

**DECISIÓN DE LA COMISIÓN****de 30 de mayo de 2002****sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema «Energía» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad mencionado en el apartado 1 del artículo 6 de la Directiva 96/48/CE***[notificada con el número C(2002) 1949]***(Texto pertinente a efectos del EEE)**

(2002/733/CE)

LA COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea,

Vista la Directiva 96/48/CE del Consejo, de 23 de julio de 1996, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad <sup>(1)</sup> y, en particular, el apartado 1 de su artículo 6,

Considerando lo siguiente:

- (1) De conformidad con la letra c) del artículo 2 de la Directiva 96/48/CE, el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad se subdivide en subsistemas de carácter estructural o funcional. Estos subsistemas están descritos en el anexo II de la Directiva.
- (2) De conformidad con el apartado 1 del artículo 5 de la Directiva, cada uno de los subsistemas será objeto de una especificación técnica de interoperabilidad (ETI).
- (3) De conformidad con el apartado 1 del artículo 6 de la Directiva, los proyectos de ETI serán elaborados por el organismo común representativo.
- (4) El Comité establecido en el artículo 21 de la Directiva 96/48/CE ha otorgado el nombramiento de organismo común representativo, de conformidad con la letra h) del artículo 2 de la Directiva, a la Asociación europea de interoperabilidad ferroviaria (AEIF).
- (5) La AEIF ha recibido el mandato de elaborar un proyecto de ETI para el subsistema «Energía» de conformidad con el apartado 1 del artículo 6 de la Directiva. Este mandato ha sido otorgado de conformidad con el procedimiento establecido en el apartado 2 del artículo 21 de la Directiva.
- (6) La AEIF ha elaborado el proyecto de ETI, junto con un informe introductorio que incluye un análisis de coste/beneficio, de acuerdo con lo estipulado en el apartado 3 del artículo 6 de la Directiva.
- (7) El proyecto de ETI ha sido examinado por representantes de los Estados miembros, en el marco del Comité establecido por la Directiva, a la luz del informe introductorio.
- (8) Tal como se especifica en el artículo 1 de la Directiva 96/48/CE, las condiciones que deben cumplirse para realizar la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad se refieren al proyecto, construcción, adaptación y explotación de las infraestructuras y del material rodante que concurren en el funcionamiento del sistema, que se pondrán en servicio después de la fecha de entrada en vigor de la Directiva. Con respecto a las infraestructuras y al material rodante que ya estaban en servicio en la fecha de entrada en vigor de la mencionada ETI, ésta deberá aplicarse a partir de la fecha en que esté previsto comenzar las obras en las mencionadas infraestructuras; que, no obstante, el grado de aplicación de la ETI será distinto según el ámbito y alcance de las obras previstas y de los costes y beneficios generados por las aplicaciones previstas. A fin de que estas obras parciales contribuyan a alcanzar la plena interoperabilidad, habrán de estar basadas en una estrategia de aplicación coherente. En este contexto, deberá distinguirse entre acondicionamiento, renovación y sustituciones relacionadas con el mantenimiento.
- (9) Se reconoce que la Directiva 96/48/CE y las ETI no se aplican a las renovaciones o sustituciones relacionadas con el mantenimiento; que, no obstante, es aconsejable que las ETI se apliquen a las renovaciones, como sería el caso de las ETI relativas al sistema ferroviario convencional regulado por la Directiva 2001/16/CE. A falta de un requisito de obligado cumplimiento y teniendo en cuenta el alcance de las obras de renovación, se exhorta a los Estados miembros a que apliquen las ETI a las renovaciones y sustituciones relacionadas con el mantenimiento siempre que les sea posible.
- (10) En su versión actual, la ETI objeto de la presente Decisión describe características específicas del sistema de alta velocidad y, como norma general, no se ocupa de los aspectos comunes al sistema ferroviario de alta velocidad y convencional. La interoperabilidad de este último es objeto de otra Directiva <sup>(2)</sup>. Dado que la verificación de la interoperabilidad ha de determinarse con referencia a las ETI, de conformidad con el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/48/CE, es necesario, durante el período de transición estipulado entre la

<sup>(1)</sup> DO L 235 de 17.9.1996, p. 6.<sup>(2)</sup> Directiva 2001/16/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo de 2001, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional (DO L 110 de 20.4.2001, p. 1).

publicación de la presente Decisión y la publicación de las Decisiones por las que se adoptan las ETI relativas al «ferrocarril convencional», establecer las condiciones que deberán cumplirse adicionalmente a la ETI que se adjunta. Por estos motivos es necesario que cada Estado miembro informe a los demás y a la Comisión sobre las normas técnicas aplicadas para lograr la interoperabilidad y cumplir los requisitos esenciales de la Directiva 96/48/CE. Además, siendo tales normas de ámbito nacional, es necesario que cada Estado miembro informe a los demás y a la Comisión sobre los organismos que nombre para aplicar el procedimiento de evaluación de la conformidad o de la idoneidad para el uso, así como el procedimiento de verificación de la interoperabilidad de los subsistemas, de acuerdo con el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/48/CE. Los Estados miembros aplicarán, en la medida de lo posible, los principios y criterios estipulados en la Directiva 96/48/CE para la aplicación del apartado 2 del artículo 16 en el caso de las mencionadas normas nacionales. En relación con los organismos encargados de dichos procedimientos, los Estados miembros se servirán, en la medida posible, de los organismos notificados que se mencionan en el artículo 20 de la Directiva 96/48/CE. La Comisión analizará estas informaciones (normas nacionales, procedimientos, organismos encargados de los procedimientos de aplicación y duración de dichos procedimientos) y, en su caso, estudiará con el Comité la necesidad de adoptar algún tipo de medida.

(11) La ETI objeto de la presente Decisión no obliga a utilizar tecnologías o soluciones técnicas específicas, excepto cuando sea estrictamente necesario para la interoperabilidad de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad.

(12) La ETI objeto de la presente Decisión se basa en los mejores conocimientos expertos disponibles en el momento de la elaboración del proyecto correspondiente. La evolución de la tecnología o las necesidades sociales pueden exigir la modificación o complementación de esta ETI. En su caso, se iniciará un procedimiento de revisión o actualización de conformidad con el apartado 2 del artículo 6 de la Directiva 96/48/CE.

(13) En algunos casos, la ETI objeto de la presente Decisión permite elegir entre distintas soluciones, lo que ofrece la posibilidad de aplicar soluciones de interoperabilidad transitorias o definitivas que sean compatibles con la situación existente. Además, la Directiva 96/48/CE prevé disposiciones de aplicación especiales en determinados casos concretos. Además, en los casos estipulados en el artículo 7 de la Directiva, los Estados miembros deben tener la posibilidad de no aplicar determinadas especificaciones técnicas. Por consiguiente, es necesario que los Estados miembros garanticen la publicación y actualización anual de un registro de infraestructuras y de un registro de material rodante. En estos registros deberán consignarse las principales características de la infraes-

tructura y el material rodante nacionales (por ejemplo, sus parámetros básicos) y su concordancia con las características prescritas en las ETI aplicables. A estos efectos, la ETI objeto de la presente Decisión señala de forma precisa qué información debe consignarse en el registro.

(14) En la aplicación de la ETI objeto de la presente Decisión deben tenerse en cuenta criterios específicos relacionados con la compatibilidad técnica y operativa entre las infraestructuras y el material rodante que habrán de ponerse en servicio y la red en la que habrán de integrarse. Estos requisitos de compatibilidad hacen imprescindible realizar un complejo análisis técnico y económico en cada caso, para lo cual deberán tenerse en cuenta:

- las interfaces entre los distintos subsistemas mencionados en la Directiva 96/48/CE,
- las distintas categorías de líneas y material rodante establecidas en la citada Directiva, y
- el entorno técnico y operativo de la red existente,

y por esta razón resulta esencial definir una estrategia para la aplicación de la ETI objeto de la presente Decisión, que señale en particular las fases técnicas necesarias para pasar de la situación actual a una situación de interoperabilidad de la red.

(15) Las disposiciones de la presente Decisión se ajustan al dictamen emitido por el Comité establecido con arreglo a la Directiva 96/48/CE.

HA ADOPTADO LA PRESENTE DECISIÓN:

#### *Artículo 1*

Por la presente, la Comisión adopta la ETI relativa al subsistema «Energía» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad mencionado en el apartado 1 del artículo 6 de la Directiva 96/48/CE. Esta ETI figura en el anexo de la presente Decisión. Esta ETI se aplica en su totalidad a las infraestructuras y al material rodante del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad que se definen en el anexo I de la Directiva 96/48/CE, teniendo en cuenta los artículos 2 y 3 siguientes.

#### *Artículo 2*

1. En relación con los aspectos que son comunes a los sistemas ferroviarios de alta velocidad y convencionales, pero que no están descritos en la ETI adjunta, las condiciones que deben cumplirse para la verificación de la interoperabilidad, de conformidad con el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/48/CE, son las normas técnicas aplicables en el Estado miembro que autoriza la puesta en servicio del subsistema objeto de la presente Decisión.

2. Cada Estado miembro notificará a los demás y a la Comisión, en un plazo de seis meses a partir de la fecha de notificación de la presente Decisión:

- la lista de normas técnicas aplicables mencionadas en el apartado 1 de este mismo artículo 2,
- los procedimientos de evaluación de la conformidad y de verificación que deberán seguirse en relación con la aplicación de dichas normas,
- los organismos que nombra para llevar a cabo dichos procedimientos de evaluación de la conformidad y de verificación.

### Artículo 3

1. A efectos del presente artículo, se entenderá por:

- «acondicionamiento»: obras importantes para modificar un subsistema o parte de un subsistema que modifiquen las prestaciones del mismo,
- «renovación»: obras importantes para sustituir un subsistema o parte de un subsistema que no modifiquen las prestaciones del mismo,
- «sustitución relacionada con el mantenimiento»: sustitución de componentes por piezas de idéntica funcionalidad y prestaciones en el contexto de un mantenimiento predictivo o correctivo.

2. En caso de acondicionamiento, la entidad contratante presentará un expediente descriptivo del proyecto al Estado miembro correspondiente. El Estado miembro estudiará dicho expediente y, teniendo en cuenta la estrategia de aplicación mencionada en el capítulo 7 de la ETI adjunta, decidirá (según corresponda) si la magnitud de las obras justifica la necesidad de emitir una nueva autorización para la puesta en servicio de conformidad con el artículo 14 de la Directiva 96/48/CE. Esta autorización para la puesta en servicio será necesaria siempre que las obras previstas puedan afectar objetivamente al nivel de seguridad.

Si fuera necesario emitir una nueva autorización para la puesta en servicio de conformidad con el artículo 14 de la Directiva 96/48/CE, el Estado miembro decidirá si:

- a) el proyecto incluye la plena aplicación de la ETI, en cuyo caso el subsistema se someterá al procedimiento de verificación «CE» estipulado en la Directiva 96/48/CE, o bien
- b) no es posible la plena aplicación de la ETI, en cuyo caso el subsistema no será plenamente conforme con la misma y sólo se aplicará el procedimiento de verificación CE dispuesto en la Directiva 96/48/CE a las partes de la ETI que sí se aplican.

En estos dos casos, el Estado miembro informará al Comité establecido con arreglo a la Directiva 96/48/CE acerca del expediente, indicando las partes de la ETI que se aplican y el grado de interoperabilidad conseguido.

3. En caso de renovación o sustitución relacionada con el mantenimiento, la aplicación de la ETI adjunta será voluntaria.

### Artículo 4

Las partes relevantes de la Recomendación 2001/290/CE de la Comisión <sup>(3)</sup> relativa a los parámetros fundamentales del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad dejarán de surtir efectos a partir de la entrada en vigor de la ETI adjunta.

### Artículo 5

La ETI adjunta entrará en vigor en el plazo de seis meses a partir de la notificación de la presente Decisión.

### Artículo 6

Los destinatarios de la presente Decisión serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 30 de mayo de 2002.

Por la Comisión  
Loyola DE PALACIO  
Vicepresidente

<sup>(3)</sup> DO L 100 de 11.4.2001, p. 17.

## ANEXO

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE INTEROPERABILIDAD RELATIVA AL SUBSISTEMA «ENERGÍA»****1. INTRODUCCIÓN****1.1. Ámbito de aplicación técnico**

Esta ETI se ocupa del subsistema «Energía», que es uno de los subsistemas relacionados en el punto 1 del anexo II de la Directiva 96/48/CE.

Forma parte de un conjunto de seis ETI que abarcan los ocho subsistemas definidos en la Directiva. Las especificaciones relativas a los subsistemas «Usuarios» y «Medio Ambiente», que son necesarias para asegurar la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad en cumplimiento de los requisitos esenciales, se definen en las ETI correspondientes.

Para más información sobre el subsistema «Energía», véase el capítulo 2.

**1.2. Ámbito de aplicación geográfico**

El ámbito de aplicación geográfico de la presente ETI es el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad descrito en el anexo I de la Directiva 96/48/CE.

Se hace referencia en particular a las líneas de la red ferroviaria transeuropea descritas en la Decisión nº 1692/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 1996, sobre las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la red transeuropea de transporte o en cualquier actualización de la mencionada Decisión que se realice a raíz de la revisión estipulada en su artículo 21.

**1.3. Contenido de la presente ETI**

De conformidad con el apartado 3 del artículo 5 y con la letra b) del apartado 1 del anexo I de la Directiva 96/48/CE, en esta ETI:

- a) se precisan los requisitos esenciales para los subsistemas y sus interfaces (capítulo 3);
- b) se determinan los parámetros fundamentales, descritos en el punto 3 del anexo II de la mencionada Directiva, que son necesarios para el cumplimiento de los requisitos esenciales (capítulo 4);
- c) se fijan las condiciones que han de respetarse para cumplir los rendimientos especificados para cada una de las siguientes categorías de líneas (capítulo 4):
  - categoría I: líneas construidas especialmente para la alta velocidad y equipadas para velocidades iguales o superiores a 250 km/h con carácter general,
  - categoría II: líneas acondicionadas especialmente para la alta velocidad y equipadas para velocidades del orden de los 200 km/h,
  - categoría III: líneas acondicionadas especialmente para la alta velocidad con características específicas debidas a dificultades topográficas, de relieve o de entorno urbano, en las cuales deberá adaptarse la velocidad a cada caso;
- d) se fijan las posibles normas de desarrollo en determinados casos específicos (capítulo 7);
- e) se determinan los componentes de interoperabilidad y las interfaces que deberán ser objeto de especificaciones europeas, y entre ellas, las normas europeas, que serán necesarias para lograr la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad cumpliendo con los requisitos esenciales (capítulo 5);
- f) se indican, en cada uno de los casos previstos, los módulos definidos en la Decisión 93/465/CEE o, en su caso, los procedimientos específicos que deberán utilizarse para evaluar la conformidad o la idoneidad para el uso de los componentes de interoperabilidad, así como la verificación «CE» de los subsistemas (capítulo 6).

## 2. DEFINICIÓN DEL SUBSISTEMA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

### 2.1. Objeto

El subsistema «Energía» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad comprende todas las instalaciones fijas necesarias para suministrar alimentación eléctrica a los trenes, en cumplimiento de los requisitos esenciales, desde las redes monofásicas o trifásicas de alta tensión.

El subsistema «Energía» consta de:

- *subestaciones*: Están conectadas por su lado primario a la red eléctrica de alta tensión, que transforman en una tensión o sistema de alimentación adecuados para los trenes. Por su lado secundario, las subestaciones se conectan a las líneas aéreas de contacto del ferrocarril,
- *puntos de seccionamiento*: Equipos eléctricos situados en puntos intermedios entre subestaciones para alimentar y hacer paralelas las líneas de contacto y proporcionar protección, aislamiento, suministros auxiliares y compensación,
- *líneas aéreas de contacto*: Estas líneas distribuyen la energía a los trenes que circulan por la ruta y ello a través de los pantógrafos. La línea aérea de contacto también está equipada con disyuntores accionados manualmente o por control remoto, cuya misión es aislar secciones o grupos de las líneas aéreas de contacto, en función de las necesidades de explotación. Todos los tipos de líneas de alimentación («fiders») pertenecen igualmente a las líneas de contacto,
- *circuito de retorno de corriente*: La corriente de tracción utiliza carriles que van conectados directa o indirectamente a tierra y conductores de retorno a las subestaciones. Por consiguiente, en lo que se refiere a este aspecto, el circuito de retorno forma parte del subsistema «Energía»,
- *pantógrafo*: A pesar de ir instalado en el material rodante en movimiento, los pantógrafos son un aparato importante cuyo correcto funcionamiento está directamente relacionado con la línea aérea de contacto. Por consiguiente, se considera parte del subsistema «Energía».

Los aspectos siguientes del subsistema «Energía» están relacionados con la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad:

- sistema de electrificación,
- líneas aéreas de contacto y pantógrafos,
- interacción entre los pantógrafos y los equipos de las líneas aéreas,
- separaciones entre las líneas de alta velocidad, las líneas acondicionadas y las líneas de enlace.

### 2.2. Definición del subsistema

#### 2.2.1. Sistema de electrificación

Al igual que cualquier otro aparato eléctrico, una unidad de tracción está diseñada para funcionar correctamente con una tensión y una frecuencia nominales aplicadas a sus terminales, que son los pantógrafos y las ruedas. Es preciso definir las variaciones y los límites de estos parámetros a fin de garantizar el rendimiento previsto del tren.

Los trenes de alta velocidad necesitan una potencia igualmente alta. Por consiguiente, a fin de suministrar esta potencia a los trenes con pérdidas mínimas, es necesario aumentar la tensión del sistema y reducir la intensidad que da lugar a las pérdidas resistivas. El sistema de alimentación ha de diseñarse de modo que todos los trenes reciban la potencia necesaria. Por consiguiente, el consumo de energía de cada tren y el horario de servicios son aspectos importantes para el rendimiento.

Los trenes modernos utilizan frenos de recuperación que devuelven energía al sistema de alimentación para reducir el consumo total de electricidad. Por consiguiente, el sistema de alimentación ha de admitir frenos de recuperación.

En cualquier sistema eléctrico pueden producirse cortocircuitos y otros estados de avería. El sistema de electrificación debe diseñarse de modo que el subsistema «Control y Mando» detecte estas averías inmediatamente y ponga en marcha medidas para eliminar la corriente de cortocircuito y aislar la parte defectuosa del circuito. Posteriormente, el sistema de electrificación ha de ser capaz de restaurar el suministro a todas las instalaciones lo antes posible para reanudar el servicio.

### 2.2.2. **Línea aérea de contacto y pantógrafo**

Desde el punto de vista de la interoperabilidad, un aspecto importante es la geometría de los equipos de las líneas aéreas de contacto y de los pantógrafos. Por lo que se refiere a la interacción geométrica, es preciso especificar la altura del hilo de contacto con respecto a los carriles, el desplazamiento lateral en ausencia y en presencia de viento y la fuerza de contacto. Por lo que se refiere al pantógrafo, la geometría del arco también es fundamental para garantizar su correcta interacción con la línea de contacto, teniendo en cuenta el posible balanceo de los vehículos.

### 2.2.3. **Interacción entre la línea aérea de contacto y el pantógrafo**

A las altas velocidades previstas para el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, la interacción entre la línea aérea de contacto y el pantógrafo constituye un aspecto importantísimo para establecer una transmisión de potencia fiable, sin perturbaciones indebidas para las instalaciones ferroviarias o para el medio ambiente. Esta interacción viene determinada principalmente por:

- esfuerzos estáticos y aerodinámicos en función del tipo de llanta de rozamiento que incorpore el pantógrafo y del diseño del propio pantógrafo,
- la compatibilidad del material de la llanta de rozamiento con el hilo de contacto, en relación con la limitación del desgaste en dichos componentes,
- el comportamiento dinámico y los efectos para la calidad de captación de la corriente y el objetivo de disponer de un suministro eléctrico continuo, sin interrupciones ni perturbaciones,
- la protección del pantógrafo y de los equipos de la línea aérea de contacto en el caso de que se rompa una llanta de rozamiento de un pantógrafo,
- el número de pantógrafos en servicio y la distancia entre ellos, que tienen un efecto fundamental para la calidad de captación, ya que cada pantógrafo puede interferir con el resto de los presentes en la misma línea de contacto.

### 2.2.4. **Límites entre las líneas de alta velocidad y otras líneas**

Las líneas de alta velocidad han de tener conexión con líneas acondicionadas o líneas de enlace. La localización de los límites entre estos tipos de líneas afecta al sistema de alimentación eléctrica y a las líneas de contacto, por lo que este aspecto ha de tratarse en la ETI relativa al subsistema «Energía».

## 2.3. **Conexiones con otros subsistemas y en el propio subsistema**

### 2.3.1. **Introducción**

El subsistema «Energía» tiene muchas conexiones con otros subsistemas del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, a fin de proporcionar las prestaciones de interoperabilidad previstas. Estas conexiones se rigen por la definición de las interfaces y los criterios de rendimiento.

### 2.3.2. **Conexiones relativas al sistema de electrificación**

- La tensión y la frecuencia y sus gamas admisibles afectan al subsistema «Material Rodante».
- La potencia instalada en las líneas y el factor de potencia especificado determinan el rendimiento del sistema ferroviario interoperable de alta velocidad y afectan al subsistema «Material Rodante».
- Los frenos de recuperación reducen el consumo de energía y afectan al subsistema «Material Rodante».
- Las instalaciones eléctricas fijas y los equipos de tracción de a bordo han de protegerse contra cortocircuitos mediante dispositivos apropiados en las subestaciones. Los disyuntores de las subestaciones y de los trenes han de dispararse de forma coordinada. Esta es la razón por la que la protección eléctrica afecta al subsistema «Material Rodante».
- Las interferencias eléctricas y las emisiones de armónicos afectan a los subsistemas «Material Rodante» y «Control y Mando y Señalización».

### 2.3.3. **Conexiones relativas a los equipos de las líneas aéreas de contacto y a los pantógrafos**

- En el caso de las líneas de alta velocidad, es necesario prestar especial atención a la altura del hilo de contacto a fin de evitar que éste sufra un desgaste excesivo. La altura del hilo de contacto afecta a los subsistemas «Infraestructura» y «Material Rodante».
- Para traspasar los límites de los sistemas de electrificación sin que se forme un puente eléctrico entre sistemas diferentes, es preciso estipular el número y disposición de los pantógrafos en los trenes. Afectan al subsistema «Material Rodante».
- El posible balanceo de los vehículos y de los pantógrafos afecta a los subsistemas «Infraestructura» y «Material Rodante».

### 2.3.4. **Conexiones relativas a la interacción entre la línea aérea y el pantógrafo**

- La calidad de la captación de corriente depende del número de pantógrafos en servicio y de la separación entre ellos. La disposición de los pantógrafos afecta al subsistema «Material Rodante».

## 3. **REQUISITOS ESENCIALES**

### 3.1. **Cumplimiento de los requisitos esenciales**

Con arreglo al apartado 1 del artículo 4 de la Directiva 96/48/CE, el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y sus subsistemas y componentes de interoperabilidad deberán cumplir los requisitos esenciales definidos en términos generales en el anexo III de la Directiva.

### 3.2. **Aspectos de los requisitos esenciales**

Los requisitos esenciales comprenden:

- la seguridad,
- la fiabilidad y la disponibilidad,
- la salud,
- la protección del medio ambiente,
- la compatibilidad técnica.

De acuerdo con la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales pueden aplicarse a todo el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad con carácter general o de forma específica a cada subsistema y sus componentes de interoperabilidad.

### 3.3. **Aspectos específicos del subsistema Energía**

#### 3.3.1. **Seguridad**

De acuerdo con el anexo III de la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales que se aplican al subsistema «Energía» en relación con la seguridad son los que se describen a continuación:

- 1.1.1. *La concepción, la construcción o la fabricación, el mantenimiento y la vigilancia de los componentes críticos para la seguridad y, en especial, de los elementos que intervienen en la circulación de los trenes, deben garantizar la seguridad al nivel correspondiente a los objetivos fijados para la red, incluso en situaciones degradadas definidas.*
- 1.1.2. *Los parámetros del contacto rueda-carril deben cumplir los criterios de estabilidad de rodamiento necesarios para garantizar una circulación totalmente segura a la velocidad máxima autorizada.*
- 1.1.3. *Los componentes utilizados deben resistir las solicitaciones normales o excepcionales especificadas durante su período de servicio. Aplicando los medios adecuados deben limitarse las repercusiones de sus fallos fortuitos en la seguridad.*

1.1.4. *En la concepción de las instalaciones fijas y del material rodante, así como en la elección de materiales, hay que tener en cuenta el objetivo de limitar la generación, la propagación y los efectos del fuego y el humo en caso de incendio.*

1.1.5. *Los dispositivos destinados a ser manipulados por los usuarios deben diseñarse de modo que no pongan en peligro la seguridad de éstos en caso de un uso previsible no conforme con las instrucciones expuestas.*

Los aspectos mencionados en los puntos 1.1.2 y 1.1.5 no son relevantes para el subsistema «Energía».

A fin de satisfacer los requisitos esenciales 1.1.1, 1.1.3 y 1.1.4, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.2.2.2, 4.2.3.3, 4.3.1.2, 4.3.1.8, 4.3.2.1, 4.3.2.2 y 4.3.2.4 del capítulo 4 y los componentes de interoperabilidad utilizados se ajustarán a los requisitos establecidos en los puntos 5.3.1.1, 5.3.2.1, 5.3.2.4 y 5.3.3.2 del capítulo 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5.

Los siguientes requisitos esenciales relativos a la seguridad, con arreglo al anexo III de la Directiva 96/48/CE, afectan de forma especial al subsistema «Energía»:

2.2.1. *El funcionamiento de las instalaciones de alimentación de energía no debe poner en peligro la seguridad de los trenes de alta velocidad ni de las personas (usuarios, personal ferroviario, habitantes del entorno y otros).*

A fin de satisfacer el requisito esencial 2.2.1, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.1.1, 4.2.2.2, 4.2.2.3, 4.2.2.7, 4.2.2.9, 4.3.1.2, 4.3.1.5, 4.3.1.7, 4.3.2.1, 4.3.2.2 y 4.3.2.4 del capítulo 4 y los componentes de interoperabilidad utilizados se ajustarán a los requisitos establecidos en el punto 5.3.1.1 del capítulo 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5. Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad

### 3.3.2. **Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad**

De acuerdo con el anexo III de la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales que se aplican al subsistema «Energía» en relación con la fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son los que se describen a continuación:

1.2. *La vigilancia y mantenimiento de los elementos fijos y móviles que intervienen en la circulación de los trenes deben organizarse, llevarse a cabo y cuantificarse para que su función se siga desempeñando en las condiciones previstas.*

A fin de satisfacer el requisito esencial 1.2, en la concepción y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.3.1.9 y 4.3.2.6 del capítulo 4. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5. Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

### 3.3.3. **Salud**

De acuerdo con el anexo III de la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales que se aplican al subsistema «Energía» en relación con la salud son los que se describen a continuación:

1.3.1. *Los materiales que por su modo de utilización puedan poner en peligro la salud de las personas que tengan acceso a ellos no deben utilizarse en los trenes ni en las infraestructuras ferroviarias.*

1.3.2. *En la elección, instalación y utilización de estos materiales hay que tener en cuenta el objetivo de limitar la emisión de humos o gases nocivos y peligrosos, especialmente en caso de incendio.*

A fin de satisfacer los requisitos esenciales 1.3.1 y 1.3.2, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.2.2.2, 4.2.3.2, 4.2.3.3, 4.3.1.2, 4.3.1.8, 4.3.1.10, 4.3.2.2 y 4.3.2.4 del capítulo 4 y los componentes de interoperabilidad utilizados se ajustarán a los requisitos establecidos en el punto 5.3.3.2 del capítulo 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5.

### 3.3.4. **Protección del medio ambiente**

De acuerdo con el anexo III de la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales que se aplican al subsistema «Energía» en relación con la protección del medio ambiente son los que se describen a continuación:

- 1.4.1. *En la fase de diseño del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad es preciso evaluar y tener en cuenta las repercusiones de su implantación y explotación sobre el medio ambiente, de conformidad con la normativa comunitaria vigente.*
- 1.4.2. *Los materiales utilizados en los trenes y en las infraestructuras deben evitar la emisión de humos y gases nocivos y peligrosos para el medio ambiente, especialmente en caso de incendio.*
- 1.4.3. *El material rodante y los sistemas de alimentación de energía deben diseñarse y fabricarse de modo que sean compatibles desde el punto de vista electromagnético con las instalaciones, los equipos y las redes públicas o privadas con las que pudieran interferir.*

Los aspectos mencionados en el punto 1.4.2 no son relevantes para el subsistema «Energía».

A fin de satisfacer los requisitos esenciales 1.4.1 y 1.4.3, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.2.3.2, 4.2.3.3 y 4.3.1.5 del capítulo 4. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5. Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Los siguientes requisitos esenciales relativos a la protección del medio ambiente, con arreglo al anexo III de la Directiva 96/48/CE, afectan de forma especial al subsistema «Energía»:

- 2.2.2. *El funcionamiento de las instalaciones de alimentación de energía no debe afectar al medio ambiente por encima de los límites especificados.*

A fin de satisfacer el requisito esencial 2.2.2, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.2.3.2 y 4.3.1.5 del capítulo 4. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en el capítulo 4.

### 3.3.5. **Compatibilidad técnica**

De acuerdo con el anexo III de la Directiva 96/48/CE, los requisitos esenciales que se aplican al subsistema «Energía» en relación con la compatibilidad técnica son los que se describen a continuación:

- 1.5. *Las características técnicas de las infraestructuras y de las instalaciones fijas deben ser compatibles entre sí y con las de los trenes que circularán por el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.*

*En caso de que, en algunas partes de la red, resulte difícil ajustarse a dichas características, podrían aplicarse soluciones temporales que garanticen la compatibilidad futura.*

A fin de satisfacer el requisito esencial 1.5, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.1.1, 4.1.2, 4.2.2.1, 4.2.2.3, 4.2.2.4, 4.2.2.5, 4.2.2.6, 4.2.2.7, 4.2.2.8, 4.2.2.9, 4.2.2.10, 4.2.2.11, 4.2.2.12, 4.3.1.1, 4.3.1.3, 4.3.1.4, 4.3.2.1, 4.3.2.3, 4.3.2.5 y 4.3.3 del capítulo 4 y los componentes de interoperabilidad utilizados se ajustarán a los requisitos establecidos en los puntos 5.3.1.2, 5.3.1.3, 5.3.1.4, 5.3.1.5, 5.3.1.6, 5.3.1.8, 5.3.2.2, 5.3.2.3, 5.3.2.4, 5.3.2.5, 5.3.2.6, 5.3.2.7, 5.3.2.9, 5.3.3.1, 5.3.3.2, 5.3.3.3 y 5.3.3.4 del capítulo 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5.

Los siguientes requisitos esenciales relativos a la compatibilidad técnica, con arreglo al anexo III de la Directiva 96/48/CE, afectan de forma especial al subsistema «Energía»:

- 2.2.3. *Los sistemas de alimentación de energía eléctrica utilizados en el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad deben:*

- *permitir que los trenes realicen las prestaciones acordadas con sus especificaciones;*
- *ser compatibles con los dispositivos de captación instalados en los trenes.*

A fin de satisfacer el requisito esencial 2.2.3, en el diseño y construcción del subsistema «Energía» se cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 4.1.1, 4.1.2.1, 4.1.2.2, 4.1.2.3, 4.3.1.1, 4.3.1.3, 4.3.2.1, 4.3.2.3 y 4.3.2.5 del capítulo 4 y los componentes de interoperabilidad utilizados se ajustarán a los requisitos establecidos en los puntos 5.3.1.1, 5.3.1.2, 5.3.1.4, 5.3.2.1, 5.3.2.5, 5.3.3.1 y 5.3.3.5 del capítulo 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5. Los requisitos esenciales se consideran satisfechos si se verifica el cumplimiento de lo dispuesto en los capítulos 4 y 5.

### 3.4. Verificación de la conformidad

La conformidad del subsistema «Energía» y de sus componentes con los requisitos esenciales se verificará con arreglo a las disposiciones de la Directiva 96/48/CE y las especificaciones descritas en el capítulo 6 y sus anexos A a C de la presente ETI.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL SUBSISTEMA

El sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, al que se aplica la Directiva 96/48/CE y del cual forma parte el subsistema «Energía», es un sistema integrado cuya coherencia deberá verificarse, en particular, en lo concerniente a los parámetros fundamentales, las interfaces y los rendimientos, con el fin de garantizar la interoperabilidad del sistema dentro de la observancia de los requisitos esenciales.

