



Máster Universitario en
Sistemas Ferroviarios

PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ATPRD 120 PARA CIRCULAR POR LA L.A.V. MADRID-SEGOVIA-VALLADOLID


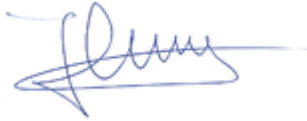
TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO: 2021 - 2022

Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI

Autor: MANUEL ESCUDERO GARCÍA

Director/es: IGNACIO ARAUZ CÁMARA

<p>TRABAJO FIN DE MÁSTER</p>	<p>CURSO: 2021-2022</p>
<p>MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS FERROVIARIOS</p>	
<p>TÍTULO: PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ATPRD 120 PARA CIRCULAR POR LA L.A.V. MADRID-SEGOVIA-VALLADOLID</p>	
<p>RESUMEN DEL TRABAJO:</p> <p>Este trabajo fin de máster pretende, haciendo uso de un ejemplo práctico, explicar el proceso de gestión de una modificación de un vehículo ferroviario. En este documento se plantea el siguiente supuesto: la necesidad de la Empresa Ferroviaria de operar los trenes de la serie 120 por la L.A.V. Madrid-Segovia-Valladolid, a través de este pretexto se realiza un análisis de los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Causas por las cuales los trenes S/120 no pueden circular por la L.A.V. Madrid-Segovia-Valladolid. 2.- ¿Qué solución técnica necesita la serie 120 para poder circular por esa línea? 3.- Se desarrolla todo el proceso de gestión y tramitación de la modificación de los vehículos ATPRD 120 y se elabora el Expediente de la modificación que se debe presentar ante la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria para obtener la autorización correspondiente. 4.- Por último, se analiza la influencia de la modificación propuesta desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento preventivo de este tipo de trenes y las implicaciones que podrían tener en la organización. 	
<p>ALUMNO: Manuel Escudero</p>	<p>DIRECTOR: Ignacio Arauz</p>
	
<p>23 de agosto de 2022</p>	<p>23 de agosto de 2022</p>

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS	5
4. DESARROLLO	6
4.1. ANÁLISIS TÉCNICO DEL TÚNEL DE GUADARRAMA.	6
4.2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL MATERIAL RODANTE ATPRD 120.....	7
4.3. CONTEXTO Y ANTECEDENTES NORMATIVOS PARA LA OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CIRCULACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ATPRD 120.	12
4.4. ANÁLISIS DE LA COMPATIBILIDAD TREN-RUTA	13
4.5. PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE UN TIPO DE VEHÍCULO YA AUTORIZADO.....	17
4.5.1. DEFINICIONES Y ACTORES.	17
4.5.2. FASES DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE LA SERIE ATPRD 120.	18
4.5.3. EXPEDIENTE TÉCNICO DE LA MODIFICACIÓN	23
5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES	24
5.1.1. INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	24
5.1.2. ESCENARIO ACTUAL SERIE ATPRD 120.	24
5.1.3. ESCENARIO FUTURO. POST-IMPLANTACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LA SERIE ATPRD 120.	30
6. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO I. EXPEDIENTE DE MODIFICACIÓN	34
ANEXO II. ANÁLISIS DE AMENAZAS Y HAZARD LOG DE LA MODIFICACIÓN .	64
ANEXO III. PROCESO DE GESTIÓN DEL RIESGO Y EVALUACIÓN INDEPENDIENTE	68

1. INTRODUCCIÓN

Lo primero de todo, hay que explicar que todos los datos y cálculos que aparecen en este documento son ficticios. Por otro lado, como el objeto de este trabajo es explicar las etapas de que se compone el proceso de gestión de cualquier modificación de un vehículo o serie de material rodante, se ha utilizado para ello una propuesta de modificación que consiste en redundar el sistema de alimentación eléctrica de la serie S/120 para que el material sea compatible con la Línea de Alta Velocidad Madrid-Segovia-Valladolid.

Por último, para poder desarrollar la explicación del proceso completo de gestión de la modificación, las decisiones que se toman son simulaciones que, en caso de materializarse en la realidad, la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria debe validar.

Para iniciar el documento y, una vez definido el objeto del mismo, es importante que el lector conozca tanto la situación de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) y el tipo de material rodante del que se va a hablar a lo largo de estas páginas.

Actualmente en la Red Ferroviaria española conviven tres grandes grupos de líneas con diferente ancho de vía:

1. Líneas de ancho de vía ibérico (1.668 mm), que equipa la red básica española explotada por Adif.
2. Líneas con ancho de vía estándar (1.435 mm), que equipa las nuevas líneas de alta velocidad.
3. Líneas con ancho de vía métrico (1.000 mm), que es el característico de las líneas de vía estrecha en toda la red del Norte de España, línea de Cartagena a Los Nietos (gestionadas por FEVE), así como en el resto de las líneas de los FGC y los Ferrocarriles Vascos.

Datos de interés



Figura 1. Datos característicos de la RFIG. Fuente: mitma.gob.es

Los vehículos de la serie 120 están compuestos por cuatro coches motores unidos neumática, mecánica y eléctricamente. Cada coche apoya sobre dos bogies (ambos motores), los cuáles incorporan elementos de rodadura, suspensión, frenado y tracción, así como diferentes componentes que permiten optimizar las prestaciones dinámicas del vehículo, tales como los areneros, los dispositivos de engrase de las pestañas, etc.

La parte de tracción de los vehículos ATPRD, desde el pantógrafo hasta el motor de tracción, fue diseñada por Alstom.



Figura 4. Diferentes series de vehículos de AV. Fuente: internet

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos de este trabajo son:

- Elaborar un documento técnico que pueda servir de guía para conocer y aplicar el proceso de gestión de modificaciones de vehículos y tipos ya autorizados, para ello, se ha tomado como hilo conductor la modificación de una serie completa de material rodante como es la serie S/120. Este documento está basado en el Reglamento (UE) nº 2018/545 y la Guía sobre la Gestión de Modificaciones de vehículos y tipos ya autorizados (O-02.02-02-GU-01 Versión 02) publicada por la AESF en noviembre de 2020.
- Analizar las consecuencias empresariales que podría suscitar la modificación propuesta desde el punto de vista de gestión de flota, especialmente para la empresa mantenedora de los vehículos ATPRD 120.

3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS

FASE 1. Análisis del Túnel de Guadarrama y de las características técnicas de la serie 120. Estudio de la normativa de aplicación en el momento de la homologación de los vehículos de la serie ATPRD 120.

Plazo: Abril – Mayo 2022

FASE 2. Análisis de la propuesta de modificación del material rodante y de los requisitos normativos de aplicación.

Plazo: Mayo - Junio 2022

FASE 3. Estudio y análisis pormenorizado de la normativa de aplicación y del proceso de gestión de la modificación.

Plazo: Junio - Julio 2022

FASE 4. Redacción del cuerpo del trabajo: antecedentes, análisis normativo, expediente técnico de la modificación, etc.

Plazo: Julio - Agosto 2022

FASE 5. Conclusiones y aportaciones. Análisis de la influencia de la propuesta de modificación en la gestión del mantenimiento.

Plazo: Agosto 2022

4. DESARROLLO

4.1. ANÁLISIS TÉCNICO DEL TÚNEL DE GUADARRAMA.

La **línea de alta velocidad Madrid-Segovia-Valladolid** es una línea de alta velocidad que se abrió al servicio comercial el 23 de diciembre de 2007 y que constituye el primer tramo que entró en funcionamiento de los corredores norte y noroeste del ferrocarril de alta velocidad en España.

Según el PEIT 2005-2020 esta línea conecta con las siguientes:

- L.A.V. Olmedo-Zamora-Galicia, y ésta a su vez con el Eje Atlántico
- L.A.V. a Palencia y León y después a Asturias (Valladolid-Palencia-León) (León-Asturias).
- L.A.V. Venta de Baños-Burgos-Vitoria, y esta a su vez con la futura L.A.V. Logroño-Miranda de Ebro y la Y vasca.
- Otras líneas de alta velocidad que parten de Madrid, gracias a la construcción del túnel con vías de ancho internacional entre las estaciones de Chamartín y Atocha.

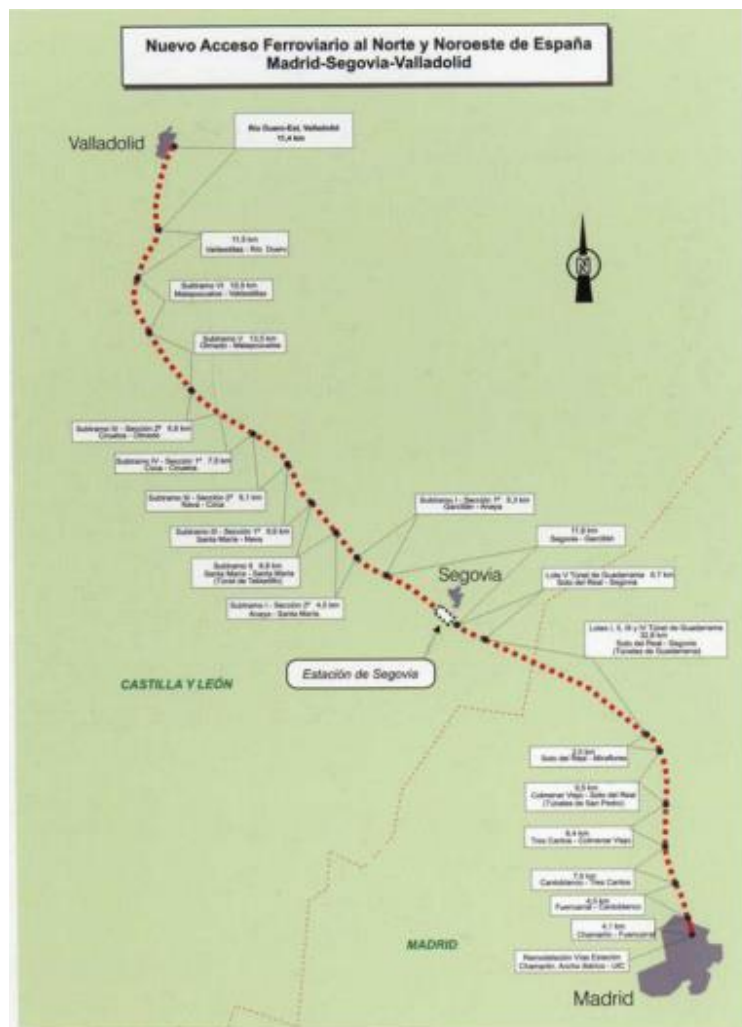


Figura 5. Trazado de L.A.V Madrid-Segovia-Valladolid. Fuente: internet

Los puntos singulares de esta línea son los siguientes:

- Está preparada para la circulación de trenes a 350 km/h, señalización de tipo ERTMS nivel 2 y ASFA digital.
- Dos túneles, San Pedro y de Guadarrama con unas longitudes de 9 y 28 kms respectivamente.
- Dos cambiadores de ancho duales instalados en Chamartín y Valdehillas (en Valladolid también se instaló inicialmente un cambiador que desapareció en 2015 tras la apertura de la LAV a Palencia y León).

