de maniobra conectará los relés de fuerza al circuito de fuerza del armario motor. Los contactos de los relés serán NA.

Los cables de los finales de carrera del armario del motor irán directamente cableados a dos entradas digitales de la UC, que se encontrarán protegidos mediante optoacopladores de 3,5 k Vcc de capacidad de aislamiento mínimo.

Cuando la UC reciba un mando de maniobra, por ejemplo, cerrar, desde el Nodo de Campo, cerrará el relé de maniobra correspondiente al cierre, activando la salida digital a "1" y a "0" la correspondiente a la apertura. Estas posiciones serán confirmadas por el controlador y el resultado enviado al Nodo de Campo. Si la confirmación del cierre fuera correcta, el Nodo de Campo enviará el comando de cierre. La UC enviará al Nodo de Campo un mensaje de fin de maniobra cuando detecte el fin de carrera correspondiente o por alcanzar el tiempo límite de maniobra. Cuando la UC reciba el mensaje de confirmación de maniobra, confirmará la notificación al Nodo de Campo.

Ésta será la forma de monitorizar un accionamiento de seccionador eléctrico o electro-hidráulico.

#### Unidad de Control asociada a Seccionador de Catenaria para alimentación a Consumidores

Por cada seccionador de catenaria se instalará una Unidad de Control constituida por al menos 4 entradas digitales (4 E/D, 4 salidas digitales (4 S/D) y 2 entradas analógicas (2 EA). Estará equipada con un reloj interno de tiempo real y la sincronización con el Nodo de Campo se llevará a cabo por sincronización cíclica vía IEC 608 70-5-101 ( O el protocolo que sea aprobado por la Dirección de Obra).

Las características, funcionalidad y operación son las mismas que las descritas en el apartado anterior. La única diferencia será que a estas UC no se les asocian detectores de tensión.

#### Unidad de Control asociada a Calefacción de Agujas

La calefacción de agujas son dispositivos, resistencia de caldeo, instalados en vía con la función de impedir la formación de hielo, justo en los espadines de los desvíos, que dificulte el movimiento de los mismos.

El control de lo calefactores de agujas se realiza mediante un autómata programable (PLC) que se encuentra instalado en un armario en vía próximo a los calefactores.

En el entorno de estos, y sobre poste, se coloca un transformador 25 kV / 230 V de alimentación a estos armarios, y el telemando de energía instala una Unidad de Control (UC) para monitorizar y telecontrolar el motor mediante el accionamiento del seccionador de 25 kV. Por lo que se podrá, a través de un puerto serie RS-232, poner en comunicación la UC con el PLC de Calefactores de vía con protocolo IEC-60870-5-101.

Con objeto de unificar criterios con instalaciones semejantes, se atenderá a las siguientes especificaciones para las comunicaciones del sistema de Calefacción de Agujas:

- Tipo de puerto físico: Puerto RS-232.
- Número de Puerto: 2
- -Cable de comunicaciones provisto de conectores de puerto serie RS-232, (3 conductores: Rx, Tx y Gnd)
- Conector telefónico tipo RJ-45
- Protocolo de comunicaciones Mod-Bus.
- Formato de datos a intercambiar: Palabras de 16 bits (Escritura y lectura)

Al disponer de este enlace con el PLC del calefactor, desde el PLO, colocado en el Edificio Técnico, se podrán transferir las órdenes de conexión y desconexión de los calefactores tanto a nivel local como desde el CCO, así como recibir las alarmas y señales asociadas al sistema y transferidas por el PLC.

Las Entradas Digitales (estados) y Salidas Digitales (órdenes) se obtendrán y ejecutarán por medio de un bornero y contactos libres de potencial.

### Redes Locales

Las Redes Locales serán las que conecten las Unidades de Control (UC) a los Nodos de Campo. A través de la Red Local se dota de comunicaciones y energía a los Elementos Finales.