### 4.1. Parámetros fundamentales del subsistema Energía

#### 4.1.1. Tensión y frecuencia

Los servicios ferroviarios necesitan valores de tensión y frecuencia estandarizados, de acuerdo con las estipulaciones de interoperabilidad. En el cuadro 4.1 se señalan las tensiones y frecuencias aplicables por categoría de línea.

Cuadro 4.1  
Tensiones y frecuencias

Tensión y frecuencia	Categoría de línea		
	Líneas de enlace	Líneas acondicionadas	Líneas de alta velocidad
C.A. 25 kV 50 Hz	X	X	X
C.A. 15 kV 16,7 Hz	X	X	( <sup>1</sup> )
C.C. 3 kV	X	X	( <sup>2</sup> )
C.C. 1,5 kV	X	X	—

(<sup>1</sup>) Los países cuyas redes actuales estén electrificadas con C.A. de 15 kV y 16,7 Hz, este sistema podrá utilizarse en las líneas de nueva construcción. También podrá utilizarse el mismo sistema en los países limítrofes, cuando sea justificable desde el punto de vista económico.

(<sup>2</sup>) El sistema de alimentación de C.C. de 3 kV podrá utilizarse en Italia y España en las líneas actuales y en los tramos de líneas de nueva construcción que presten servicio a 250 km/h cuando la electrificación con C.A. de 25 kV y 50 Hz pueda provocar alteraciones en los equipos de señalización de tierra y de a bordo utilizados en una línea actual situada junto a la línea de nueva construcción.

La tensión suministrada a los terminales de la subestación y al pantógrafo cumplirá lo dispuesto en el anexo N de la presente ETI. La frecuencia de la tensión cumplirá con lo dispuesto en el anexo N de la presente ETI. Las tensiones y frecuencias se definirán en el registro de infraestructuras (anexo D de la presente ETI). En relación con la evaluación de la conformidad, véase el anexo N4.

#### 4.1.2. Línea aérea y pantógrafo

Los trenes que circulen por las futuras líneas de alta velocidad, líneas acondicionadas y líneas de enlace deberán utilizar un único arco de captación de corriente. Para ello, los futuros trenes de alta velocidad utilizarán pantógrafos con un arco de 1 600 mm. Todos los equipos de C.A. incorporados en las líneas aéreas de alta velocidad de nueva construcción cumplirán lo dispuesto en los puntos 4.1.2.1 y 4.1.2.3, respectivamente. Esto afecta además a las líneas acondicionadas y líneas de enlace de C.A. y C.C.

##### 4.1.2.1. Geometría de la línea aérea de contacto para los sistemas de C.A.

La altura del hilo de contacto con respecto a los carriles, el gradiente del hilo de contacto en relación con la vía y la desviación lateral del hilo de contacto por efecto de un viento cruzado son factores que rigen la interoperabilidad de la red de alta velocidad. Los datos admisibles se indican en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2

**Geometría de las líneas aéreas de contacto para los sistemas de C.A.**

Nº	Descripción	Líneas de enlace	Líneas acondicionadas	Líneas de alta velocidad
1	Altura nominal del hilo de contacto (mm)	Entre 5 000 y 5 750 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	Entre 5 000 y 5 500 <sup>(1)</sup> <sup>(3)</sup>	5 080 o 5 300 <sup>(3)</sup>
2	Gradiente admisible del hilo de contacto en relación con la vía y variación de gradiente	punto 5.2.8.2 de la norma EN 50119, versión de 2001		No se han previsto gradientes aceptables
3	Desviación lateral admisible del hilo de contacto por efecto de un viento cruzado (mm) <sup>(3)</sup>	≤ 400		

<sup>(1)</sup> En líneas de enlace con tráfico mixto de viajeros y mercancías y en servicios de remolcado con gálibo sobredimensionado, la altura del hilo de contacto podrá ser mayor, a condición de que el pantógrafo sea adecuado para captar la corriente con la calidad especificada y que el despliegue del pantógrafo sea suficiente conforme a lo especificado en el punto 5.3.2.5.

<sup>(2)</sup> En los cruces a nivel, la altura del hilo de contacto se estipulará con arreglo a la normativa nacional.

<sup>(3)</sup> La altura del hilo de contacto y la velocidad del viento que se tendrá en cuenta se especificarán en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

La geometría de la línea aérea de contacto cumplirá los requisitos establecidos en el anexo H.3.1 de la presente ETI.

4.1.2.2. *Geometría de la línea aérea de contacto para los sistemas de C.C.*

Los datos que determinan la geometría de la línea aérea de contacto para los sistemas de C.C. utilizados en la red ferroviaria interoperable transeuropea están estipulados en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3

**Geometría de las líneas aéreas de contacto para los sistemas de C.C.**

Nº	Descripción	Líneas de enlace	Líneas acondicionadas
1	Altura nominal del hilo de contacto (mm)	Entre 5 000 y 5 600 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	Entre 5 000 y 5 500 <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>
2	Gradiente admisible del hilo de contacto en relación con la vía y variación de gradiente	Punto 5.2.8.2 de la norma EN 50119, versión de 2001	
3	Desviación lateral admisible del hilo de contacto por efecto de un viento cruzado (mm) <sup>(4)</sup>	≤ 400	

<sup>(1)</sup> En líneas de enlace con tráfico mixto de viajeros y mercancías y en servicios de remolcado con gálibo sobredimensionado, la altura del hilo de contacto podrá ser mayor, a condición de que el pantógrafo sea adecuado para captar la corriente con la calidad especificada y que el despliegue del pantógrafo sea suficiente conforme a lo especificado en el punto 5.3.2.5.

<sup>(2)</sup> En los cruces a nivel, la altura del hilo de contacto se estipulará con arreglo a la normativa nacional.

<sup>(3)</sup> En las líneas italianas referidas en la nota <sup>(2)</sup> del cuadro 4.1, el hilo de contacto debe tener entre 5 000 mm y 5 300 mm de altura. El resto de valores se aplican a otros tipos de líneas.

<sup>(4)</sup> La altura del hilo de contacto y la velocidad del viento que se tendrá en cuenta se especificarán en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

La geometría de la línea aérea de contacto cumplirá los requisitos establecidos en el anexo J.3.1 de la presente ETI.

4.1.2.3. *Geometría del arco del pantógrafo*

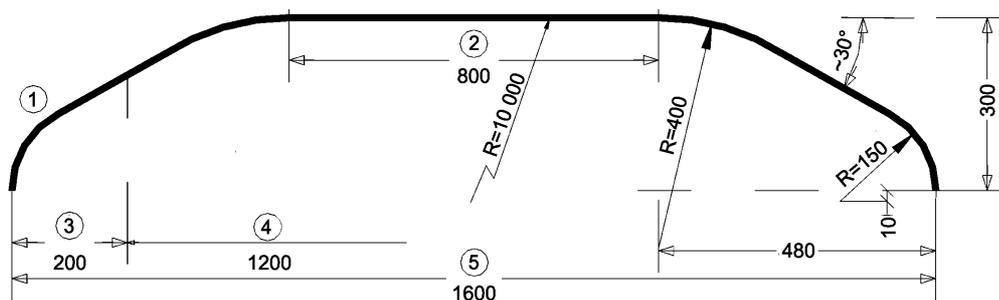
El ancho y la zona de trabajo del arco del pantógrafo, el ancho de las llantas de rozamiento y el perfil del arco se han definido con vistas a asegurar la interoperabilidad. En el cuadro 4.4 se especifican los datos correspondientes a los sistemas de C.A. y C.C. El perfil del arco del pantógrafo se representa gráficamente en la figura 4.1.

Cuadro 4.4

**Geometría del arco del pantógrafo para sistemas de C.A. y C.C.**

Nº	Descripción	Todas las categorías de líneas
1	Anchura del arco del pantógrafo (mm)	1 600
2	Perfil del arco del pantógrafo	Véase la figura 4.1
3	Otros requisitos para sistemas de C.A.	Véase el anexo H.3.2 de la presente ETI
4	Otros requisitos para sistemas de C.C.	Véase el anexo J.3.2 de la presente ETI

Figura 4.1  
**Perfil del arco del pantógrafo**



- 1 Cuerno de material aislante
- 2 Longitud mínima de la llanta de rozamiento
- 3 Longitud proyectada
- 4 Zona de trabajo del arco
- 5 Ancho del arco

#### 4.2. Interfaces del subsistema «Energía»

##### 4.2.1. Lista de interfaces

###### 4.2.1.1. Interfaces con el subsistema «Infraestructura»

- Gálilos.
- Protección contra choques eléctricos (puesta a tierra y conexión equipotencial).

###### 4.2.1.2. Interfaces con el subsistema «Control y Mando y Señalización»

- Armónicos de corriente, efectos para la señalización y las telecomunicaciones internas.
- Señales de control necesarias para las secciones de separación de fases y de sistemas.

###### 4.2.1.3. Interfaces con el subsistema «Material Rodante»

- Envolvente dinámica del vehículo.
- Limitación del consumo máximo de energía.
- Corriente en reposo.
- Tensión y frecuencia.
- Coordinación de la protección eléctrica.
- Disposición de los pantógrafos.
- Circulación por secciones de separación de fases.
- Circulación por secciones de separación de sistemas.
- Ajuste de la fuerza de contacto del pantógrafo.

#### 4.2.1.4. *Criterios de rendimiento comunes con el subsistema «Material Rodante»*

- Factor de potencia.
- Frenos de recuperación.
- Características de armónicos y sobretensiones relacionadas en la línea aérea de contacto.

#### 4.2.2. **Datos característicos de las interfaces**

##### 4.2.2.1. *Gálíbos*

El gálíbo de las infraestructuras tendrá en cuenta el espacio necesario para el paso de los pantógrafos en contacto con los equipos de la línea aérea y para la instalación de los propios equipos de la línea de contacto. Las dimensiones de los túneles y de otras estructuras serán compatibles con la geometría de los equipos de la línea aérea y con la envolvente dinámica del pantógrafo (en el punto H.3.6 del anexo H de la presente ETI se especifica la envolvente dinámica del pantógrafo). El espacio necesario para la instalación de los equipos de la línea de contacto serán estipulados por la entidad contratante. La evaluación de la conformidad se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Infraestructura».

##### 4.2.2.2. *Puesta a tierra y conexión equipotencial, protección contra choques eléctricos*

El subsistema «Infraestructura» dispondrá de un sistema general de puesta a tierra a lo largo de la ruta para cumplir los requisitos de protección contra choques eléctricos especificados en la norma EN 50 122-1. La protección contra choques eléctricos en servicio y en condiciones de avería se cumple ajustando las tensiones de contacto a los límites aceptables estipulados en el punto 7 de la norma EN 50 122-1, versión de 1997. Se darán a conocer los resultados de las investigaciones realizadas por la entidad contratante y las correspondientes medidas concretas para demostrar el cumplimiento de los requisitos.

La evaluación de la conformidad se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Infraestructura».

##### 4.2.2.3. *Armónicos de corriente, efectos para la señalización y las telecomunicaciones internas*

Los armónicos de corriente generados por el subsistema «Material Rodante» afectan al subsistema «Control y Mando y Señalización» a través del subsistema «Energía». Esta es la razón por la que esta cuestión se trata en el marco del subsistema «Control y Mando y Señalización».

No es necesaria la evaluación de la conformidad en el subsistema «Energía».

##### 4.2.2.4. *Envolvente dinámica del vehículo*

El diseño de los equipos de la línea aérea se corresponderá con la envolvente dinámica de los vehículos. El gálíbo que se adopte dependerá de la categoría de la línea, definida en el registro de infraestructuras (anexo D de la presente ETI).

La evaluación de la conformidad se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Energía».

##### 4.2.2.5. *Limitación del consumo máximo de energía*

La potencia instalada en las líneas de alta velocidad y acondicionadas o en las líneas de enlace determina el consumo admisible de energía por parte de los trenes. Por consiguiente, se instalarán a bordo limitadores de corriente como los descritos en el anexo O de la presente ETI. La evaluación se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Material Rodante».

El registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI contendrá información sobre el consumo máximo de energía.

##### 4.2.2.6. *Limitaciones de la corriente utilizada por los trenes en reposo*

En el caso de los sistemas de C.C. de 1,5 kV y 3,0 kV, la corriente en reposo se limitará a 300 A y 200 A por pantógrafo, respectivamente.

La evaluación se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Material Rodante».

##### 4.2.2.7. *Tensión y frecuencia*

Los trenes funcionarán con la gama de tensiones y frecuencias indicada en el punto 4.1.1 y especificada en el anexo N de la presente ETI.

La evaluación de la conformidad se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Material Rodante».

#### 4.2.2.8. *Coordinación de la protección eléctrica*

Es necesario coordinar la protección eléctrica de las subestaciones y de las unidades de tracción para optimizar la anulación de cortocircuitos (véanse los requisitos aplicables en el anexo E de la presente ETI). El registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI contendrá información sobre la protección de las subestaciones.

La evaluación de la conformidad se realizará con el subsistema «Energía» en lo tocante al diseño y funcionamiento de la subestación y con el subsistema «Material Rodante» en lo que respecta a los equipos de las unidades de tracción.

#### 4.2.2.9. *Disposición de los pantógrafos*

Para determinar la disposición de los pantógrafos en los trenes se tendrá en cuenta la longitud máxima del tren. La distancia máxima entre pantógrafos será inferior a 400 m. Además, la separación entre tres pantógrafos consecutivos será superior a 143 m. El número aceptable de pantógrafos y su separación también dependerá del comportamiento dinámico. Los pantógrafos no estarán interconectados eléctricamente en los sistemas de alimentación de C.A. Véase el punto H.3.5 del anexo H de la presente ETI.

La evaluación de la conformidad se realizará con el subsistema «Material Rodante».

#### 4.2.2.10. *Circulación por secciones de separación de fases*

Los trenes podrán pasar de una sección a otra sin que se forme un puente eléctrico entre las dos fases.

Se dispondrán medios adecuados que permitan volver a arrancar un tren parado bajo la separación de fases. En relación con el diseño, véase el punto H.3.3 del anexo H de la presente ETI.

El registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI contendrá información sobre el diseño de las secciones de separación de fases.

El consumo de energía del tren (tracción y auxiliares) deberá bajar a cero en el momento de entrar en la sección de separación de fases. Esto deberá ocurrir de forma automática, sin la intervención del conductor. No será necesario bajar los pantógrafos.

#### **Los requisitos aplicables al diseño del subsistema «Energía» son los siguientes:**

*En relación con futuras líneas*, podrán adoptarse dos tipos de diseños para las secciones de separación de fases.

- Un diseño de separación de fases en el que todos los pantógrafos de los trenes interoperables más largos se encuentren en la sección neutra. En este caso, no hay restricciones a la disposición y separación de los pantógrafos en los trenes. La sección neutra tendrá un mínimo de 402 m de longitud. Véanse los requisitos pormenorizados en el punto H.3.3 del anexo H de la presente ETI.
- En el punto H.3.3 del anexo H se ilustra una separación de fases más corta, con una restricción para la disposición de los pantógrafos en los trenes. La longitud total de esta separación será inferior a 142 m. Con este diseño, la distancia entre tres pantógrafos consecutivos en servicio ha de ser superior a 143 m.

*En relación con las líneas actuales*, podrían adoptarse varias soluciones basadas en la disposición aceptada de los pantógrafos en el tren, en función de las posibilidades de planificación de la ruta, los rendimientos necesarios y las inversiones aceptables para la entidad contratante. Si el diseño de las separaciones de fase existentes no permite el paso de los trenes interoperables de alta velocidad, entonces la entidad contratante facilitará procedimientos o diseños alternativos adecuados.

La información sobre el diseño de las secciones de separación de fases se obtendrá del registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

En relación con el diseño de la sección de separación de fases, la evaluación de la conformidad se realizará en el marco de la evaluación del subsistema «Energía».

**Los requisitos aplicables a los subsistemas «Control y Mando» y «Material Rodante» son los siguientes:**

En las líneas de alta velocidad, el subsistema «Control y Mando y Señalización» permitirá que el material rodante funcione automáticamente antes y después de las secciones de separación de fases. Los equipos incorporados en las unidades de tracción se dispararán a su debido tiempo frente a una sección de separación de fases, teniendo perfectamente en cuenta la máxima velocidad de circulación admisible. En relación con la evaluación de la conformidad, los ensayos funcionales se realizarán conjuntamente con los subsistemas «Material Rodante» y «Control y Mando y Señalización».

4.2.2.11. *Circulación por secciones de separación de sistemas*

*Generalidades*

Los trenes podrán pasar de un sistema de alimentación de energía a otro diferente sin que se forme un puente eléctrico entre los dos sistemas. Las acciones necesarias dependerán del tipo al que pertenezcan ambos sistemas, así como de la disposición de los pantógrafos en los trenes y de la velocidad de marcha.

Existen dos posibilidades para que el tren circule por secciones de separación de sistemas:

- 1) con el pantógrafo levantado y tocando el hilo de contacto,
- 2) con el pantógrafo bajado y sin tocar el hilo de contacto.

La entidad contratante deberá tomar una decisión y consignarla en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

**Los requisitos aplicables al diseño del subsistema «Energía» son los siguientes:**

— *Pantógrafos elevados*

Si se negocian las secciones de separación de sistemas con los pantógrafos elevados hasta el hilo de contacto, se aplicarán las siguientes condiciones:

- 1) El diseño funcional de la sección de separación de sistemas se especifica de la forma siguiente:
  - la geometría de los diferentes elementos que conforman la línea aérea de contacto impedirán que los pantógrafos provoquen un cortocircuito o la formación de puente eléctrico entre ambos sistemas de alimentación con la disposición especificada en el punto 4.2.2.9,
  - en una sección neutral corta, el comportamiento mecánico del sistema de pantógrafos y líneas aéreas de contacto a la velocidad máxima se ajustará a lo dispuesto en el punto 5.2 de la norma EN 50 119, versión de 2001,
  - se adoptarán medidas en el subsistema «Energía» para evitar que se forme un puente eléctrico entre ambos sistemas de alimentación si falla la apertura del disyuntor de a bordo,
  - véase el ejemplo de disposición de la sección de separación de sistemas en la figura H.4 del anexo H de la presente ETI.
- 2) La altura de los hilos de contacto ha de ser la misma en ambos sistemas, si la velocidad es superior a 250 km/h. Véanse pormenores y tolerancias en los anexos H y J de la presente ETI.
- 3) Los dispositivos incorporados en el material rodante abrirán automáticamente el disyuntor antes de alcanzar la sección de separación y reconocerán automáticamente la tensión suministrada por el nuevo sistema de alimentación al pantógrafo, a fin de conmutar los circuitos correspondientes.

— *Pantógrafos bajados*

Si se negocian las secciones de separación de sistemas con los pantógrafos bajados, se aplicarán las siguientes condiciones:

- 1) El diseño de la sección de separación entre los dos sistemas de alimentación diferentes será tal que, en el caso de que un pantógrafo toque la línea de contacto de forma imprevista, se evite la formación de un puente eléctrico entre ambos sistemas y se desconecten inmediatamente ambas secciones de alimentación. El inicio de un cortocircuito asegure el funcionamiento de secciones aisladas.
- 2) Esta opción alternativa ha de elegirse si no se cumplen las condiciones de servicio con los pantógrafos levantados.
- 3) En las líneas de alta velocidad con hilos de contacto a distintas alturas y en las secciones de separación de líneas existentes que no cumplan los requisitos de la ETI, los pantógrafos se bajarán cuando cambie el sistema de alimentación de energía o cuando la velocidad de marcha no permita la instalación de tramos de transición con gradientes aceptables (véanse los anexos H y J de la presente ETI).
- 4) En las separaciones de sistemas de alimentación donde se haya de circular con el pantógrafo bajado, éste se bajará sin intervención del conductor, activado por señales de control.

En relación con el diseño de las secciones de separación de sistemas, la evaluación de la conformidad se realizará en el marco del subsistema «Energía».

**Los requisitos aplicables a los subsistemas «Control y Mando» y «Material Rodante» son los siguientes:**

Antes de circular por secciones de separación entre diferentes sistemas de alimentación de energía, el disyuntor principal de las unidades de tracción se abrirá sin intervención del conductor, activado por señales de control. Esto se hará con la suficiente antelación para que el equipo eléctrico de la unidad de tracción correspondiente al sistema de alimentación ya finalizado se apague por completo antes de pasar al nuevo sistema.

El subsistema «Control y Mando y Señalización» enviará las señales necesarias a las unidades de tracción.

Las unidades de tracción se diseñarán de modo que puedan recibir señales de control de línea para abrir el disyuntor principal y bajar los pantógrafos si es necesario, sin intervención del conductor. Si no se bajan los pantógrafos del hilo de contacto, sólo podrán permanecer conectados los circuitos eléctricos de las unidades de tracción que se adaptan de forma instantánea al sistema de alimentación de energía con el que entra en contacto el pantógrafo.

El diseño y funcionamiento de las secciones de separación de sistema se explicará en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

La evaluación de la conformidad se realizará con ensayos funcionales conjuntos con los subsistemas «Material Rodante» y «Control y Mando».

#### 4.2.2.12. *Ajuste de la fuerza de contacto del pantógrafo*

El material rodante permitirá, por medio de controles internos, ajustar la fuerza de contacto del pantógrafo para que satisfaga los requisitos especificados en el punto 5.3.2.7.

La evaluación de la conformidad se realizará en el marco del subsistema «Material Rodante».

#### 4.2.3. **Disposiciones reglamentarias y operativas**

##### 4.2.3.1. *Condiciones reglamentarias generales*

Para garantizar la coherencia del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, se aplicarán las condiciones reglamentarias y operativas siguientes:

#### 4.2.3.2. *Protección del medio ambiente*

La protección del medio ambiente está regulada por la Directiva 85/337/CEE del Consejo, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

No se precisan requisitos específicos para el subsistema «Energía» de las líneas interoperables de alta velocidad.

#### 4.2.3.3. *Protección contra incendios*

La protección contra incendios está regulada por la Directiva 89/106/CEE de 21 de diciembre de 1988 y su documento interpretativo relativo al requisito de seguridad esencial nº 2, «Seguridad contra incendios».

No se precisan requisitos específicos para el subsistema «Energía» de las líneas interoperables de alta velocidad.

#### 4.2.3.4. *Excepciones en caso de ejecución de obras*

Las especificaciones del subsistema «Energía» y de sus componentes de interoperabilidad definidas en los capítulos 4 y 5 de la presente ETI son aplicables a las líneas en condiciones normales de funcionamiento, o en los casos de disfuncionamiento imprevistos contemplados en el plan de mantenimiento.

En ciertas situaciones en las que se programan las obras con antelación, quizá no sea posible cumplir estas disposiciones mientras se ejecutan modificaciones en el subsistema «Energía».

Estas excepciones temporales a las normas de la ETI serán decididas por la entidad contratante, que deberá velar por que ello no conlleve riesgos para la seguridad de la circulación aplicando las disposiciones generales siguientes:

- las excepciones permitidas serán temporales y programadas para un período de tiempo determinado,
- las empresas de transporte ferroviario que exploten la línea recibirán notificación de estas excepciones temporales y de su situación geográfica, naturaleza y señalización concreta, por medio de comunicaciones escritas en las que se describirá el caso y el tipo de señales específicas utilizadas. Se incorporará un modelo de esta notificación al registro de infraestructuras, definido en el anexo D de la presente ETI, correspondiente a la línea,
- toda excepción dará lugar a la adopción de medidas complementarias de seguridad, a fin de garantizar el cumplimiento del nivel de seguridad requerido. Estas medidas complementarias podrán constar, en particular, de:
  - estudios concretos de las obras en cuestión,
  - restricciones temporales de velocidad aplicadas en el tramo de línea por la entidad contratante.

#### 4.2.3.5. *Registro de infraestructuras de las líneas interoperables europeas*

Para cada tramo de línea de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad, la entidad contratante o su mandatario elaborarán un documento único, denominado «Registro de infraestructuras». Este documento recogerá las características de las líneas para todos los subsistemas que consten de instalaciones fijas.

Dicho documento permitirá:

- al Estado miembro encargado de la autorización de puesta en servicio del subsistema disponer de un documento que describa, para cada línea de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad, los principales parámetros que condicionan su explotación,
- a las empresas de transporte ferroviario que exploten o deseen explotar servicios en la línea, estar informadas de las peculiaridades de ésta cuando los parámetros o las especificaciones de interoperabilidad dependan de una determinada decisión de la entidad contratante,
- para el subsistema «Energía», el citado documento indicará las especificaciones generales o particulares que se hayan adoptado para cada tramo de línea homogéneo y para cada instalación concreta, y cuyo conocimiento sea necesario para la explotación de la línea. La lista se encuentra en el anexo D de la presente ETI.

La entidad contratante adjuntará dicho documento a la declaración «CE» de verificación del subsistema «Energía» como elemento del expediente técnico contemplado en el anexo V de la Directiva 96/48/CE para la obtención de la autorización de puesta en servicio del subsistema por el Estado miembro.

#### 4.3. Rendimiento especificado

##### 4.3.1. Rendimiento del sistema de alimentación eléctrica, de las subestaciones y de los puestos

###### 4.3.1.1. Potencia instalada

El rendimiento que deberá alcanzar el subsistema «Energía» se corresponderá con el rendimiento especificado aplicable a cada categoría de líneas que conforman la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad, en función de:

- la velocidad máxima de línea,
- la potencia máxima que reciben los pantógrafos y utilizan los trenes,
- el intervalo mínimo entre trenes,
- la tensión útil media.

La entidad contratante declarará el tipo de línea según su función con referencia al anexo F de la presente ETI y en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI. El diseño del sistema de electrificación garantizará la capacidad de la alimentación eléctrica para alcanzar el rendimiento especificado. Por consiguiente, en el punto 4.2.2.5 se establecen los límites de consumo eléctrico para el subsistema «Material Rodante».

El cálculo de la tensión útil media que recibe el pantógrafo se ajustará a lo dispuesto en el anexo L de la presente ETI.

###### 4.3.1.2. Seguridad, puesta a tierra y conexión equipotencial

Para garantizar la seguridad del sistema de alimentación de energía, de las subestaciones y de los puestos, se diseñarán y probarán estas instalaciones con arreglo a la norma EN 50 122-1, versión de 1997, puntos 5, 7 y 9. Las subestaciones y los puestos estarán protegidas contra accesos no autorizados.

###### 4.3.1.3. Factor de potencia

Los datos aceptables para el factor de potencia están estipulados en el anexo G de la presente ETI. En las líneas de alta velocidad, el valor mínimo será 0,95 en las condiciones descritas en el documento anteriormente mencionado. La evaluación de la conformidad deberá realizarse en el marco de la evaluación del subsistema «Material Rodante».

###### 4.3.1.4. Frenos de recuperación

El diseño de los sistemas de alimentación de C.A. permitirá el uso de los frenos de recuperación como freno de servicio capaz de intercambiar energía sin interrupciones con otros trenes o con el proveedor de la red primaria. Véase el anexo K de la presente ETI.

Los equipos del tren permitirán el uso de otros sistemas de frenado cuando no sea posible utilizar frenos de recuperación.

La entidad contratante podrá decidir si acepta o no los frenos de recuperación en los sistemas de C.C. El registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI contendrá la información necesaria.

La evaluación de la conformidad para instalaciones fijas se realizará con arreglo a lo especificado en el anexo K4 de la presente ETI.

La evaluación de la conformidad del material rodante fijas se realizará con arreglo a lo especificado en la ETI relativa al subsistema «Material Rodante».

#### 4.3.1.5. *Compatibilidad electromagnética externa*

La compatibilidad electromagnética externa no es una característica específica de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad. Las instalaciones de alimentación de energía cumplirán lo dispuesto en la norma EN 50 121-2 y en la serie de normas EN 50 122 para satisfacer todos los requisitos relativos a la compatibilidad electromagnética.

No es necesario realizar la evaluación de la conformidad en el marco de la presente ETI.

#### 4.3.1.6. *Emisiones de armónicos hacia la compañía eléctrica*

En relación con las emisiones de armónicos hacia la compañía eléctrica, el cumplimiento de las normas nacionales (o de las normas europeas, en su caso) y de los requisitos estipulados por dicha empresa será responsabilidad de la entidad contratante. No es necesario realizar la evaluación de la conformidad en el marco de la presente ETI.

#### 4.3.1.7. *Características de armónicos y sobretensiones relacionadas en la línea aérea de contacto*

Para evitar sobretensiones inaceptables en la línea aérea de contacto como consecuencia de la generación de armónicos por unidades de fuerza motriz, estas unidades cumplirán lo dispuesto en el anexo P de la presente ETI.

Los requisitos necesarios se definen en el subsistema «Material Rodante» y la evaluación de la conformidad se realizará con este subsistema, tal como se establece en el anexo P.

#### 4.3.1.8. *Protección contra choques eléctricos*

El sistema de alimentación de energía se integrará en el sistema general de puesta a tierra dispuesto a lo largo de la línea para cumplir los requisitos de protección contra choques eléctricos especificados en la norma EN 50 122-1, versión de 1997, puntos 5, 7 y 9. La protección contra choques eléctricos en servicio y en condiciones de avería se cumple ajustando las tensiones de contacto a los límites aceptables estipulados en la norma EN 50 122-1, versión de 1997, puntos 7.2 y 7.3. Se realizará un estudio de cada instalación para demostrar la protección contra choques eléctricos. Este estudio podrá incluir ensayos.

#### 4.3.1.9. *Plan de mantenimiento*

La entidad contratante o su mandatario elaborarán un plan de mantenimiento a fin de garantizar el mantenimiento de las características especificadas para el subsistema «Energía» dentro de los límites prescritos para las mismas.

El plan deberá incluir como mínimo los elementos siguientes:

- rutinas de mantenimiento en subestaciones y puestos,
- registro de condiciones, resultados y experiencia adquirida,
- un conjunto de valores límite de seguridad para establecer la limitación de velocidad de los trenes a fin de cumplir lo dispuesto en el punto 4.1.1 y sus anexos,
- una indicación de las frecuencias de comprobación y de las tolerancias aplicadas a los valores medidos, con indicación, para estos últimos, de las normas de equivalencia con los valores de la norma citada en el punto 4.3.1,
- las medidas adoptadas (reducción de la velocidad, plazos de reparación) en caso de superación de los valores prescritos.

Los procedimientos de mantenimiento no degradarán medidas de seguridad tales como la continuidad del circuito de retorno, la limitación de sobretensiones y la detección de cortocircuitos. No se reducirá el rendimiento global del sistema y se evitará la desexcitación de parte alguna de la línea aérea de contacto.

#### 4.3.1.10. *Aislamiento de la alimentación eléctrica en caso de peligro*

Se instalarán equipos y se implantarán procedimientos para iniciar el aislamiento de la tensión de las unidades de tracción y de las líneas electrificadas a través de los dispositivos de alarma que permiten a la compañía eléctrica realizar acciones de emergencia. En la evaluación de la conformidad se comprobarán los dispositivos de transmisión y las instrucciones de procedimiento.

#### 4.3.1.11. *Continuidad de la alimentación eléctrica en caso de perturbaciones*

El diseño de la alimentación eléctrica y de la línea aérea de contacto permitirá continuar la prestación del servicio en caso de perturbaciones. Esto podrá realizarse separando las líneas de contacto en secciones de alimentación y la instalación de equipos redundantes en las subestaciones. La evaluación de la conformidad se realizará comprobando los esquemas de los circuitos.

#### 4.3.2. **Rendimiento de la línea aérea de contacto**

##### 4.3.2.1. *Generalidades*

El rendimiento que deberá alcanzar la línea aérea de contacto se corresponderá con el rendimiento especificado aplicable a cada categoría de líneas que conforman la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad, en función de:

- la velocidad máxima de línea, y
- la energía que demandan los trenes a través de los pantógrafos.

El diseño de la línea aérea de contacto garantizará el rendimiento especificado de conformidad con la declaración realizada por la entidad contratante en el marco del punto 4.3.1.1.

##### 4.3.2.2. *Seguridad, puesta a tierra y conexión equipotencial*

Para garantizar la seguridad de la línea aérea de contacto, el diseño de estas instalaciones se ajustará a lo dispuesto en el punto 5.1.2 de la norma europea EN 50 119, versión de 2001, y en los puntos 5, 7 y 9 de la norma europea EN 50 122-1, versión de 1997. Todos los componentes con tensión se instalarán fuera del alcance de los usuarios y de cualquier otra persona.