En el caso que nos ocupa, la característica esencial que limita que los trenes de la serie 120 puedan circular por esta línea de alta velocidad es el túnel de Guadarrama, cuyas características se explican brevemente, a continuación.

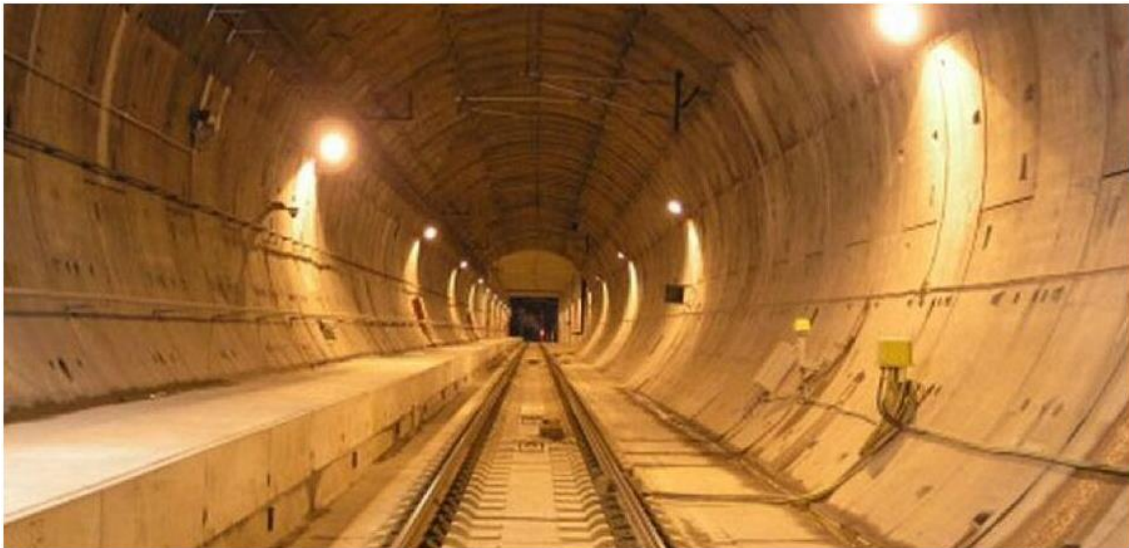


Figura 6. Detalle del túnel de Guadarrama. Fuente: Internet

El túnel de Guadarrama forma parte de la línea de alta velocidad Madrid-Segovia-Valladolid. Su longitud es de **28 kms**, convirtiéndose en el túnel ferroviario más largo de España y en uno de los más largos de Europa.

Esta infraestructura está compuesta por dos tubos paralelos, uno para cada sentido de circulación, y cuyos ejes están separados 30 m. Estos tubos están conectados por galerías de emergencia cada 250 m, existiendo además una amplia galería con una capacidad de 1.200 personas. Por último, resaltar que esta infraestructura está diseñada para que el material rodante pueda alcanzar altas velocidades sin comprometer la línea.

4.2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL MATERIAL RODANTE ATPRD 120

Las unidades del ATPRD (Autopropulsado de Rodadura Desplazable) Serie 120 de RENFE están compuestas de cuatro coches, designados MCT, MIT, MIP y MCP, los dos primeros son de clase turista y los dos siguientes son de clase preferente. Los cuatro coches van unidos

neumática, mecánica y eléctricamente, pudiendo acoplarse (a través del enganche automático) dos unidades para formar un tren de ocho coches.

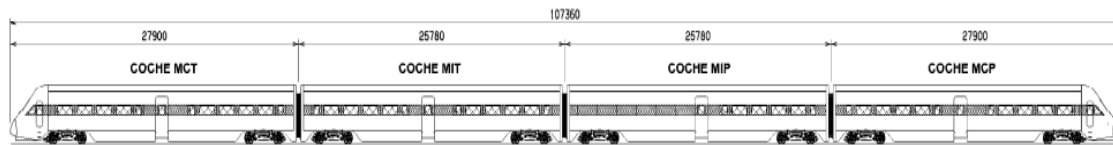


Figura 7. Disposición de coches en las unidades ATPRD 120. Fuente: Renfe

Bogie y freno

Estas unidades están diseñadas para operar en anchos variables de vía, de 1.668 mm (ancho RENFE) o de 1435 mm (ancho internacional), esto conlleva que pueden operar bajo tensiones de catenaria de 3000 V o de 25000 V.



Figura 8. Detalle del Bogie Brava. Fuente: CAF

El bogie Brava permite el cambio de ancho en movimiento y consiste en dos conjuntos de ruedas que pueden desplazarse lateralmente sobre un cuerpo de eje no rotativo. Durante la circulación, la acción de un doble mecanismo de seguridad impide el movimiento lateral de las ruedas. La separación entre ruedas se consigue mediante un mecanismo de bloqueo-desbloqueo, accionado automáticamente durante el proceso de cambio de ancho.

Estas series incorporan tres sistemas de freno:

- Freno eléctrico mixto, de recuperación y reostático.
- Freno neumático de disco.
- Freno de estacionamiento.

El freno eléctrico es el sistema prioritario, con el objeto de reducir al mínimo la aplicación del freno neumático. El freno neumático se aplica como complemento del eléctrico para alcanzar el

esfuerzo de frenado solicitado. En caso de frenado de emergencia actúa exclusivamente el freno neumático.

Sistema de motorización

El tren, desde un punto de vista del equipo de tracción y generación de auxiliares tiene prácticamente todos los equipos redundados por semirrama, excepto el transformador principal. En principio, sin avería del transformador, cada una de las semirramas están concebidas como unidades autónomas desde la captación hasta la transmisión de potencia a los motores, generación de baja tensión y generación de tensión continua para los equipos de control. Cada bogie monta un motor de tracción asíncrono de polos, autoventilado y que proporciona unos 500 kW en eje. Este motor transmite la potencia a través de un árbol cardan que conecta el motor con el reductor y, por último, el reductor transmite el movimiento al árbol hueco. El convertidor de tracción IGBT asegura la tracción y el frenado eléctrico, suministrando a cada motor la potencia necesaria. El frenado eléctrico puede actuar independientemente de la existencia de tensión en catenaria, gracias a los reóstatos de frenado que incluye cada uno de los grupos de potencia.

Producción de aire

La producción de aire comprimido se localiza en los dos coches motores con cabina, mediante compresores rotativos que proporcionan un caudal de 1.350 l/min. a 10 bar.

Sistemas de seguridad

Para poder circular tanto por líneas convencionales como de alta velocidad, los vehículos 120 disponen de los sistemas de señalización: ASFA Digital y ERTMS nivel 1.



Figura 9. Pupitre de conducción. Fuente: CAF

Estructura y caja

Los coches MCT y MCP disponen de cabinas de conducción en uno de sus extremos donde se encuentran instalados los equipos de control, mando y señalización necesarios para la conducción. Los coches MIT y MIP son los coches intermedios que se comunican tanto entre ellos como con los coches extremos mediante el pasillo de intercomunicación que permite el paso de viajeros entre coches. El coche MIP dispone de una cafetería completa para el uso y disfrute de los viajeros.



Figura 10. Coche MIP. Cafetería. Fuente: CAF

La estructura de las cajas es autoportante y se han realizado en aleación ligera de aluminio. El bastidor es de acero soldado y la caja se apoya sobre una traviesa de carga a la que se une de manera rígida y bajo la cual se monta la suspensión secundaria. Los esfuerzos horizontales se transmiten por un pivote de arrastre.

Los equipos principales se encuentran montados tanto bajo el bastidor o sobre el techo de los coches.



Figura 11. Coche MIT. Fuente: CAF.

Las características principales de las unidades del ATPRD son las mostradas en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SERIE ATPRD 120		
Composición:	MCT-MIT-MIP-MCP	
Propulsión:	Eléctrica	
Tensión de alimentación nominal en corriente continua	3000 V	
Tensión de alimentación nominal en corriente alterna	25000 V	
Baja tensión AC	400/230 V _{ef} - 50 Hz	
Baja tensión CC	72 V	
Anchura de vía	1668 - 1435 mm	
Longitud total de la unidad entre testeros	107.360 mm	
Longitud de las cajas	MCT	27900 mm
	MIT	25780 mm
	MIP	25780 mm
	MCP	27900 mm
Empate de la caja	19000 mm	
Empate del bogie	2800 mm	
Anchura máxima de la caja	2920 mm	
Altura máxima del techo sobre el carril	4230 mm	
Altura interior departamento viajeros	2300 mm	
Altura del piso sobre el carril	1300 mm	
Alutra del enganche	1040 mm	
Diámetro de la rueda nueva/usada	2 kV	
Peso de las cajas	MCT	42769 kg
	MIT	39372 kg
	MIP	45300 kg
	MCP	42383 kg
Peso del bogie	9900 kg	
Tara normal de la unidad	252584 kg	
Peso máximo de la unidad	272000 kg	
Aceleración media (entre 0 y 60 km/h)	0.52 m/s ²	
Deceleración máxima con freno de servicio	de 120 km/h a 0 km/h	0.5 m/s ²
	de 250 km/h a 0 km/h	0.35 m/s ²
Deceleración máxima con freno de emergencia	1 m/s ²	
Velocidad máxima comercial	25000 V	250 km/h
	3000 V	220 km/h
Número de motores de tracción	8	
Potencia por motor de tracción	512 kW	
Plazas por pasajeros	MCT	76
	MIT	80
	MIP	27
	MCP	55

4.3. CONTEXTO Y ANTECEDENTES NORMATIVOS PARA LA OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CIRCULACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ATPRD 120.

Un punto esencial que condiciona todo el proceso de gestión de la modificación que se plantea en capítulos posteriores, es la fecha en la que se inicia el proceso para la homologación del material rodante S/120, ya que, dependiendo de la fecha en que se inicia el proceso aplica una normativa u otra.