De acuerdo a los Elementos Finales que deba controlar un Nodo de Campo las Redes Locales podrán ser:

- Redes locales de catenaria
- Redes locales de catenaria-consumidores
- Redes locales de consumidores

A continuación, se describe el diseño de cada una de las redes:

- Las RL-CA y RL-CO, o las combinadas RL-CA-CO, para los PBB, PAET, BIF, y EECC y algunas Casetas de Túnel, estarán construidas con topología de anillo basada en un cable híbrido, de fibra óptica multimodo y cable bipolar de cobre, y en un cable bipolar de cobre, de sección según longitud y número de cargas, de 0,6/1 kV para la energía del accionamiento del motor de los seccionadores.

Se realizará una gestión del anillo de manera que se detectará la rotura del mismo, y consecuentemente se buscarán caminos alternativos en éste. Para la comunicación se usa el protocolo IEC 60870-5-101 (o el que apruebe la Dirección de Obra), en modo balanceado, es

decir que el Nodo de Campo actúa como “maestro” y solicita de las remotas de las Unidades de Control conectadas información una después de otra.

- Las RL-CO para Casetas Técnicas PICV o PCA estarán construidas con topología en estrella o topología bus.

El suministro e instalación de la FO y de los cables de alimentación de los equipos electrónicos se incluyen en el alcance del presente proyecto. Para su instalación y tendido se deberán aprovechar en todo lo posible las canalizaciones existentes o previstas por otros proyectos. Sea cual sea la situación se deberá realizar el tendido teniendo en cuenta los métodos básicos del mismo, para evitar que el cable sufra cualquier tipo de desperfecto que merme sus posibilidades futuras de funcionamiento. Si fuera necesario, se complementarán las canalizaciones existentes con nuevas canalizaciones para posibilitar todos los tendidos.

Deberá prestarse especial atención al tendido de los cables de fibra óptica que se necesitan para la realización de las Redes Locales, para respetar los radios de curvatura mínimos.

### Redes Locales de Catenaria, Consumidores y Catenaria-Consumidores. Anillo

La Red Local es el cableado necesario empleado tanto para comunicaciones como para alimentación de las diferentes Unidades de Control. Siempre que los Elementos Finales se encuentren distribuidos a lo largo de la vía resulta más adecuada la topología en Anillo.

Estará constituida por:

- Un cable híbrido formado por:
  - Un cable bipolar de cobre de 2 x 2,5 mm<sup>2</sup> de 0,6/1 kV para la energía de la electrónica de control del Elemento Final.
  - Un cable de dos Fibras Ópticas multimodo 62,5/125 µm para el monitoreo y control (emisión de órdenes y recepción de eventos y alarmas).
- Un cable bipolar de cobre de 2x10 mm<sup>2</sup>, 2x16 mm<sup>2</sup>, 2x25 mm<sup>2</sup> (según longitud y número de cargas) de 0,6 /1 kV para la energía del accionamiento del motor de los seccionadores.

Para los cables de cobre se deberá cumplir con lo indicado en la Especificación Técnica de Diseño, Suministro e Instalación de Cables de Baja Tensión, editada por ADIF.

El cable de F. O. estará constituido por dos fibras de sílice multimodo, con una primera protección ajustada y coloreada, según código establecido, y sobre esta se colocará una segunda protección del tipo “tubo” holgado de poliamida. El tubo estará relleno de material hidrófugo estable con los cambios de temperatura, hasta 70 °C.

El cable de fibra óptica deberá cumplir los siguientes parámetros:

- Atenuación, tanto para el cable acabado como para la primera protección en dB /km, máxima de 3,8 dB/km.
- Dispersión cromática en función de la ventana de transmisión del equipo de iluminación, en ps/nm.Km, menor o igual a 18 ps/nm.Km

#### *Funcionamiento de anillo:*

Las Redes Locales en anillo serán equipadas con anillos de fibra óptica redundantes. Los módulos de enlace óptico del Nodo de Campo y de la electrónica de los Elementos Finales (UC) garantizarán la tolerancia a interrupciones del anillo.