##### 4.3.2.3. *Requisitos de comportamiento dinámico y calidad de captación corriente*

El diseño de los equipos de la línea aérea se corresponderá con los requisitos exigidos al comportamiento dinámico. La elevación a la velocidad de diseño de la línea cumplirá lo dispuesto en el punto 5.2.1.2 de la norma EN 50 119, versión de 2001, y en los cuadros 4.5 y 4.6 de la presente ETI.

La calidad de captación de corriente tiene una repercusión fundamental sobre la vida útil de un hilo de contacto y, por consiguiente, deberá cumplir parámetros acordados y medibles.

La calidad de captación puede evaluarse por la media  $F_m$  y la desviación estándar  $\sigma$  de los esfuerzos sobre la catenaria medidos o simulados o por el número de cebados. El cuadro 4.5 enumera los criterios aplicables a los sistemas de C.A. y el cuadro 4.6 los aplicables a los sistemas de C.C.

La entidad contratante decidirá si utiliza el criterio de interacción nº 1 (fuerza de contacto) o el nº 2 (cebado), con arreglo a los cuadros 4.5 o 4.6.

Se considera que la interacción cumple lo dispuesto en la presente ETI, si se cumplen:

- los puntos 1 o 2 del cuadro 4.5, y
- el punto 3 del cuadro 4.5.

La evaluación de la conformidad puede basarse en los resultados de los ensayos realizados en un sistema similar de líneas aéreas de contacto.

Para cualificar el rendimiento con más de un pantógrafo, se tendrá en cuenta el pantógrafo que presente los valores más críticos.

Cuadro 4.5

**Requisitos de interacción, sistemas de C.A.**

Nº	Descripción	Líneas de enlace y acondicionadas	Líneas de alta velocidad	
			Actuales	Nuevas
1	Fuerza media corregida $F_m$ (N) <sup>(1)</sup>	Véanse los puntos 5.3.1.6 y 5.3.2.7 <sup>(2)</sup>	Véase el punto 5.3.1.6 <sup>(2)</sup>	
	Desviación estándar a la velocidad máxima $\sigma_{max}$ (N)		0,3 $F_m$	
2	Porcentaje de cebado a la velocidad máxima, NQ (%)	≤ 0,14		
3	Espacio necesario para la elevación máxima del brazo rígido en condiciones aerodinámicas adversas	véase EN 50119, Versión 2001, punto 5.2.1.2	2· $S_o$ <sup>(3)</sup>	

Véanse definiciones, valores y ensayos en el anexo Q

- <sup>(1)</sup>  $F_m$  es el valor medio, con corrección dinámica, de la fuerza de contacto obtenida tras el análisis estadístico de los resultados de las mediciones o simulaciones de fuerza de contacto realizadas.
- <sup>(2)</sup> La corrección dinámica se aplica sobre los valores señalados en los puntos 5.3.1.6 y 5.3.2.7.
- <sup>(3)</sup>  $S_o$  es el cálculo, simulación o medición de la elevación del hilo de contacto en el brazo rígido que se genera en condiciones normales de funcionamiento con uno o varios pantógrafos y con una fuerza de contacto media  $F_m$  a la velocidad máxima de la línea, de conformidad con la norma EN 50 199, versión de 2001, punto 5.2.1.2.

Cuadro 4.6

**Requisitos de interacción, sistemas de C.C.**

Nº	Descripción	Líneas de enlace y acondicionadas <sup>(1)</sup>
1	Fuerza media corregida $F_m$ (N) <sup>(2)</sup>	Véanse los puntos 5.3.1.6 y 5.3.2.7 <sup>(3)</sup>
	Desviación estándar a la velocidad máxima $\sigma_{max}$ (N)	0,3 $F_m$
2	Porcentaje de cebado a la velocidad máxima, NQ (%)	≤ 0,20
3	Espacio necesario para la elevación máxima del brazo rígido en condiciones aerodinámicas adversas	Véase EN 50119, versión 2001 punto 5.2.1.2 <sup>(4)</sup>

Véanse definiciones, valores y ensayos en el anexo Q

- <sup>(1)</sup> En las líneas italianas y españolas mencionadas en la nota (2) del cuadro 4.1, se aplican igualmente los valores especificados para líneas acondicionadas.
- <sup>(2)</sup>  $F_m$  es el valor medio, con corrección dinámica, de la fuerza de contacto obtenida tras el análisis estadístico de los resultados de las mediciones o simulaciones de fuerza de contacto realizadas.
- <sup>(3)</sup> La corrección dinámica se aplica sobre los valores señalados en los puntos 5.3.1.6 y 5.3.2.7.
- <sup>(4)</sup> El espacio necesario se determina mediante el cálculo, simulación o medición de la elevación del hilo de contacto en el brazo rígido que se genera en condiciones normales de funcionamiento con uno o varios pantógrafos y con una fuerza de contacto media  $F_m$  a la velocidad máxima de la línea.

4.3.2.4. *Protección contra choques eléctricos*

La línea aérea de contacto se integrará en el sistema general de puesta a tierra dispuesto a lo largo de la línea para cumplir los requisitos de protección contra choques eléctricos especificados en la norma EN 50 122-1, versión de 1997, puntos 5, 7 y 9. La protección contra choques eléctricos en servicio y en condiciones de avería se cumple ajustando las tensiones de contacto a los límites aceptables estipulados en la norma EN 50 122-1, versión de 1997, puntos 7.2 y 7.3. Se realizará un estudio de cada instalación para demostrar la protección contra choques eléctricos.

#### 4.3.2.5. *Fuerza estática y fuerza de contacto media aerodinámica*

La fuerza estática nominal se especifica por la entidad contratante dentro de las escalas siguientes:

- 70 N + 20 N/-10 N para los sistemas de alimentación de C.A.,
- 110 N ± 10 N para los sistemas de alimentación de C.C. de 3 kV,
- 90 N ± 20 N para los sistemas de alimentación de C.C. de 1,5 kV.

En los sistemas de C.C., a fin de mejorar el contacto de los frotadores de carbono con el hilo de contacto, puede ser necesaria una fuerza mayor, en general de 140 N, para evitar que el hilo de contacto se caliente de forma peligrosa cuando el tren está en reposo con sus sistemas auxiliares en funcionamiento.

El valor de la fuerza total de elevación media ha de ajustarse al valor de la fuerza de contacto media  $F_m$  que se precisa para obtener una buena calidad de captación de corriente (véanse los puntos 4.3.2.3, 5.3.1.6 y 5.3.2.7).

La evaluación de la conformidad se realiza en el marco de la evaluación del componente interoperable «pan-tógrafo».

#### 4.3.2.6. *Plan de mantenimiento*

La entidad contratante o su mandatario elaborarán un plan de mantenimiento a fin de garantizar el mantenimiento de las características especificadas para el subsistema «Energía» dentro de los límites prescritos para las mismas.

El plan deberá incluir como mínimo los elementos siguientes:

- rutinas de mantenimiento para las líneas aéreas de contacto,
- registro de condiciones, resultados y experiencia adquirida,
- un conjunto de valores límite de seguridad para establecer la limitación de velocidad de los trenes en relación con la altura e inclinación del hilo de contacto, con arreglo a los puntos 4.1.2.2 y 4.1.2.3 de la presente ETI,
- una indicación de las frecuencias de comprobación y de las tolerancias aplicadas a los valores medidos de los datos geométricos y dinámicos y de los medios utilizados para verificarlos, con indicación, para estos últimos, de las normas de equivalencia con los valores de la norma citada en el punto 4.30.2,
- las medidas adoptadas, como reducción de la velocidad o plazos de reparación previstos, en caso de superación de los valores prescritos.

Los procedimientos de mantenimiento no degradarán medidas de seguridad tales como la continuidad del circuito de retorno, la limitación de sobretensiones y la detección de cortocircuitos. No se reducirá el rendimiento global del sistema.

#### 4.3.3. **Límites entre las líneas de alta velocidad y otras líneas**

Es responsabilidad de la entidad contratante definir, en un tramo corto que conecte una línea de alta velocidad con otra línea, el lugar en el que se aplican los requisitos establecidos en la ETI correspondiente al subsistema «Energía» para las líneas de alta velocidad y se han de cumplir sus rendimientos especificados.

## 5. **COMPONENTES DE INTEROPERABILIDAD**

### 5.1. **Generalidades**

De acuerdo con la letra d) del artículo 2 de la Directiva 96/48/CE, son componentes de interoperabilidad:

*«todo componente elemental, grupo de componentes, subconjunto o conjunto completo de materiales incorporados o destinados a ser incorporados en un subsistema, del que dependa directa o indirectamente la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad».*

Los componentes de interoperabilidad se regulan por las disposiciones pertinentes de la Directiva 96/48/CE y se enumeran en el punto 5.2 de la presente ETI por lo que respecta al subsistema «Energía».

## 5.2. Definiciones de los componentes de interoperabilidad

En el caso del subsistema «Energía», se definen los siguientes componentes:

- *línea aérea de contacto*. Se trata de una línea de contacto situada por encima del límite superior del gálibo de los vehículos, a los cuales suministra energía eléctrica por medio de los equipos de captación de corriente que van montados en las cubiertas, denominados pantógrafos. En los sistemas ferroviarios de alta velocidad se utilizan líneas aéreas de contacto con suspensión de catenaria, de modo que el hilo de contacto van suspendidos de una o varias catenarias longitudinales. Los componentes de sustentación, como ménsulas, postes y cimentaciones, no afectarán a la interoperabilidad y, por consiguiente, no se regulan por la presente ETI,
- *pantógrafo*. Son aparatos que captan la corriente de uno o varios hilos de contacto y que llevan un dispositivo articulado que hace posible el movimiento vertical del arco. El arco del pantógrafo incorpora los frotadores y sus monturas y termina en un cuerno curvado hacia abajo,
- *frotadores*. Son las piezas recambiables del arco del pantógrafo que están en contacto directo con el hilo conductor y que, en consecuencia, pueden sufrir desgaste.

## 5.3. Caracterización de los componentes

### 5.3.1. Línea aérea de contacto

#### 5.3.1.1. Diseño de conjunto

El diseño de las líneas aéreas de contacto ha de ajustarse a la norma EN 50 119, versión de 2001, puntos 5 y 6. A continuación se especifican requisitos adicionales, sobre todo en relación con las líneas de alta velocidad.

La línea aérea de contacto ha de alcanzar el rendimiento especificado concretamente para esa línea, sobre todo por lo que se refiere a la velocidad máxima de circulación y a la capacidad de transporte de corriente.

#### 5.3.1.2. Capacidad de transporte de corriente

La capacidad de transporte de corriente depende de las condiciones ambientales, que son la temperatura ambiente máxima y la velocidad mínima del viento cruzado establecidas para cada línea específica en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI, así como las temperaturas admisibles de los elementos de la línea de contacto y la duración de la acción de suministro de corriente. El diseño de la línea aérea de contacto admitirá las temperaturas máximas especificadas en el anexo B de la norma EN 50 119, versión de 2001, teniendo en cuenta los datos incorporados en el punto 4.5 y en los cuadros 3 y 4 de la norma EN 50 149, versión de 1999. Se realizará un análisis que demuestre que la línea de contacto es capaz de cumplir los requisitos especificados.

#### 5.3.1.3. Parámetros fundamentales

El diseño de la línea aérea de contacto se ajustará a los parámetros fundamentales especificados en los puntos 4.1.2.1 y 4.1.2.2.

#### 5.3.1.4. Velocidad de propagación de ondas

La velocidad de propagación de ondas por los hilos de contacto es un parámetro característico para evaluar la idoneidad de una línea de contacto para un servicio de alta velocidad. Este parámetro depende de la masa específica y del esfuerzo del hilo de contacto. La velocidad máxima de explotación no será superior al 70 % de la velocidad de propagación de ondas. Véase también el punto 5.2.1.4 de la norma EN 50 119, versión de 2001.

#### 5.3.1.5. Elasticidad y su uniformidad

La elasticidad y la uniformidad en toda la luz son esenciales para que la captación de corriente sea de alta calidad y para reducir el desgaste. La uniformidad de la elasticidad puede evaluarse por el factor de uniformidad  $u$ .

$$u = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100(\%).$$

donde

$e_{\max}$  es la elasticidad máxima en la luz

$e_{\min}$  es la elasticidad mínima en la luz

En el caso de las líneas de alta velocidad, hay que intentar que el parámetro  $u$  sea lo más bajo posible; en el cuadro 5.1 se dan valores límites para  $u$ , aceptados para cada tipo de línea aérea de contacto.

Cuadro 5.1

**Uniformidad  $u$  de la elasticidad en %**

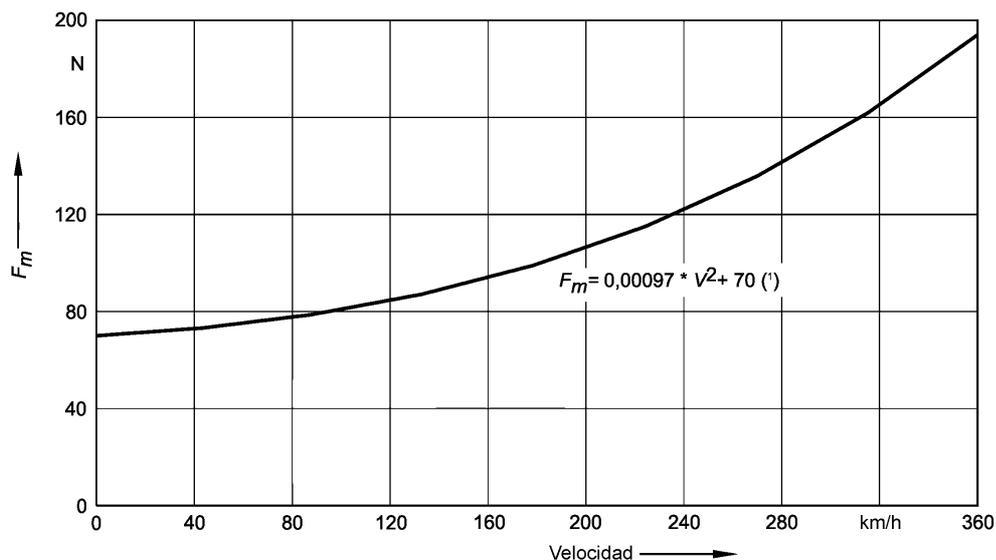
Tipo de línea de contacto	Velocidad de circulación, km/h		
	200 a 230	230 a 300	más de 300
Sin péndola en Y	< 40	< 40	< 25
Con péndola en Y	< 20	< 10	< 10

En las líneas de alta velocidad, la elasticidad a mitad de luz debe limitarse a valores inferiores a 0,5 mm/N. La línea de contacto ha de ajustarse a lo dispuesto en el punto 5.2.1.3 de la norma EN 50 119, versión de 2001.

## 5.3.1.6. Fuerza de contacto media

En este punto se estipulan las fuerzas de contacto medias para las que se diseñará la línea de contacto.

Figura 5.1

**Objetivo de fuerza de contacto media  $F_m$  para los sistemas de C.A., en función de la velocidad de circulación**

(1)  $v$  en km/h.

La figura 5.1 ilustra la fuerza de contacto media  $F_m$ , formada por los componentes estático y aerodinámico de la fuerza de contacto con corrección dinámica, que se aplicará sobre el hilo de contacto en los sistemas de C.A. en función de la velocidad de circulación.

En este contexto,  $F_m$  representa un valor objetivo que ha de alcanzarse, por una parte, para asegurar que la captación de corriente se produzca sin cebados indebidos y que no debe sobrepasarse, por otra, para limitar el desgaste y el riesgo de rotura de los frotadores.

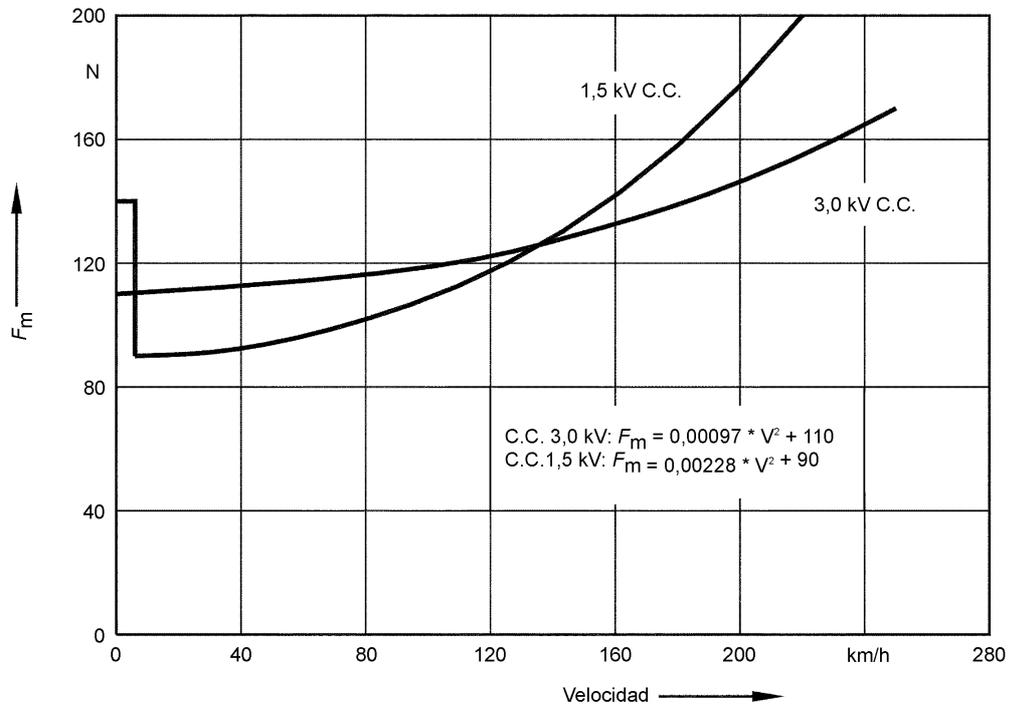
En trenes con varios pantógrafos en funcionamiento al mismo tiempo, la fuerza de contacto media  $F_m$  de cualquiera de sus pantógrafos no será superior al valor indicado en la figura 5.1, ya que se cumplirá el criterio de captación aplicable a cada pantógrafo individual.

La figura 5.2 ilustra la fuerza de contacto media  $F_m$ , formada por los componentes estático y aerodinámico de la fuerza de contacto con corrección dinámica, que se aplicará en los sistemas de C.C. de 1,5 kV y 3,0 kV en función de la velocidad de circulación. En las líneas de C.C. de 1,5 kV, la fuerza de contacto estática deberá ser de 140 N cuando sea necesario con respecto a la corriente en reposo.

En trenes con varios pantógrafos en funcionamiento al mismo tiempo, la fuerza de contacto media  $F_m$  de cualquiera de sus pantógrafos no será superior al valor indicado en la figura 5.1, ya que se cumplirá el criterio de captación aplicable a cada pantógrafo individual.

Figura 5.2

**Objetivo de fuerza de contacto media  $F_m$  para los sistemas de C.C. de 1,5 kV y 3,0 kV, en función de la velocidad de circulación**



#### 5.3.1.7. Mantenimiento

El fabricante proporcionará toda la información necesaria para que la entidad contratante pueda redactar un plan de mantenimiento, teniendo especialmente en cuenta la geometría de la línea aérea y el desgaste del hilo de contacto, sobre todo en puntos críticos como cruces, aparatos de vía y solapes.

#### 5.3.1.8. Corriente en reposo

Se mantendrá un nivel aceptable de corriente en reposo para el hilo de contacto y los frotadores del pantógrafo, de modo que los equipos auxiliares instalados a bordo de los trenes reciban alimentación adecuada. En los sistemas de C.C. de 1,5 kV, se garantizará una corriente de 300 A por pantógrafo, que será de 200 A en los sistemas de 3,0 kV. Para ensayar la línea aérea de contacto con arreglo a la metodología especificada en el punto 6.13 de la norma EN 50 206-1, versión de 1998, la temperatura del hilo de contacto no deberá superar los límites establecidos en el anexo B de la norma EN 50 119, versión de 2001.

### 5.3.2. Pantógrafo

#### 5.3.2.1. Diseño de conjunto

El pantógrafo cumplirá el rendimiento especificado por lo que se refiere a la velocidad máxima de circulación y a la capacidad de transporte de corriente. En relación con lo que no se especifique a continuación, se aplicará la norma EN 50 206. La instalación del pantógrafo sobre el material rodante se regula en el marco del subsistema «Material Rodante».

#### 5.3.2.2. Parámetros fundamentales

El diseño del pantógrafo cumplirá los parámetros fundamentales especificados en el punto 4.1.

### 5.3.2.3. *Capacidad de transporte de corriente*

El pantógrafo se diseñará para transmitir la corriente especificada a los vehículos. La corriente nominal será señalada por el fabricante. Se prestará especial atención a los datos específicos que dependen del uso de sistemas de C.A. o C.C. Se realizará un análisis que demuestre que el pantógrafo es capaz de transportar la corriente especificada.

### 5.3.2.4. *Diseño del aislamiento*

Los pantógrafos se montarán en la cubierta de los vehículos aislados de tierra. El diseño del aislamiento tendrá en cuenta las sollicitaciones por tensión. Las referencias a los datos que deberán verificarse se encuentran en el anexo N de la presente ETI en relación con las tensiones del sistema y en la norma EN 50 124-1, versión de 1999, cuadro 2, en relación con los requisitos de coordinación del aislamiento. Los aislantes se verificarán con arreglo a la norma EN 60 383.

### 5.3.2.5. *Zona de trabajo de los pantógrafos*

Los pantógrafos deberán ser capaces de trabajar con hilos de contacto a alturas de entre 4 800 mm y 6 400 mm. Estas alturas serán diferentes en las líneas de enlace o líneas acondicionadas del Reino Unido y Finlandia. Véase el punto 7,3.

### 5.3.2.6. *Fuerza de contacto estática*

La fuerza estática es la fuerza media de contacto vertical ejercida en dirección ascendente por el arco del pantógrafo sobre la línea de contacto y provocada por el aparato elevador del pantógrafo, mientras se eleva el pantógrafo y el vehículo permanece en reposo.

En los sistemas de C.A., la fuerza estática podrá ajustarse entre 40 y 120 N.

En los sistemas de C.C., a fin de mejorar el contacto de los frotadores con el hilo de contacto, puede ser necesaria una fuerza mayor para evitar que el hilo de contacto se caliente de forma peligrosa cuando el tren está en reposo con sus sistemas auxiliares en funcionamiento. En los sistemas de C.C., la fuerza estática podrá ajustarse entre 50 y 150 N.

Los pantógrafos y los mecanismos de estos que proporcionan las fuerzas de contacto necesarias podrán utilizarse en todo tipo de líneas aéreas de contacto interoperables. Para más detalles y referencias de evaluación, véase el punto 6.3.1 de la norma EN 50 206-1, versión de 1998.

### 5.3.2.7. *Fuerza de contacto media y rendimiento de interacción entre la línea aérea y el sistema de pantógrafos*

La fuerza de contacto media es el promedio de las fuerzas provocadas esfuerzos estáticos y aerodinámicos. Es igual a la suma de la fuerza de contacto estática (punto 5.3.2.6) y la fuerza aerodinámica provocada por la corriente de aire sobre los elementos del pantógrafo a la velocidad considerada. La fuerza de elevación media es una característica del pantógrafo para un material rodante determinado y un despliegue determinado del pantógrafo. La fuerza de contacto media se mide en el arco del pantógrafo, con arreglo al anexo Q (Q.4.2.2).

El valor de la fuerza de contacto media se corresponderá con el valor F estipulado en el punto 5.3.1.6.

En las líneas actuales de C.A. de alta velocidad, acondicionadas y de enlace que no se ajusten a los requisitos establecidos en el punto 5.3.1.6, el pantógrafo estará diseñado de modo que la fuerza de contacto media en función de la velocidad de circulación  $F_m$ , además de la curva objetivo que se ilustra en la figura 5.1, permita otras curvas de ajuste C1 y C2.

Estas curvas se definen en el anexo Q (Q.4.1).

El fabricante del pantógrafo dispondrá lo necesario para que el cambio entre las tres curvas se realice a bordo tomando la información adecuada, como el uso de un pantógrafo de 1 950 mm o información sobre el tipo de tensión existente en la línea aérea de contacto. En el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI correspondiente a líneas actuales se indicará qué curva ha de tenerse en cuenta, es decir, la curva objetivo o las curvas alternativas C1 o C2.

En trenes con varios pantógrafos en funcionamiento al mismo tiempo, la fuerza de contacto media  $F_m$  de cualquiera de sus pantógrafos no será superior al valor indicado en la curva objetivo del punto 5.3.1.6 o en una de las curvas C1 o C2, ya que se cumplirá el criterio de captación aplicable a cada pantógrafo individual.

Dichos requisitos se especifican en el anexo Q.

La evaluación se realizará con arreglo a lo dispuesto en el anexo Q.

#### 5.3.2.8. *Dispositivo de despegue automático*

Los pantógrafos irán equipados con un dispositivo de despegue en caso de avería, de conformidad con el punto 4.9 de la norma EN 50 206-1, versión de 1998.

#### 5.3.2.9. *Corriente en reposo*

La corriente utilizada por los trenes en reposo será aceptable para el hilo de contacto y los frotadores del pantógrafo, de modo que los equipos auxiliares instalados a bordo de los trenes reciban alimentación adecuada. En los sistemas de C.C., se garantizará una corriente de 300 A por pantógrafo a fin de cumplir lo dispuesto en el punto 5.3.1.8. Se realizará un estudio que demuestre que el pantógrafo es capaz de transportar la corriente especificada en reposo.

En relación con la evaluación de la conformidad, véase el punto 6.13 y el anexo Q de la norma EN 50 206-1, versión de 1998.

### 5.3.3. **Llantas de rozamiento**

#### 5.3.3.1. *Parámetros fundamentales*

Las llantas de rozamiento del pantógrafo cumplirán los parámetros fundamentales especificados en el punto 4.1.

#### 5.3.3.2. *Materiales*

El material utilizado para las llantas de rozamiento del pantógrafo será física y eléctricamente compatible con el material de los hilos de contacto, a fin de evitar que estos últimos sufran una abrasión excesiva y que tanto los hilos como las llantas de rozamiento se desgasten lo mínimo posible. El carbono puro o impregnado con aditivos es un material aceptado para la interacción con hilos de contacto de cobre o sus aleaciones. Por consiguiente, ésta será la combinación preferible en los trenes de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad.

En los sistemas de C.C. podrán utilizarse otros materiales siempre que se acuerde por todas las partes. En este caso, las llantas de rozamiento no podrán considerarse interoperables. Véase el anexo M.2 de la presente ETI.

#### 5.3.3.3. *Capacidad de transporte de corriente*

El material y la sección transversal de las llantas de rozamiento se seleccionarán a la luz de la corriente máxima para la que estén diseñados. La corriente nominal será señalada por el fabricante. Los ensayos de tipo demostrarán la conformidad con arreglo a lo especificado en el anexo M.4 de la presente ETI.

#### 5.3.3.4. *Corriente en reposo*

Se mantendrá un nivel aceptable de corriente en reposo para el hilo de contacto y las llantas de rozamiento del pantógrafo, de modo que los equipos auxiliares instalados a bordo de los trenes reciban alimentación adecuada. En los sistemas de C.C., se garantizará una corriente de 300 A por pantógrafo a fin de cumplir lo dispuesto en el punto 5.3.1.8. Se realizará un estudio que demuestre la capacidad de las llantas de rozamiento. Para la evaluación de la conformidad, véase el anexo M.3 de la presente ETI.

#### 5.3.3.5. *Detección de roturas de llantas de rozamiento*

Las llantas de rozamiento estarán diseñadas de modo que se detecte cualquier avería y se inicie la bajada del pantógrafo. Véase el punto 4.9 de la norma EN 50 206-1, versión de 1998.

## 6. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD Y/O DE LA IDONEIDAD PARA EL USO

### 6.1. Componentes de interoperabilidad

#### 6.1.1. *Procedimientos y módulos de evaluación*

El procedimiento de evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad, tal como se definen en el capítulo 5 de la presente ETI, deberá realizarse aplicando los módulos especificados en el anexo A de la presente ETI.

Si la entidad contratante puede demostrar que las pruebas o verificaciones realizadas para solicitudes anteriores siguen siendo válidas para las nuevas solicitudes, el organismo notificado las tendrá en cuenta en la evaluación de la conformidad.

Los procedimientos de evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad (línea aérea de contacto, pantógrafo y frotador definidos en el capítulo 5 de la presente ETI) se recogen en el anexo B, cuadros B.1, B.2 y B.3 de la presente ETI.

Siempre que así lo exijan los módulos descritos en el anexo A de la presente ETI, la evaluación de la conformidad de un componente de interoperabilidad será tramitada por el organismo notificado, cuando así se indique en el procedimiento, al cual el fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad hayan solicitado dicha evaluación.

El fabricante de un componente de interoperabilidad o su mandatario establecido en la Comunidad expedirá una declaración «CE» de conformidad con arreglo al punto 1 del artículo 13 y al punto 3 del anexo IV de la Directiva 96/48/CE, antes de comercializar el componente de interoperabilidad. Los componentes de interoperabilidad del subsistema «Energía» no precisan de la declaración «CE» de idoneidad para el uso.

#### 6.1.2. *Aplicación de los módulos*

El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad podrá optar, para el procedimiento de evaluación de cada componente de interoperabilidad perteneciente al subsistema «Energía», por:

- el procedimiento de examen de tipo (módulo B) descrito en el punto A.2 del anexo A de la presente ETI para las fases de diseño y de desarrollo combinado con el procedimiento de conformidad con el tipo (módulo C) descrito en el punto A.3 del anexo A de la presente ETI para la fase de producción, o bien
- el procedimiento de seguro de calidad total con examen del diseño (módulo H2) descrito en el punto A.4 del anexo A de la presente ETI para todas las fases.

Estos procedimientos de evaluación están definidos en el anexo A de la presente ETI.

El módulo H2 sólo podrá elegirse cuando el fabricante haya implantado un sistema de calidad para el diseño, la producción y el examen y ensayo del producto acabado, aprobado y supervisado por un organismo notificado.

La evaluación de la conformidad deberá referirse a las fases y características indicadas con una X en los cuadros B.1, B.2 y B.3 del anexo B de la presente ETI.

### 6.2. Subsistema «Energía»

#### 6.2.1. *Procedimientos y módulos de evaluación*

A petición de la entidad contratante o de su mandatario establecido en la Comunidad, el organismo notificado procederá a la verificación «CE» con arreglo al punto 1 del artículo 18 y al anexo VI de la Directiva 96/48/CE y conforme a lo dispuesto en los módulos pertinentes, tal como se precisa en el anexo A de la presente ETI.

Si la entidad contratante puede demostrar que las pruebas o verificaciones realizadas para solicitudes anteriores siguen siendo válidas para las nuevas solicitudes, el organismo notificado las tendrá en cuenta en la evaluación de la conformidad.

Los procedimientos de evaluación para la verificación «CE» del subsistema «Energía» se recogen en el anexo C, cuadro C.1 de la presente ETI.

Cuando la presente ETI así lo prevea, la verificación «CE» del subsistema «Energía» deberá tener en cuenta las interfaces con otros subsistemas del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.

La entidad contratante deberá redactar la declaración «CE» de verificación para el subsistema «Energía» de conformidad con el punto 1 del artículo 18 y el anexo V de la Directiva 96/48/CE.

#### 6.2.2. **Aplicación de los módulos**

Para el procedimiento de verificación del subsistema «Energía», la entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad podrán elegir entre:

- el procedimiento de verificación de la unidad (módulo SG) recogido en el punto A.5 del anexo A de la presente ETI, o bien
- el procedimiento de seguro de calidad completo con examen del diseño (módulo SH2) recogido en el punto A.6 del anexo A de la presente ETI.

Sólo podrá elegirse el módulo SH2 cuando todas las actividades que intervengan en la realización del proyecto del subsistema que vaya a verificarse (diseño, fabricación, montaje, instalación) estén sometidas a un sistema de calidad que englobe el diseño, la producción, el control y los ensayos del producto acabado, y que esté aprobado y controlado por un organismo notificado.

La evaluación deberá referirse a las fases y características indicadas en el cuadro C.1 del anexo B de la presente ETI.

### 7. **APLICACIÓN DE LA ETI RELATIVA AL SUBSISTEMA «ENERGÍA»**

#### 7.1. **Aplicación de la presente ETI a las líneas de alta velocidad y material rodante que han de entrar en servicio**

En relación con las líneas de alta velocidad ubicadas en el ámbito geográfico de la presente ETI (véase el punto 1.2) que hayan de ponerse en servicio tras su entrada en vigor, así como con el material rodante que haya de circular por las mismas, se aplicarán los capítulos 2 a 6 en su totalidad, así como las posibles disposiciones específicas del punto 7.3.