En el caso que nos ocupa, la fecha en la que RENFE adjudicó al consorcio CAF-ALSTOM la fabricación de la serie 120 fue en septiembre de 2001, pero el proceso para la obtención de la Autorización de Puesta en Servicio y la posterior Autorización de Circulación se inició en 2004. En esta fecha ya se encontraba en vigor la Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario, las Normas Técnicas de Circulación (N.T.C.) y la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) relativa al subsistema «Material Rodante» de 2002, aunque este último documento normativo no era de obligado cumplimiento para los fabricantes. Posteriormente, en el año 2006 entra en vigor la Orden FOM/233/2006 (9 de febrero de 2006), la cual nace como respuesta al artículo 58 de Ley 39/2003 que indicaba lo siguiente:

- “1. El Ministerio de Fomento establecerá, mediante Orden, a propuesta de la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria, las condiciones y requisitos para la autorización y puesta en servicio de todos los subsistemas de naturaleza estructural que componen el sistema ferroviario, así como las condiciones para el adecuado funcionamiento de los subsistemas de naturaleza funcional. Asimismo, establecerá las condiciones técnicas sobre proyección y construcción de las infraestructuras ferroviarias.*
- 2. El Ministerio de Fomento establecerá, mediante Orden, a propuesta de la autoridad responsable de la seguridad ferroviaria, las condiciones y requisitos para la homologación y registro del material rodante que circule por las líneas ferroviarias de la Red Ferroviaria de Interés General, así como el régimen de autorización y funcionamiento de los centros de homologación de dicho material.”*

En la Orden FOM/233/2006 aparece la primera referencia a las Especificaciones Técnicas de Homologación (ETH), que a su vez derivan de las N.T.C.s y para su redacción se tuvieron en cuenta las ETI que les afectaban en aquel momento. La intención de las ETHs fue tener una pauta de actuaciones para obtener la Autorización de Circulación en la RGIF.

Por tanto, y para concluir con este apartado, *¿cuál es la base normativa donde debe fundamentarse el proceso de homologación de los vehículos ATPRD?* La respuesta es la siguiente: en tanto no se aprobasen las Especificaciones Técnicas de Homologación, para llevar a cabo los procedimientos de validación contemplados en la Orden FOM/233/2006, regirá la normativa aplicada a la entrada en vigor de la Ley 39/2003, en este caso son las Normas Técnicas de Circulación las cuales elaboraba la Dirección de Seguridad en la Circulación y establecían los requisitos exigidos al material rodante para la consecución de las autorizaciones de circulación por las vías de interés general.

En el caso de los vehículos ATPRD 120, al tratarse de un material con sistema de rodadura desplazable, debía de cumplir las siguientes NTCs:

- N.T.C. MA 001 “PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL RODANTE CONVENCIONAL”
- N.T.C. MA 007 “CONDICIONES A CUMPLIR POR LOS EJES DE ANCHO VARIABLE HASTA VELOCIDADES DE 250 KM./H.”
- N.T.C. MA 009 “PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL RODANTE DE ALTA VELOCIDAD”

Bien es cierto que, aunque la ETI «Material Rodante» de 2002 no era de obligado cumplimiento (a no ser que se mencionase en la NTC correspondiente), CAF, como fabricante, se apoya bastante en esta especificación para la homologación del ATPRD 120.

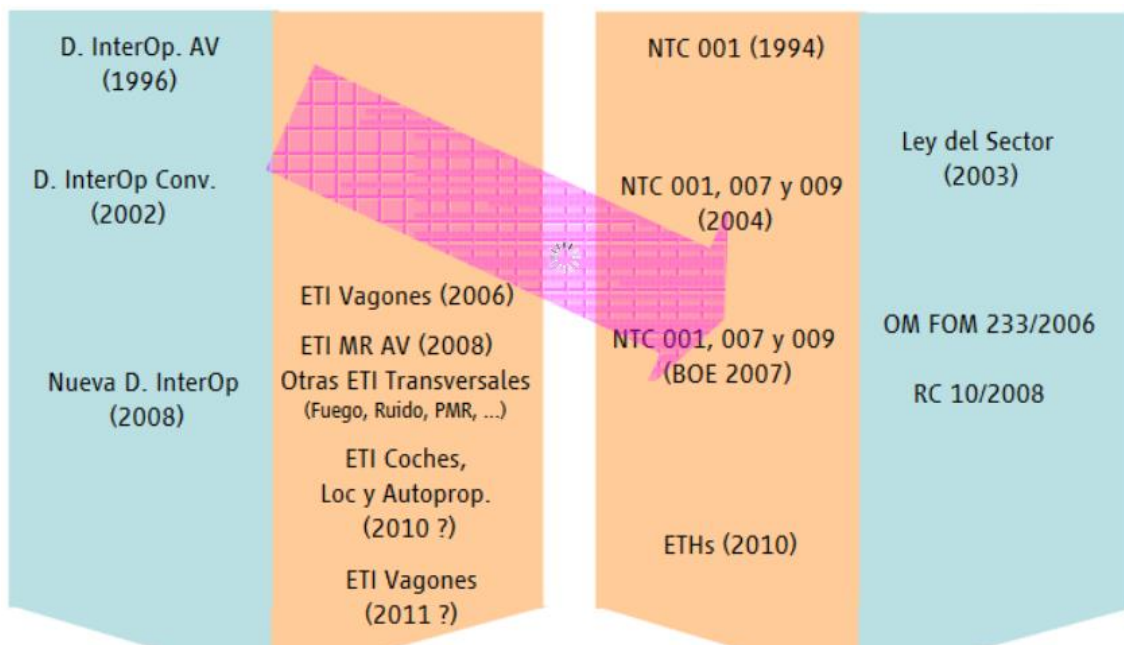


Figura 11. Esquema resumen normativa aplicación. Fuente: Renfe.

4.4. ANÁLISIS DE LA COMPATIBILIDAD TREN-RUTA

La pregunta fundamental por responder en este apartado y, la razón de la propuesta de modificación que se desarrolla en capítulos posteriores, es la siguiente: *¿por qué los vehículos de la serie ATPRD 120 no pueden circular por el Túnel de Guadarrama?*

Para resolver esta pregunta hay que tener presentes los siguientes datos de este túnel:

- longitud del túnel (28 kms),
- fecha de entrada en servicio del túnel (2007)
- fecha de homologación del material rodante 120 (2005-2006).

Análisis de la ETI del subsistema seguridad en túneles

La primera ETI del subsistema seguridad en túneles es del año 2008 y en ella se definen dos categorías de material rodante que dependen tanto del túnel (la ruta) como del tren, son las siguientes:

- **Categoría A:** Se define como material rodante de la categoría A el que está diseñado y construido para circular en tramos subterráneos y túneles de un máximo de 5 km de longitud, con evacuación lateral disponible. En caso de activación de la alarma de incendios, el tren continuará hasta una zona segura, situada a no más de 4 minutos, suponiendo que el tren sea capaz de circular a 80 km/h. En la zona segura, los viajeros y el personal podrán evacuar el tren. Si no es posible que el tren continúe, será evacuado utilizando las instalaciones de infraestructura de los túneles.
- **Categoría B:** Se define como categoría B el material rodante que está diseñado y construido para circular en todos los túneles de la red transeuropea. Este material ha de ir equipado con barreras contra incendios que faciliten la protección de los viajeros y el personal contra los efectos del calor y el humo a bordo de los trenes incendiados durante 15 minutos. Las barreras contra incendios y otras medidas complementarias sobre la capacidad de desplazamiento hasta una zona segura permitirían que estos trenes saliesen de un túnel de 20 km de longitud y llegasen a una zona segura, suponiendo que el tren sea capaz de circular a 80 km/h. Si no es posible que el tren salga del túnel, será evacuado utilizando las instalaciones de infraestructura del túnel.

En principio, parece claro que si lo que se pretende es que la serie 120 circule a través del Túnel de Guadarrama, esta serie debe estar categorizada como tipo “B”.

Análisis de las Normas Técnicas de Circulación

Los requerimientos a los que se hacen referencia en las NTCs, concretamente en la N.T.C. MA 009 con respecto a las prestaciones de tracción y a la seguridad ante incendios que pueda condicionar el paso de estos vehículos por un túnel de gran longitud son muy ambiguos, o mejor dicho, quedan muy abiertos a la interpretación del fabricante o diseñador del material, ya que, tanto el apartado 7.1.4 (seguridad contra incendios) como el 6.2.1 (prestaciones de tracción) de la N.T.C. MA 009 hacen referencia a la ETI del subsistema material rodante del año 2002 y ésta a su vez, establece algún que requisito relacionado con estos apartados, pero bien es cierto que ninguna normativa, ni N.T.C. ni ETI llegan a ser concisas y pueden dar lugar a la interpretación de cada fabricante. Por esta razón, en su día, los vehículos de serie ATPRD 120 se homologaron sin cumplir el requisito que establecía que, ante una avería del transformador, el tren debe de disponer del 50% de la capacidad de tracción, ya que, el apartado 6.2.1 de la N.T.C. MA 009 puede dar a entender que la única condición relacionada con prestaciones de tracción que debe cumplir el material rodante es la referente a aceleraciones (así se entendió en el momento de la homologación del material ATPRD 120).

6.2.1 Prestaciones de tracción

6.2.1.1 Las prestaciones de tracción cumplirán las prescripciones establecidas en la ETI del subsistema material rodante.

De 0 a 40 km./h	$\geq 48 \text{ cm/s}^2$
De 0 a 120 km./h	$\geq 32 \text{ cm/s}^2$
De 0 a 160 km./h	$\geq 17 \text{ cm/s}^2$

Figura 12. Extracto de la N.T.C. MA 009

Análisis de la ETI del subsistema material rodante

En los apartados 4.3.11 y 4.3.14 de la ETI de material rodante del año 2002 se indican los requisitos que debe cumplir el tren para atravesar túneles de gran longitud y de protección contra incendios; todos estos parámetros constructivos, de diseño y funcionales los cumplen los vehículos de la serie ATPRD 120, pero el apartado 4.3.3. en el que se establecen las prestaciones de tracción que debe satisfacer el material rodante dice lo siguiente:

“Por motivos de disponibilidad, circulación y seguridad en el paso de túneles, los trenes cumplirán tres condiciones:

- *las prestaciones se alcanzarán con la tensión media de alimentación disponible en el pantógrafo, con arreglo a lo especificado en el punto 4.3.1.1 y el anexo L de la ETI «Energía»*
- *si se avería un módulo de tracción, el tren no deberá perder más del 25 % de su potencia nominal*
- *si se avería un elemento de alimentación de tracción, al menos el 50 % de los módulos de tracción deberán poder permanecer en funcionamiento.”*

Los vehículos de la serie 120 disponen únicamente de un transformador, como consecuencia de este diseño, en caso de avería de este elemento de alimentación eléctrica el vehículo pierde el 100% de la tracción y, por tanto, no satisface la última condición que fija este apartado de la ETI.

Conclusiones

Tras analizar de forma pormenorizada toda la normativa de aplicación tanto a la ruta como al tren, aún no se puede afirmar con total seguridad la causa por la que los vehículos 120 no pueden atravesar el túnel de Guadarrama, ya que, como se ha explicado en el apartado 4.3. de este documento, las NTCs de referencia eran muy ambiguas y las ETIs en vigor, no eran de obligado cumplimiento, a no ser que se fueran referenciadas en las NTCs.