En el anillo de fibra óptica la primera UC recibe, por ejemplo, un telegrama IEC 60870-5-101 de la tarjeta de comunicaciones del Nodo de Campo del lado A. La UC verifica si la dirección del enlace del telegrama es su propia dirección. Si lo es, genera la respuesta y la envía de vuelta a través de la interfase por el mismo lado. Si la dirección del telegrama no coincide con la suya la UC reenvía el telegrama tan rápido como sea posible a la próxima UC a través del interfaz B.

Si la UC recibe un telegrama desde el lado B, envía la respuesta hacia el mismo lado, si la dirección de enlace del telegrama coincide con su propia dirección de enlace. Si no coincide, el telegrama es reenviado al próximo UC a través del interfaz A.

La parametrización de la UC podrá hacerse vía herramienta software de PC portátil o ser enrutados por protocolo IEC 60870-5-104 al Nodo de Campo y de éste vía protocolo IEC 60870-5-101 ( O el aprobado por la Dirección de Obra) a la UC. Por lo tanto, la descarga puede hacerse a través de toda la red en TCP/IP.

Las UC estarán dotadas además de una interfaz de conexión serie para a través de herramienta software con PC portátil realizar prueba y diagnóstico que proporcione de esta forma los estados de operación y las situaciones de error en el módulo de la UC.

#### Redes Locales de Consumidores (RL-CO). Estrella/Bus

Cuando los Elementos Finales no se encuentran distribuidos a lo largo de la vía la Red Local no tiene que basarse forzosamente en una topología en anillo. Para casos concretos, que son ciertas Redes Locales específicas de consumidores, se planteará una topología en bus o en estrella.

A continuación, se describen los casos concretos de aplicación:

#### *Accionamiento del interruptor de BT*

Se tenderá la RL-CO constituida por

- Un cable de cobre de al menos 6x2,5 mm<sup>2</sup> de 0,6/ 1 kV donde se emplearán:
  - Dos (2) conductores para emisión de las órdenes “abrir / cerrar” del interruptor.
  - Dos (2) conductores de alimentación de 220 V de relés de maniobras abrir / cerrar seccionador.
  - Dos (2) conductores para la comprobación del estado “abierto o cerrado” del seccionador.
- Un cable bipolar de cobre de 2x10 mm<sup>2</sup>, 2x16 mm<sup>2</sup>, 2x25 mm<sup>2</sup> (según longitud y número de cargas) de 0,6 /1 kV para la energía del accionamiento del motor de los seccionadores.

La energización de esta red se realizará a través de contactos libres de potencial, NA, de relés secundarios actuados por la activación a “1” de salidas digitales del Nodo de Campo. Al tratarse de dos órdenes “abrir” y “cerrar” se dispondrán dos relés secundarios de 24 Vcc que suministran los 220 Vca a la bobina del interruptor de BT al momento de ser actuados.

La medida de la tensión de 220 V se obtiene del cuadro de distribución interno en el emplazamiento.

#### *Accionamiento del seccionador de catenaria:*

Se tenderá la RL-CO constituida por un cable de cobre de al menos 6x2,5 mm<sup>2</sup> de 0,6/1 kV para realizar un control a 6 hilos del motor del seccionador, donde:

- Tres (3) conductores controlan el movimiento del seccionador “abrir / cerrar”.
- Tres (3) conductores controlan la posición del seccionador “abierto / cerrado”.

La energización de esta red se realizará a través de contactos libres de potencial, NA, de relés secundarios actuados por la activación a “1” de salidas digitales de la UC. Al tratarse de dos órdenes “abrir” y “cerrar” se dispondrán dos relés secundarios de 24 Vcc que suministran los 220 Vca al motor al momento de ser actuados.

#### *Medidas de consumo en Baja Tensión:*

Para la emisión al telemando de la tensión y la intensidad, y por tanto de la potencia activa de la línea, se realizará un cableado desde los bornes de referencia en los armarios de distribución de BT hasta los convertidores de tensión e intensidad del armario del Nodo de Campo.

Para los cables de cobre se deberá cumplir con lo indicado en la Especificación Técnica de Diseño, Suministro e Instalación de Cables de Baja Tensión, editada por ADIF.