#### 7.2. **Aplicación de la presente ETI a las líneas de alta velocidad y material rodante ya en servicio**

En relación con las infraestructuras y el material rodante ya en servicio, esta ETI se aplica a sus componentes en las condiciones especificadas en el artículo 3 de la presente Decisión. En este contexto concreto, se refiere fundamentalmente a la aplicación de una estrategia de migración que permita que se sometan las instalaciones ya existentes a una adaptación que resulte justificable en términos económicos, teniendo en cuenta criterios históricos. En el caso de la ETI relativa al subsistema «Energía» se aplican los siguientes principios:

Aunque la ETI puede aplicarse a las nuevas instalaciones de forma plena, las instalaciones ya existentes en las líneas actuales pueden requerir modificaciones. El tipo de modificación necesario dependerá del grado de conformidad de dichas instalaciones. Sólo podrá llevarse a cabo una estrategia de aplicación de forma individual en líneas o redes concretas ubicadas en los Estados miembros de la Unión Europea. En el punto 7.3 se indican los puntos cuya aplicación requiere la modificación de las instalaciones existentes. En el cuadro 7.1 se resumen las características que deberán aplicarse.

La entidad contratante definirá las medidas prácticas y las diferentes fases que serán necesarias para llevar a cabo la puesta en servicio con los rendimientos exigidos. Estas fases podrán incluir períodos transitorios de puesta en servicio con rendimientos reducidos.

Cuadro 7.1

**Aplicación de las especificaciones técnicas de interoperabilidad aplicables al subsistema «Energía»**

Características que deben aplicarse	Punto
Tensión y frecuencia	4.1.1
Potencia instalada y tensión útil media	4.3.1.1
Armónicos de corriente	4.2.2.3
Protección eléctrica	4.2.2.8
Compatibilidad electromagnética externa	4.3.1.5
Protección contra choques eléctricos	4.3.1.8, 4.3.2.4
Aislamiento de la fuente de alimentación	4.3.1.10
Continuidad de la alimentación eléctrica	4.3.1.11
Frenos de recuperación	4.3.1.4
Geometría de la línea aérea de contacto	4.1.2.1, 4.1.2.2, 5.3.1.3
Envolvente dinámica	4.2.2.4
Secciones de separación de fases	4.2.2.10
Secciones de separación de sistemas	4.2.2.11
Capacidad de transporte de corriente	5.3.1.2, 5.3.2.3, 5.3.3.3
Velocidad de propagación de ondas	5.3.1.4
Elasticidad y su uniformidad	5.3.1.5
Fuerza de contacto media	5.3.1.6
Seguridad, puesta a tierra y conexión equipotencial	4.3.1.2, 4.3.2.2
Comportamiento dinámico y captación de corriente	4.3.2.3
Diseño de los pantógrafos	4.1.2.3
Diseño de los frotadores	5.3.3
Fuerzas de contacto	4.3.2.5

**7.3. Casos específicos**

Se autorizan las siguientes disposiciones particulares en los siguientes casos específicos. Estos casos específicos se clasifican en dos categorías: las disposiciones se aplican de forma permanente (casos «P») o temporal (casos «T»). En cuanto a los casos temporales, se recomienda llegar al sistema previsto en 2010 (casos «T1»), objetivo establecido en la Decisión nº 1692/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 1996, sobre orientaciones comunitarias para el desarrollo de la red transeuropea de transporte, o en 2020 (casos «T2»).

**7.3.1. Peculiaridades de la red en Austria***Líneas de enlace*

La inversión que conlleva cambiar la línea aérea de contacto en líneas acondicionadas y líneas de enlace y estaciones para cumplir los requisitos del Europantógrafo de 1 600 mm resulta prohibitiva. Los trenes que circulen por estas líneas deberán estar equipados con pantógrafos secundarios de 1 950 mm para prestar servicio a una velocidad intermedia de hasta 230 km/h, de modo que en estas partes de la red transeuropea la línea aérea de contacto no tenga que estar preparada para el Europantógrafo. En estas zonas se admitirá una desviación lateral máxima del hilo de contacto de 550 mm bajo los efectos del viento cruzado. En futuros estudios relativos a líneas acondicionadas y líneas de enlace deberá tenerse en cuenta el Europantógrafo para demostrar la pertinencia de las opciones elegidas.

*Líneas de enlace y acondicionadas (caso P)*

Debido a la aceptación del diseño de la línea aérea de contacto para un pantógrafo de 1 950 mm de anchura, no será necesario realizar adaptaciones.

*Líneas de enlace (caso T1)*

Para cumplir los requisitos de tensión útil media y potencia instalada, es necesario construir subestaciones adicionales. El plazo fijado para su instalación finaliza en el año 2010.

**7.3.2. Peculiaridades de la red en Bélgica (caso T1)***Líneas de alta velocidad existentes*

En las líneas de alta velocidad existentes, las secciones de separación de fases no son compatibles con el requisito de más de 143 m de separación entre tres pantógrafos. Entre las líneas de alta velocidad existentes y las líneas acondicionadas no existe un control automático que active la apertura del disyuntor principal en los vehículos tractores.

Ambos elementos han de modificarse.

*Líneas de enlace y acondicionadas*

En algunos tramos de línea, bajo los puentes, el hilo de contacto no cumple los requisitos mínimos de altura establecidos en la ETI y deberá modificarse. No hay plazos fijados.

**7.3.3. Peculiaridades de la red en Alemania (caso P)**

La inversión que conlleva cambiar la línea aérea de contacto en líneas acondicionadas y líneas de enlace y estaciones para cumplir los requisitos del Europantógrafo de 1 600 mm resulta prohibitiva. Los trenes que circulen por estas líneas deberán estar equipados con pantógrafos secundarios de 1 950 mm para prestar servicio a una velocidad intermedia de hasta 230 km/h, de modo que en estas partes de la red transeuropea la línea aérea de contacto no tenga que estar preparada para el Europantógrafo. En estas zonas se admitirá una desviación lateral máxima del hilo de contacto de 550 mm bajo los efectos del viento cruzado. En futuros estudios relativos a líneas acondicionadas y líneas de enlace deberá tenerse en cuenta el Europantógrafo para demostrar la pertinencia de las opciones elegidas.

**7.3.4. Peculiaridades de la red en España (caso P)**

La inversión que conlleva cambiar la línea aérea de contacto en líneas acondicionadas y líneas de enlace y estaciones para cumplir los requisitos del Europantógrafo de 1 600 mm resulta prohibitiva. Los trenes que circulen por estas líneas deberán estar equipados con pantógrafos secundarios de 1 950 mm para prestar servicio a una velocidad intermedia de hasta 230 km/h, de modo que en estas partes de la red transeuropea la línea aérea de contacto no tenga que estar preparada para el Europantógrafo. En estas zonas se admitirá una desviación lateral máxima del hilo de contacto de 550 mm bajo los efectos del viento cruzado. En futuros estudios relativos a líneas acondicionadas y líneas de enlace deberá tenerse en cuenta el Europantógrafo para demostrar la pertinencia de las opciones elegidas.

En algunos tramos de las futuras líneas de alta velocidad españolas, la altura nominal del hilo de contacto puede ser de 5,5 m, sobre todo en la línea Barcelona-Perpiñán (también afectaría a Francia entre la frontera española y Perpiñán si este país lo solicitase).

En la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, los trenes han de estar equipados con un pantógrafo de 1 950 mm.

**7.3.5. Peculiaridades de la red en Francia***Líneas de alta velocidad existentes (caso T2)*

Para cumplir los criterios de captación de corriente y comportamiento dinámico en las líneas de C.A., es necesario modificar los equipos de las líneas aéreas de contacto.

En las líneas de alta velocidad existentes, las secciones de separación de fases no son compatibles con el requisito de más de 143 m de separación entre tres pantógrafos. Deberán modificarse las secciones de separación de fases.

En una línea de alta velocidad en particular, será necesario modificar la línea aérea de contacto para que se pueda alcanzar la elevación admisible sin necesidad de instalar topes de elevación en los pantógrafos.

#### *Líneas acondicionadas y de enlace*

Para cumplir los criterios de captación de corriente en las líneas de C.C., es necesario modificar los equipos de las líneas aéreas de contacto. En las líneas de C.C., la sección transversal de los hilos de contacto no es suficiente para cumplir los requisitos de la ETI relativos a la corriente en reposo en las estaciones o en las zonas de precalentamiento de los trenes.

En la actual línea de C.C. con España se presta servicio con un pantógrafo de 1 950 mm. Será necesario acondicionar la línea aérea de contacto para explotar esta línea con el Europantógrafo de 1 600 mm.

#### *Todas las categorías de líneas*

Se aplican las siguientes disposiciones a los pantógrafos:

- en los sistemas de C.A., es necesario utilizar el Europantógrafo de 1 600 mm en lugar de los pantógrafos de 1 450 mm que se utilizan actualmente en el TGV,
- en los sistemas de C.C., es necesario utilizar el Europantógrafo de 1 600 mm en lugar de los pantógrafos de 1 950 mm que se utilizan actualmente en el TGV,
- durante un período intermedio, en los sistemas de C.A. será necesario utilizar pantógrafos capaces de funcionar con tres curvas (C1, C2 y la curva objetivo) para la fuerza de contacto media  $F_m$ ,
- en los sistemas de C.C., podría ser necesario utilizar pantógrafos capaces de funcionar con dos curvas  $F_m$ , una para 1,5 kV y otra para 3 kV.

Todavía no se ha programado la conversión.

### **7.3.6. Peculiaridades de la red en Gran Bretaña**

#### *Nuevas líneas de alta velocidad (caso T1)*

En la línea ferroviaria prevista para el Túnel del Canal (CTRL = Channel Tunnel Railway Line), puede ser necesario adaptar las secciones de separación de fases a las especificaciones de la ETI. Esta modificación se realizará en el momento que la línea entre plenamente en servicio, incluida la circulación de trenes de mercancías.

#### *Líneas acondicionadas (caso P)*

En la línea principal de la Costa Este (ECML = East Coast Main Line), algunas secciones no se ajustan a las especificaciones de tensión y frecuencia, tensión útil media y potencia instalada. Está previsto aplicar la ETI en las próximas obras importantes de acondicionamiento de la línea ECML.

Tanto en ésta como en la línea principal de la Costa Oeste (WCML = West Coast Main Line), la geometría de la línea aérea de contacto y la envolvente dinámica se basan en el ancho UK1 y se tratan como caso especial. La altura variable del hilo de contacto puede mantenerse para velocidades de hasta 225 km/h y la fuerza de contacto media se ajustará para cumplir los requisitos de captación de corriente fijados en el punto 5.2.1 de la norma EN 50 119, versión de 2001.

En la línea WCLM, se mantendrá el mismo tipo de secciones de separación de fases.

### **7.3.7. Peculiaridades de la red en Italia**

#### *Líneas de alta velocidad existentes (caso T1)*

Es necesario adaptar la geometría de las líneas aéreas de contacto a la altura del hilo de contacto en un tramo de doble vía de 100 km.

El plazo previsto para realizar estas modificaciones finaliza en el año 2010.

*Líneas de enlace y acondicionadas (caso T1)*

Es necesario adaptar la geometría de las líneas aéreas de contacto en relación con la altura del hilo de contacto en parte de las líneas afectadas.

Para cumplir los requisitos de tensión útil media y potencia instalada, es necesario construir subestaciones adicionales.

El plazo previsto para realizar estas modificaciones finaliza en el año 2010.

**7.3.8. Peculiaridades de las redes de Irlanda e Irlanda del Norte (casos P)**

En las líneas electrificadas de las redes irlandesa y norirlandesa, el gálibo estructural estándar irlandés IRL1 y las holguras necesarias definirán la altura nominal del hilo de contacto.

**7.3.9. Peculiaridades de la red en Suecia (caso P)**

La inversión que conlleva cambiar la línea aérea de contacto en líneas acondicionadas y líneas de enlace y estaciones para cumplir los requisitos del Europantógrafo de 1 600 mm resulta prohibitiva. Los trenes que circulen por estas líneas deberán estar equipados con pantógrafos secundarios de 1 950 mm para prestar servicio a una velocidad intermedia de hasta 230 km/h, de modo que en estas partes de la red transeuropea la línea aérea de contacto no tenga que estar preparada para el Europantógrafo. En estas zonas se admitirá una desviación lateral máxima del hilo de contacto de 550 mm bajo los efectos del viento cruzado. En futuros estudios relativos a líneas acondicionadas y líneas de enlace deberá tenerse en cuenta el Europantógrafo para demostrar la pertinencia de las opciones elegidas.

**7.3.10. Peculiaridades de la red en Finlandia (caso P)**

La altura normal del hilo de contacto es de 6 150 mm (mínimo de 5 600 mm, máximo de 6 500 mm).

---

## ANEXO A

**PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN (MÓDULOS)**

- para la conformidad de los componentes de interoperabilidad y
- para la verificación «CE» de los subsistemas.

## A.1. OBJETO

En el presente anexo se presentan los módulos para la evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad y para la verificación «CE» del subsistema «Energía».

## A.2. MÓDULO B (EXAMEN DE TIPO)

**Evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad**

1. En este módulo se describe la parte del procedimiento mediante la cual un organismo notificado comprueba y certifica que un tipo, representativo de la producción de que se trate, satisface las disposiciones de la ETI que le sean aplicables.
2. La solicitud de examen de tipo será presentada por el fabricante o por su mandatario establecido en la Comunidad ante el organismo notificado de su elección.

Dicha solicitud comprenderá:

- nombre y dirección del fabricante, así como nombre, apellidos y dirección del mandatario si la solicitud es presentada por éste,
- una declaración por escrito en la que se precise que la misma solicitud no ha sido presentada ante otro organismo notificado,
- la documentación técnica descrita en el punto 3.

El solicitante pondrá a disposición del organismo notificado una muestra representativa de la producción, en lo sucesivo denominada «tipo».

Un tipo puede abarcar varias versiones del componente de interoperabilidad, a condición de que las diferencias entre versiones no afecten a las disposiciones de la ETI.

El organismo notificado podrá solicitar otras muestras si el programa de ensayo lo requiere.

Si el procedimiento de examen de tipo no requiere ensayos de tipo (véase el punto 4.4) y el tipo está suficientemente definido en la documentación técnica contemplada en el punto 3, el organismo notificado podrá aceptar que no se pongan muestras a su disposición.

3. La documentación técnica deberá permitir evaluar la conformidad del componente de interoperabilidad con las disposiciones de la ETI. En la medida necesaria para dicha evaluación, abarcará el diseño, la fabricación y el funcionamiento del producto. La documentación técnica contendrá:
  - una descripción general del tipo,
  - los dibujos de diseño y fabricación, así como los esquemas de los componentes, subconjuntos, circuitos, etc.,
  - las descripciones y explicaciones necesarias para la comprensión de dichos dibujos y esquemas y del funcionamiento del producto,
  - las condiciones de integración del componente de interoperabilidad en su entorno funcional (subconjunto, conjunto, subsistema) y las condiciones de interfaz necesarias,
  - las condiciones de utilización y mantenimiento del componente de interoperabilidad (restricciones de tiempo o de distancia, límites de desgaste, etc.),

- una lista de las especificaciones técnicas con respecto a las cuales debe evaluarse el componente de interoperabilidad (ETI aplicable o especificación europea que contiene las disposiciones aplicables),
  - una descripción de las soluciones adoptadas para satisfacer las exigencias de la presente ETI cuando no se hayan aplicado en su integridad las especificaciones europeas citadas en la ETI,
  - los resultados de los cálculos de diseño, controles efectuados, etc.,
  - los informes de ensayos.
4. El organismo notificado:
- 4.1. examinará la documentación técnica,
  - 4.2. si la ETI prevé un análisis del diseño, examinará los métodos, instrumentos y resultados del diseño, a fin de evaluar su capacidad para satisfacer los requisitos de conformidad del componente de interoperabilidad al final del proceso de diseño,
  - 4.3. si la ETI prevé un análisis del proceso de fabricación, examinará el proceso de fabricación previsto para la realización del componente de interoperabilidad a fin de evaluar su contribución a la conformidad del producto o examinará el análisis efectuado por el fabricante al final del proceso de diseño,
  - 4.4. si la ETI requiere ensayos de tipo, verificará que la muestra o muestras hayan sido fabricadas de conformidad con la documentación técnica, y efectuará o hará efectuar los ensayos de tipo de conformidad con lo dispuesto en la ETI y en las especificaciones europeas citadas en la ETI,
  - 4.5. identificará los elementos que hayan sido diseñados de conformidad con las disposiciones aplicables de la ETI y las especificaciones europeas citadas en la ETI, así como los elementos cuyo diseño no se base en las disposiciones pertinentes de dichas especificaciones europeas,
  - 4.6. efectuará o hará efectuar los controles y ensayos necesarios de conformidad con los puntos 4.2, 4.3 y 4.4, a fin de verificar si las soluciones adoptadas por el fabricante satisfacen los requisitos de la ETI cuando no se hayan aplicado las especificaciones europeas citadas en la ETI,
  - 4.7. efectuará o hará efectuar los controles y ensayos necesarios de conformidad con los puntos 4.2, 4.3 y 4.4, a fin de verificar si el fabricante ha aplicado realmente las especificaciones europeas, en caso de que haya optado por esta solución,
  - 4.8. acordará con el solicitante el lugar en que se realizarán los controles y los ensayos necesarios.
5. Cuando el tipo cumpla las disposiciones de la ETI, el organismo notificado expedirá un certificado de examen de tipo al solicitante. El certificado llevará el nombre y dirección del fabricante, las conclusiones del control, las condiciones de validez del certificado y los datos necesarios para la identificación del tipo aprobado.

El período de validez no podrá exceder de tres años.

Se adjuntará al certificado una lista de las partes pertinentes de la documentación técnica, y el organismo notificado conservará una copia.

Si el organismo notificado se niega a expedir el certificado de examen de tipo «CE» al fabricante o a su mandatario establecido en la Comunidad, motivará de forma detallada su negativa.

Deberá preverse un procedimiento de recurso.

- 6. El solicitante comunicará al organismo notificado que conserve la documentación técnica relativa al certificado de examen de tipo «CE» todas las modificaciones del producto aprobado que requieran una nueva aprobación, cuando dichas modificaciones puedan poner en peligro la conformidad a los requisitos de la ETI o a las condiciones de utilización previstas del producto. Esta nueva aprobación se expedirá en la forma de un complemento del certificado original de examen de tipo, o bien se expedirá un nuevo certificado previa retirada del antiguo.
- 7. Si no se introduce ninguna modificación con arreglo al punto 6, la validez de un certificado podrá prorrogarse, a su expiración, por un nuevo período. El solicitante pedirá la reconducción confirmando por escrito que no se ha introducido ninguna modificación y, a falta de información en contrario, el organismo notificado prorrogará la validez del período contemplado en el punto 5. Este procedimiento es renovable.

8. Cada organismo notificado comunicará a los demás organismos notificados la información útil relativa a los certificados de examen de tipo que haya retirado o denegado.
9. Los demás organismos notificados recibirán, previa petición, una copia de los certificados de examen de tipo o de sus complementos. Los anexos de los certificados se mantendrán a disposición de los demás organismos notificados.
10. El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad conservará con la documentación técnica una copia de los certificados de examen de tipo «CE» y de sus complementos durante un período de diez años a partir de la fecha de última fabricación del producto. Cuando ni el fabricante ni su mandatario estén establecidos en la Comunidad, la obligación de mantener disponible la documentación técnica incumbirá a la persona responsable de la comercialización del producto en el mercado comunitario.

### A.3. MÓDULO C (CONFORMIDAD CON EL TIPO)

#### **Evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad**

1. En este módulo se describe la parte del procedimiento mediante la cual el fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad garantiza y declara que el componente de interoperabilidad de que se trate es conforme al tipo descrito en el certificado de examen de tipo «CE» y satisface los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI que le sean aplicables.
2. El fabricante tomará todas las medidas necesarias para que el procedimiento de fabricación garantice la conformidad de los componentes de interoperabilidad fabricados con el tipo descrito en el certificado de examen de tipo «CE» y con los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI que les sean aplicables.
3. El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad expedirá una declaración «CE» de conformidad del componente de interoperabilidad.

Dicha declaración deberá incluir al menos la información indicada en el punto 3 del Anexo IV y en el punto 3 del artículo 13 de la Directiva 96/48/CE. La declaración «CE» de conformidad y los documentos que la acompañen deberán ir fechados y firmados.

La declaración deberá ir redactada en la misma lengua que el expediente técnico y contendrá los siguientes elementos:

- referencias de la directiva (Directiva 96/48/CE y otras Directivas aplicables al componente de interoperabilidad),
- nombre y dirección del fabricante o de su mandatario establecido en la Comunidad (se indicará la razón social y dirección completa; si se trata de un mandatario, se consignará también la razón social del fabricante o constructor),
- descripción del componente de interoperabilidad (marca, tipo, etc.),
- indicación del procedimiento seguido (módulo) para declarar la conformidad,
- todas las descripciones pertinentes a las que se ajuste el componente de interoperabilidad y, en particular, las condiciones de utilización,
- nombre y dirección del organismo u organismos notificados que hayan intervenido en el procedimiento seguido para la conformidad y las fechas de los certificados de examen, con indicación del período y las condiciones de validez de dichos certificados,
- referencia a la presente ETI, así como a las demás ETI aplicables, y en su caso a las especificaciones europeas,
- identificación del signatario apoderado del fabricante o de su mandatario establecido en la Comunidad.

Los certificados contemplados son:

- el certificado de examen de tipo y sus complementos.
4. El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad conservará una copia de la declaración «CE» de conformidad durante un período de diez años a partir de la fecha de última fabricación del componente de interoperabilidad.

Cuando ni el fabricante ni su mandatario estén establecidos en la Comunidad, la obligación de mantener disponible la documentación técnica incumbirá a la persona responsable de la comercialización del componente de interoperabilidad en el mercado comunitario.

5. Si, además de la declaración «CE» de conformidad, la ETI requiere una declaración «CE» de idoneidad para el uso del componente de interoperabilidad, dicha declaración se adjuntará una vez expedida por el fabricante en las condiciones indicadas en el módulo V.

#### A.4. MÓDULO H2 (PLENO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD CON CONTROL DEL DISEÑO)

##### **Evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad**

1. En este módulo se describe el procedimiento mediante el cual un organismo notificado efectúa un control del diseño de un componente de interoperabilidad y el fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad que reúne los requisitos del punto 2, garantiza y declara que el componente de interoperabilidad considerado satisface los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI que le son aplicables.
2. El fabricante implantará un sistema de calidad aprobado que deberá abarcar el diseño, la fabricación y la inspección y los ensayos finales de los productos, tal como se especifica en el punto 3, y que será sometido a la vigilancia contemplada en el punto 4.
3. Sistema de calidad
- 3.1. El fabricante presentará una solicitud de evaluación de su sistema de calidad ante un organismo notificado.

Dicha solicitud comprenderá:

- toda la información pertinente para la categoría de productos representativa del componente de interoperabilidad de que se trate,
- la documentación relativa al sistema de calidad.

- 3.2. El sistema de calidad deberá garantizar la conformidad del componente de interoperabilidad con los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI que le sean aplicables. Todos los elementos, exigencias y disposiciones adoptados por el fabricante deberán reunirse de forma sistemática y ordenada en una documentación compuesta por políticas, procedimientos e instrucciones escritas. Esta documentación relativa al sistema de calidad deberá permitir una interpretación uniforme de las políticas y los procedimientos de calidad, como programas, planes, manuales y expedientes de calidad.

En dicha documentación se describirán de forma suficiente los puntos siguientes, en particular:

- objetivos y estructura organizativa de la calidad,
- responsabilidades y facultades de que dispone la dirección para garantizar la calidad del diseño y de la realización de los productos,
- especificaciones técnicas de diseño, incluidas las especificaciones europeas pertinentes y, cuando no se apliquen íntegramente las especificaciones europeas citadas en el artículo 10 de la Directiva 96/48/CE, los medios que se emplearán para cumplir los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI aplicables al componente de interoperabilidad,
- técnicas, procesos y acciones sistemáticas de control y verificación del diseño que se utilizarán durante el diseño de los componentes de interoperabilidad en lo concerniente a la categoría de productos cubierta,
- técnicas, procesos y acciones sistemáticas que se utilizarán para la fabricación, el control de la calidad y el seguro de la calidad,
- controles y ensayos que se efectuarán antes, durante y después de la fabricación, y frecuencia con que tendrán lugar,
- expedientes de calidad, como los informes de inspección y datos de los ensayos, los datos de calibrado, los informes sobre la cualificación del personal, etc.,
- medios que permitan verificar que se ha alcanzado el nivel deseado de calidad de diseño y realización del producto, así como el buen funcionamiento del sistema de calidad.

Las políticas y procedimientos de calidad deberán abarcar, en particular, las fases de evaluación, tales como el análisis del diseño, el análisis del procedimiento de fabricación y los ensayos de tipo, especificadas en la ETI para las distintas características y rendimientos del componente de interoperabilidad.

- 3.3. El organismo notificado evaluará el sistema de calidad para determinar si cumple las exigencias contempladas en el punto 3.2. Presumirá la conformidad con dichas exigencias para los sistemas de calidad que apliquen la norma armonizada correspondiente. Dicha norma armonizada es la EN ISO 9001, de diciembre de 2000, completada, en su caso, para tener en cuenta el carácter específico del componente de interoperabilidad al que se aplica.

La auditoría deberá ser específica para la categoría de productos representativa del componente de interoperabilidad. El equipo de auditores incluirá al menos un miembro experimentado en la evaluación de la tecnología del producto de que se trate. El procedimiento de evaluación comprenderá una visita de evaluación a las dependencias del fabricante.

La decisión se notificará al fabricante. La notificación contendrá las conclusiones del control y la decisión de evaluación motivada.

- 3.4. El fabricante se comprometerá a cumplir las obligaciones derivadas del sistema de calidad, tal como sea aprobado, y a mantenerlo de forma que siga siendo adecuado y eficaz.

El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad dará a conocer al organismo notificado que haya aprobado el sistema de calidad cualquier adaptación prevista del sistema de calidad.

El organismo notificado evaluará los cambios propuestos y decidirá si el sistema modificado de calidad sigue respondiendo a las exigencias contempladas en el punto 3.2 o si debe procederse a una nueva evaluación.

Notificará su decisión al fabricante. La notificación contendrá las conclusiones del control y la decisión de evaluación motivada.

4. Vigilancia del sistema de calidad bajo la responsabilidad del organismo notificado

- 4.1. El fin de la vigilancia es garantizar que el fabricante cumple correctamente las obligaciones derivadas del sistema de calidad aprobado.

- 4.2. El fabricante concederá al organismo notificado acceso, a los fines de inspección, a los lugares de diseño, fabricación, inspección, ensayo y almacenamiento, y le facilitará toda la información necesaria, en particular:

- la documentación relativa al sistema de calidad,
- los expedientes de calidad previstos en la parte del sistema de calidad dedicada al diseño, como los resultados de los análisis, cálculos, ensayos, etc.,
- los expedientes de calidad previstos en la parte del sistema de calidad dedicada a la fabricación, como los informes de inspección y datos de ensayos, los datos de calibrado, los informes sobre la cualificación del personal, etc.

- 4.3. El organismo notificado efectuará periódicamente auditorías con el fin de garantizar que el fabricante mantiene y aplica el sistema de calidad. Proporcionará al fabricante un informe de auditoría.

Las auditorías se realizarán al menos una vez al año.

- 4.4. Además, el organismo notificado podrá efectuar visitas imprevistas a las dependencias del fabricante. Con ocasión de dichas visitas, el organismo notificado podrá efectuar o hacer efectuar ensayos para verificar el buen funcionamiento del sistema de calidad donde lo juzgue necesario. Proporcionará al fabricante un informe de la visita y, si se realiza algún ensayo, un informe de ensayo.

5. El fabricante mantendrá a disposición de las autoridades nacionales durante un período de diez años a partir de la fecha de la última fabricación del producto:

- la documentación contemplada en el segundo guión del segundo párrafo del punto 3.1,
- las adaptaciones contempladas en el segundo párrafo del punto 3.4,
- las decisiones e informes del organismo notificado contemplados en el último párrafo del punto 3.4 y en los puntos 4.3 y 4.4.

6. Examen del diseño
- 6.1. El fabricante presentará una solicitud de examen del diseño del componente de interoperabilidad ante un organismo notificado.
- 6.2. La solicitud deberá permitir entender el diseño, la fabricación y el funcionamiento del componente de interoperabilidad y evaluar su conformidad a los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI.

Comprenderá:

- las especificaciones técnicas de diseño que se hayan aplicado, incluidas las especificaciones europeas,
- la prueba de su adecuación, en particular cuando no se hayan aplicado íntegramente las especificaciones europeas citadas en el artículo 10. Esta prueba deberá incluir los resultados de los ensayos efectuados por el laboratorio del fabricante o por su cuenta.

- 6.3. El organismo notificado examinará la solicitud y, cuando el diseño sea conforme a las disposiciones aplicables de la ETI, expedirá un certificado de examen del diseño al solicitante. El certificado contendrá las conclusiones del examen, las condiciones de su validez, los datos necesarios para la identificación del diseño aprobado y, en su caso, una descripción del funcionamiento del producto.

El período de validez no podrá exceder de tres años.

- 6.4. El solicitante comunicará cualquier modificación introducida en el diseño aprobado al organismo notificado que haya expedido el certificado de examen del diseño. Tales modificaciones deberán ser objeto de una aprobación complementaria del organismo notificado que haya expedido el certificado de examen del diseño cuando puedan poner en peligro la conformidad a los requisitos esenciales de la ETI o a las condiciones prescritas para la utilización del producto. La aprobación complementaria adoptará la forma de un apéndice al certificado original de examen del diseño.
- 6.5. Si no se aporta ninguna modificación con arreglo al punto 6.4, la validez de un certificado podrá prorrogarse, a su expiración, por un nuevo período. El solicitante pedirá la reconducción confirmando por escrito que no se ha introducido ninguna modificación y, a falta de información en contrario, el organismo notificado prorrogará la validez del período contemplado en el punto 6.3. Este procedimiento es renovable.
7. Cada organismo notificado comunicará a los demás organismos notificados la información pertinente sobre las aprobaciones de sistemas calidad y los certificados de examen de diseño que hayan sido retirados o denegados.

Los demás organismos notificados recibirán, previa solicitud, una copia:

- de las aprobaciones de sistemas de calidad y de las aprobaciones complementarias expedidas, y
- de los certificados de examen del diseño y sus complementos expedidos.

8. El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad expedirá una declaración «CE» de conformidad del componente de interoperabilidad.

Dicha declaración deberá incluir al menos la información indicada en el punto 3 del Anexo IV y en el punto 3 del artículo 13 de la Directiva 96/48/CE. La declaración «CE» de conformidad y los documentos que la acompañen deberán ir fechados y firmados.

La declaración deberá ir redactada en la misma lengua que el expediente técnico y contendrá los siguientes elementos:

- referencias de la directiva (Directiva 96/48/CE y otras directivas que sean aplicables al componente de interoperabilidad),
- nombre y dirección del fabricante o de su mandatario establecido en la Comunidad (se indicará la razón social y dirección completa; si se trata de un mandatario, se consignará también la razón social del fabricante o constructor),
- descripción del componente de interoperabilidad (marca, tipo, etc.),
- indicación del procedimiento seguido (módulo) para declarar la conformidad,
- todas las descripciones pertinentes a las que se ajuste el componente de interoperabilidad y, en particular, las condiciones de utilización,

- nombre, apellidos y dirección del organismo u organismos notificados que hayan intervenido en el procedimiento seguido para la conformidad y las fechas de los certificados de examen, con indicación del período y las condiciones de validez de dichos certificados,
- referencia a la presente ETI y a las demás ETI aplicables y, en su caso, a las especificaciones europeas,
- identificación del signatario apoderado del fabricante o de su mandatario establecido en la Comunidad.