Para resolver esta incógnita hay que consultar el Manual de Explotación del Túnel de Guadarrama redactado por Adif. Como se puede ver en la Figura 13, el Manual de Explotación

sí que es claro y conciso imponiendo la limitación de no circular por el túnel si no se dispone de sistemas redundados de alimentación de la tracción.

4.2 MEDIDAS Y MEDIOS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA EN MATERIA DE SEGURIDAD

4.2.1 Medidas de autoprotección

Los trenes que circulen por el túnel de Guadarrama deberán observar las prescripciones contempladas en la ETI-Material Rodante, las cuáles se detallan a continuación:

- La variación máxima de presión (diferencia entre los valores cresta extremos de sobrepresión y depresión) a lo largo de un tren no excederá de 10.000 Pascal durante el tiempo de franqueo del túnel.
- Por motivos de disponibilidad, circulación y seguridad en el paso por el túnel, los trenes cumplirán las siguientes condiciones vinculadas a la tracción:
 - Las prestaciones se alcanzarán con una tensión media de alimentación disponible en el pantógrafo; ésta tensión media deberá tener un valor mínimo de 22,5 kV.
 - Si se avería un módulo de tracción, el tren no deberá perder más del 25 % de su potencia nominal.
 - Si se avería un elemento de alimentación de tracción, el menos el 50 % de los módulos de tracción deberán poder permanecer en funcionamiento.

Figura 13. Extracto del Manual de Explotación del Túnel de Guadarrama. Fuente: Adif

En resumen, de cara a la homologación del material rodante ATPRD 120, las NTCs no imponían unas restricciones concisas a la circulación de este tren por túneles de gran longitud, pero el Manual de Explotación del Túnel de Guadarrama sí que condiciona la circulación del material rodante a unas prestaciones mínimas de tracción, es decir, el Administrador de la Infraestructura fue la entidad que estableció claramente el requisito por el que la serie 120 no puede circular por el Túnel de Guadarrama. Se trata de un caso especial que con la normativa actual queda mucho mejor trazado, debido a que es la propia Empresa Ferroviaria, en concreto su departamento de Seguridad, la responsable de emitir los Certificados de Compatibilidad con la Ruta.

4.5. PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE UN TIPO DE VEHÍCULO YA AUTORIZADO.

4.5.1. DEFINICIONES Y ACTORES.

Para iniciar este capítulo hay indicar que, para no generar dudas al lector, las definiciones que aparecen a continuación han sido extraídas de la Guía sobre la gestión de modificaciones de vehículos y tipos ya autorizados (O.02.02-02-GU-01 Versión 02).

- **Entidad gestora de la modificación:** El titular de la autorización de tipo de vehículo, el poseedor o la entidad encargada por alguno de los anteriores. Es la entidad que promueve un expediente de modificación de un vehículo o de un tipo de vehículo. En este caso, este papel le correspondería a CAF.
- **Entidad responsable de la autorización:** La entidad que expide la autorización de tipo de vehículo y/o la autorización de puesta en el mercado de un vehículo. Según el caso, dicha entidad podrá ser la AESF o la EUAR. En el caso que nos ocupa, la entidad responsable de la autorización sería la AESF.
- **Experto:** Persona con la capacidad técnica necesaria y experiencia en los tipos de tecnología que sean necesariamente de aplicación en las modificaciones, avaladas por un historial profesional que se incluirá en la solicitud de modificación.
- **Solicitante:** La persona física o jurídica que solicita una autorización, ya sea una empresa ferroviaria, un administrador de infraestructura o bien otras personas físicas y jurídicas, como el fabricante, el propietario o el poseedor. Para esta propuesta de modificación, se va a suponer que el solicitante es Renfe Viajeros.
- **Poseedor:** La persona física o jurídica que explote un vehículo bien sea su propietario, tenga derecho a utilizar el mismo y que esté registrada como tal en el Registro Especial Ferroviario o en cualquier otro registro de vehículo. En este caso es Renfe Viajeros.
- **Organismo de evaluación de la conformidad:** organismo al que se ha notificado o designado, previa su solicitud, para que se encargue de actividades de evaluación de la conformidad, tales como calibrados, pruebas, certificaciones e inspecciones; se clasifican en «organismo notificado» tras una notificación por España a la Unión Europea; como «organismo designado» tras una designación por España a la Unión Europea [conforme al Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre y al Reglamento de Ejecución (UE) nº 2018/545 de la Comisión].
- **Organismo de evaluación de la seguridad:** persona, organización o entidad independiente y competente, interna o externa, que procede a una investigación que le permita emitir un juicio, basado en pruebas, sobre la idoneidad de un sistema para cumplir sus requisitos de seguridad, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Ejecución (UE) nº 402/2013 de la Comisión, de 30 de abril de 2013 relativo a la adopción de un Método Común de Seguridad para la evaluación y valoración del riesgo y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 352/2009.
- **Variante de tipo de vehículo:** Opción de configuración de un tipo de vehículo establecida durante una primera autorización de tipo de vehículo de conformidad con el artículo 24.1 del Reglamento (UE) nº 2018/545, o modificaciones que se produzcan en un tipo de vehículo existente durante su ciclo de vida que requieran una nueva

autorización de tipo de dicho vehículo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 24.1 y en el artículo 21.12 de la Directiva (UE) n° 2016/797

4.5.2. FASES DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE LA SERIE ATPRD 120.

Basándose en el Reglamento (UE) n° 2018/545 y la Guía sobre la Gestión de Modificaciones de vehículos y tipos ya autorizados (O-02.02-02-GU-01 Versión 02) publicada por la AESF en noviembre de 2020, en este capítulo se va explica de forma resumida el proceso de gestión de la propuesta de modificación.

Por otro lado, la Guía O-02.02-02-GU-01_v.02, incluye los Anexos 12.1, 12.2 y 12.3 que son documentos que resultan de gran ayuda para poder entender el procedimiento que se debe seguir ante la modificación de un vehículo ferroviario; además, incluyen las plantillas relacionadas con la documentación que hay que entregar en la ventanilla única. Estos diagramas de flujo están basados en el Reglamento (UE) n° 2018/545.

El proceso de gestión de la modificación de la serie ATPRD 120 se puede resumir en 10 etapas, las cuales se pasan a desarrollar a continuación:

1. El solicitante de la modificación, en este caso la Empresa Ferroviaria, debe **declarar el tipo 120 en el registro ERATV** de la EUAR. La serie 120 no está registrada en el portal ERATV debido a que se trata de un material que se autorizó con anterioridad a la aparición de este registro telemático. Por esta razón, el primer paso a dar por parte de la Empresa Ferroviaria es registrar el tipo 120 en ERATV y esperar a que la ANS lo apruebe.
2. La misma Empresa Ferroviaria, como Gestora de la Modificación, solicita a la EUAR (a través de la ventanilla única) la **generación de una variante del Tipo S120** previamente declarado, aportando la documentación que justifique los cambios realizados respecto al Tipo original.
3. **Recopilación de requisitos.** Tal y como establece el artículo 13 del Reglamento (UE) n° 2018/545, es necesario realizar un proceso de recopilación de requisitos cuyo objetivo es identificar todos los requisitos necesarios para que nos permitan gestionar y mantener en un nivel aceptable los riesgos que hayan sido identificados como consecuencia de la modificación del material rodante. La recopilación de requisitos no debe quedarse únicamente en lo referente a seguridad ferroviaria, si no que ha de extenderse a cualquier ámbito relacionado con el sector ferroviario (normativa técnica, seguridad laboral, medio ambiente, etc).

La metodología para la recopilación de estos requisitos tiene que cumplir con Anexo I del Reglamento (UE) n° 402/2013.

A continuación, se presenta una lista no exhaustiva de toda la normativa y documentación, que, en el caso que nos ocupa, se ha utilizado para dar cumplimiento a este punto y ha permitido realizar el posterior análisis de seguridad.

- Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 de la Comisión de 4 de abril de 2018 por el que se establecen las disposiciones prácticas relativas a la autorización de vehículos ferroviarios y al proceso de autorización de tipo de vehículos ferroviarios con arreglo a la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo.
 - Guía sobre la Gestión de Modificaciones de vehículos y tipos ya autorizados (O-02.02-02-GU-01 Versión 02).
 - Guía sobre el establecimiento de la compatibilidad del tren con la ruta (O-02.02-01-GU-04).
 - Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y el Consejo de 11 de mayo de 2016 sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Unión Europea.
 - Reglamento de Ejecución (UE) N° 402/2013 de la Comisión de 30 de abril de 2013 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo.
 - Reglamento de Ejecución (UE) 2015/1136 de la Comisión de 13 de julio de 2015 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) N° 402/2013 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo
 - ETI de Locomotoras y material rodante de viajeros [ETI Loc. & Pas.]
 - ETI de Seguridad en Túneles [ETI Túneles]
 - ETI de Control-Mando y Señalización [ETI CMS]
 - Instrucción ferroviaria: Especificaciones técnicas de material rodante ferroviario para la entrada en servicio de unidades autopropulsadas, locomotoras y coches (IF MR ALC-20)
 - Especificaciones Técnicas de Homologación (ETH)
 - Documentación relativa a la explotación del vehículo ATPRD 120 propiedad de Renfe (Manual de Conducción, Manual Descriptivo, Manual de Intervención en vía, etc.)
 - Documentación técnica del vehículo ATPRD 120 propiedad del fabricante (planos, esquemas, características técnicas, ensayos, etc.)
 - Documentación referente al mantenimiento del material rodante propiedad de Renfe (Plan de Mantenimiento y Normas Técnicas de Mantenimiento).
 - Plan de Autoprotección del Túnel de Guadarrama.
 - Normativa Europea de carácter técnico de aplicación según las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (Normas UNE-EN).
4. **Clasificación del Tipo de Modificación** de acuerdo con el artículo 15.1 del Reglamento (UE) n° 2018/545. El solicitante debe analizar y proponer una categorización de la modificación conforme alguno de los supuestos que figuran a continuación:
- a. Una modificación que **no introduzca una desviación de los expedientes técnicos que acompañan a las declaraciones CE de verificación de los subsistemas**; en este caso no será necesaria la verificación por parte de un

- organismo de evaluación de la conformidad, y las declaraciones CE de verificación iniciales relativas a los subsistemas y la autorización de tipo de vehículo seguirán siendo válidas y no se modificarán.
- b. Una modificación que introduzca una desviación de los expedientes técnicos que acompañan a las declaraciones CE de verificación relativas a los subsistemas, que puede exigir nuevas comprobaciones y, por consiguiente, requerir una verificación con arreglo a los módulos de evaluación de la conformidad aplicables, pero que **no tiene ningún impacto en las características básicas de diseño del tipo de vehículo ni requiere una nueva autorización** de conformidad con los criterios establecidos en el artículo 131 del Real Decreto 929/2020.
 - c. Una **modificación de las características básicas de diseño del tipo de vehículo que no requiera una nueva autorización** de conformidad con los criterios establecidos en el artículo 131 del Real Decreto 929/2020.
 - d. Una **modificación que requiera una nueva autorización** de conformidad con los criterios establecidos en el artículo 131 del Real Decreto 929/2020.