#### **Elementos Finales**

Los Elementos Finales se dividen en dos categorías:

- Elementos Finales de Catenaria

- Elementos Finales de Consumidores

A continuación, se describen todos los Elementos Finales implicados:

#### Elementos Finales de Catenaria

En esta categoría se tendrán únicamente los detectores de nivel de tensión:

##### *Detectores del Nivel de Tensión*

La detección del nivel de tensión de catenaria se realizará por medio de la colocación de detectores de tensión capaces de captar el valor de tensión de la catenaria. El montaje se realizará sobre el mismo poste donde se coloca el seccionador de manera que toda la catenaria de la línea tenga detector en cada uno de los tramos.

El sensor estará formado por un divisor de tensión capacitivo provisto de un conversor de bucle de corriente, de manera que a la salida del sensor se tenga una señal de 4-20 mA que es la que entrará en la tarjeta analógica de la UC en el armario del seccionador, aumentando así la seguridad de la instalación.

La alimentación desde la bornas del detector a las entradas analógicas de la UC, se realizará por un cable bipolar de cobre de 1,5 m<sup>2</sup> de sección tipo RZ1-K 0,6/1 kV, tendido bajo tubo rígido  $\varnothing$  20 mm, hasta los bornes de la tarjeta de entrada analógica del Controlador del seccionador. El tubo se fijará al poste de catenaria mediante abrazaderas metálicas cromadas y tornillo métrica 6. La conexión a tierra, referencia carril, se hará con cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup>.

Los detectores de tensión se ubicarán:

- En las Subestaciones en los dos polos (un detector a +25 kV y un detector a -25 kV) de los seccionadores de punta de feeders: feeder de alimentación a vía 1 dirección PK creciente (F1), feeder de alimentación a vía 2 dirección PK creciente (F2), feeder de alimentación a vía 1 dirección PK decreciente (F3) y feeder de alimentación a vía 2 dirección PK decreciente (F4). Y solo un detector en zona neutra y en ambas vías: en el polo seccionador que puentea la zona neutra de vía 1 por la banda de PK creciente (ZN1) y en el polo seccionador que puentea la zona neutra de vía 2 por la banda de PK creciente (ZN2), y en ambos casos en el polo dentro de la zona neutra.
- En los Centros de Autotransformación Finales, el número y ubicación será idéntico a la de Subestación.
- En PAET se colocará un detector en el seccionador de alimentación de vía principal a vía secundaria: en el polo seccionador que alimenta de vía 1 a vía 3 y en el polo seccionador que alimenta de vía 2 a vía 4.

- Para determinar la presencia o no de tensión en los tramos de catenaria en vías principales se recurrirá a la colocación de dos detectores (un detector a +25 kV y un detector a -25 kV) por sección o tramo entre dos seccionadores, en sentido longitudinal de la catenaria, que seccionan a la misma.

Se deberá prestar atención a que no se ubiquen en un mismo sector dos detectores de tensión ya que la avería de uno indicaría tensión en contradicción del detector que esté correctamente funcionando, y viceversa.

#### Elementos Finales de Consumidores

Los Elementos Finales de Consumidores, asociados al consumo de la energía que transporta la catenaria, son los siguientes:

- Interruptor de Baja Tensión de 220 V.
- Control del Suministro de Energía de Catenaria.

##### *Interruptor de Baja Tensión de 220 V*

Para el control del interruptor de Baja Tensión de 220 V del suministro desde catenaria se contemplarán las siguientes señales a telecontrolar por el Nodo de Campo:

- Entradas Digitales cableadas desde el armario de conmutación o desde el de distribución en BT:
  - Dos alarmas de disparo de fusible.
  - Alarma falta de tensión 220 Vac, desde el suministro de catenaria.
  - Indicación de posición de abierto o cerrado del interruptor de BT de catenaria (calculadas).
  - Alarma de disparo del interruptor.
  - Alarma de disparo de protección de calefactor de aguja (en Edificios Técnicos con calefactores de aguja asociados).
- Salidas Digitales para las maniobras del interruptor de Baja Tensión, se contemplará:
  - Orden de apertura y cierre al interruptor de BT de catenaria.
  - Rearme del Interruptor

##### *Control del Suministro de Energía de Catenaria ( Convertidores de medida)*

En los Nodos de Campo que incluyan consumidores, la recepción de las medidas de tensión y consumo de catenaria del emplazamiento se realizará a través de convertidores de medida montados sobre carril DIN en el interior del armario. Estos convertidores recibirán las medidas desde los transformadores de tensión e intensidad (TI y TT) situados en el cuadro eléctrico del edificio y las convertirán a un rango aceptable para la tarjeta de entradas analógicas (típicamente de 4 a 20 mA).