Los certificados contemplados son:

- los informes de aprobación y de vigilancia del sistema de calidad establecidos en los puntos 3 y 4,
  - el certificado de examen del diseño y sus complementos.
9. El fabricante o su mandatario establecido en la Comunidad conservará una copia de la declaración «CE» de conformidad durante un período de diez años a partir de la fecha de última fabricación del componente de interoperabilidad.
- Cuando ni el fabricante ni su mandatario estén establecidos en la Comunidad, la obligación de mantener disponible la documentación técnica incumbirá a la persona responsable de la comercialización del componente de interoperabilidad en el mercado comunitario.
10. Si, además de la declaración «CE» de conformidad, la ETI requiere una declaración «CE» de idoneidad para el uso del componente de interoperabilidad, dicha declaración se adjuntará una vez expedida por el fabricante en las condiciones indicadas en el módulo V.

#### A.5. MÓDULO SG (VERIFICACIÓN POR UNIDAD)

##### **Verificación «CE» del Subsistema «Energía»**

1. En este módulo se describe el procedimiento de verificación «CE» mediante el cual un organismo notificado verifica y certifica, por solicitud de una entidad contratante o de su mandatario establecido en la Comunidad, que un subsistema «Energía»:
- cumple con lo dispuesto en la presente y en cualquier otra ETI aplicable, que demuestre que se han satisfecho los requisitos esenciales de la Directiva 96/48/CE,
  - es conforme a las demás reglamentaciones derivadas del Tratado y puede ponerse en servicio.
2. La entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad presentará la solicitud de verificación «CE» del subsistema (mediante el procedimiento de la verificación por unidad) ante el organismo notificado de su elección.

La solicitud comprenderá:

- el nombre y dirección de la entidad contratante o de su mandatario, y
  - documentación técnica.
3. La documentación técnica deberá permitir comprender el diseño, la fabricación, la instalación y el funcionamiento del subsistema y evaluar su conformidad con los requisitos de la ETI.

Comprenderá:

- una descripción general del subsistema, de su diseño de conjunto y de su construcción,
- el registro de infraestructuras, incluidas todas las indicaciones especificadas en la ETI,
- los dibujos de diseño y de fabricación, así como los esquemas de los subconjuntos, circuitos, etc.,
- la documentación técnica relativa a la fabricación y el montaje del subsistema,
- las especificaciones técnicas de diseño que se hayan aplicado, incluidas las especificaciones europeas,

- la prueba de su adecuación, en particular cuando no se hayan aplicado íntegramente las especificaciones europeas citadas en la ETI y en las cláusulas pertinentes,
- la lista de los componentes de interoperabilidad que vayan a incorporarse al subsistema,
- la lista de los fabricantes que hayan intervenido en el diseño, la fabricación, el montaje y la instalación del subsistema,
- la lista de las especificaciones europeas citadas en la ETI o en la especificación técnica de diseño.

Si la ETI requiere que la documentación técnica incluya otra información, ésta deberá incluirse.

4. El organismo notificado examinará la solicitud y efectuará los controles y ensayos pertinentes establecidos en la ETI y/o en las especificaciones europeas citadas en la ETI para verificar la conformidad con los requisitos esenciales de la directiva recogidos en la ETI. Los exámenes, ensayos y controles abarcarán las fases siguientes previstas en la ETI:
  - diseño de conjunto,
  - construcción del subsistema, en particular y según proceda, las actividades de ingeniería civil, el montaje de los componentes y la puesta a punto de conjunto,
  - ensayos finales del subsistema, y
  - si se especifica en la ETI, validación en tamaño real.
5. El organismo notificado podrá ponerse de acuerdo con la entidad contratante para determinar dónde se realizarán los ensayos y convenir que los ensayos finales del subsistema y, si lo prevé la ETI, los ensayos a tamaño real sean efectuados por la entidad contratante bajo la vigilancia directa y en presencia del organismo notificado.
6. El organismo notificado dispondrá de un derecho de acceso permanente, a los fines de ensayos y de verificación, a las oficinas de estudio, zonas de construcción, talleres de fabricación, lugares de montaje y de instalación y, en su caso, a las instalaciones de prefabricación y de ensayo para el desempeño de su misión de conformidad con la ETI.
7. Cuando el subsistema satisfaga los requisitos de la ETI, el organismo notificado, sobre la base de los ensayos, verificaciones y controles efectuados de conformidad con la ETI y con las especificaciones europeas contempladas en la ETI, emitirá el certificado «CE» de verificación a la entidad contratante o a su mandatario establecido en la Comunidad, que, una vez en posesión del mismo, expedirán la declaración «CE» de verificación destinada a la autoridad de tutela del Estado miembro en el que esté situado o funcione el subsistema. La declaración «CE» de verificación y los documentos que la acompañen deberán ir fechados y firmados. La declaración deberá estar redactada en la misma lengua que el expediente técnico y comprenderá por lo menos la información indicada en el anexo V de la Directiva 96/48/CE.
8. El organismo notificado será responsable de la constitución del expediente técnico que debe acompañar la declaración «CE» de verificación. Dicho expediente técnico deberá contener al menos los elementos indicados en el punto 3 del artículo 18 de la Directiva 96/48/CE y, en particular:
  - todos los documentos necesarios relativos a las características del subsistema,
  - la lista de los componentes de interoperabilidad incorporados al subsistema,
  - las copias de las declaraciones «CE» de conformidad y, en su caso, de las declaraciones «CE» de idoneidad para el uso que deben poseer dichos componentes con arreglo al artículo 13 de la Directiva, acompañadas si procede de los documentos correspondientes (certificados, documentos de aprobación y vigilancia del sistema de calidad) emitidos por los organismos notificados sobre la base de la ETI,
  - todos los elementos relativos a las condiciones y límites de utilización,
  - todos los elementos relativos a las instrucciones de mantenimiento, vigilancia continua o periódica, reglaje y conservación,
  - el certificado de verificación «CE» del organismo notificado citado en el punto 7, acompañado de las notas de cálculo correspondientes y visado por éste, indicando que el proyecto es conforme a la Directiva y a la ETI y precisando, si procede, las reservas formuladas durante la ejecución de las actividades que no hayan sido retiradas; el certificado irá acompañado asimismo, si procede, de los informes de inspección y de auditoría que el organismo haya elaborado en relación con la verificación,
  - el registro de infraestructuras, incluidas todas las indicaciones especificadas en la ETI.

9. El expediente completo que acompaña al certificado «CE» de verificación se depositará ante la entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad en apoyo del certificado «CE» de verificación expedido por el organismo notificado y se adjuntará a la declaración «CE» de verificación emitida por la entidad contratante a la atención de la autoridad tutelar.
10. La entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad conservará una copia del expediente durante toda la vida útil del subsistema. El expediente será comunicado a los demás Estados miembros que así lo soliciten.

#### A.6. MÓDULO SH2 (PLENO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD CON CONTROL DEL DISEÑO)

##### Verificación «CE» del subsistema «Energía»

1. En este módulo se describe el procedimiento de verificación «CE» mediante el cual un organismo notificado verifica y certifica, por solicitud de una entidad contratante o de su mandatario establecido en la Comunidad, que un subsistema Energía:
  - cumple con lo dispuesto en la presente y en cualquier otra ETI aplicable, que demuestre que se han satisfecho los requisitos esenciales de la Directiva 96/48/CE,
  - es conforme a las demás reglamentaciones derivadas del Tratado y puede ponerse en servicio.

El organismo notificado ejecutará el procedimiento, incluido un control del diseño del subsistema, a condición de que la entidad contratante y los fabricantes partícipes satisfagan las obligaciones del punto 2.

2. Para el subsistema objeto del procedimiento de verificación «CE», la entidad contratante deberá tratar únicamente con fabricantes cuyas actividades en el proyecto de subsistema que va a verificarse (diseño, fabricación, montaje, instalación) estén sujetas a un sistema de calidad aprobado, que deberá abarcar el diseño, la fabricación y la inspección y los ensayos finales especificados en el punto 3. Además, se someterá a la vigilancia contemplada en el punto 4.

El término «fabricante» englobará las sociedades:

- que sean responsables del proyecto de subsistema en su conjunto (en particular, de la integración del subsistema (contratista principal),
- que realicen prestaciones o estudios de diseño (consultores, etc.),
- que lleven a cabo el montaje (montadores) y la instalación del subsistema. Para los fabricantes que sólo ejecuten tareas de montaje y de instalación, será suficiente un sistema de calidad que cubra la fabricación y la inspección y los ensayos finales del producto.

El contratista principal, que tiene la responsabilidad del proyecto de subsistema completo (en particular la responsabilidad de la integración del subsistema), deberá aplicar en todos los casos un sistema de calidad aprobado que cubra el diseño, la fabricación y la inspección y los ensayos finales del producto, tal como se especifica en el punto 3, y que será sometido a la vigilancia contemplada en el punto 4.

Si la entidad contratante participara directamente en el diseño o la producción (incluidas las tareas de montaje y de instalación) o ella misma fuera responsable del proyecto de subsistema en su conjunto (en particular de la integración del subsistema), deberá aplicar un sistema de calidad aprobado que cubra las actividades especificadas en el punto 3 y que se someterá a la vigilancia prevista en el punto 4.

#### 3. Sistema de calidad

- 3.1. El fabricante o fabricantes de que se trate y, si procede, la entidad contratante, presentarán una solicitud de evaluación de su sistema de calidad ante el organismo notificado de su elección.

Dicha solicitud comprenderá:

- toda la información pertinente para el subsistema de que se trate,
- la documentación relativa al sistema de calidad.

Para los fabricantes que sólo intervengan en una parte del proyecto de subsistema, dicha información sólo se referirá a esa parte.

- 3.2. Para el contratista principal, el sistema de calidad deberá garantizar la conformidad global del subsistema con los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI. Para los demás fabricantes (subcontratistas), el sistema de calidad deberá garantizar que su contribución al subsistema es conforme a los requisitos de la ETI.

Todos los elementos, exigencias y disposiciones adoptados por los solicitantes deberán reunirse de forma sistemática y ordenada en una documentación compuesta por políticas, procedimientos e instrucciones escritas. Esta documentación relativa al sistema de calidad deberá permitir una interpretación uniforme de las políticas y los procedimientos de calidad, como programas, planes, manuales y expedientes de calidad.

En dicha documentación se describirán de forma suficiente los puntos siguientes, en particular:

- para todos los solicitantes:
  - objetivos y estructura organizativa de la calidad,
  - técnicas, procesos y acciones sistemáticas que se utilizarán para la fabricación, el control de la calidad y el seguro de la calidad,
  - exámenes, controles y ensayos que se efectuarán antes, durante y después de la fabricación, el montaje y la instalación, con indicación de su frecuencia de ejecución,
  - expedientes de calidad, como los informes de inspección y datos de los ensayos, los datos de calibrado, los informes sobre la cualificación del personal, etc.,
- para el contratista principal y los subcontratistas (únicamente en lo concerniente a su contribución específica al proyecto de subsistema):
  - las especificaciones técnicas de diseño, incluidas las especificaciones europeas que se aplicarán y, cuando no se apliquen íntegramente las especificaciones europeas citadas en el artículo 10 de la Directiva, los medios que se utilizarán para asegurar que se respetan los requisitos de la ETI aplicables al subsistema,
  - las técnicas, procesos y acciones sistemáticas de control y verificación del diseño que se utilizarán para el diseño del subsistema,
  - los medios para verificar que se ha alcanzado el nivel deseado de calidad de diseño y de realización del subsistema, así como el buen funcionamiento del sistema de calidad, y
- para el director de obra:
  - responsabilidad y facultades de que dispone la dirección para garantizar la calidad global del subsistema y del diseño, en particular en lo que se refiere a la gestión de la integración del subsistema.

Los exámenes, ensayos y controles abarcarán todas las etapas siguientes:

- el diseño de conjunto,
- la construcción del subsistema, en particular las actividades de ingeniería civil, el montaje de los componentes y la puesta a punto final,
- los ensayos finales del subsistema,
- y, si se especifica en la ETI, la validación a tamaño real.

- 3.3. El organismo notificado mencionado en el punto 3.1 evaluará el sistema de calidad para determinar si satisface las exigencias contempladas en el punto 3.2. Presumirá la conformidad con dichas exigencias para los sistemas de calidad que apliquen la norma armonizada correspondiente. Dicha norma armonizada es la EN ISO 9001, de diciembre de 2000, completada, en su caso, para tener en cuenta el carácter específico del subsistema al que se aplica.

Para los solicitantes que sólo realicen tareas de montaje y de instalación, la norma armonizada es la EN ISO 9001, de diciembre de 2000, completada en su caso para tener en cuenta el carácter específico del subsistema al que se aplica.

La auditoría deberá ser específica del subsistema de que se trate, teniendo en cuenta al mismo tiempo la contribución específica del solicitante al subsistema. El equipo de auditores incluirá al menos un miembro experimentado en evaluación de la tecnología del subsistema. El procedimiento de evaluación comprenderá una visita de evaluación a las dependencias del fabricante.

La decisión se notificará al solicitante. La notificación contendrá las conclusiones del control y la decisión de evaluación motivada.

- 3.4. El fabricante o fabricantes y, si procede, la entidad contratante se comprometerán a cumplir las obligaciones derivadas del sistema de calidad, tal como sea aprobado, y a mantenerlo de modo que siga siendo adecuado y eficaz.

Informarán al organismo notificado que haya aprobado su sistema de calidad de cualquier adaptación prevista del mismo.

El organismo notificado evaluará los cambios propuestos y decidirá si el sistema modificado de calidad sigue respondiendo a las exigencias contempladas en el punto 3.2 o si debe procederse a una nueva evaluación.

Notificará su decisión al solicitante. La notificación contendrá las conclusiones del control y la decisión de evaluación motivada.

4. Vigilancia del sistema o sistemas de calidad bajo la responsabilidad del organismo u organismos notificados

- 4.1. El objetivo de la vigilancia es garantizar que el fabricante o fabricantes y, si procede, la entidad contratante cumplen correctamente las obligaciones derivadas del sistema de calidad aprobado.

- 4.2. El organismo u organismos notificados en el punto 3.1 dispondrán de un derecho de acceso permanente, a fines de inspección, a las oficinas de estudios, zonas de construcción, talleres de fabricación, lugares de montaje y de instalación, zonas de almacenamiento y, en su caso, a las instalaciones de prefabricación o de ensayo y, de un modo más general, a todos los lugares que estimen necesarios para su misión, habida cuenta de la contribución específica del solicitante al proyecto de subsistema.

- 4.3. El fabricante o fabricantes y, si procede, la entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad remitirán (o harán remitir) al organismo notificado contemplado en el punto 3.1. todos los documentos necesarios a tal fin y, en particular, los planes de aplicación y los expedientes técnicos relativos al subsistema (en la medida en que conciernan a la contribución específica del solicitante al subsistema), en particular:

- la documentación relativa al sistema de calidad, incluidos los medios concretos empleados para asegurarse:
  - (para el director de obra) de que las responsabilidades y facultades de que dispone la dirección para garantizar la conformidad del subsistema completo están suficiente y adecuadamente definidas,
  - de que los sistemas de calidad de cada fabricante se gestionan debidamente para garantizar la integración en el subsistema,
- los expedientes de calidad previstos en la parte del sistema de calidad dedicada al diseño, como los resultados de los análisis, cálculos, ensayos, etc.,
- los expedientes de calidad previstos en la parte del sistema de calidad dedicada a la fabricación (incluido el montaje y la instalación), como los informes de inspección y datos de ensayos, los datos de calibrado, los informes sobre la cualificación del personal, etc.

- 4.4. El organismo u organismos notificados efectuarán periódicamente auditorías con el fin de asegurarse de que el fabricante o fabricantes y, si procede, la entidad contratante mantienen y aplican el sistema de calidad.

Les proporcionarán un informe de auditoría. Las auditorías se realizarán al menos una vez al año, y como mínimo una de ellas tendrá lugar durante la ejecución de las actividades (diseño, fabricación, montaje o instalación) relativas al subsistema objeto del procedimiento de verificación «CE» contemplado en el punto 6.

- 4.5. Además, el organismo u organismos notificados podrán efectuar visitas imprevistas a los emplazamientos mencionados en el punto 4.2 del solicitante o solicitantes. Con ocasión de tales visitas, el organismo notificado podrá efectuar o hacer efectuar auditorías completas o parciales para verificar el buen funcionamiento del sistema de calidad donde lo estime necesario. Proporcionará al solicitante o solicitantes un informe de visita y, si se realiza una auditoría, un informe de auditoría.

5. El fabricante o fabricantes y, si procede, la entidad contratante mantendrán a disposición de las autoridades nacionales durante un período de diez años a partir de la fecha de última fabricación del subsistema:

- la documentación contemplada en el segundo guión del segundo párrafo del punto 3.1,
- las adaptaciones contempladas en el segundo párrafo del punto 3.4,
- las decisiones e informes del organismo notificado contemplados en el último párrafo del punto 3.4 y en los puntos 4.4 y 4.5.

6. Procedimiento de verificación «CE»
- 6.1. La entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad presentará una solicitud de verificación «CE» del subsistema (por el procedimiento del aseguramiento de la calidad completo con control del diseño), incluida la coordinación de la vigilancia de los sistemas de calidad prevista en los puntos 4.4 y 4.5, ante el organismo notificado de su elección. La entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad informará a los fabricantes afectados de su elección y de la solicitud.
- 6.2. La solicitud deberá permitir comprender el diseño, la fabricación, la instalación y el funcionamiento del subsistema y evaluar su conformidad con los requisitos de la ETI.

Comprenderá:

- las especificaciones técnicas de diseño que se hayan aplicado, incluidas las especificaciones europeas,
  - la prueba de su adecuación, en particular cuando no se hayan aplicado íntegramente las especificaciones europeas citadas en la ETI. Esta prueba deberá incluir los resultados de los ensayos efectuados por el laboratorio del fabricante o por su cuenta,
  - el registro del subsistema «Energía», incluidas todas las indicaciones especificadas en la ETI,
  - la documentación técnica relativa a la fabricación y el montaje del subsistema,
  - la lista de los componentes de interoperabilidad que vayan a incorporarse al subsistema,
  - la lista de todos los fabricantes que intervengan en el diseño, la fabricación, el montaje y la instalación del subsistema,
  - la demostración de que todas las etapas definidas en el punto 3.2 están cubiertas por los sistemas de calidad de los fabricantes o de la entidad contratante de que se trate y la prueba de su eficacia,
  - la indicación del organismo u organismos notificados encargados de la aprobación y la vigilancia de estos sistemas de calidad.
- 6.3. El organismo notificado examinará la solicitud de control del diseño y, si el diseño es conforme a lo dispuesto en la Directiva 96/48/CE y en la ETI aplicable, expedirá al solicitante un informe de examen del diseño. El informe contendrá las conclusiones del control del diseño, sus condiciones de validez, las indicaciones necesarias para la identificación del diseño controlado y, en su caso, una descripción del funcionamiento del subsistema.
- 6.4. Para las demás etapas de la verificación «CE», el organismo notificado controlará que todas las etapas del subsistema mencionadas en el punto 3.2 estén suficiente y adecuadamente cubiertas por la aprobación y la vigilancia del sistema o sistemas de calidad.
- Cuando la conformidad del subsistema a los requisitos de la ETI se base en varios sistemas de calidad, se asegurará, en particular:
- de que las relaciones y las interfaces entre los sistemas de calidad estén claramente documentadas,
  - y de que, a nivel de contratista principal, las responsabilidades y facultades de que dispone la dirección para garantizar la conformidad global del subsistema estén suficiente y adecuadamente definidas.
- 6.5. El organismo notificado encargado de la verificación «CE», si no efectúa la vigilancia del sistema o sistemas de calidad contemplados en el punto 4, coordinará las actividades de vigilancia de los demás organismos notificados encargados de dicha tarea, a fin de garantizar una correcta gestión de las interfaces entre los distintos sistemas de calidad con vistas a la integración del subsistema. La coordinación llevará consigo el derecho del organismo notificado responsable de la verificación «CE» a:
- que se le envíe toda la documentación (aprobación y vigilancia) expedida por los demás organismos notificados,
  - asistir a las auditorías de vigilancia previstas en el punto 4.4,
  - provocar auditorías adicionales de conformidad con el punto 4.5, bajo su responsabilidad y conjuntamente con los demás organismos notificados.

- 6.6. Cuando el subsistema satisfaga los requisitos de la Directiva 96/48/CE y de la ETI, el organismo notificado, sobre la base del examen del diseño y de la aprobación y la vigilancia del sistema o sistemas de calidad, expedirá el certificado «CE» de verificación a la atención de la entidad contratante o de su mandatario establecido en la Comunidad, que, una vez en posesión del mismo, emitirá la declaración «CE» de verificación destinada a la autoridad tutelar del Estado miembro en el que esté situado o funcione el subsistema.

La declaración «CE» de verificación y los documentos que la acompañen deberán ir fechados y firmados. La declaración deberá estar redactada en la misma lengua que el expediente técnico y comprenderá por lo menos la información indicada en el anexo V de la Directiva 96/48/CE.

- 6.7. El organismo notificado será responsable de la constitución del expediente técnico que debe acompañar la declaración «CE» de verificación. Dicho expediente técnico deberá contener al menos los elementos indicados en el punto 3 del artículo 18 de la Directiva 96/48/CE y, en particular:
- todos los documentos necesarios relativos a las características del subsistema,
  - la lista de los componentes de interoperabilidad incorporados al subsistema,
  - las copias de las declaraciones «CE» de conformidad y, en su caso, de las declaraciones «CE» de idoneidad para el uso que deben poseer dichos componentes con arreglo al artículo 13 de la Directiva, acompañadas si procede de los documentos correspondientes (certificados, documentos de aprobación y vigilancia del sistema de calidad) emitidos por los organismos notificados sobre la base de la ETI,
  - todos los elementos relativos a las condiciones y límites de utilización,
  - todos los elementos relativos a las instrucciones de mantenimiento, vigilancia continua o periódica, reglaje y conservación,
  - el certificado de verificación «CE» del organismo notificado indicado en el punto 6.6, acompañado de las notas de cálculo correspondientes y visado por éste, indicando que el proyecto es conforme a la directiva y a la ETI y precisando, si procede, las reservas formuladas durante la ejecución de las actividades que no hayan sido retiradas; el certificado irá acompañado asimismo de los informes de inspección y auditoría que el organismo haya elaborado en el marco de su misión, tal como se precisa en los puntos 4.4 y 4.5,
  - el registro del subsistema Energía, incluidas todas las indicaciones especificadas en la ETI.
7. El expediente completo que acompaña al certificado «CE» de verificación se depositará ante la entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad en apoyo del certificado «CE» de verificación expedido por el organismo notificado y se adjuntará a la declaración «CE» de verificación emitida por la entidad contratante a la atención de la autoridad tutelar.
8. La entidad contratante o su mandatario establecido en la Comunidad conservará una copia del expediente durante toda la vida útil del subsistema. El expediente será comunicado a los demás Estados miembros que así lo soliciten.
-

## ANEXO B

## EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE INTEROPERABILIDAD

## B.1. OBJETO

Este anexo se refiere a la evaluación de la conformidad de los componentes de interoperabilidad (línea aérea de contacto, pantógrafo y llantas de rozamiento) pertenecientes al subsistema «Energía».

## B.2. CARACTERÍSTICAS

Las características de los componentes de interoperabilidad que deben evaluarse en las distintas fases de diseño y producción aparecen marcadas con una cruz (X) en los cuadros B.1, B2 y B.3.

Cuadro B.1

## Evaluación de los componentes de interoperabilidad: Línea aérea de contacto

1		2	3	4	5	6
Características que deben evaluarse		Evaluación en las fases siguientes				
Características	Punto	Fases de diseño y desarrollo				Fase de producción
		Análisis del diseño	Análisis del proceso de fabricación	Ensayo de tipo	Experiencia en servicio	(serie)
Geometría C.A.	4.1.2.1	X	n. a.	X	n. a.	X
Geometría C.C.	4.1.2.2					
Diseño de conjunto	5.3.1.1					
Parámetros fundamentales	5.3.1.3					
Capacidad de transporte de corriente	5.3.1.2	X	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Velocidad de propagación de ondas	5.3.1.4	X	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Elasticidad y su uniformidad	5.3.1.5	X	n. a.	X	n. a.	n. a.
Fuerza de contacto media	5.3.1.6	X	n. a.	X	n. a.	n. a.
Corriente en reposo	5.3.1.8	X	n. a.	X	n. a.	n. a.
Mantenimiento	5.3.1.7	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	X

n. a.: no aplicable.

Cuadro B.2

**Evaluación de los componentes de interoperabilidad: Pantógrafo**

1		2	3	4	5	6
Características que deben evaluarse		Evaluación en las fases siguientes				
Características	Punto	Fases de diseño y desarrollo				Fase de producción
		Análisis del diseño	Análisis del proceso de fabricación	Ensayo de tipo	Experiencia en servicio	(serie)
Diseño de conjunto	5.3.2.1	X	n. a.	X	n. a.	X
Geometría del arco	4.1.2.3, 5.3.2.2	X	n. a.	n. a.	n. a.	X
Capacidad de transporte de corriente	5.3.2.3	X	n. a.	n. a.	n. a.	X
Diseño del aislamiento	5.3.2.4	X	n. a.	X	n. a.	X
Zona de trabajo	5.3.2.5	X	n. a.	n. a.	n. a.	X
Fuerza de contacto estática	4.3.2.5, 5.3.2.6	X	n. a.	X	n. a.	X
Fuerza media de contacto y prestaciones de interacción	5.3.2.7	X	n. a.	X	n. a.	X
Estipulaciones alternativas en relación con la fuerza de contacto	5.3.2.7	X	n. a.	X	n. a.	X
Dispositivos de despegue automático	5.3.2.8	X	n. a.	X	n. a.	X
Corriente en reposo	5.3.2.9	X	n. a.	X	n. a.	n. a.

Nota: Con 25 kV/95 kV, 50 Hz, 1 min. y un pico de 250 kV, 1,2/50 µs.

n. a.: no aplicable.

Cuadro B.3

**Evaluación de los componentes de interoperabilidad: Frotadores**

1		2	3	4	5	6
Características que deben evaluarse		Evaluación en las fases siguientes				
Características	Punto	Fases de diseño y desarrollo				Fase de producción
		Análisis del diseño	Análisis del proceso de fabricación	Ensayo de tipo	Experiencia en servicio	(serie)
Parámetros fundamentales Longitud del frotador	5.3.3.1	X	n. a.	n. a.	n. a.	X
Materiales	5.3.3.2	n. a.	n. a.	X	n. a.	X
Capacidad de transporte de corriente	5.3.3.3	n. a.	n. a.	X	n. a.	n. a.
Corriente en reposo	5.3.3.4	X	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Detección de roturas de llantas de rozamiento	5.3.3.5	X	n. a.	n. a.	n. a.	X

n. a.: no aplicable.

## ANEXO C

## EVALUACIÓN DEL SUBSISTEMA «ENERGÍA»

## C.1. OBJETO

En el presente anexo se describe la evaluación de la conformidad del subsistema «Energía».

## C.2. CARACTERÍSTICAS Y MÓDULOS

Las características del subsistema que deben evaluarse en las distintas fases de diseño, instalación y servicio aparecen marcadas con una cruz (X) en el cuadro C.1.

Cuadro C.1

## Evaluación del subsistema Energía

1		2	3	4	5
Características que deben evaluarse		Evaluación en las fases siguientes			
Características	Punto	Fases de diseño y desarrollo	Fase de producción		
		Análisis del diseño	Construcción, armado y montaje	Armado, antes de la puesta en servicio	Validación en condiciones de explotación
Geometría de la línea aérea de contacto	4.1.2.1 4.1.2.2	X	X	X	n. a.
Seguridad, puesta a tierra y conexión equipotencial	4.3.1.2 4.3.2.2	X	X	n. a.	n. a.
Gradiente del hilo de contacto	4.1.2.1 4.1.2.2	X	n. a.	X	n. a.
Envolvente dinámica	4.2.2.4	X	n. a.	n. a.	n. a.
Secciones de separación de fases	4.2.2.10	X	n. a.	X	n. a.
Secciones de separación de sistemas	4.2.2.11	X	n. a.	X	n. a.
Calidad de captación de corriente	4.3.2.3	X	n. a.	X	n. a.
Espacio para la elevación	4.3.2.3	X	n. a.	X	n. a.
Tensión y frecuencias	4.1.1	X	n. a.	n. a.	X
Tensión útil media en una zona de alimentación	4.3.1.1	X	n. a.	n. a.	X
Tipo de línea (rendimiento)	4.3.1.1 4.3.2.1	X	n. a.	X	n. a.
Protección contra choques eléctricos	4.3.1.8 4.3.2.4	X	X	X	n. a.
Protección eléctrica (coordinación con el subsistema Material Rodante)	4.2.2.8	X	n. a.	X	n. a.
Frenos de recuperación	4.3.1.4	X	n. a.	n. a.	n. a.
Mantenimiento	4.3.1.9 4.3.2.6	n. a.	n. a.	X	n. a.
Aislamiento de la alimentación eléctrica en caso de peligro	4.3.1.10	X	n. a.	n. a.	n. a.
Continuidad de la alimentación eléctrica	4.3.1.11	X	n. a.	n. a.	X

n. a.: no aplicable.

## ANEXO D

**REGISTRO DE INFRAESTRUCTURAS, INFORMACIÓN SOBRE EL SUBSISTEMA «ENERGÍA»**

## D.1. OBJETO

Este anexo contiene la información relativa al subsistema «Energía» que habrá de incluirse en el registro de infraestructuras por cada tramo homogéneo de líneas interoperables que haya de establecerse con arreglo al punto 4.2.3.5.

## D.2. CARACTERÍSTICAS QUE ES PRECISO DESCRIBIR

El cuadro D.1 refleja las características relacionadas con la interoperabilidad del subsistema «Energía» con respecto a las cuales es preciso proporcionar datos por cada tramo de línea.

Cuadro D.1

**Información que deberá consignar la entidad contratante en el registro de infraestructuras**

Parámetro, elemento de interoperabilidad	Punto
Indicación de tensión y frecuencia.	4.1.1
Altura del hilo de contacto en las líneas de alta velocidad Utilización del Europantógrafo de 1 600 mm u otro pantógrafo aceptado en la línea	4.1.2.1, 4.1.2.2, 7.3
Velocidad del viento que debe considerarse	4.1.2.1, 4.1.2.2
Temperatura ambiente máxima	5.3.1.2
Viento cruzado mínimo	5.3.1.2
Ajuste de la fuerza de contacto del pantógrafo	5.3.2.7
Secciones de separación de fases: tipo de secciones de separación utilizadas. Información sobre la explotación	4.2.2.10
Secciones de separación de sistemas: tipo de secciones de separación utilizadas Información sobre la explotación: disparo de los disyuntores, bajada de los pantógrafos	4.2.2.11
Categoría de línea: declaración de rendimiento	4.3.1.1
Frenos de recuperación en el sistema de electrificación de C.C.: aceptación o no	4.3.1.4
Características de armónicos: datos eléctricos relativos a la alimentación eléctrica	4.3.1.7
Requisito de limitación de potencia/corriente a bordo: sí o no	4.2.2.5
Coordinación de la protección eléctrica	4.2.2.8
Cualquier otra desviación de los requisitos establecidos en la ETI	

## ANEXO E

**COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE SUBESTACIONES Y UNIDADES DE TRACCIÓN**

## E.1. GENERALIDADES

Se verificará la compatibilidad de los sistemas de protección entre la unidad de tracción y la subestación.

## E.2. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

Toda unidad de tracción va provista de un disyuntor de capacidad superior o inferior a la corriente máxima de cortocircuito que puede darse en el «primario» de su circuito eléctrico, en función del sistema de tracción.

Cuadro E.1

**Máximo nivel de cortocircuito entre la línea de contacto y el carril**

Sistema de alimentación	Subestación generalmente conectada en paralelo	Máxima corriente de cortocircuito con el carril que puede darse
	S/N	kA
25 000 V-50Hz C.A.	N	15 <sup>(1)</sup>
15 000 V-16,7 Hz C.A.	YY	40
3 000 V C.C.	YY	50 (perspectiva sostenida) <sup>(2)</sup>
1 500 V C.C.	YY	75 (perspectiva sostenida) <sup>(2)</sup>
750 V C.C.	YY	65 (perspectiva sostenida) <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> El valor de 12 kA era anteriormente el comúnmente aceptado.

<sup>(2)</sup> Véase la definición en la norma EN 50123-1.

Cuadro E.2

**Acción sobre los disyuntores cuando se produce una avería interna en una unidad de tracción**

Sistema de alimentación	Cuando se produce una avería interna en las unidades de tracción Orden de disparo del:	
	disyuntor del fíder de la subestación	disyuntor de la unidad de tracción
25 000 V-50 Hz C.A.	Disparo inmediato <sup>(1)</sup>	Disparo inmediato
15 000 V-16,7 Hz C.A.	Disparo inmediato <sup>(1)</sup>	Primario del transformador Disparo escalonado Secundario del transformador Disparo inmediato
C.C.	Disparo inmediato <sup>(2)</sup>	Disparo inmediato

<sup>(1)</sup> El disyuntor debe dispararse muy rápidamente con corrientes de cortocircuito de alta intensidad.