En el caso de la serie ATPRD 120, el solicitante propone categorizar la modificación como **tipo 15.1.d** según el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545. Esta decisión debe ser ratificada por la ANS responsable de la autorización.

5. **Identificación de la autorización** pertinente de acuerdo con el artículo 14 del Reglamento (UE) nº 2018/545. El solicitante debe identificar y seleccionar la autorización pertinente entre los casos siguientes:
 - a) primera autorización
 - b) renovación de la autorización de tipo de vehículo
 - c) ampliación del área de uso
 - d) nueva autorización
 - e) autorización de conformidad con el tipo

Con motivo de la decisión tomada por el solicitante de categorizar la modificación como tipo 15.1.d, es necesario solicitar para cada tren una **nueva autorización de puesta en mercado conforme a la nueva variante del tipo 120** que ha sido previamente declarada. Se optaría por lo tanto por seguir el proceso “e” de obtención de la autorización en conformidad con un tipo existente.

Otra alternativa por la que puede optar el solicitante es por proponer categorizarla como tipo 15.1.c y, de esta manera evitar la necesidad de generar una nueva variante del Tipo S120 y la consecuente autorización de puesta en mercado para cada uno de los trenes modificados (como se ha indicado en el punto anterior, al final la categorización debe ser ratificada por la ANS).

El proceso de gestión de las modificaciones del material no tiene un único camino para resolver los diferentes casos que se puedan presentar, por este motivo, la coordinación y comunicación previa con la ANS es una buena práctica que resulta muy útil y evita que el proceso se demore en el tiempo.

6. **Compromiso Previo.** Tal y como establece el Reglamento (UE) n° 2018/545, es muy recomendable que el solicitante pida un compromiso previo a la entidad responsable de la autorización. El compromiso previo es una fase del procedimiento previa a la presentación de la solicitud de una nueva autorización y sirve para que la entidad responsable de la autorización se familiarice con la modificación y puedan guiar y asesorar al solicitante en el proceso de autorización.

1º Presentación de la solicitud y el expediente de compromiso previo según artículo 23 del Reglamento (UE) n° 2018/545.

Responsable: Solicitante

Lugar: Ventanilla Única (OSS)

2º Comunicación de la ANF al solicitante indicando si el expediente está completo o precisa información complementaria.

Responsable: ANF

Plazo: 1 mes

3º Emisión de una opinión motivada sobre el enfoque propuesto por el solicitante.

Responsable: ANF

Lugar: Ventanilla Única (OSS)

Plazo: 2 meses

7. **Presentación de la solicitud de nueva autorización.** El solicitante debe presentar la solicitud (Anexo 12.2 “Plantilla para notificar una modificación”) de una nueva autorización de puesta en el mercado de la variante del tipo 120, a través de la ventanilla única y debe contener la información que establece el Anexo I Reglamento (UE) n° 2018/545. Esta solicitud debe ir acompañada del expediente de modificación (Anexo 12.3 “Expediente Propuesta de Modificación”) que contendrá los documentos indicados en el cuadro del Anexo I del Reglamento (UE) n° 2018/545.

Una vez entregada la solicitud, la ventanilla única entrega un acuse de recibo automático para el solicitante.

Este expediente se envía a la ANS correspondiente a través de la ventanilla única. En nuestro caso, se va a solicitar que la Entidad responsable de la nueva autorización sea la AESF, ya que el área de uso está limitada a la RFIG.

8. **Evaluación de la solicitud.** La Entidad responsable de la autorización dispone de un plazo de **un mes** a partir de la fecha de recepción de la solicitud para analizar y estudiar toda la documentación y decidir si precisa de información complementaria, la cual será solicitada al solicitante de la modificación.

Durante el periodo de evaluación, la Entidad responsable de la autorización puede solicitar información adicional, fijando un plazo razonable para su presentación y sin interrumpir la evaluación.

En el caso de que el expediente se considere completo, la Entidad responsable de la autorización dispone de **cuatro meses** para evaluar toda la documentación y poder tomar la decisión definitiva sobre la expedición de la autorización de tipo de vehículo.

La evaluación que debe llevar a cabo la AESF tiene que asegurar que se cumplen todos los ítems que marcan los Anexos II y III del Reglamento (UE) nº 2018/545, pero en el caso que nos ocupa, este análisis se limita a las partes del vehículo que hayan sido modificadas y a sus repercusiones sobre las partes no modificadas del vehículo. Esto es consecuencia de la nueva autorización es conforme al artículo 14, apartado 1, letra e).

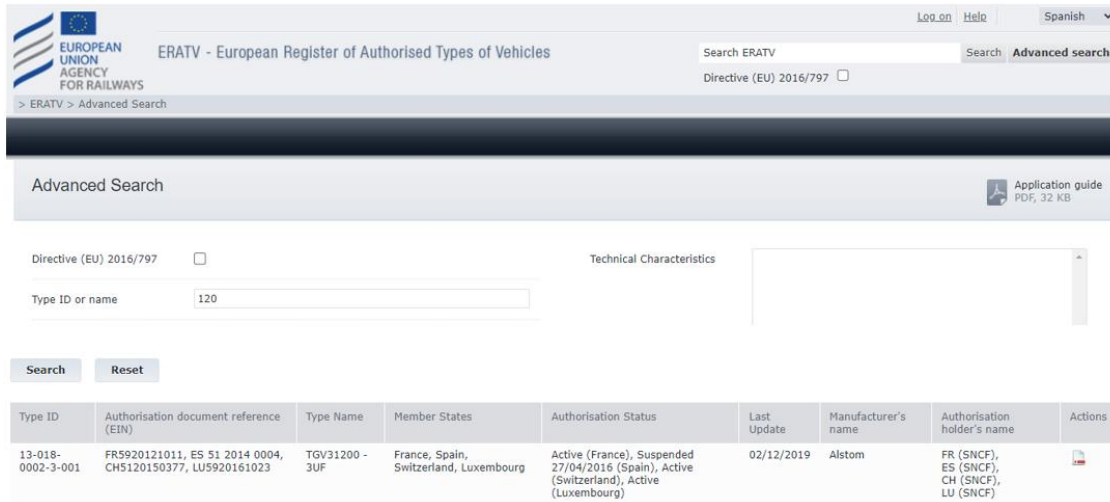
Todo el proceso de evaluación debe ser registrado a través de la ventanilla única y se debe cargar toda la documentación referente a los siguientes aspectos:

- a) recepción;
- b) tramitación;
- c) evaluación;
- d) conclusiones de la evaluación de la solicitud conforme con el artículo 45 del Reglamento (UE) nº 2018/545;
- e) decisión definitiva de expedir o no la autorización de tipo de vehículo y/o la autorización de puesta en el mercado;
- f) documentación definitiva en relación con la autorización de tipo de vehículo y/o la autorización de puesta en el mercado conforme con el artículo 47 del Reglamento (UE) nº 2018/545.

La AESF tras finalizar el proceso de evaluación, dispone de una semana para comunicar su decisión de expedir la autorización de puesta en el mercado de cada uno de los vehículos que van a ser modificados, o bien de denegar la solicitud. Esta decisión se registra y comunica al solicitante a través de la ventanilla única.

9. **Documentación definitiva y registro en ERATV.** Para concluir el proceso propiamente dicho, la AESF entrega a la Entidad gestora de la autorización la documentación definitiva conforme a lo establecido en el artículo 47 del Reglamento (UE) Nº 2018/545. Una vez recibida la autorización de puesta en mercado de la nueva

variante 120 de todos los vehículos modificados, la Entidad gestora de la autorización (Empresa Ferroviaria) registra en la plataforma ERATV la nueva variante de tipo de vehículo y se da por finalizado el proceso.



ERATV - European Register of Authorized Types of Vehicles

Advanced Search

Directive (EU) 2016/797

Type ID or name:

Search Reset


Type ID	Authorisation document reference (EIN)	Type Name	Member States	Authorisation Status	Last Update	Manufacturer's name	Authorisation holder's name	Actions
13-018-0002-3-001	FR5920121011, ES 51 2014 0004, CH5120150377, LU5920161023	TGV31200 - 3UF	France, Spain, Switzerland, Luxembourg	Active (France), Suspended 27/04/2016 (Spain), Active (Switzerland), Active (Luxembourg)	02/12/2019	Alstom	FR (SNCF), ES (SNCF), CH (SNCF), LU (SNCF)	

Figura 14. Ejemplo del registro de un vehículo en ERATV

- Para terminar de integrar la modificación del material rodante con la ruta que se quiere explotar, una vez obtenida la Autorización de Puesta en Mercado (documento que garantiza que el material rodante puede circular por la RFIG) y aprobada la variante del tipo 120 en ERATV por parte de la AESF; la Empresa Ferroviaria debe solicitar a su departamento de Seguridad el **Certificado de Compatibilidad con la Ruta (L.A.V. Madrid-Segovia-Valladolid)** de los vehículos modificados que habilite a las ramas modificadas para circular por la línea de Segovia. Este departamento basándose en las características del material rodante y con la información que le entrega Adif sobre la línea en la que se quiere operar, analiza la compatibilidad y, si procede, elabora el correspondiente Certificado de Compatibilidad con la Ruta.

4.5.3. EXPEDIENTE TÉCNICO DE LA MODIFICACIÓN

De acuerdo con lo establecido en los artículos 15 y 16 del Reglamento (UE) nº 2018/545, en el caso de realizar modificaciones sobre un tipo de vehículo y/o vehículo ya autorizado, se debe notificar y/o informar, según el caso, a la Entidad Responsable de la Autorización; para cumplir con esta obligación normativa, el solicitante debe elaborar un Expediente Técnico que contenga la información que se define en el Anexo 12.2 de la Guía de la AESF.

Aunque este Expediente Técnico es el cuerpo de este trabajo, ya que, en él se recogen todos los detalles tanto técnicos como normativos y de seguridad relacionados con la modificación, se ha decidido incluirlo como un anexo (concretamente el Anexo I) para diferenciar claramente el documento de mayor relevancia del proceso de modificación con respecto del resto del trabajo.

5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES

Las aportaciones que pueden considerarse obra del autor de este documento pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Se ha planteado un escenario nuevo de explotación de los vehículos ATPRD. Este nuevo escenario puede generar nuevas oportunidades de negocio a la Empresa Ferroviaria.
2. Se ha marcado el camino más razonable para la obtención de la autorización de puesta en mercado para poder operar en líneas con la L.A.V. Madrid-Segovia-Valladolid por los vehículos de la serie ATPRD 120.
3. Se ha elaborado un Expediente de Mantenimiento que, aunque es ficticio, no tiene por qué alejarse demasiado de la realidad.
4. Como última aportación y objeto de este capítulo, es presentar una simulación del efecto que tendría la modificación del material rodante en la gestión del mantenimiento preventivo de la flota ATPRD 120.