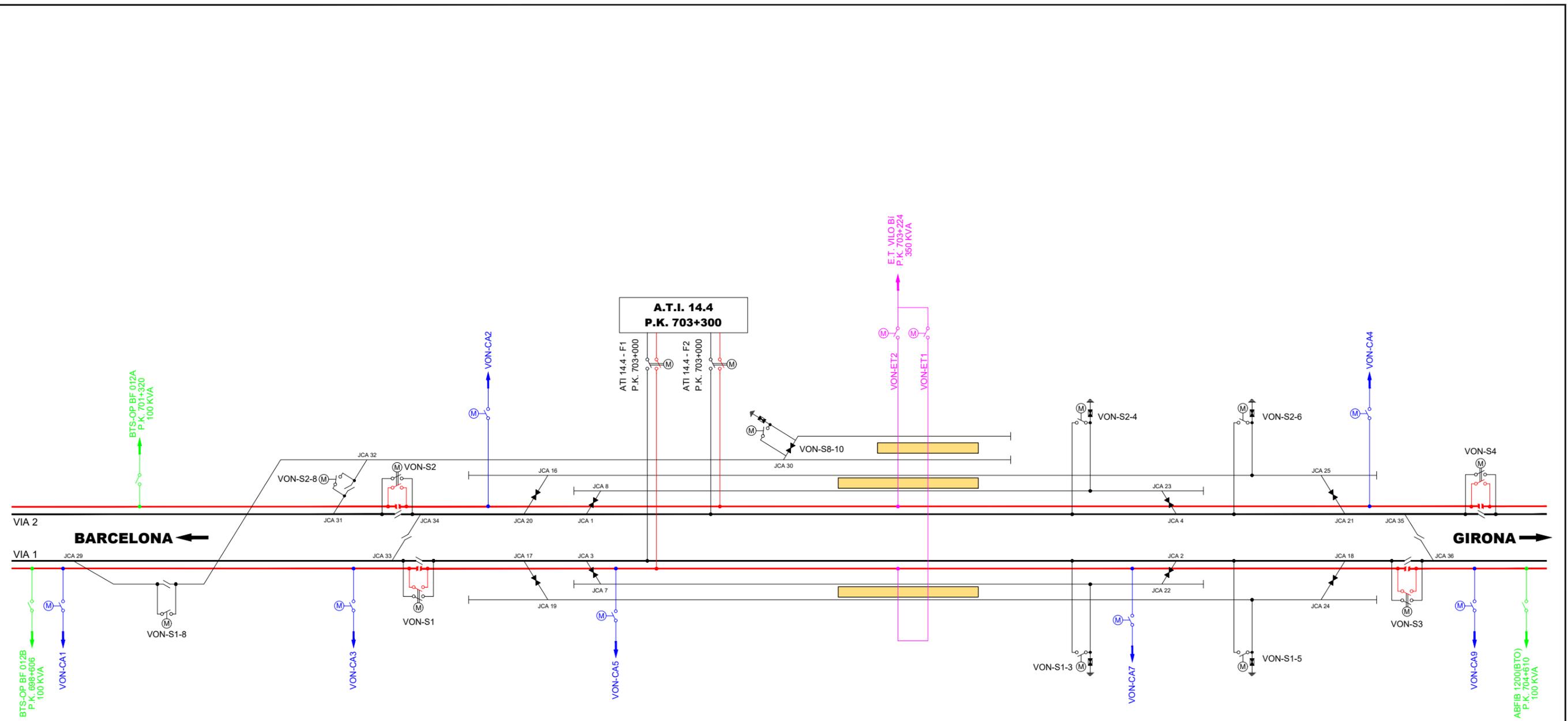
Estas señales de tensión e intensidad, se llevarán a las entradas de medida de tensión e intensidad del convertidor de potencia. De estos convertidores saldrán sendas señales de valor comprendido entre 4-20 mA.