<sup>(2)</sup> Si la corriente del cortocircuito es de muy alta intensidad, los disyuntores de las subestaciones deben dispararse muy rápidamente para evitar que el disyuntor de la unidad de tracción anule las averías en consecuencia.

## E.3. REARME AUTOMÁTICO DE UNO O VARIOS DISYUNTORES DE LA SUBESTACIÓN

Los sistemas de rearme automático (si existen) de los disyuntores de la subestación pueden reactivar la línea. En tal caso, estos disyuntores sólo podrán rearmarse después de que se disparen los disyuntores de las unidades de tracción presentes en la zona alimentada por la subestación. Los disyuntores de la unidad de tracción se dispararán automáticamente, como se explica en el punto E.4.

#### E.4. EFECTOS SOBRE LA UNIDAD DE TRACCIÓN DERIVADOS DE LA PÉRDIDA DE TENSIÓN EN LA LÍNEA Y DE SU RECUPERACIÓN

Los disyuntores de la unidad de tracción se dispararán automáticamente a los 3 segundos de producirse la pérdida de tensión en la línea.

*Nota 1:* Véase el anexo N de la presente ETL.

El disyuntor de la unidad de tracción no se rearmará antes de transcurridos tres segundos desde la recuperación de la tensión en la línea.

*Nota 2:* El retardo de reactivación de la línea permite verificar si existe un cortocircuito persistente.

#### E.5. SISTEMAS DE ELECTRIFICACIÓN DE C.C.: CORRIENTE TRANSITORIA DURANTE EL REARME

Esta disposición sólo es aplicable a las unidades de tracción C.C. equipadas con un filtro de entrada.

Cuando se va a cerrar el disyuntor de una unidad de tracción, con el filtro de entrada (si existe), la corriente transitoria no deberá provocar que los dispositivos de protección de las subestaciones se disparen innecesariamente. La información necesaria se obtendrá de las vías férreas afectadas cuando se diseñen filtros montados en los vehículos.

El diferencial  $di/dt$  de la corriente transitoria al cierre del disyuntor de la unidad de tracción tendrá las siguientes características:

*Cuadro E.3*

#### **Diferencial $di/dt$ al cierre del disyuntor de la unidad de tracción**

TT	condición aplicable al $di/dt$
0 ms	$di/dt < 60 \text{ A/ms}$
20 ms	$di/dt < 20 \text{ A/ms}$

con una inductancia mínima de 2 mH en la línea aérea y en la subestación.

## ANEXO F

**TIPO DE LÍNEA**

## F.1. OBJETO

El presente anexo se refiere a:

- líneas generalmente equipadas para velocidades de 250 km/h o superiores, y
- líneas acondicionadas para velocidades de aproximadamente 200 km/h.

## F.2. OBJETIVOS

En el presente anexo se define el tipo de línea de una ruta en función del tráfico, en términos de velocidad e intervalo mínimo entre trenes y de la potencia utilizada por la tracción a través del pantógrafo.

## F.3. DEFINICIONES

*Tipo de línea*

Clasificación de líneas en función de los parámetros descritos a continuación.

*Velocidad máxima de línea*

Velocidad en km/h para la cual se ha autorizado la explotación de la línea.

*Potencia utilizada por el tren a través del pantógrafo*

Máxima potencia continua en MW demandados por el tren, teniendo en cuenta la potencia utilizada para la tracción (esfuerzo/curva de velocidad), el frenado de recuperación y los sistemas auxiliares.

*Mínimo intervalo posible entre trenes*

Intervalo en minutos que puede transcurrir entre el paso de dos trenes por un mismo punto en condiciones de tráfico irregular, según admita el sistema de señalización.

## F.4. DATOS PARA TIPOS DE LÍNEAS

F.4.1. **Generalidades**

El cuadro F.1 contiene información común a todos los sistemas de electrificación.

Con respecto a las líneas de alta velocidad, se presupone lo siguiente:  $V \geq 250$  km/h; los sistemas de electrificación elegidos son C.A. 25 000 V — 50 Hz y C.A. 15 000 V — 16,7 Hz.

En relación con las líneas acondicionadas y líneas de enlace, el cuadro F.1 refiere todos los sistemas de electrificación que se utilizan en Europa, con independencia de la velocidad de la línea.

Cuadro F.1

## Tipo de línea

Gama de velocidades v	Mínimo intervalo posible entre trenes	Potencia utilizada por el tren a través del pantógrafo	Tipo de línea	
			km/h	Minutos
$V \geq 300$	3	20-25 o más	I	a
	3	15-20		b
	3	10-15		c
$250 \leq V < 300$	2	20	II	a
	3	15-20		b
	3	10-15		c
	4	15-20		d
	4	10-15		e
	5	15-20		f
	5	10-15		g
$200 \leq V < 250$	2	15	III	a
	3	10-15		b
	4	10-15		c
	5	10-15		d
$160 \leq V < 200$	2	6-10	IV	a
	2	10-15		b
	2	15-25		c
	3	6-10		d
	3	10-15		e
	4	6-10		f
	4	10-15		g
	5	6-10		h
	5	10-15		i
120-160	2	(1)	V	a
	3			b
	4			c
	5			d
< 120	2	(1)	VI	a
	3			b
	4			c
	5			d

(1) En líneas con velocidad inferior a 160 km/h, el tipo de línea se definirá exclusivamente en términos de velocidad de línea e intervalo mínimo entre trenes, debido a la gran variedad de potencias de los trenes que circulan por estas líneas.

## ANEXO G

## FACTOR DE POTENCIA DE UN TREN

## G.1. OBJETO

Este anexo se aplica a los trenes diseñados para el tráfico interoperable en líneas de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad.

## G.2. GENERALIDADES

A mayor factor de potencia, mejor rendimiento de la alimentación eléctrica, por lo que se aplican las siguientes normas. La potencia capacitiva o inductiva de un tren podrá utilizarse para cambiar y mejorar la tensión de la línea aérea.

## G.3. DEFINICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia total  $\lambda$  se define por

$$\lambda = \alpha \cos \varphi$$

donde  $\alpha$  = es el factor de deformación y  
 $\varphi$ , = el ángulo de fase.

## G.4. FACTOR DE POTENCIA INDUCTIVA

## G.4.1. Objetivo

Este punto se refiere al factor de potencia inductiva y al consumo de energía en la gama de tensiones situada entre  $U_{\min 1}$  y  $U_{\max 1}$ , con arreglo al anexo N de la presente ETI.

## G.4.2. Requisitos

En relación con cada uno de los trenes interoperables que circulen por una línea interoperable, se cumplirán los requisitos especificados en el cuadro G.1.

Cuadro G.1

Factor de potencia total  $\lambda$  de un tren

Consumo de energía de un tren MW	Categoría de línea		
	De alta velocidad	Acondicionada	De enlace <sup>(3)</sup>
(a) $P > 6$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$ <sup>(1)</sup>
(b) $2 < P \leq 6$	$\geq 0,93$	$\geq 0,93$	$\geq 0,93$ <sup>(1)</sup>
(c) $0 \leq P \leq 2$	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Se trata de valores recomendados.

<sup>(2)</sup> A fin de controlar el factor de potencia total de la carga auxiliar de un tren durante las fases de marcha a la deriva, la media total del valor  $\lambda$  (tracción y auxiliares) definida por simulación o medición será superior a 0,85 a lo largo de un itinerario completo. El cálculo de la media total del valor  $\lambda$  con respecto al itinerario de un tren se realiza a partir de la energía activa  $W_p$  (MWh) y la energía reactiva  $W_Q$  (MVarh) obtenidas por simulación del itinerario por ordenador o medidas en el propio tren.

$$\lambda = 1 / \sqrt{1 + (W_Q / W_p)^2}$$

<sup>(3)</sup> La entidad contratante podrá imponer condiciones —por ejemplo, económicas, de explotación o de limitación energética— para la aceptación de trenes con factores de potencia inferiores al valor objetivo.

En los depósitos o zonas de operación, cuando el tren esté parado y con la potencia de tracción desconectada y la potencia activa obtenida de la línea aérea supere los 10 kW por vehículo, el factor de potencia total resultante de la carga del tren no será inferior a 0,8, pero con un valor objetivo de 0,9.

Los valores de las condiciones (a) y (b) se verificarán o medirán con un sistema de alimentación que no limite los rendimientos del tren.

#### G.5. FACTOR DE POTENCIA CAPACITIVA

En la gama de tensiones  $U_{\min 1}$  a  $U_{\max 1}$  definida en el anexo N de la presente ETI, no se limitan los factores de potencia capacitiva. En la gama de tensiones  $U_{\max 1}$  a  $U_{\max 2}$ , ningún tren se comportará como un condensador eléctrico.

---

## ANEXO H

**EQUIPOS DE LÍNEAS AÉREAS, INTERACCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS LÍNEAS AÉREAS Y LOS PANTÓGRAFOS Y SISTEMAS DE C.A.**

## H.1. OBJETO

El presente anexo se refiere a:

- los requisitos geométricos de las líneas aéreas de contacto,
- los requisitos geométricos de los pantógrafos, y
- los requisitos aplicables a la interacción entre las líneas aéreas de contacto y los pantógrafos

en las líneas de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad alimentadas por sistemas de C.A.

## H.2. OBJETIVOS

Este anexo es complementario a los parámetros fundamentales especificados para las líneas alimentadas por sistemas de C.A. Estos requisitos son necesarios para garantizar la seguridad en la circulación de los trenes, una alimentación sin interrupción o perturbaciones indebidas y una interacción sin excesivo desgaste de los hilos de contacto y de los frota-dores.

## H.3. REQUISITOS GEOMÉTRICOS

## H.3.1. Líneas aéreas de contacto

En el cuadro H.1 se establecen los requisitos geométricos con sus tolerancias.

Cuadro H.1

**Geometría de las líneas aéreas de contacto**

Nº	Descripción	Líneas de enlace	Líneas acondicionadas	Líneas de alta velocidad
1	Altura del hilo de contacto			
1.1	Altura nominal del hilo de contacto (mm)	Entre 5 000 y 5 750 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	Entre 5 000 y 5 500 <sup>(1)</sup> <sup>(3)</sup>	5 080 o 5 300 <sup>(3)</sup>
1.2	Tolerancia (mm)	± 30	± 30	0 + 20
1.3	Valores límite	4 950 y 6 200	4 950 y 6 200	—
2	Gradiente admisible del hilo de contacto en relación con la vía y variación admisible del gradiente	Véase EN 50119, versión 2001, punto 5.2.8.2		No se han previsto gradientes aceptables
3	Desviación lateral admisible del hilo de contacto por efecto de un viento cruzado (mm) <sup>(3)</sup>	≤ 400		

<sup>(1)</sup> En líneas de enlace con tráfico mixto de viajeros y mercancías y en servicios de remolcado con gálibo sobredimensionado, la altura del hilo de contacto podrá ser mayor, a condición de que el pantógrafo sea adecuado para captar la corriente con la calidad especificada y que el despliegue del pantógrafo sea suficiente conforme a lo especificado en el punto 5.3.2.5.

<sup>(2)</sup> En los cruces a nivel, la altura del hilo de contacto se estipulará con arreglo a la normativa nacional.

<sup>(3)</sup> La altura del hilo de contacto y la velocidad del viento que se tendrá en cuenta se especificarán en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETI.

## H.3.2. Pantógrafos

En el cuadro H.2 se presentan los requisitos geométricos de un pantógrafo adecuado para la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad. La figura H.1 presenta los detalles del arco del pantógrafo. Como los pantógrafos se utilizarán en todas las líneas de la red interoperable, no es posible hacer distinción entre categorías de líneas.

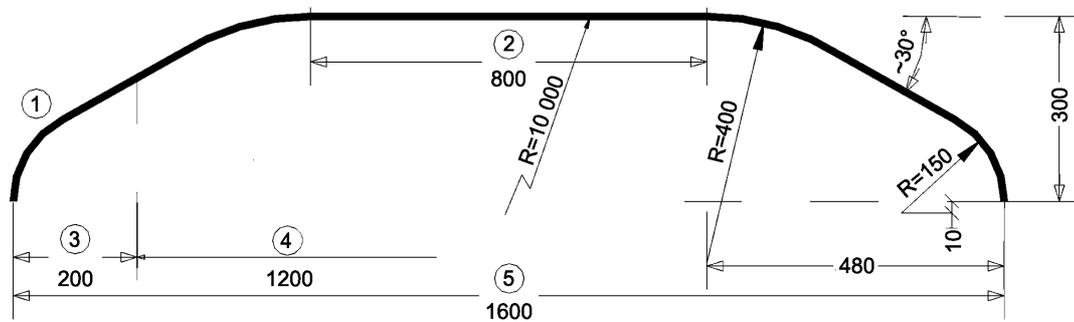
Cuadro H.2

## Geometría del arco del pantógrafo

Nº	Descripción	Todas las categorías de líneas
1	Anchura del arco del pantógrafo (mm)	1 600
2	Zona de trabajo del arco del pantógrafo (mm)	1 200
3	Anchura eléctrica del arco del pantógrafo, máxima (mm)	650
4	Longitud de los frotadores (mm)	≥ 800
5	Perfil del arco del pantógrafo	Véase la figura H.1
6	Detector de defectos en el arco del pantógrafo	Necesario

Figura H.1

## Perfil del arco del pantógrafo



- 1 Cuerno de material aislante.
- 2 Longitud mínima de la llanta de rozamiento.
- 3 Longitud proyectada.
- 4 Zona de trabajo del arco.
- 5 Ancho del arco.

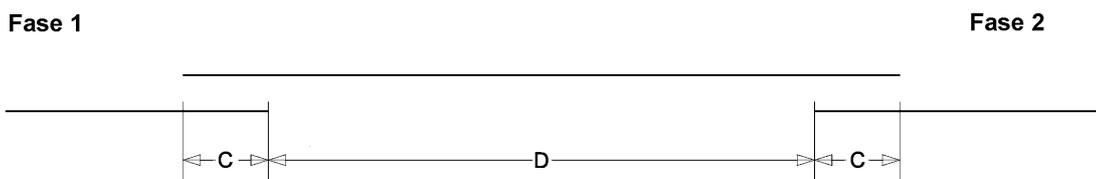
## H.3.3. Secciones de separación de fases

Se describen dos tipos de secciones de separación de fases.

En el caso de la disposición ilustrada en la figura H.2, la longitud de la sección neutra es mayor que la distancia entre los pantógrafos más alejados en servicio en un tren interoperable, que es de 400 m.

Figura H.2

## Disposición de la separación de fases con sección neutral larga



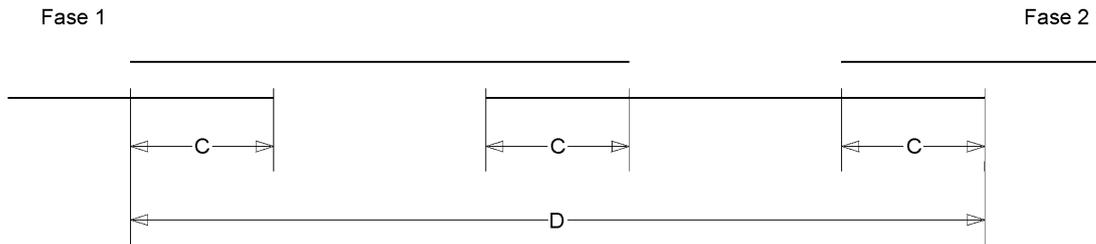
Longitud  $D > 402$  m.

Secciones superpuestas C: Pantógrafo en contacto con dos hilos de contacto.

En la figura H.3, la sección de separación total es más corta que la distancia de 143 m entre tres pantógrafos consecutivos.

Figura H.3

### Disposición de la separación de fases con sección neutral corta



Longitud  $D < 142$  m

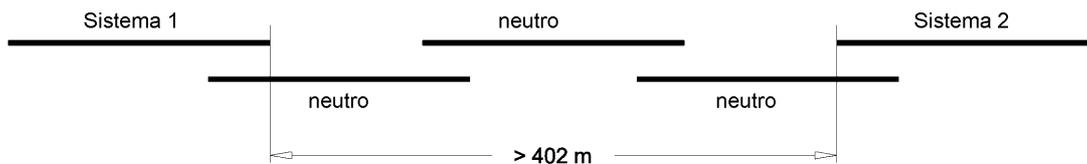
Secciones superpuestas C: Pantógrafo en contacto con dos hilos de contacto.

### H.3.4. Ejemplo de sección de separación de sistemas

Cuando se negocian secciones de separación de sistemas con los pantógrafos elevados, la sección de separación consta de tres secciones de línea de contacto neutral aisladas entre sí. La longitud total será como mínimo de 402 m. La figura H.4 ilustra el principio de diseño.

Figura H.4

### Disposición de la sección de separación de sistemas con sección neutral larga

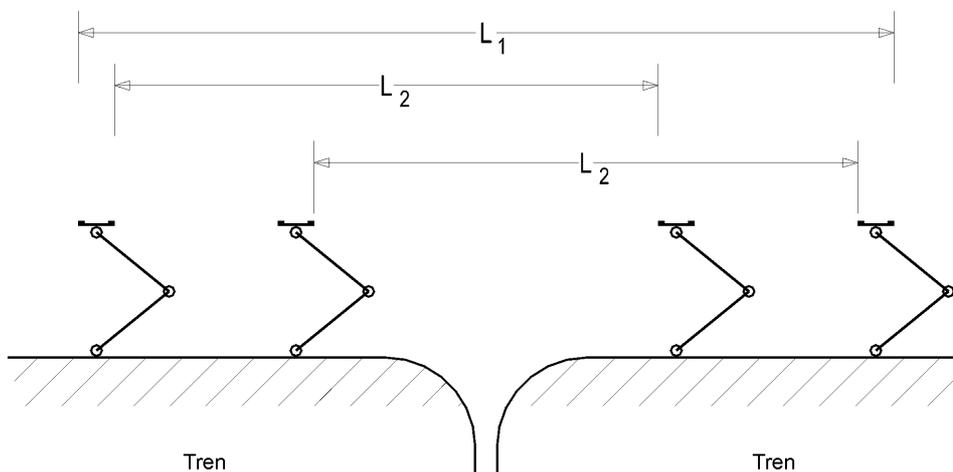


### H.3.5. Disposición de los pantógrafos en los trenes

Para negociar los tipos especificados de separaciones de fases, la separación máxima de los pantógrafos es de 400 m, que es la longitud máxima del tren. Además, la separación entre tres pantógrafos consecutivos será superior a 143 m. El pantógrafo situado entre otros dos puede colocarse en cualquier parte. No podrá existir ninguna conexión eléctrica entre pantógrafos en servicio. La figura H.5 ilustra la disposición de los pantógrafos.

Figura H.5

### Disposición de los pantógrafos



Longitud  $L_1 < 400$  m.

Longitud  $L_2 > 143$  m.

### H.3.6. Envoltente dinámica para el paso de pantógrafos

La figura H.6 ilustra las dimensiones que debe tener el espacio necesario para el paso de los Europantógrafos en las líneas interoperables. Además de este espacio, la infraestructura tendrá en cuenta el espacio necesario para la instalación de la propia línea de contacto y las necesarias holguras de seguridad. El espacio depende del diseño de la línea de contacto individual y de la tensión correspondiente.

En la figura H.6, el ancho  $L_1$  se refiere a la altura del hilo de contacto de 5,0 m, mientras que el ancho  $L_2$  depende de la altura del hilo de contacto aplicable a una línea específica.  $S$  es la previsión para la elevación correspondiente a 2 veces  $S_0$ , con arreglo a los cuadros 4.5 y 4.6.

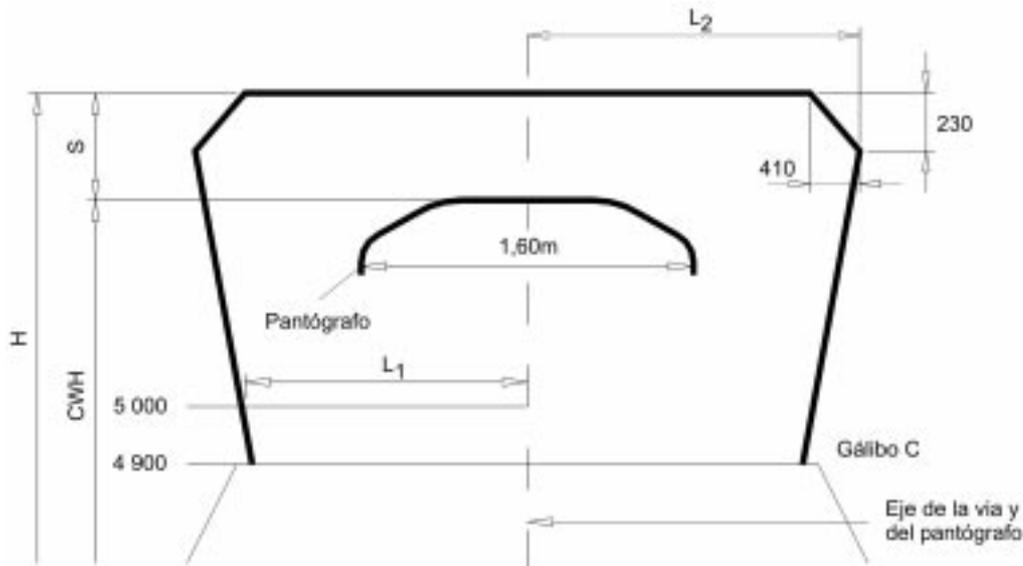
El valor  $L_2$  es:

$$L_2 = 0,74 + 0,04 \cdot H + 0,15 \cdot H \cdot C - 0,075 \cdot C + 2,5 / R$$

donde se presupone que el ancho de vía máximo es 1,45 m; el peralte  $C$ , el radio  $R$  y la dimensión  $H$  se miden en metros.

Figura H.6

#### Envoltente dinámica para el paso de pantógrafos en líneas interoperables



El cuadro H.3 ilustra, a modo de ejemplo, las relaciones existentes entre el radio de la vía, el peralte y las dimensiones  $L_1$  y  $L_2$  en líneas de alta velocidad con un radio de vía superior a 3 000 m. La dimensión  $H$  es la suma de la altura del hilo de contacto  $CWH$  y la previsión  $S$  para la elevación.

Cuadro H.3

#### Dimensiones de la envolvente dinámica para el paso del pantógrafo en las líneas de alta velocidad (ejemplos, radio de vía superior a 3 000 m)

Peralte $C$ (m)	Ancho $L_1$ a 5,00 m de altura (m)	Ancho $L_2$ (véase la figura H.6) (m)
0,0	0,94	$0,74 + 0,04 H$
0,066	0,99	$0,74 + 0,05 H$
0,180	1,08	$0,73 + 0,07 H$

## ANEXO J

**EQUIPOS DE LÍNEAS AÉREAS, INTERACCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS LÍNEAS AÉREAS Y LOS PANTÓGRAFOS Y SISTEMAS DE C.C.**

## J.1. OBJETO

El presente anexo se refiere a:

- los requisitos geométricos de las líneas aéreas de contacto,
- los requisitos geométricos de los pantógrafos, y
- los requisitos aplicables a la interacción entre las líneas aéreas de contacto y los pantógrafos,

en las líneas acondicionadas y líneas de enlace de la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad alimentadas por sistemas de C.C.

## J.2. OBJETIVOS

Este anexo es complementario a los parámetros fundamentales especificados para las líneas alimentadas por sistemas de C.C. Estos requisitos son necesarios para garantizar la seguridad en la circulación de los trenes con una alimentación sin interrupción o perturbaciones indebidas y una interacción sin excesivo desgaste de los hilos de contacto y de los frota-dores.

## J.3. REQUISITOS GEOMÉTRICOS

## J.3.1. Líneas aéreas de contacto

En el cuadro J.1 se establecen los requisitos geométricos con sus tolerancias.

Cuadro J.1

**Geometría de las líneas aéreas de contacto**

Nº	Descripción	Líneas de enlace	Líneas acondicionadas
1	Altura del hilo de contacto		
1.1	Altura estándar del hilo de contacto (mm)	Entre 5 000 y 5 500 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	Entre 5 000 y 5 500 <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>
1.2	Tolerancia (mm)	0 + 60	0 + 60
1.3	Valores límite (mm)	4 900 y 6 200 <sup>(5)</sup>	4 900 y 6 200
2	Gradiente admisible del hilo de contacto en relación con la vía y variación de gradiente	Véase EN 50119, versión 2001 No se han previsto gradientes aceptables	
3	Desviación lateral admisible del hilo de contacto por efecto de un viento cruzado (mm)	≤ 400	

<sup>(1)</sup> En líneas de enlace con tráfico mixto de viajeros y mercancías y en servicios de remolcado con gálibo sobredimensionado, la altura del hilo de contacto podrá ser mayor, a condición de que el pantógrafo sea adecuado para captar la corriente con la calidad especificada y que el despliegue del pantógrafo sea suficiente conforme a lo especificado en el punto 5.3.2.5.

<sup>(2)</sup> En los cruces a nivel, la altura del hilo de contacto se estipulará con arreglo a la normativa nacional.

<sup>(3)</sup> En las líneas italianas referidas en la nota 2 del cuadro 4.1, el hilo de contacto debe tener entre 5 000 mm y 5 300 mm de altura. El resto de valores se aplican a otros tipos de líneas.

<sup>(4)</sup> La altura del hilo de contacto y la velocidad del viento que se tendrá en cuenta se especificarán en el registro de infraestructuras definido en el anexo D de la presente ETL.

<sup>(5)</sup> En las líneas de enlace de España: 4 600 mm y 6 200 mm.

### J.3.2. Pantógrafos

En el cuadro J.2, se presentan los requisitos geométricos de un pantógrafo adecuado para la red ferroviaria transeuropea de alta velocidad. La figura J.1 presenta los detalles del arco del pantógrafo. Como los pantógrafos se utilizarán en las líneas de enlace y en las líneas acondicionadas de la red interoperable, se hace distinción entre categorías de líneas.

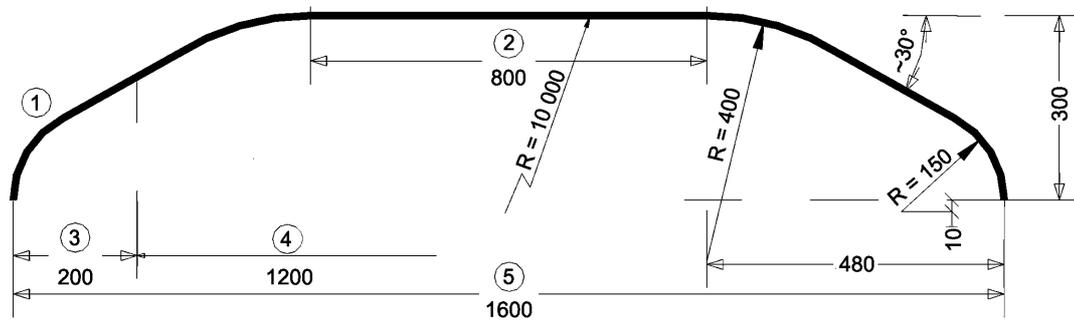
Cuadro J.2

#### Geometría del arco del pantógrafo

Nº	Descripción	Todas las categorías de líneas
1	Anchura del arco del pantógrafo	
1.1	Arco unificado (mm)	1 600
1.2	Arco durante el período de transición (mm)	1 450 y 1 950
2	Zona de trabajo del arco del pantógrafo (mm)	1 200
3	Longitud de los frotadores (mm)	≥ 800
4	Perfil del arco del pantógrafo	
4.1	Perfil del arco unificado	Véase la figura J.1
4.2	Perfil del arco de transición	EN 50367
5	Conexión eléctrica entre pantógrafos	Si existe tal conexión, se dispondrá de un medio para interrumpirla
6	Detector de defectos en el arco del pantógrafo	Necesario

Figura J.1

#### Perfil del arco del pantógrafo



- 1 Cuerno de material aislante
- 2 Longitud mínima de la llanta de rozamiento
- 3 Longitud proyectada
- 4 Zona de trabajo del arco
- 5 Ancho del arco

### J.3.3. Envoltente dinámica para el paso de pantógrafos

Las estipulaciones para el sistema de C.C. son las mismas que para el de C.A. Véase el punto H.3.6 del anexo H.

## ANEXO K

**FRENOS DE RECUPERACIÓN**

## K.1. OBJETO

El presente anexo se refiere al tráfico interoperable en las líneas alimentadas por un sistema de C.A. y establece las condiciones aplicables al uso de frenos de recuperación en los sistemas de tracción.

*Nota:* En los sistemas de C.C., a petición de la empresa ferroviaria, la entidad contratante podrá decidir sobre la aceptación de los frenos de recuperación.

## K.2. CONSIDERACIONES RELATIVAS AL MATERIAL RODANTE

Los trenes no seguirán utilizando sus frenos de recuperación si

- se produce una pérdida de tensión de alimentación o un cortocircuito entre la línea de contacto y el carril/tierra en el tramo alimentado por la subestación,
- la línea de contacto es incapaz de absorber la energía,
- la tensión de línea es superior al valor  $U_{\max 2}$ . Véase el anexo N de la presente ETI.

Si no está disponible la absorción de energía de realimentación por otros consumidores, el material rodante pasará a otros sistemas de freno.

## K.3. CONSIDERACIONES RELATIVAS AL SUBSISTEMA ENERGÍA

El subsistema energía debe diseñarse de modo que pueda utilizarse el freno de recuperación como freno de servicio.

La entidad contratante pedirá a la compañía eléctrica que acepte la realimentación de la energía de frenado en la red de suministro, cuando esta energía no pueda ser absorbida por otros consumidores de la red ferroviaria.

## K.4. EVALUACIÓN

Los aparatos de control y protección de la subestación permitirán la realimentación de energía a la red de suministro. Los diagramas de conexiones permitirán la evaluación.

---

## ANEXO L

**TENSIÓN EN EL PANTÓGRAFO (ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA)**

## L.1. OBJETO

El objetivo de un estudio de diseño es definir las características de las instalaciones fijas. Estas instalaciones deben soportar las situaciones más severas especificadas en el itinerario, a través de:

- el período de servicio más denso previsto en el itinerario, correspondiente al horario de máxima afluencia de tráfico,
- las características de los diferentes tipos de trenes implicados, teniendo en cuenta las unidades de tracción seleccionadas.

El presente anexo se refiere a:

- las líneas diseñadas para velocidades de 250 km/h o superiores, y
- las líneas acondicionadas para velocidades de aproximadamente 200 km/h.

## L.2. OBJETIVOS

El objetivo es obtener una indicación de la calidad de las instalaciones fijas para la tracción eléctrica. Se basa en un estudio matemático de la tensión presente en una ruta electrificada con los trenes circulando conforme al itinerario de referencia.

El índice de calidad  $U_{\text{media útil}}$  se calcula por simulación y puede verificarse realizando mediciones concretas en un tren crítico.

*Nota:* Con el fin de garantizar los niveles de rendimiento para todos los trenes en función del tipo de línea, la entidad contratante deberá diseñar sus equipos de forma que el pantógrafo de cada tren que circule por la sección alimentada reciba una tensión útil media suficientemente alta. Esto no significa que los trenes no vayan a estar sometidos, durante períodos muy cortos, a las tensiones extremas definidas en el anexo N de la presente ETI.

## L.3. DEFINICIÓN DE TENSIÓN ÚTIL MEDIA

La tensión útil media  $U_{\text{media útil}}$  se calcula mediante simulación por ordenador de una zona geográfica, teniendo en cuenta todos los trenes que han de circular por dicha zona en un período determinado de tiempo, correspondiente al horario de máxima afluencia de tráfico previsto en el itinerario. Dicho período de tiempo deberá ser suficiente para tener en cuenta la sollicitación máxima en cada tramo electrificado en la zona geográfica.

Se tendrán en cuenta las características eléctricas de la instalación de alimentación y cada tipo de tren diferente utilizado en la simulación.

En cada etapa de la simulación se analiza la tensión fundamental que recibe el pantógrafo de cada tren que circula por la zona geográfica. En los sistemas C.A., se utiliza la media cuadrática (rms) de la tensión fundamental. En los sistemas de C.C., se utiliza el valor medio. Esta etapa de la simulación tendrá la duración justa para tener en cuenta todos los eventos previstos en el itinerario.