Lo primero que hay que decir, es que los datos que aquí se presentan, al igual que en el resto del trabajo son ficticios, pero permiten al lector tener una visión muy cercana a la realidad, tanto de la situación actual como en un escenario futuro (tras la implantación de la modificación en los vehículos).

5.1.1. INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.



5.1.2. ESCENARIO ACTUAL SERIE ATPRD 120.




Actualmente, la flota de vehículos de la serie 120 está compuesta por 12 unidades de tren y es mantenida en los talleres de Santa Catalina (STC) y Can Tunis (CT) y las revisiones de ciclo largo, que se realizan en La Sagra (LS). El reparto de trenes entre SC y CT se puede asimilar a 7 y 5 trenes en cada base, respectivamente.

Para este capítulo se hace imprescindible que presentemos otra serie de material rodante, la serie AVGL 120.050, esta serie es una continuación de la serie 120 cuyas diferencias fundamentales son que, dispone del sistema LZB y tiene redundado el sistema de alimentación eléctrica. La serie 120.050 está compuesta por 15 unidades de tren que, debido a la gran dispersión de servicios comerciales por los diferentes corredores; es necesario realizar el mantenimiento en Fuencarral AV (FUAV), Santa Catalina (STC), Can Tunis (CT) y segundo nivel en La Sagra (CT).

Los servicios comerciales que actualmente realizan estas dos series son los siguientes:

s/120

-  Barcelona – San Sebastián
-  Barcelona – Pamplona

-  Barcelona – Valencia
-  Madrid – Logroño
-  Madrid – Pamplona

s/120.050

-  Barcelona – Cádiz
-  Barcelona – Bilbao
-  Barcelona – Vitoria
-  Madrid – San Sebastián
-  Madrid – Bilbao
-  Madrid – Huelva
-  Madrid – Irún

La modificación que se ha planteado en este trabajo fomentaría que tanto la serie 120 como la serie 120.050 puedan operar los mismos servicios comerciales, excepto los servicios que bajen a Huelva y/o Cádiz debido a que la serie 120 no dispone del sistema LZB con el que está equipada la L.A.V. Madrid – Sevilla. Teniendo en cuenta esta premisa, la empresa mantenedora dispondría de un total de 27 vehículos para dar servicio a su cliente (en este caso Renfe Viajeros), en prácticamente para el 100% de los servicios que hoy en día se están explotando.

Una vez finalizada esta pequeña introducción que, a posteriori resultará primordial para entender el cuerpo de este capítulo, pasamos a explicar brevemente lo que es el mantenimiento ferroviario y la gestión del mismo.

Básicamente, la empresa encargada del mantenimiento del material rodante tiene la obligación de cumplir el Plan de Mantenimiento de cada una de las series que mantenga. El Plan de Mantenimiento es el documento que recopila todas las intervenciones de mantenimiento, el ciclo (o frecuencia) de mantenimiento y las operaciones de mantenimiento de los equipos que componen el tren; además, relaciona cada una de las operaciones con las Normas Técnicas de Mantenimiento, que son documentos técnicos específicos de cada uno de los equipos, donde se indican las instrucciones necesarias para ejecutar correctamente tanto el mantenimiento preventivo como las operaciones de montaje y desmontaje de los equipos.

El Plan de Mantenimiento, normalmente, está elaborado por el fabricante y los suministradores de equipos, ya que disponen de un amplio conocimiento tanto de los equipos como de su integración en el tren y, además, tienen gran experiencia en el comportamiento del vehículo en explotaciones similares.

En el caso de la serie 120 y 120.050 el Plan de Mantenimiento establece los siguientes ciclos de mantenimiento:

CICLOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO

Por Kilometraje

Siglas periodicidad	ES	V1	V2	VL	VG	GVG	GVG2
Kms mínimos recorridos	6.750	27.000	135.000	270.000	540.000	1.080.000	2.160.000
Kms medios recorridos	7.500	30.000	150.000	300.000	600.000	1.200.000	2.400.000
Kms máximos recorridos	8.250	33.000	165.000	330.000	660.000	1.320.000	2.640.000

Cuadro 1. Ciclo Operativo de Mantenimiento s/120. Fuente: Renfe

Como muestra el cuadro anterior, la limitación del mantenimiento viene definida por el kilometraje del vehículo, por lo que, para conocer cómo afectará la modificación de la serie 120 en la gestión del mantenimiento, lo primero que se debe conocer es: *¿cuál es la intervención “limitante”?*.

¿Qué es una intervención limitante? La empresa mantenedora debe estudiar y analizar pormenorizadamente todos los factores que influyen en el mantenimiento ferroviario como, por ejemplo: recursos humanos necesarios, disponibilidad de infraestructura, servicios comerciales, tiempos de entrega de materiales, etc. Una vez ha definido todas estas variables, tanto para el departamento de Producción como para el de Gestión de Flota es esencial conocer cuál es la intervención de mantenimiento que le supone la relación más alta entre la movilización de recursos y el tiempo de inmovilizado de un vehículo. Si este tipo de intervenciones no se gestionan de manera eficiente puede generar el colapso de los talleres de mantenimiento y con ello, la falta de disponibilidad de material para la explotación comercial.

Por todas estas razones vamos a presentar los datos que permiten conocer, en el caso de la serie 12x (vehículos tanto de 120 como de 120.050), cual es la intervención que condiciona la gestión del mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestra la estimación de kilómetros de cada una de las series que se ha supuesto para este trabajo.

	km/año	km/mes	Unidades	km/tren
S120	2.704.000	250.000	12	225.333
S120.050	3.562.000	330.000	15	237.467

Tabla 1. Kilómetros mes y tren

Con esta estimación y teniendo en cuenta los ciclos operativos de mantenimiento que establece el Plan de Mantenimiento, la previsión del número total de revisiones anuales por tipo de intervención de mantenimiento es la siguiente (en la tabla están separadas las series y los talleres, es decir, la situación actual en que se encuentra el mantenedor):

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TEÓRICO						
Teórico	ES	V1	V2	VL	VG	GVG
S120	324	72	10	5	0	3
STC	221	58	8	0		
CT	104	14	2			
LS				5	0	3
S120.050	424	95	16	6	2	3
CT	212	71	13			
FUAV	182	24	3			
STC	30	0	0	0		
LS				6	2	3

Tabla 2. Número de intervenciones por tipo de mantenimiento.

Conocidas las revisiones de mantenimiento preventivo, ahora hay que calcular el tiempo de inmovilizado de cada una de ellas, para poder cruzar los datos y poder definir qué tipo de intervención es la que limita el mantenimiento y así poder gestionarla correctamente.

En la tabla inferior se muestra la siguiente información:

- Tipo de revisión de mantenimiento.
- Kilómetros que establece el Plan de Mantenimiento por revisión.
- Las horas de trabajo efectivas necesarias para llevar a cabo cada revisión.
- Las semanas al año de estadía del vehículo en taller. Este dato es el resultado de multiplicar el nº de revisiones por las semanas de ocupación.

Tipo Revisión	kms	Horas	Semanas	Semanas estadía/años/120	Semanas estadía/años/120.050
ES	7.500	18	0.1	28	28
V1	30.000	154	0.5	36	36
V2	150.000	235	1	10	10
VL	300.000	260	2	10	10
VG	600.000	450	4	-	-
GVG	1.200.000	896	8	24	24

Tabla 3. Estadías por tipo de intervención.

Parece claro que la intervención que condiciona la gestión de la flota y de los talleres en este caso es la **revisión V1**. Aunque pueda parecer que las intervenciones ES tienen influencia, no es así, ya que las horas de trabajo en la revisión son muy bajas, por lo que, en un turno de trabajo con tres personas de mano de obra directa completan la revisión. Por otro lado, están las GVGs que tampoco tienen incidencia porque se realizan en un taller de segundo nivel como es el taller de La Sagra y, por tanto, no afectan a la gestión de flota.

Con la limitación actual de los vehículos 120, los servicios comerciales que se operan y teniendo en cuenta la dispersión de los talleres de mantenimiento, la distribución por talleres de los vehículos pertenecientes a las flotas 120 y 120.050 es la siguiente:

ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS POR TALLER				
S120	Uts Totales	Uts Circulando	Uts Mantenimiento	Uts Reserva
STC	7	5	1	1
CT	5	4	1	1
LS	0	0	1	0
S120.050				
CT	5	3	1	1
FUAV	7	5	1	1
STC	3	1	1	1
LS	0	0	1	0

Tabla 4. Asignación de vehículos por taller.

Como aclaración, indicar que se ha supuesto una unidad de cada serie en el taller de La Sagra, aunque realmente no hay asignada ninguna unidad a este taller, en caso de existir algún vehículo estaría con motivo de una intervención de gran estadía. Aclarado este punto, se pasa a analizar los datos de la tabla. Como se puede ver, la distribución actual tiene un patrón común que es el siguiente:

- 1 vehículo de reserva por serie y por taller, y
- 1 vehículo en mantenimiento por taller.

Una de las razones por la que esta distribución es así, es debido a que la serie 120 no puede circular por todas las líneas de alta velocidad, por lo que, cada taller debe tener al menos, un vehículo de reserva de la serie 120.050. Los vehículos de reserva son importantes tanto para Producción como para Gestión de Flota, ya que permiten “jugar” con los vehículos dependiendo de las incidencias y desviaciones que puedan surgir a lo largo del día. Cuando se calculen las revisiones, se podrá ver que, como mínimo habrá una intervención de importancia a la semana, es decir, el taller siempre va a tener como mínimo una unidad inmovilizada por mantenimiento.

En base a todos los datos expuestos anteriormente, el departamento de Gestión de Flota confecciona los siguientes documentos o plantillas:

1. **Programación del mantenimiento preventivo** a lo largo del año por taller, de manera que en ningún caso se supere el kilometraje entre revisiones.