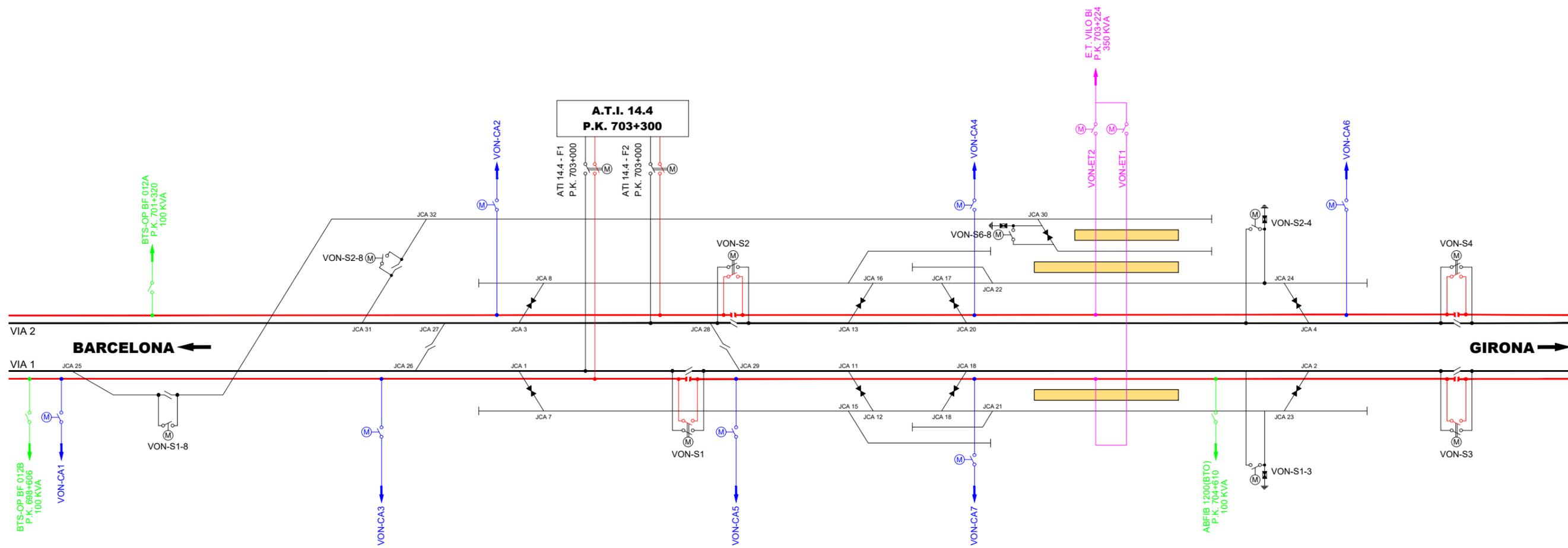
En este caso se deberá incorporar una tarjeta de entradas analógicas al Nodo de Campo.



APÉNDICE 1. ESQUEMAS DE ELECTRIFICACIÓN







MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED FERROVIARIA

TÍTULO PROYECTO:  
ESTUDIO INFORMATIVO DE LA NUEVA ESTACIÓN FERROVIARIA EN EL AEROPUERTO DE GIRONA-COSTA BRAVA.

AUTOR DEL ESTUDIO:  
D. JOSÉ A. PÉREZ GÁNDARA  
**saitec** engineering

ESCALA ORIGINAL A3:  
NUMÉRICA GRÁFICA

FECHA:  
MARZO 2023

Nº DE PLANO:  
A10.Ap 1  
Nº DE HOJA:  
HOJA 2 DE 2

TÍTULO DEL PLANO:  
ALTERNATIVA 2  
ESQUEMA DE ELECTRIFICACIÓN