Los valores de tensión obtenidos en la simulación se utilizan para estudiar:

- (1) El valor  $U_{\text{media útil}}$  de la zona de alimentación.

Es el valor medio de todas las tensiones analizadas en esta simulación, que da una indicación de la calidad de la alimentación eléctrica para toda la zona.

Se incluyen en este análisis todos los trenes que circulan por la zona geográfica en el horario de máxima afluencia de tráfico considerado, estén en modo de tracción o no (parada, tracción, recuperación, marcha a la deriva) en cada etapa de la simulación.

(2) El valor  $U_{\text{media útil}}$  del tren.

Es el valor medio de todas las tensiones presentes en la misma simulación que en el estudio de la zona geográfica, pero analizando exclusivamente las tensiones aplicadas a un determinado tren en cada etapa, cuando el tren recibe una carga de tracción (no está parado, ni en recuperación ni en marcha a la deriva).

El valor medio de estas tensiones sirve para comprobar el rendimiento de cada tren en la simulación y, en consecuencia, determina cuál es el tren director, es decir, el tren cuya capacidad de aceleración resulta más limitada por una baja tensión.

#### L.4. VALORES RECOMENDADOS DE TENSIÓN ÚTIL MEDIA EN EL PANTÓGRAFO

El cuadro 1 señala los valores mínimos de tensión útil media  $U_{\text{media útil}}$  en el pantógrafo:

Cuadro L.1

##### Mínima tensión útil media en el pantógrafo (kV)

Sistema de electrificación	C.C. 1,5 kV	C.C. 3 kV	C.A. 15 kV	C.A. 25 kV
Zona	1,30	2,80	14,2	22,5
Tren	1,30	2,80	14,2	22,5

L.5. RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN ÚTIL MEDIA  $U_{\text{media útil}}$  Y  $U_{\text{min1}}$

El diseño de la alimentación eléctrica se realizará de tal modo que las simulaciones que permiten calcular la tensión útil media  $U_{\text{media útil}}$  en el pantógrafo nunca generen valores de tensión instantánea en el pantógrafo de un tren inferiores al límite « $U_{\text{min1}}$ » señalado en el anexo N de la presente ETI para circulaciones correspondientes al tipo de línea definido en el anexo F de la presente ETI.

L.6. CRITERIOS DE SELECCIÓN QUE DETERMINAN LA TENSIÓN EN EL PANTÓGRAFO PARA TRENES DE ALTA VELOCIDAD

El diseño de las instalaciones fijas de tracción eléctrica puede obtenerse simulando el itinerario crítico, teniendo en cuenta la potencia utilizada por cada tren en la simulación en cada intervalo de tiempo. Por encima de los aspectos de calibrado de los equipos (transformadores, líneas aéreas, autotransformadores para  $2 \times 25$  kV y convertidores de C.C.) y de la compatibilidad con el rendimiento aparente tolerado en los puntos de conexión de alta tensión, la calidad de la alimentación eléctrica constituye un importante parámetro de cualificación para el sistema de alimentación analizado.

La curva característica del esfuerzo y velocidad de tracción que corresponde a una unidad de tracción varía en función de la tensión que recibe el pantógrafo. La envolvente de la curva característica de esfuerzo y velocidad de tracción en condiciones de tensión reducida se determina en relación con la curva característica nominal, por extrapolación con respecto a la gama de velocidades, siendo el coeficiente de proporcionalidad ligeramente inferior a la relación entre la tensión del pantógrafo y la tensión nominal ( $U_{\text{pantógrafo}}/U_{\text{nominal}}$ ).

Los valores de tensión obtenidos deben permitir que se alcancen los niveles de rendimiento deseados. Por ejemplo, a fin de estudiar la electrificación con 25 kV, seleccionar una tensión mínima de 22,5 kV permite no bajar estadísticamente del límite mínimo de 19 kV. Es posible utilizar tensiones inferiores a 19 kV en períodos de circulaciones anómalas, sobre todo con trenes circulando a intervalos muy cortos o en situaciones especiales que no siempre se dan en las simulaciones, como la coincidencia de series de circulaciones en ambas direcciones.

Deberá evaluarse la incidencia de las situaciones de rendimiento irregular, tanto desde el punto de vista del sistema de alimentación como del gráfico de explotación, teniendo en cuenta las reducciones de rendimiento permitidas.

La selección de la tensión útil media correcta conlleva las siguientes ventajas:

- permite que las unidades de tracción funcionen próximas a su tensión nominal, optimizándose la eficiencia y el rendimiento,
- asegura que se respeten los valores mínimos de tensión especificados por las normas,

- refleja el hecho de que las instalaciones fijas de tracción eléctrica alcanzan el rendimiento correcto y que, en consecuencia, cabe considerar mayor afluencia de tráfico,
- permite afrontar determinadas situaciones de tráfico irregular.

#### L.7. CÁLCULO DE LA TENSIÓN ÚTIL MEDIA EN EL PANTÓGRAFO

La tensión útil media  $U_{\text{útil media}}$  en el pantógrafo se define de la forma siguiente:

$$U_{\text{media útil}} = \left( \sum_{j=1}^n \frac{1}{T_j} \int_0^{T_j} U_p \cdot |I_{pj}| dt \right) \cdot \int \cdot \left( \sum_{j=1}^n \frac{1}{T_j} \int_0^{T_j} |I_{pj}| dt \right)$$

donde:

$T_j$  = período de estudio o integración del tren número  $j$ ,

$n$  = número de trenes considerados en el estudio.

En los sistemas de alimentación de C.A.:

$U_{pj}$  = tensión eficaz momentánea a la frecuencia de alimentación que recibe el pantógrafo del tren número  $j$ ,

$|I_{pj}|$  = módulo de corriente eficaz momentánea a la frecuencia de alimentación que recibe el pantógrafo del tren número  $j$ .

En los sistemas de electrificación de C.C.:

$U_{pj}$  = tensión media momentánea de C.C. que recibe el pantógrafo del tren número  $j$ ,

$|I_{pj}|$  = módulo de corriente media momentánea de C.C. que recibe el pantógrafo del tren número  $j$ .

Esto representa la relación existente entre la potencia media calculada para el tren o trenes durante sus secuencias de tracción y la corriente media correspondiente.

Se obtiene un resultado equivalente con la siguiente fórmula, que es más adecuada para algunos programas informáticos:

$$U_{\text{media útil}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{MN\Delta t} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M U_{j,k}(t) \cdot \Delta t$$

donde:

$n$  = número de trenes considerados en la simulación,

$U_{j,k}$  = tensión eficaz a la frecuencia de alimentación evaluada en la etapa de cálculo básico correspondiente a los sistemas de electrificación por C.A.;

tensión media obtenida en la etapa de cálculo básico correspondiente a los sistemas de electrificación por C.C.,

$M$  = número de etapas de cálculo que incluye el período de integración,

$N$  = número de períodos de integración contemplados en la simulación,

$\Delta t$  = tiempo durante el que se simula cada etapa  $M$ ;

*Nota:* La etapa de simulación  $\Delta t$  ha de tener la duración justa para tener en cuenta todos los eventos previstos en el itinerario.

Esta expresión de la tensión tiene la ventaja de que refleja con bastante exactitud la calidad de la alimentación eléctrica en el caso de simulaciones de tráfico que comprenden un gran número de trenes en la vía férrea analizada.

La fórmula anterior se utiliza para estudiar:

Una parte geográfica (es decir, la parte de la red que se analiza) en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los trenes que pasan por esa parte, estén en modo de tracción o no (parada, tracción, recuperación, deriva). Por consiguiente, el valor de la tensión útil media  $U_{\text{media útil}}$  es un indicador de la calidad de la alimentación eléctrica para toda la parte en cuestión.

La tensión útil media que recibe el pantógrafo de cada uno de los trenes que circulan por la parte de la línea analizada; sólo se tienen en cuenta los períodos de tracción del tren. En este caso,  $n$  es igual a 1 en la fórmula anterior. Este valor sirve para controlar el rendimiento de cada tren en la simulación y, en consecuencia, determina cuál es el tren director.

#### L.8. ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

##### L.8.1. $U_{\text{media útil}}$ (zona)

Qué	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
<i>Simulación</i>			
En una zona definida del sistema de alimentación eléctrica	Después de cada simulación	Utilizando los resultados de la simulación de los trenes en la zona considerada y del cálculo definido en el punto L.3	El valor es superior a los indicados en la fila «Zona» del cuadro 4

##### L.8.2. $U_{\text{media útil}}$ (tren)

Qué	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
<i>Simulación</i>			
Para un tren definido en el itinerario de la simulación: básicamente, el tren de dimensionamiento	Después de las simulaciones	Utilizando los resultados de la simulación y del cálculo definido en el punto L.3	El valor es superior a los indicados en la fila «cada tren» del cuadro L.1 (líneas ETI o líneas clásicas)

##### L.8.3. Relación entre $U_{\text{media útil}}$ y $U_{\text{min1}}$

Qué	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
<i>Simulación</i>			
	Después de cada simulación	Utilizando los resultados de la simulación de cada tren considerado en la zona; sólo se realizará un ensayo si el valor $U_{\text{media útil}}$ en el pantógrafo es superior a los valores estipulados en el punto L.5	Comprobar que la tensión que recibe el pantógrafo de cada tren nunca sea inferior a $U_{\text{min1}}$

## ANEXO M

**ENSAYO Y VERIFICACIÓN DE LAS LLANTAS DE ROZAMIENTO**

## M.1. OBJETO

Este anexo se aplica a los ensayos y verificaciones de las llantas de rozamiento utilizadas en los pantógrafos de las circunlaciones interoperables de alta velocidad.

## M.2. LLANTAS DE ROZAMIENTO

M.2.1. **Generalidades**

Se escogerá el tipo de frotador con arreglo a las características siguientes:

- capacidad de transporte de corriente,
- fuerza estática,
- material de fabricación.

El material de fabricación de las llantas de rozamiento será aceptable para la entidad contratante. Los materiales habitualmente utilizados son:

- carbono puro, si es necesario impregnado con un aditivo,
- acero al cobre, aleación de cobre, cobre,
- carbono recubierto con hoja de cobre,
- material sinterizado.

Para utilizar otros materiales, será necesario aportar pruebas de que sus características son iguales o mejores que las atribuidas a los materiales recomendados.

Para explotar las líneas de contacto con llantas de rozamiento de material diferente, será preciso alcanzar un acuerdo entre la entidad contratante y la empresa de transporte ferroviario.

*Nota:* Si se utiliza material mixto para fabricar las llantas de rozamiento utilizadas en las redes, podría aumentar el desgaste de las llantas de rozamiento y del hilo de contacto.

## M.3. CORRIENTE EN REPOSO

M.3.1. **Condiciones de ensayo**

En los sistemas de C.C., se comprobará el calentamiento provocado en el hilo de contacto por la corriente en reposo. No es necesario realizar esta comprobación en los sistemas de C.A. porque la corriente en reposo es menor.

El ensayo se realizará con un pantógrafo equipado con un arco que incorpore dos llantas de rozamiento.

Los dos llantas de rozamiento se ensayarán sobre una superficie plana de acuerdo con una condición de uso.

El pantógrafo se montará sobre una unidad de tracción. El ensayo se realizará en un entorno protegido (en un taller cerrado), a fin de evitar que se vea afectado por las corrientes de aire.

Se realizará además con uno o dos hilos de contacto equipados con sensores de temperatura. Estos sensores se colocarán a dos milímetros de la superficie de contacto.

### M.3.2. Procedimiento de ensayo

El ensayo se realizará con la fuerza de contacto estática especificada en el punto 5.3.2.6.

La corriente transmitida por el pantógrafo estará relacionada con el consumo máximo del material rodante, con los límites especificados en el punto 5.3.3.4.

Cada ensayo tendrá una duración de 30 minutos, a menos que uno de los sensores indique que la temperatura alcanza el valor máximo admisible para los hilos de contacto. Este valor será especificado por la entidad contratante. En este caso, se interrumpirá el ensayo.

La intensidad de la corriente y la temperatura se registrarán de forma continua.

El ensayo se considerará satisfactorio si, transcurridos 30 minutos, la temperatura máxima de los hilos de contacto no supera el valor límite estipulado.

## M.4. CORRIENTE EN CONDICIONES DE CARGA ELÉCTRICA

### M.4.1. Condiciones de ensayo

En los sistemas de C.C., se comprobará el desgaste provocado en las llantas de rozamiento por la corriente en condiciones de carga eléctrica. No es necesario realizar esta comprobación en los sistemas de C.A. porque la corriente con carga eléctrica es menor.

#### *Condiciones de ensayo*

El pantógrafo se montará sobre una unidad de tracción cuya capacidad permita, como mínimo, captar la máxima corriente eléctrica.

El pantógrafo equipado con las llantas de rozamiento de ensayo se instalará de tal manera, durante las circulaciones sobre vía y antes de las mediciones, que se establezcan las peores condiciones para la transmisión de corriente.

### M.4.2. Procedimiento de ensayo

La unidad de tracción remolcará un tren que tenga la masa máxima admisible a una velocidad tal que se alcance la corriente máxima.

En cada configuración, se transmitirá la intensidad máxima de corriente durante las mediciones pertinentes, en un intervalo de 30 minutos.

A fin de asegurar que el rendimiento de las llantas de rozamiento en marcha sea suficientemente representativo, se realizarán diez circulaciones de medición en cada configuración.

Se recomienda sustituir las llantas de rozamiento en todo caso al cabo de cada ciclo de diez circulaciones.

Después de cada ciclo, se comprobará el estado de las llantas de rozamiento y se determinará el grado de desgaste (mm/1 000 km) para poder evaluar su rendimiento en marcha.

El ensayo se considerará satisfactorio si no se detecta ningún defecto que pueda perjudicar el rendimiento de las llantas de rozamiento en marcha y si el grado de desgaste se ajusta al rendimiento en marcha indicado en la ETI Energía.

---

## ANEXO N

## TENSIÓN Y FRECUENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRACCIÓN

## N.1. OBJETO

En este anexo se definen la tensión y la frecuencia y sus tolerancias en los terminales de la subestación y en el pantógrafo.

## N.2. TENSIÓN

En el cuadro N.1 se detallan las características de los principales sistemas de tensión eléctrica (salvo las sobretensiones).

Cuadro N.1

## Tensiones nominales y sus valores y duraciones límite admisibles

Sistema de electrificación	Tensión mínima no permanente	Tensión mínima permanente	Tensión nominal	Tensión máxima permanente	Tensión máxima no permanente
	$U_{\min 2}$ (V)	$U_{\min 1}$ (V)	$U_n$ (V)	$U_{\max 1}$ (V)	$U_{\max 2}$ (V)
C.C. (valores medios)	400 <sup>(1)</sup>	400	600	720	800 <sup>(2)</sup>
	400 <sup>(1)</sup>	500	750	900	1 000 <sup>(2)</sup>
	1 000 <sup>(1)</sup>	1 000	1 500	1 800	1 950 <sup>(2)</sup>
	2 000 <sup>(1)</sup>	2 000	3 000	3 600	3 900 <sup>(2)</sup>
C.A. (valores eficaces)	11 000 <sup>(1)</sup>	12 000	15 000	17 250	18 000 <sup>(2)</sup>
	17 500 <sup>(1)</sup>	19 000	25 000	27 500	29 000 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Las tensiones entre  $U_{\min 1}$  y  $U_{\min 2}$  no durarán más de dos minutos.

<sup>(2)</sup> Las tensiones entre  $U_{\max 1}$  y  $U_{\max 2}$  no durarán más de cinco minutos.

— La tensión del carril de conexiones en la subestación con todos los disyuntores abiertos será igual o menor que  $U_{\max 1}$ .

— En condiciones normales de servicio, las tensiones se mantendrán entre  $U_{\min 1}$  y  $U_{\max 2}$ .  
En condiciones de servicio anómalas, son aceptables tensiones entre  $U_{\min 1}$  y  $U_{\min 2}$ .

**Relación  $U_{\max 1}/U_{\max 2}$** 

Cada aparición de  $U_{\max 2}$  irá seguida de un nivel inferior o igual a  $U_{\max 1}$  durante un período sin especificar.

**Tensión mínima de servicio**

En condiciones de servicio anómalas,  $U_{\min 2}$  es el límite inferior de tensión en la línea aérea de contacto con la que han de funcionar los trenes.

Nota: Valores recomendados de disparo en condiciones de subvoltaje:

Los relés de subvoltaje instalados en puntos fijos o a bordo pueden ajustarse a un valor entre el 85 % y el 95 % de  $U_{\min 2}$ .

## N.3. FRECUENCIA

La frecuencia del sistema de tracción eléctrica de 50 Hz viene impuesta por la red trifásica. Por consiguiente, se aplican los valores establecidos en la norma EN 50160. La frecuencia del sistema de tracción eléctrica de 16,7 Hz (excepto en el caso del convertidor síncrono-ásíncrono) no viene impuesta por la red trifásica.

En el cuadro N.2 se indican los valores aplicables a ambos sistemas eléctricos.

Cuadro N.2

**Frecuencia en el sistema de electrificación ferroviaria y sus límites admisibles**

Duración	Frecuencia nominal del sistema	Sistema de electrificación ferroviaria alimentado por:	
		una red trifásica interconectada	una red trifásica no interconectada
95 % de una semana	50 Hz	50,50 Hz	51,00 Hz
		49,50 Hz	49,00 Hz
	16,7 Hz	16,83 Hz	n.a.
		16,50 Hz	n.a.
100 % de una semana	50 Hz	52,00 Hz	57,50 Hz
		47,00 Hz	42,50 Hz
	16,7 Hz	17,36 Hz	17,00 Hz
		15,69 Hz	16,17 Hz

n.a.: No aplicable.

*Nota:* En la práctica, la variación de frecuencia se controla en Europa con más precisión de lo indicado en el cuadro.

## N.4. METODOLOGÍA DE ENSAYO

## N.4.1. Medición de la tensión en la línea

## N.4.1.1. Material rodante

El material rodante se ensayará con arreglo a lo dispuesto en el punto 9.15 de la norma EN 50215: 1999.

## N.4.1.2. Instalaciones fijas

Dónde	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
N 4.1.2.1. <i>Subestación:</i> carril de conexiones, disyuntores de línea abiertos, condiciones normales de explotación	En la puesta en servicio	— registrador de tensión para la frecuencia fundamental, o — registradores de datos digitales con una gama de frecuencias igual o superior a 2 kHz (promedio en un segundo) — período de medición, un minuto	Todos los valores de tensión son menores o iguales que $U_{max1}$
N.4.1.2.2. <i>Si hay algún dispositivo de acondicionamiento de tensión instalado en la línea:</i>  realícese la medición a ambos lados del dispositivo en condiciones de ausencia de carga y en condiciones normales de explotación	En la puesta en servicio y en explotación	Sin carga $\Rightarrow$ véase «subestación». En explotación $\Rightarrow$ véase «medición específica»	Sin carga $\Rightarrow$ véase «subestación» En explotación $\Rightarrow$ véase «medición específica»

Dónde	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
<p>N.4.1.2.3. <i>Medición específica:</i></p> <p>en el punto donde se sitúan los problemas</p>	En respuesta a problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>— registradores de tensión para la frecuencia fundamental o</li> <li>— registradores de datos digitales con una gama de frecuencias igual o superior a 2 kHz (promedio en un segundo)</li> <li>— período de medición: mínimo 1 hora y máximo de una semana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Todos los valores de tensión son mayores o iguales que <math>U_{\min 2}</math></li> <li>— Las duraciones de todas las tensiones inferiores a <math>U_{\min 1}</math> son menores o iguales que la letra a) del requisito a) del punto 4.1</li> <li>— Valor medio de tensión entre <math>U_{\min 1}</math> y <math>U_{\max 1}</math></li> <li>— Las duraciones de todas las tensiones inferiores a <math>U_{\max 1}</math> son menores o iguales que la establecida en la letra b) del punto 4.1</li> <li>— Todos los valores de tensión son menores o iguales que <math>U_{\max 2}</math></li> </ul>

#### N.4.2. Medición de la frecuencia en la línea

Dónde	Cuándo	Cómo	Condición de aceptación
<p><i>Supervisión continua</i></p> <p>Sólo para redes que no tienen la imposición de la red trifásica</p> <p>Continua en conexión con el control por bucle cerrado de frecuencia en las estaciones generadoras o en el centro de control de la red</p>	En la puesta en servicio y en explotación	Registradores de datos digitales con una gama de frecuencias $\geq 2$ kHz	Todos los valores de frecuencia están en la gama de la última columna del cuadro 2

## ANEXO O

**LIMITACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE ENERGÍA**

## O.1. OBJETO

En este anexo se establecen los requisitos aplicables a los dispositivos de limitación de corriente y potencia instalados a bordo de las unidades de tracción.

## O.2. CORRIENTE MÁXIMA DEL TREN

En el cuadro O.1 se indica la corriente máxima admisible del tren. Estos niveles se aplican tanto en el modo de tracción como de recuperación. En el registro de infraestructuras se consignarán valores inferiores para las líneas con fuentes de alimentación débiles (véase el anexo D de la presente ETI).

Cuadro O.1

**Corriente máxima admisible del tren (amperios)**

Sistema de alimentación	Línea de alta velocidad	Línea acondicionada	Línea de enlace
750 V C.C.	—	—	6 800
1 500 V C.C. <sup>(1)</sup>	—	5 000	5 000
3 000 V C.C.	4 000	4 000	2 500
15 000 V 16,7 Hz C.A.	1 700	1 000	900
25 000 V 50 Hz C.A.	1 500	600	500

<sup>(1)</sup> Estos valores pueden superarse en líneas especiales (por ejemplo, mercancías en áreas de montaña o redes suburbanas).

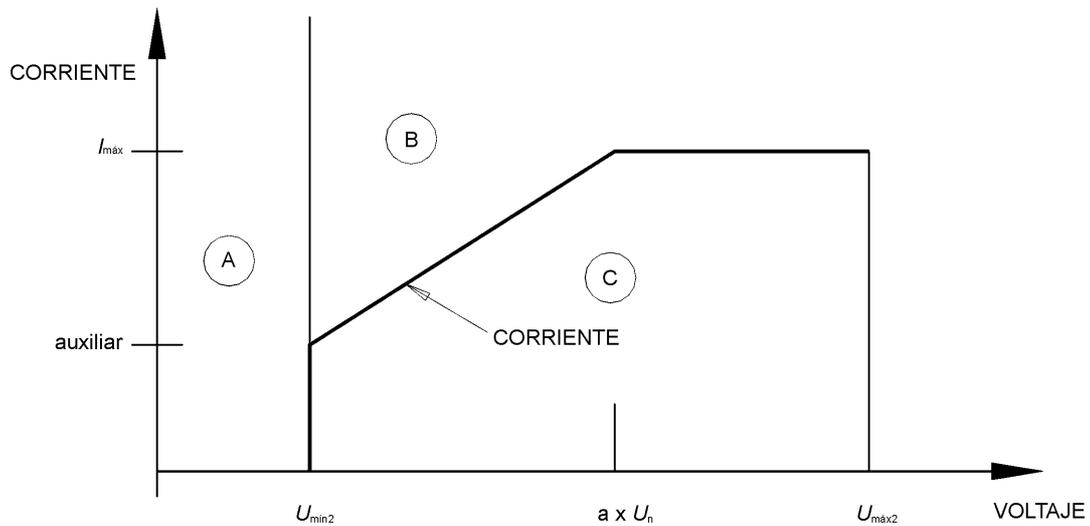
## O.3. REGULACIÓN AUTOMÁTICA

Los trenes irán equipados con un dispositivo automático que se adapte al nivel del consumo de energía, en función de la tensión de la línea aérea en régimen permanente. En la figura O.1 se indica la corriente en función de la tensión de la línea aérea de contacto.

Esta figura no se aplica en el modo de frenado de recuperación.

Figura O.1

## Corriente máxima del tren frente al voltaje



$I_{m\acute{a}x}$  corriente máxima consumida por el tren

A sin tracción

B nivel de corriente superado

C niveles de corriente admisibles

a factor indicado en el cuadro O.2.

Cuadro O.2

## Valores del factor a

Sistema de alimentación	25 000 V – 50 Hz C.A.	15 000 V 16,7 Hz C.A.	3 000 V C.C.	1 500 V C.C.	750 V C.C.
a	0,9	0,95	0,9	0,9	0,8

## O.4. DISPOSITIVO LIMITADOR DE POTENCIA O CORRIENTE

A fin de que una unidad de tracción potente pueda prestar servicio en cualquier parte (líneas con alimentación débil o adecuada), es necesario instalar a bordo un selector de corriente o potencia que limite la demanda energética del tren a la capacidad eléctrica de la línea. Esto es aplicable exclusivamente a las líneas acondicionadas y líneas de enlace de la red transeuropea de alta velocidad y en todas las demás líneas de la red convencional.

La entidad contratante ha de declarar la limitación requerida de cada línea en el registro de infraestructuras.

Este parámetro puede establecerlo el conductor de forma manual o, si la línea está equipada para ello, se realizará automáticamente.

## ANEXO P

**CARACTERÍSTICAS DE ARMÓNICOS Y SOBRETENSIONES RELACIONADAS EN LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO**

## P.1. OBJETO

En este anexo se definen los requisitos necesarios para evitar sobretensiones inaceptables en la línea aérea de contacto, causados por los armónicos generados por las unidades de tracción.

## P.2. GENERALIDADES

Las características de armónicos de la fuente de alimentación y del material rodante que circula por la red ferroviaria determinan las sobretensiones que se producen en las líneas aéreas de contacto. A fin de lograr la compatibilidad del sistema eléctrico en régimen permanente y en condiciones dinámicas, dichas sobretensiones no deben alcanzar los valores críticos de la gama de frecuencias correspondiente. Con los dispositivos de protección instalados, las sobretensiones provocan la interrupción del servicio normal y son más críticos desde el punto de vista de la explotación que desde los aspectos de seguridad.

Las sobretensiones se deben a los efectos físicos siguientes:

**Sobretensiones provocadas por la inestabilidad del sistema**

Los vehículos ferroviarios modernos con propulsión por ondulator y sistemas auxiliares, así como convertidores de frecuencias estáticas de enlace son generalmente dispositivos activos que son capaces de transferir energía de una frecuencia a otra del espectro. Su comportamiento de transferencia viene determinado en gran medida por los controladores, así como por los elementos pasivos del sistema.

Los controladores han de ajustarse de tal manera que se obtengan resultados estables en todas las condiciones de explotación. En un sistema inestable, los valores físicos (como voltajes o corrientes) o bien tienden hacia el infinito y causan una parada de protección en la realidad (esto vale para sistemas lineales y alineales) o bien oscilan de forma constante (régimen permanente) en una o varias frecuencias (sólo posible en sistemas alineales).

Las cuestiones de estabilidad siempre están relacionadas con los bucles de realimentación del sistema, especialmente a través de uno o varios controladores de uno o varios subsistemas eléctricos. No hay una fuente de excitación explícita, bastan pequeñas perturbaciones. Esto ha de distinguirse del resto de casos descritos a continuación, donde siempre existe una fuente de excitación y una vía de transmisión o amplificación.

Normalmente, las oscilaciones que pueden causar las inestabilidades están en la gama de frecuencias de hasta 500 Hz (ancho de banda de los controladores pertinentes). Las oscilaciones de baja frecuencia (por debajo y alrededor de la frecuencia de alimentación) afectan en gran medida a las características alineales de los vehículos modernos, pudiéndose linealizar de forma aproximada las inestabilidades de las frecuencias más altas.

**Sobretensiones provocadas por armónicos**

Los ondulatorios de estado sólido (tanto los controlados por ángulo de fase como los de conmutación forzada) instalados en el material rodante o utilizados para la alimentación eléctrica, producen armónicos de corriente y voltaje que pueden representarse por fuentes de corriente o voltaje de forma simplificada. Cada tipo de convertidor genera un espectro típico de corriente o voltaje. El convertidor, junto con elementos pasivos como transformadores y filtros, presenta un comportamiento de fuente de corriente o de voltaje, incluida una impedancia interna típica.

Todos los sistemas de alimentación eléctrica incluyen resonancia, debido a la resonancia de las líneas y los cables de transmisión, y en algún caso también debido a la presencia de componentes de filtrado pasivo. Esto produce la amplificación de los armónicos inyectados por los convertidores en el sistema de alimentación. La amplificación (o supresión parcial) se produce tanto en la posición del convertidor (debido a la impedancia de línea vista desde el mismo) como entre esta posición y otras posiciones de la red (comportamiento de transferencia de la propia alimentación eléctrica).

La amplificación de armónicos fuertes puede dar lugar a sobretensiones importantes, ya sea en la posición del vehículo o en una posición totalmente diferente de la red.

El sistema de alimentación (subestaciones y línea aérea de contacto) tiene picos de resonancia debido a sus parámetros distribuidos: inductancia y capacitancia por unidad de longitud. Estos picos de resonancia pueden provocar enormes corrientes y voltajes resonantes. Más de 100 veces podría ser la relación entre la corriente máxima y mínima registrada a lo largo de la línea aérea de contacto a determinadas frecuencias de resonancia. En los vehículos con convertidores de cuatro cuadrantes, los armónicos de corriente en el pantógrafo podrían triplicarse si la impedancia neta de alimentación es distinta de cero.

Otros fenómenos técnicos que es preciso tener en cuenta para la compatibilidad de los sistemas eléctricos entre la fuente de alimentación y el material rodante son los siguientes:

- múltiples cruces por cero,
- picos y valles de tensión, transitorios,
- variaciones de fase de la tensión de alimentación,
- oscilaciones de baja frecuencia.

Desde el punto de vista de las interferencias conducidas, los siguientes efectos pueden ser importantes:

- patinaje/deslizamiento de las ruedas,
- carga auxiliar,
- episodios dinámicos,
- armónicos procedentes del convertidor auxiliar,
- modulaciones producidas por diferentes convertidores.

#### P.3. PROCEDIMIENTO DE ACEPTACIÓN

Toda unidad de tracción o componente de la infraestructura que se incorpore, tanto nuevo como reformado (por ejemplo, equipos de alimentación eléctrica, convertidores estáticos o cables de alta tensión), se integrará en la red de alimentación existente con las unidades de tracción.

La compatibilidad entre las unidades de tracción y las infraestructuras existentes y las unidades de tracción y las infraestructuras futuras ha de verificarse en función de los fenómenos descritos en el punto P.2.

Los organismos o partes afectados son:

- la entidad contratante,
- las empresas de transporte ferroviario que gestionan el tráfico existente,
- el comprador o propietario de las nuevas unidades de tracción o equipamientos de infraestructuras,
- el fabricante de las nuevas unidades de tracción o equipamientos de infraestructuras.

Si se elaborase una especificación general para el material rodante o sistema de alimentación eléctrica, que evitase las sobretensiones en cualquier situación, podría ser muy conservadora e imposible de aplicar. Por consiguiente, para verificar la compatibilidad debería aplicarse un proceso como el descrito en el punto P.6 (caso de compatibilidad).

#### P.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES FIJAS DE ALIMENTACIÓN DE TRACCIÓN

Obtener una caracterización completa y pormenorizada de las instalaciones fijas de alimentación eléctrica requeriría un esfuerzo inmenso. Además, no es posible realizar una caracterización general y sencilla que pueda aplicarse a todos los tipos de instalaciones fijas y que sea apropiada para el caso de compatibilidad (punto P.6).