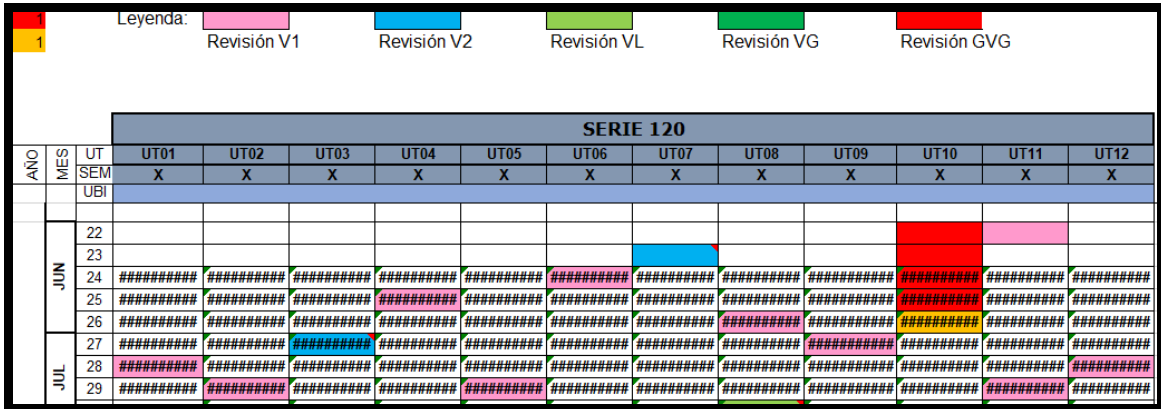


Figura 15. Ejemplo de programación por kilometraje y semanas. Fuente: Actren

2. **Gráfico de circulaciones.** El departamento de Gestión de Flota pone a disposición del cliente los vehículos que están útiles para operar los servicios comerciales.

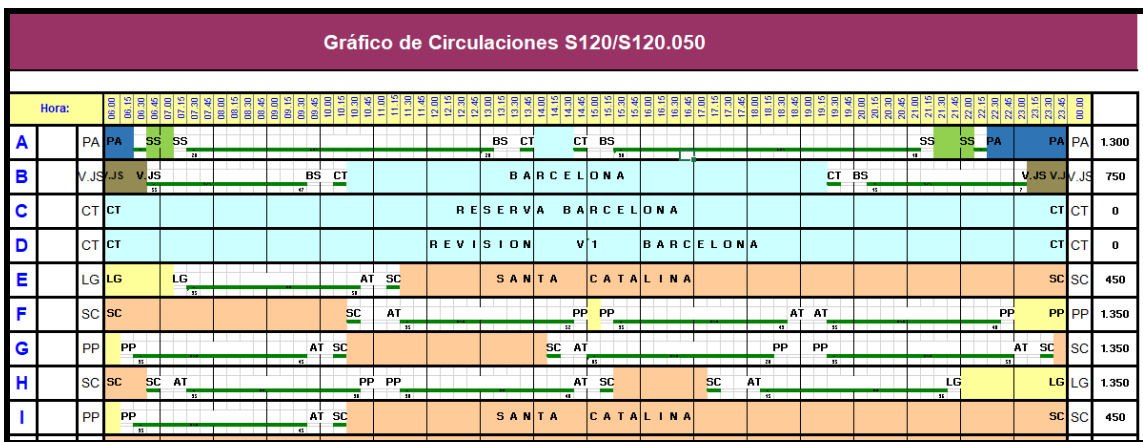


Figura 16. Ejemplo de Gráfico de Circulaciones. Fuente: Actren

Esta información se envía al cliente para que opere los trenes y al departamento de Producción de la empresa mantenedora, la cual, con toda esta información planifica los trabajos correspondientes y asigna tanto las personas como los medios productivos necesarios para dar cumplimiento al mantenimiento que estable el Plan de Mantenimiento en vigor.

5.1.3. ESCENARIO FUTURO. POST-IMPLANTACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LA SERIE ATPRD 120.

En el caso en que la modificación fuese aprobada por la AESF e implantada por el solicitante, las consecuencias que tendría en el mantenimiento serían las siguientes:

1. **Reducir el número de Bases de Mantenimiento.** La modificación permitiría dejar de mantener vehículos en el taller de Fuencarral AV, ya que, la serie 120 podría operar los servicios comerciales que tienen como salida la estación de Chamartín-Clara Campoamor como consecuencia de poder circular por el túnel de Guadarrama.

Como se puede suponer, esta decisión desde el punto de vista empresarial es un ahorro económico muy importante, ya que, cuantos más talleres, mayor es la estructura organizativa y mayor es el gasto en canon por la cesión de instalaciones.

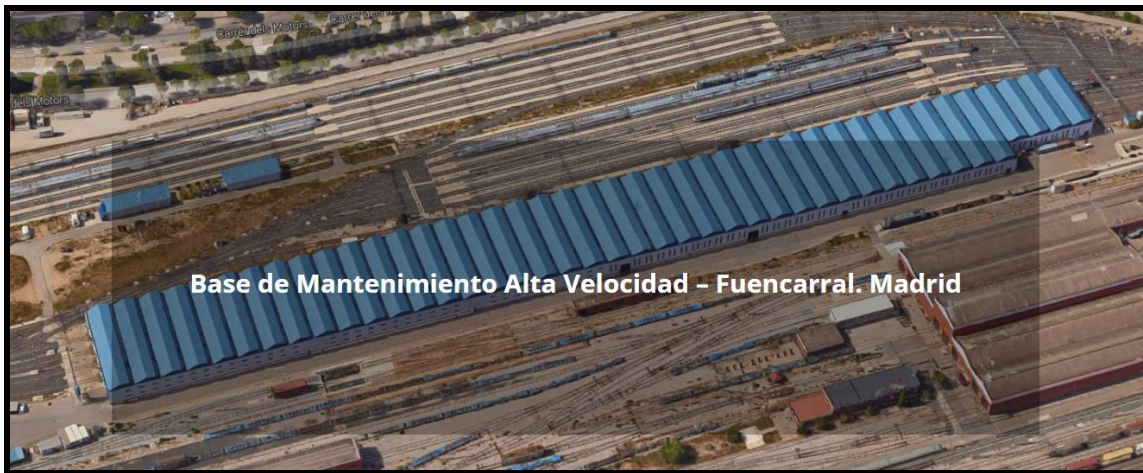


Figura 17. BMI Fuencarral AVE (Madrid). Fuente: Actren.es

2. **Optimización en la gestión de la flota.** La siguiente consecuencia en importancia tiene que ver con la gestión de la flota, parece evidente que si la serie 120 puede operar más servicios el número de kilómetros por vehículo van a pasar a repartirse entre 27 unidades, por lo que, aunque aumente el número de kilómetros realizados por los trenes de la serie 120, los kilómetros de la serie 120.050 disminuyen (aproximadamente 5.000 kms por tren), como se puede ver en las siguientes tablas:

	km/año	km/mes	Unidades	km/tren
S120	2.704.000	250.000	12	225.333
S120.050	3.562.000	330.000	15	237.467

Tabla 5. Distribución de kilometraje actual.

	km/año	km/mes	Unidades	km/tren
S12X	6.266.000	290.000	27	232.074

Tabla 6. Distribución del kilometraje tras la modificación.

Esta reducción de kilometraje aunque a primera vista podría considerarse que tiene poca afección en la gestión del mantenimiento, si volvemos a calcular el número de intervenciones de mantenimiento y la comparamos con el cálculo de las dos series por separado podemos ver que por un lado, las intervenciones de gran estadía se reducen y el aumento de las intervenciones de baja estadía es muy leve, es decir, se puede gestionar de manera más eficiente el reparto de kilómetros entre las unidades disponibles. Además, se reducirían los vehículos de reserva, ganando entre 2-3 vehículos disponibles al día.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TEÓRICO						
Teórico	ES	V1	V2	VL	VG	GVG
S120	324	72	10	5	0	3
STC	221	58	8	0		
CT	104	14	2			
LS				5	0	3
S120.050	424	95	16	6	2	3
CT	212	71	13			
FUAV	182	24	3			
STC	30	0	0	0		
LS				6	2	3

Tabla 7. Número de Intervenciones de mantenimiento actuales.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TEÓRICO						
Teórico	ES	V1	V2	VL/M1	VG/M2	GVG/IM3
S120	752	167	34	5	0	3
STC	511	134	27	0		
CT	241	33	7			
LS				5	0	3

Tabla 8. Número de intervenciones de mantenimiento tras la modificación.

Este reparto más uniforme de los kilómetros permitiría al departamento de Gestión de Flota poder programar las intervenciones de mantenimiento de manera mucho más eficaz y, por otro lado, en caso de producirse incidentes inesperados ser mucho más ágiles a la hora de reprogramar las circulaciones.

- Optimización de los procesos de la organización que afecten a la ejecución de mantenimiento.** Como consecuencia de los dos puntos anteriores (reducción de la dispersión geográfica y mejor laminado de las revisiones de mantenimiento) los

procesos tanto transversales como propios de la ejecución del mantenimiento se ven afectados positivamente, ya que la desviación de la planificación anual del mantenimiento es mucho menor que en la situación actual. Un ejemplo claro de cómo puede influir en procesos transversales es con el proceso del departamento de Logística; con la nueva situación, el departamento de Logística puede mejorar el índice de rotación de los almacenes, reducir el valor económico de los almacenes, evitar complicaciones generadas por posibles roturas de stock de los suministradores, etc. Este ejemplo del departamento de Logística puede extrapolarse a cualquier otro proceso de la organización. En conclusión, una optimización del laminado de las revisiones de mantenimiento tiene un efecto positivo en cualquiera de los procesos que estén ligados a la ejecución del mantenimiento.

4. **Problemas de coordinación en el uso de las instalaciones de mantenimiento.** Como contrapunto a los aspectos positivos comentados hasta ahora, la reducción de los talleres de mantenimiento, en este caso la BMI de Fuencarral AV, supone un escenario nuevo en la gestión de las instalaciones del taller de Santa Catalina. Es lógico pensar que con el aumento de la dotación de trenes en el taller de Santa Catalina, el mantenedor va a necesitar mayor número de vías disponibles para inmovilizar los trenes para su mantenimiento y, además, que estas vías estén equipadas con los medios productivos necesarios para poder mantener el bogie brava.

La gestión de las Bases de Mantenimiento son responsabilidad de Renfe, pero afectan directamente a la actividad del mantenedor, por lo que, Renfe debería analizar y estudiar de forma pormenorizada todas las variantes que podría encontrarse si se materializase una situación como la planteada.

Para concluir y, a modo de resumen, por todos los argumentos expuestos a lo largo de este documento, parece razonable pensar que la modificación de los vehículos de la serie ATPRD 120 tendría efectos positivos tanto para la empresa que explota los vehículos como para la empresa mantenedora, siendo esta última la gran beneficiada porque se le abre un nuevo escenario con muchas oportunidades de mejora y optimización del mantenimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada para la elaboración de este documento aparece en el listado de normativa de aplicación que aparece en el punto 3 del apartado 4.5.2.