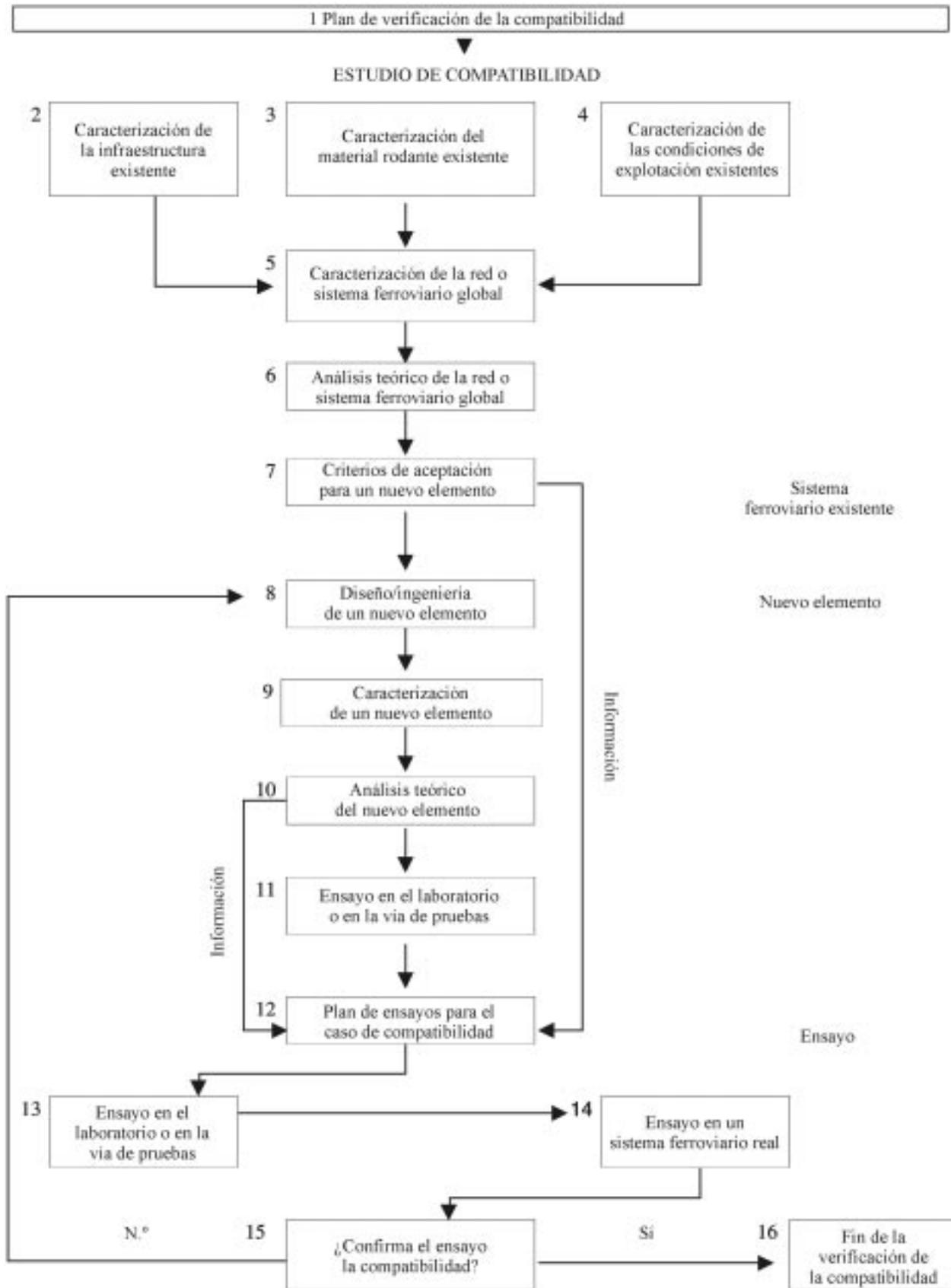
Los valores de los sistemas serán establecidos por la entidad contratante.

#### P.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS TRENES

Los valores de los vehículos serán indicados a la entidad contratante por las empresas de transporte ferroviario que gestionen el tráfico existente.

Figura P.1

Procedimiento para introducir un nuevo vehículo o un nuevo elemento



## P.6. ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD

El estudio de compatibilidad (o caso de compatibilidad) es un proceso por el que se demuestra la compatibilidad del nuevo material rodante o del nuevo componente de infraestructura con la red de alimentación y las unidades de tracción existentes. Tal como se ilustra en la figura P.1, la primera actividad es la planificación de todo el caso de compatibilidad. El diagrama de flujos se aplica al nuevo material rodante y también a los nuevos componentes de alimentación eléctrica de las infraestructuras. Se trata de un procedimiento para su introducción en un sistema ferroviario existente.

La entidad contratante es la responsable de la caracterización de la infraestructura y de la red global, tal como se ha descrito en los puntos P.4 y P.5. También es la responsable de la definición de los criterios particulares de aceptación que han de aplicarse a los vehículos o a los nuevos componentes de las infraestructuras, tal como se describe en los pasos 1 a 7 del cuadro P.1. El comprador o propietario del nuevo componente (unidad de tracción o equipo de alimentación) ha de realizar un estudio para demostrar su compatibilidad. Los criterios particulares de aceptación son necesarios para garantizar la compatibilidad con el sistema completo, tal como se describe en el punto P.7.

Cuadro P.1

## Descripción por pasos

Nº	Título	Descripción	Responsable
1	Plan de verificación de la compatibilidad	Un plan para una verificación de compatibilidad específica define el objeto del análisis y las tareas y responsabilidades exactas de cada cual. Este plan constituye un acuerdo entre todas las partes implicadas	La organización encargada de la verificación de compatibilidad, normalmente el proveedor del nuevo elemento
2	Caracterización de la infraestructura existente	Características de la infraestructura existente (principalmente el sistema de alimentación eléctrica), información relevante para la compatibilidad. Esta información puede facilitarse en forma de modelos informatizados	La entidad contratante
3	Caracterización del material rodante existente	Características de los vehículos que ya circulan por la red, información relevante para la compatibilidad con la fuente de alimentación. Estas características pueden facilitarse en forma de modelos informatizados	Empresa operadora o propietaria del material rodante
4	Caracterización de las condiciones de explotación existentes	Información relativa a la explotación del sistema actual: número de trenes en servicio, itinerarios típicos, disposiciones de alimentación normal y disposiciones de alimentación de emergencia	Empresa operadora del sistema ferroviario
5	Caracterización de la red o sistema ferroviario global	Combinación de la información descrita en los pasos 2, 3 y 4. Puede ser necesario definir diferentes escenarios	La entidad contratante
6	Análisis teórico de la red o sistema global	Investigación de los aspectos de compatibilidad en diferentes escenarios. Como primer paso: confirmar la compatibilidad del sistema existente. Como segundo paso: verificar elementos nuevos potenciales (vehículos o sistemas de alimentación), comprobar qué características han de cumplirse para mantener la estabilidad del sistema	La entidad contratante

Nº	Título	Descripción	Responsable
7	Criterios de aceptación para un nuevo elemento	Los resultados de las investigaciones teóricas realizadas en el paso 6 son los criterios de particulares de aceptación de nuevos vehículos o nuevos elementos del sistema de alimentación (por ejemplo, transformadores de las subestaciones, cables de alta tensión, etc.). Los criterios particulares de aceptación deben ser comprensibles y medibles a la hora de diseñar y ensayar un nuevo elemento	La entidad contratante
8	Diseño/ingeniería de un nuevo elemento	Diseño de nuevos vehículos o nuevos elementos del sistema de alimentación, teniendo también en cuenta los criterios de aceptación definidos en el paso 7	Proveedor del nuevo elemento (vehículo o equipo de alimentación)
9	Caracterización de un nuevo elemento	El nuevo elemento se caracterizará con respecto a su compatibilidad con otros vehículos y elementos de alimentación. Esta característica tras la validación del paso 15 permitirá modificar la caracterización de la vía férrea existente, tal como se establece en los pasos 2 y 3	Proveedor del nuevo elemento (vehículo o equipo de alimentación)
10	Análisis teórico del nuevo elemento	En una primera fase del diseño, se comprobará en un análisis teórico (por ejemplo, utilizando modelos informatizados) que el nuevo elemento puede satisfacer los criterios de aceptación	Proveedor del nuevo elemento (vehículo o equipo de alimentación)
11	Ensayo en el laboratorio o en la vía de pruebas	Una vez construido el primer equipo (vehículo o equipo de alimentación), se someterá a ensayos en el laboratorio o en la vía de pruebas, a fin de verificar que satisface los criterios de aceptación pronosticados en el análisis teórico realizado en el paso 10. Esta serie de pruebas constituye un ensayo de tipo del nuevo elemento	Proveedor del nuevo elemento (vehículo o equipo de alimentación)
12 <sup>(1)</sup>	Plan de ensayos para el caso de compatibilidad	Se elaborará un plan para definir los ensayos necesarios para confirmar, en la medida de lo posible y de lo razonable, <ol style="list-style-type: none"> <li>1. que el nuevo elemento satisface los criterios de aceptación, y</li> <li>2. que se satisfacen los criterios de compatibilidad de la norma y, por lo tanto, que los criterios de aceptación son suficientes</li> </ol>	Organización responsable del caso de compatibilidad

Nº	Título	Descripción	Responsable
13 <sup>(1)</sup>	Ensayo en el laboratorio o en la vía de pruebas	En la medida de lo posible, los ensayos se realizarán en el laboratorio y en la vía de pruebas. Estos ensayos serán la demostración oficial de que se satisfacen los criterios de aceptación. Si no se satisfacen estos criterios, el proveedor deberá rediseñar los nuevos equipos	Organización responsable del caso de compatibilidad
14 <sup>(1)</sup>	Ensayos en un sistema ferroviario real	Los ensayos en la vía real serán prueba fiable de que los criterios de aceptación bastan para garantizar la estabilidad del sistema tras la introducción de los nuevos elementos. Si los equipos cumplen los criterios de aceptación pero se detectan problemas de compatibilidad en estos ensayos, se deducirá que los mencionados criterios no eran suficientes	Organización responsable del caso de compatibilidad
15	¿Confirma el ensayo la compatibilidad?	Si ambas series de ensayos tienen éxito, se considerará demostrada la compatibilidad del nuevo elemento con el sistema actual. Esto se documentará en un informe de compatibilidad	Organización responsable del caso de compatibilidad
16	Fin de la verificación de la compatibilidad	Una vez finalizado con éxito el caso de compatibilidad, los nuevos elementos (vehículos o equipos de alimentación) pasarán a ser <sup>(2)</sup> parte del sistema ferroviario existente. La responsabilidad de su compatibilidad recaerá, a partir de ese momento, en la empresa operadora del sistema ferroviario	Empresa operadora del sistema ferroviario

<sup>(1)</sup> El plan de ensayos definirá si hay que realizar los pasos 13 y 14 o sólo uno de ellos.

<sup>(2)</sup> Desde el punto de vista de la compatibilidad.

El resultado del proceso es un documento en el que se describe el análisis teórico y los ensayos que demuestran que los vehículos y las infraestructuras son compatibles en términos de corrientes de interferencia conducidas y de estabilidad.

#### P.7. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

El caso de compatibilidad descrito en el punto P.5 demostrará que el sistema ferroviario existente y los nuevos elementos son compatibles.

El criterio general aplicable a las sobretensiones y a la estabilidad es que:

- No se producirá en la línea aérea de contacto ningún sobrevoltaje superior a un pico de 30 kV para las redes de 15 kV y 16,7 Hz o de 50 kV para las redes de 25 kV y 50 Hz, en ningún punto de la red de alimentación, con la tensión  $U$  definida en el anexo N de la presente ETI inferior o igual al valor  $U_{\text{máx}}$ . Este valor es el pico de la forma de onda de tensión distorsionada.

Estos criterios generales siempre podrán aplicarse.

- Como los criterios de aceptación generales sólo pueden aplicarse al sistema ferroviario completo (sistema ferroviario existente y sus nuevos elementos), es beneficioso establecer directrices de diseño para los nuevos elementos que reduzcan el riesgo de fallo en el estudio de compatibilidad. En las unidades de tracción podrá utilizarse la siguiente directriz:

El vehículo ha de ser pasivo (por ejemplo, fase de admitancia de entrada entre  $-90$  grados y  $+90$  grados) para todas las frecuencias iguales y mayores que la primera (mínima) frecuencia de resonancia del sistema ferroviario existente (material rodante e infraestructuras existentes).

La distancia entre la máxima frecuencia activa del vehículo (es decir, la máxima frecuencia con una fase de la admitancia de entrada por debajo de  $-90$  grados o por encima de  $+90$  grados) y la frecuencia mínima de resonancia del sistema ferroviario actual, según se ha descrito anteriormente, ha de ser superior al 20 % de la frecuencia mínima de resonancia.

---

## ANEXO Q

**INTERACCIÓN DINÁMICA ENTRE EL PANTÓGRAFO Y LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO**

## Q.1. OBJETO

En este anexo se establecen los requisitos y la metodología de ensayo referentes a la interacción dinámica entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto.

## Q.2. DEFINICIONES

*Fuerza de contacto*: la fuerza vertical aplicada por el pantógrafo a la línea aérea de contacto. La fuerza de contacto es la suma de las fuerzas correspondientes a todos los puntos de contacto de un pantógrafo.

*Fuerza de contacto estática*: la fuerza media vertical ejercida en dirección ascendente por el arco del pantógrafo sobre la línea de contacto y provocada por el aparato elevador del pantógrafo, mientras se eleva el pantógrafo y el vehículo permanece en reposo.

*Fuerza media*: el valor medio estadístico de la fuerza de contacto.

*Fuerza máxima*: el valor máximo de la fuerza de contacto.

*Fuerza mínima*: el valor mínimo de la fuerza de contacto.

*Línea aérea de contacto*: una línea de contacto situada por encima (o al lado) del límite superior del gálibo del vehículo, que suministra energía eléctrica a éste a través de los equipos de captación de corriente montados en su cubierta (IEC 60050-811).

*Cebado*: el flujo de corriente que pasa por la separación entre un frotador y un hilo de contacto, generalmente indicado por la emisión de luz intensa (prEN 50317).

*Porcentaje de cebado*: se establece por la fórmula expresada a continuación.

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \cdot 100$$

El resultado, expresado en %, es una característica de una velocidad determinada del vehículo (pr EN 50317).

*Arco del pantógrafo*: equipo del pantógrafo que comprende los frotadores y sus monturas.

*Punto de contacto*: punto de contacto mecánico entre un frotador y un hilo de contacto.

*Fuerza aerodinámica*: fuerza vertical adicional aplicada al pantógrafo como consecuencia de la corriente de aire que se produce en torno al conjunto del pantógrafo.

*Fuerza cuasiestática*: suma de la fuerza estática y de la fuerza aerodinámica a una velocidad concreta.

*Tramo de tensión*: distancia desde un punto de terminación de la línea aérea de contacto hasta el siguiente (EN 50119).

*Sección de control*: parte representativa de la longitud total de medición, a través de la cual se controlan las condiciones de medición.

*Corriente del pantógrafo*: corriente que fluye a través del pantógrafo.

## Q.3. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

$\sigma_{\max}$	Máxima desviación estándar de la fuerza de contacto.
$F_m$	Fuerza media.
$F_{\max}$	Fuerza máxima.
$F_{\min}$	Fuerza mínima.
NQ	Porcentaje de cebado.
$d$	es la distancia entre el sensor de arco y la fuente de luz (llanta de rozamiento),
$y$	es la distancia de calibrado entre el sensor de arco y la fuente de luz,
$x$	es la densidad de potencia del arco más pequeño que es posible detectar,
$F_{\text{aplicada}}$	es la fuerza aplicada al arco del pantógrafo,
$F_{\text{medida}}$	es la fuerza medida,
$n$	es el número de etapas de frecuencia,
$f_i$	es la frecuencia mínima,
$f_n$	es la frecuencia máxima,
$f_i$	es la frecuencia real.

## Q.4. RENDIMIENTO DE INTERACCIÓN

## Q.4.1. Fuerza media de contacto para un período intermedio

Figura Q.1

## Curva de ajuste C1

$F_m = \text{curvas } f(v)$   
(período intermedio)

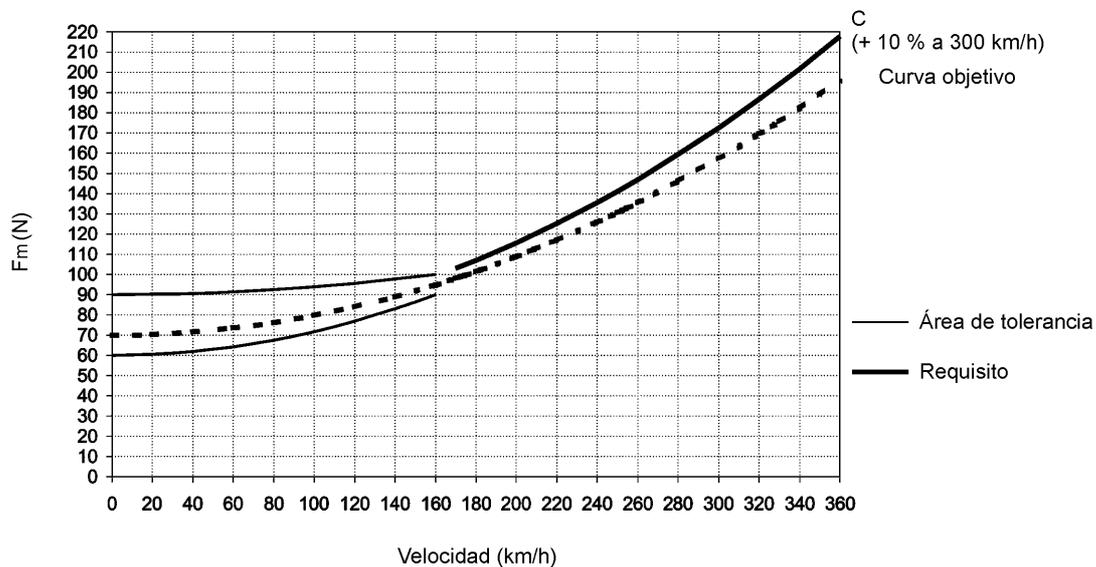
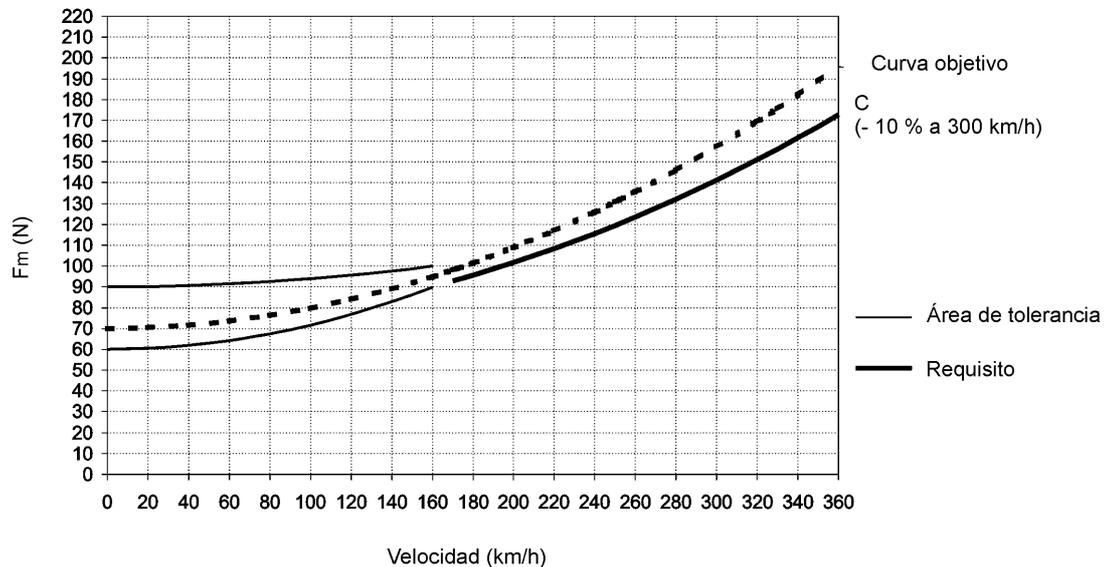


Figura Q.2

**Curva de ajuste C2**

$F_m = \text{curvas } f(v)$   
(período intermedio)



#### Q.4.2. Requisitos para la obtención y validación de las mediciones de interacción dinámica entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto

##### Q.4.2.1. Generalidades

La medición de la interacción entre la línea de contacto y el pantógrafo tiene por objeto demostrar la seguridad y calidad del sistema de captación de corriente. Los resultados de las mediciones realizadas con diferentes sistemas de captación de corriente serán comparables, a fin de aprobar los componentes de libre acceso en Europa.

*Nota:* También se necesitan valores medidos para validar programas de simulación y otros sistemas de medición.

Para comprobar la capacidad de rendimiento del sistema de captación de corriente, se medirán como mínimo los siguientes datos:

- la fuerza de contacto o el porcentaje de cebado,
- la elevación del hilo de contacto en el soporte cuando pasa el pantógrafo.

Además de los valores medidos, se registrarán constantemente las condiciones de servicio (velocidad y posición del tren, etc.) y se consignarán en el informe de pruebas las condiciones ambientales (lluvia, hielo, temperatura, viento, túneles, etc.) y la configuración de pruebas (parámetros y disposición de los pantógrafos, tipo de sistema aéreo de contacto, etc.) durante la medición. Esta información adicional asegurará la reproducibilidad de la medición y la comparabilidad de los resultados.

##### Q.4.2.2. Mediciones de la fuerza de contacto

###### Requisitos generales

La fuerza de contacto se medirá en el pantógrafo con sensores de fuerza. Estos sensores se situarán lo más cerca posible de los puntos de contacto.

El sistema de medición determinará las fuerzas ejercidas en dirección vertical, sin interferencia de las fuerzas ejercidas en otras direcciones.

La desviación por temperatura de las mediciones realizadas por los sensores de fuerza será inferior a 10 N (aplicable a la suma de las fuerzas medidas por todos los sensores) en todas las condiciones de medición.

En los pantógrafos con llantas de rozamiento independientes, se medirá cada llanta de rozamiento por separado.

El sistema de medición será inmune a las interferencias electromagnéticas.

El error máximo del sistema de medición será inferior al 10 %.

#### *Influencia del sistema de medición*

La influencia que pueda ejercer el sistema de medición sobre los valores de fuerza medidos no hará variar el resultado más de un 5 %.

*Nota:* Las fuerzas aerodinámicas ejercidas sobre los aparatos de medición constituyen la peor influencia que el sistema de medición puede ejercer sobre los resultados obtenidos. Para comprobar el grado de influencia de estas fuerzas, cabe realizar pruebas aerodinámicas con y sin el sistema de medición.

#### *Corrección de inercia*

Se corregirán las fuerzas de inercia debidas al efecto de la masa entre los sensores y el punto de contacto.

*Nota:* Esto podrá hacerse midiendo la aceleración de estos componentes.

#### *Corrección aerodinámica*

Se aplicará una corrección que tenga en cuenta la influencia de las fuerzas aerodinámicas ejercidas sobre los componentes entre los sensores y los puntos de contacto.

Se realizarán ensayos aerodinámicos para establecer las correcciones aerodinámicas.

*Nota:* La influencia aerodinámica podrá verificarse mediante un ensayo de amarre sobre la línea.

Las pruebas aerodinámicas se realizarán con la misma configuración nominal (altura del hilo de contacto, configuración del tren, equipos de medición, condiciones ambientales, etc.) que se haya utilizado durante la medición de la fuerza de contacto.

*Nota:* El ensayo aerodinámico podrá realizarse durante una prueba de línea.

#### *Calibrado del sistema de medición*

El sistema de medición se someterá en el laboratorio a pruebas que determinen la precisión de la fuerza medida. Este ensayo se realizará con el pantógrafo completo equipado con todos los aparatos de medición de fuerzas y acelerómetros, sistema de transferencia de datos (sistemas ópticos o telemétricos) y amplificadores.

La relación entre las fuerzas aplicadas y medidas (la función de transferencia del pantógrafo y la instrumentación) se determinará mediante excitación dinámica del arco del pantógrafo, en una gama de frecuencias.

*Nota:* Si se utiliza una fuerza sinusoidal, una amplitud (pico a pico) del 30 % de la fuerza estática permitirá obtener resultados representativos.

Los ensayos se realizarán para los dos casos siguientes:

- aplicación de la fuerza en el centro del arco del pantógrafo,
- aplicación de la fuerza a 250 mm del eje longitudinal del arco del pantógrafo, si es posible. En caso contrario, el punto de aplicación de la fuerza será lo más próximo posible a este valor. Si se utiliza otro valor, se consignará en el informe de pruebas.

El ensayo se realizará con el arco del pantógrafo a la altura de interés.

Se realizará además con la fuerza media igual a la fuerza estática. Si la fuerza de contacto del pantógrafo aumenta con la velocidad, el ensayo se realizará además a la máxima fuerza cuasiestática.

Las mediciones de la fuerza aplicada y la fuerza medida se realizarán a frecuencias de hasta 20 Hz en etapas de 0,5 Hz, con intervalos reducidos a frecuencias resonantes. Se especificarán las etapas de frecuencia próximas a las frecuencias resonantes.

*Nota:* La función de transferencia es una función continua con mayores variaciones en la proximidad de las frecuencias resonantes. Es necesario reducir las etapas de frecuencia en la proximidad de las frecuencias resonantes.

La precisión de la función de transferencia se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$\left(1 - \frac{1}{(f_n - f_1)} \sum_{i=1}^{n-1} \left( (f_{i+1} - f_i) \left| 1 - \frac{F_{\text{medida}}}{F_{\text{aplicada}}} \right| \right) \right) \cdot 100 \%$$

La función de transferencia del sistema de medición de fuerzas del pantógrafo tendrá una precisión superior al 80 % hasta un límite de frecuencia de 10 Hz, sin corrección alguna. Esta precisión es un requisito de obligado cumplimiento para el sistema de medición.

En la medición de la interacción dinámica entre el pantógrafo y el sistema aéreo de contacto, la precisión de la función de transferencia de los sistemas de medición será superior al 90 % hasta un límite de frecuencia de 20 Hz (de conformidad con los requisitos generales). Para conseguirlo, podrá realizarse una corrección con filtros.

#### *Parámetros de medición*

La tasa de muestreo será superior a 200 Hz para el muestreo de tiempos o menor de 0,40 m para el muestreo de distancias.

La fuerza de contacto se pasará por un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte de 20 Hz.

La gama de medición será, como mínimo:

- en los pantógrafos de C.A.: de 0 N a 500 N,
- en los pantógrafos de C.C.: de 0 N a 700 N.

#### *Resultados de la medición*

Se evaluarán las mediciones realizadas con una sección de control.

Para calcular valores estadísticos, la sección de control no debe ser más corta que un tramo de tensión.

Como mínimo, se calcularán los siguientes valores estadísticos para una sección de control:

- valor medio ( $F_m$ ),
- valor máximo,
- valor mínimo,
- desviación estándar ( $\sigma$ ),
- histograma o curva de probabilidad de la fuerza de contacto.

#### **Q.4.2.3. Mediciones de desplazamiento**

La influencia que pueda ejercer el sistema de medición sobre los valores de desplazamiento medidos no hará variar el resultado más de un 3 %.

##### *Elevación en el soporte*

El error del sistema de medición será inferior a 5 mm.

##### *Desplazamiento vertical del punto de contacto*

El desplazamiento vertical del punto de contacto se mide en relación con el armazón base del pantógrafo.

La precisión del sistema de medición será superior a 10 mm.

##### *Medición de otros desplazamientos en la línea aérea de contacto*

La precisión del sistema de medición será superior al 10 % de la amplitud del valor medido o inferior o igual a 10 mm, lo que sea mayor.

#### Q.4.2.4. Medición del cebado

##### Requisitos generales

Para detectar el cebado de arcos eléctricos, el detector será sensible a las longitudes de onda de la luz emitida por los materiales de cobre. Para los hilos de contacto de cobre y sus aleaciones se utilizará una gama de longitudes de onda de 220 nm-225 nm o 323 nm-329 nm.

*Nota:* Estas dos gamas de longitudes de onda tienen la emisividad sustancial del cobre.

El sistema de medición será insensible a las longitudes de onda de luz visible superiores a 330 nm.

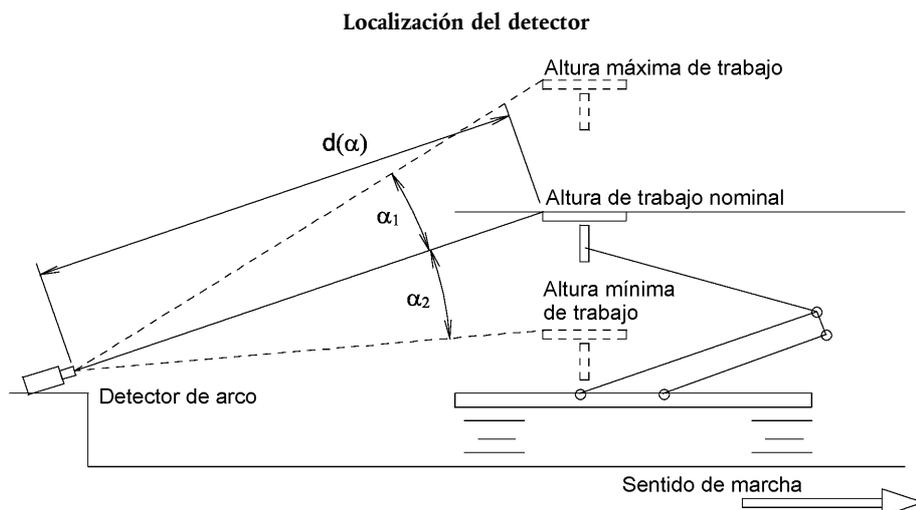
El detector:

- estará lo suficientemente próximo al pantógrafo para obtener una sensibilidad suficientemente alta,
- estará lo suficientemente próximo al eje longitudinal del vehículo para obtener una sensibilidad suficientemente alta,
- estará situado detrás del pantógrafo según la dirección de circulación del vehículo,
- apuntará a la llanta de rozamiento trasera según el sentido de circulación,
- será sensible a un campo de visión que abarque toda la zona de trabajo del arco del pantógrafo; la tolerancia para esta sensibilidad será superior al 10 %,
- tendrá un tiempo de respuesta al principio y final de un arco inferior a 100  $\mu$ s,
- tendrá un umbral de detección, en función de la energía mínima del arco que se mida.

*Nota:* Los valores umbral varían en función de la distancia existente entre el aparato de medición y el punto en el que se producen los arcos.

La figura Q.3 es un ejemplo de vista lateral de la localización de un detector.

Figura Q.3



##### Calibrado del sistema de medición de arcos

Se calibrará la densidad de potencia del detector considerado en la gama espectral de interés.

Esta curva de sensibilidad representa la relación entre la respuesta del detector en voltios y la densidad de potencia en  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Esta respuesta se mide en la salida analógica del detector.

Se definirá la densidad de potencia del arco más pequeño que es posible detectar.

*Nota:* Por ejemplo, este valor será a 5 m:

- 160  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  + 10 % en la línea aérea de contacto de 25 kV C.A.,
- 12,5  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  + 10 % en la línea aérea de contacto de 1,5 kV C.C.

#### *Ajuste de la distancia de servicio*

Si la distancia entre el sensor y la fuente de luz difiere en servicio de la distancia de calibrado ( $y$ ), se ajustará el detector.

Este ajuste se efectuará de la forma siguiente:

- determine la densidad de potencia del arco más pequeño que es posible detectar a esta distancia, de conformidad con la ley de  $1/d^2$ ,
- utilice los valores de calibrado para determinar la señal correspondiente a este nivel de densidad de potencia,
- en consecuencia, el nuevo valor umbral de la densidad de potencia que es posible detectar va en función de la nueva distancia ( $d$ ), debido a la relación:

$$x \cdot d^2 / y^2$$

*Nota:* Se considera que un arco es una fuente puntual y, en consecuencia, la densidad de potencia es proporcional a  $1/d^2$  (véase la figura Q.3).

#### *Valores que deben medirse*

Como mínimo, el sistema medirá:

- la duración de cada arco,
- la velocidad del tren durante el ensayo,
- la corriente del pantógrafo.

Deberá registrarse la localización del arco en la línea aérea de contacto (posición kilométrica).

#### *Representación de valores*

Se representarán los valores correspondientes a una sección de control.

Sólo se analizarán los arcos de duración superior a 1 ms.

Durante el análisis de las mediciones, se descartarán las partes donde la corriente del pantógrafo sea inferior al 30 % del valor nominal.

Como mínimo, se obtendrán los siguientes valores para la sección de control:

- velocidad del tren,
- número de arcos,
- suma de la duración de todos los arcos,
- duración del arco más prolongado,
- tiempo total con una corriente de pantógrafo superior al 30 % del valor nominal de corriente por tren y pantógrafo,
- tiempo total de circulación correspondiente a la sección de control,
- porcentaje de cebado.

- Nota 1:* Otro criterio posible es el número de arcos por kilómetro con una corriente de pantógrafo superior al 30 % del valor de corriente nominal.
- Nota 2:* La sección de control no debe tener una longitud inferior a 10 km y debe recorrerse a una velocidad constante, con una tolerancia de  $\pm 2,5$  km/h.
- Nota 3:* Para obtener resultados representativos de la línea aérea de contacto, el tiempo total con una corriente de pantógrafo superior al 30 % de la corriente nominal no deberá ser menor que el tiempo necesario para recorrer un tramo de tensión. Este tiempo no se interrumpirá por secciones con corrientes reducidas y la velocidad será constante.
-