7. ANEXOS

ANEXO I. EXPEDIENTE DE MODIFICACIÓN

EXPEDIENTE DE MODIFICACIÓN

Transformador de emergencia y Cofre de AT

ATPRD (RENFE S120)



Elaborado por: Manuel Escudero García

Fecha: 24 de agosto de 2022

Motivo: Trabajo Fin de Máster – Sistemas Ferroviarios

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS	5
4. DESARROLLO	6
5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	32
1. ANTECEDENTES	36
2. OBJETO	36
3. CONFORMIDAD DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO Y DE LA EEM	36
4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	36
5. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LOS VEHÍCULOS AFECTADOS	39
6. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y/O COMPONENTES FUNDAMENTALES.	39
6.1. COFRE DE ALTA DE EMERGENCIA	40
6.2. TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA	41
6.3. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	43
7. PLANOS, ESQUEMOS U OTROS DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITORIOS DE LA MODIFICACIÓN.	44
8. NÚMERO O IDENTIFICADOR DE LA MODIFICACIÓN	45
9. PLAN DE ENSAYOS E IMPLANTACIÓN.	45
9.1. PLAN DE ENSAYOS	45
9.2. PLAN DE IMPLANTACIÓN	46
10. REPERCUSIÓN DE LA MODIFICACIÓN SOBRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO.	46
11. VALORACIÓN DE LA SIGNIFICATIVIDAD DE LA MODIFICACIÓN.	48
12. TIPO DE MODIFICACIÓN Y REVISIÓN DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTEROPERABILIDAD.	50
12.1. EVALUACIÓN DE LA FIJACIÓN DE DISPOSITIVOS A LA ESTRUCTURA DE LA CAJA. 51	
12.2. EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO DE CARGA POR EJE	52
12.3. EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE TRACCIÓN	54
12.4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL VEHÍCULO EN VÍA. ...	58
12.5. EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE FRENADO.....	63
12.6. EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	63

1. ANTECEDENTES.

Como resultado del crecimiento del transporte de viajeros por ferrocarril, concretamente en los corredores de la zona norte de España, a la empresa ferroviaria que explota esos servicios comerciales le surge la necesidad de disponer de un mayor número de vehículos que estén preparados para satisfacer tal demanda. Por este motivo el propietario de los vehículos ATPRD 120 presenta la siguiente propuesta de modificación del material rodante.

2. OBJETO.

En base a la Guía sobre el contenido del Expediente de Modificación de un vehículo ferroviario (O-02.02-02-GU-01 Versión 02) publicada por la AESF en noviembre de 2020, el Reglamento de Ejecución (UE) N° 2018/545 y el Reglamento de Ejecución (UE) n° 402/2013 de 30 de abril de 2013, todo vehículo autorizado para circular por la Red Ferroviaria de Interés General y que vaya a ser modificado requiere de un análisis para verificar si el nivel global de seguridad del subsistema se ve afectado por la modificación que se desea introducir.

El objeto del presente Expediente de Modificación es **documentar la modificación de los 12 vehículos que componen la serie S/120 para poder circular a través del Túnel de Guadarrama.**

En líneas generales, la modificación consiste en redundar el sistema de alimentación eléctrica del tren, para ello, es necesario la instalación de un transformador auxiliar y un cofre de alta. Esta modificación únicamente afectará a un modo de conducción en condiciones degradadas.

3. CONFORMIDAD DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO Y DE LA EEM.

En este apartado tanto el propietario de los vehículos afectados por la modificación descrita en el expediente como la Entidad Encargada del Mantenimiento expresan su conformidad con el presente Expediente de Modificación.

4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Actualmente, por diseño, los vehículos de la serie S/120, ante una avería del transformador, el vehículo pierde el 100% de la capacidad de tracción. Esta limitación del material rodante provoca la imposibilidad de circular por túneles como el de Guadarrama, por tanto, el solicitante de la modificación pretende modificar los vehículos de la serie S/120 con el objeto de que sean clasificados como categoría “B” conforme al apartado 4.2.3. del

Reglamento (UE) N° 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios».

Por esta razón, se propone la instalación de un transformador de emergencia y un cofre de alta, estos equipos integrados en el vehículo permiten que, en caso de incendio a bordo, el tren disponga del 50% de la capacidad de tracción y dejarían de tener limitaciones de circulación por los túneles de la RFIG, sean cuales sean sus características. Estos equipos (transformador de emergencia y cofre de alta) únicamente funcionarían en caso de avería del transformador principal y tendrían la función de alimentar eléctricamente a los inversores de tracción de la semirrama turista (MIT-MCT).

En los siguientes diagramas se expone el diseño actual (diagrama 1) de la serie 120 y el diseño que se pretende implantar (diagrama 2).

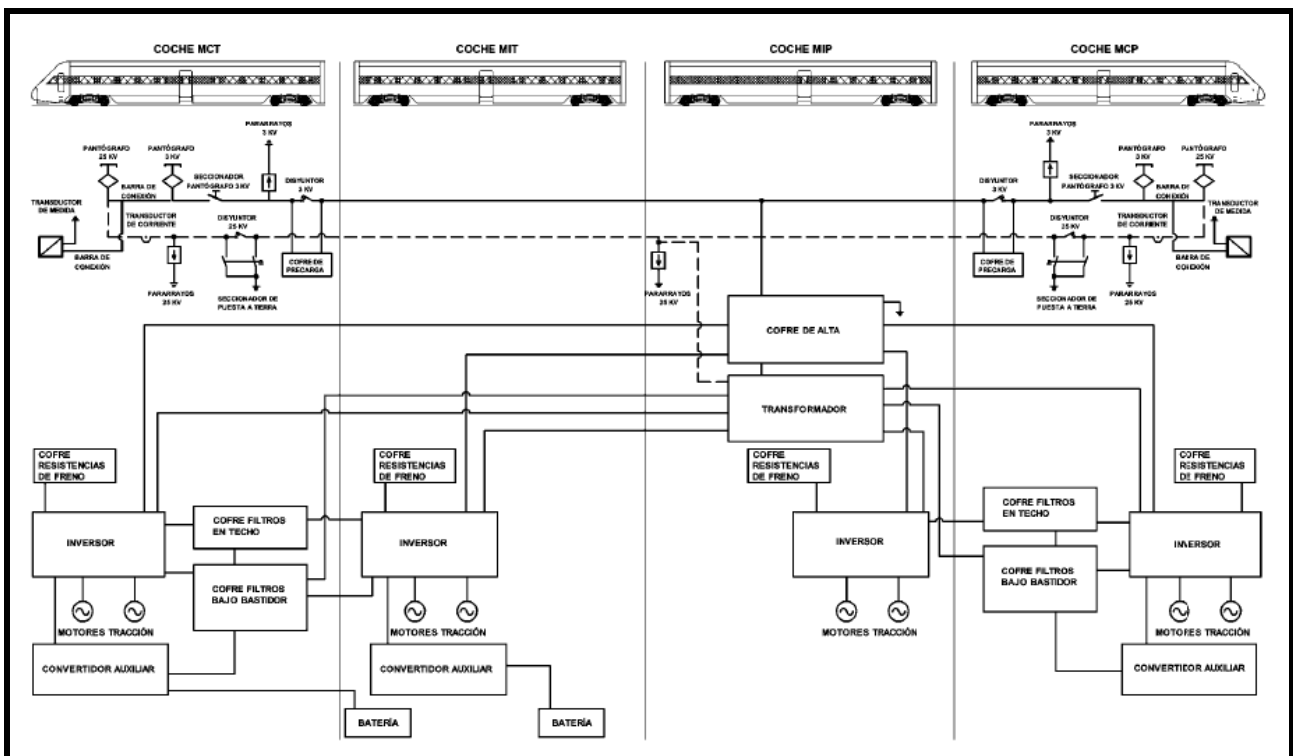


Diagrama 1. Diseño con un transformador de la serie 120. Fuente: Renfe

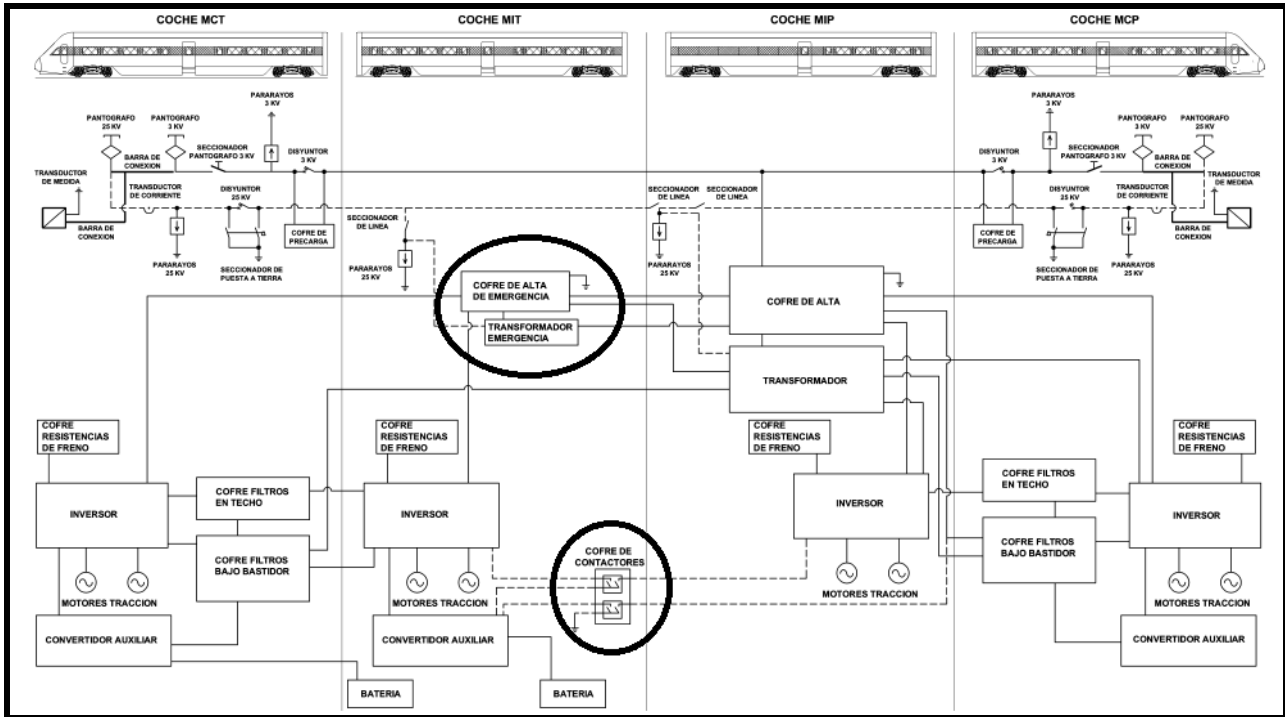


Diagrama 2. Diseño propuesto en la modificación. Fuente: Renfe

Se ha decidido que el montaje del transformador de emergencia (2700 kg) y del cofre de alta (330 kg) se va a realizar en el techo del coche MIT, tal y como se muestra en la Figura 1. Esta decisión permite que, en caso de incendio de alguna de las semirramas de vehículo, se pueda proporcionar la alimentación eléctrica a la semirrama no afectada por el incendio, ya que, el transformador principal está ubicado en el coche MIP y el de emergencia en el coche MIT.

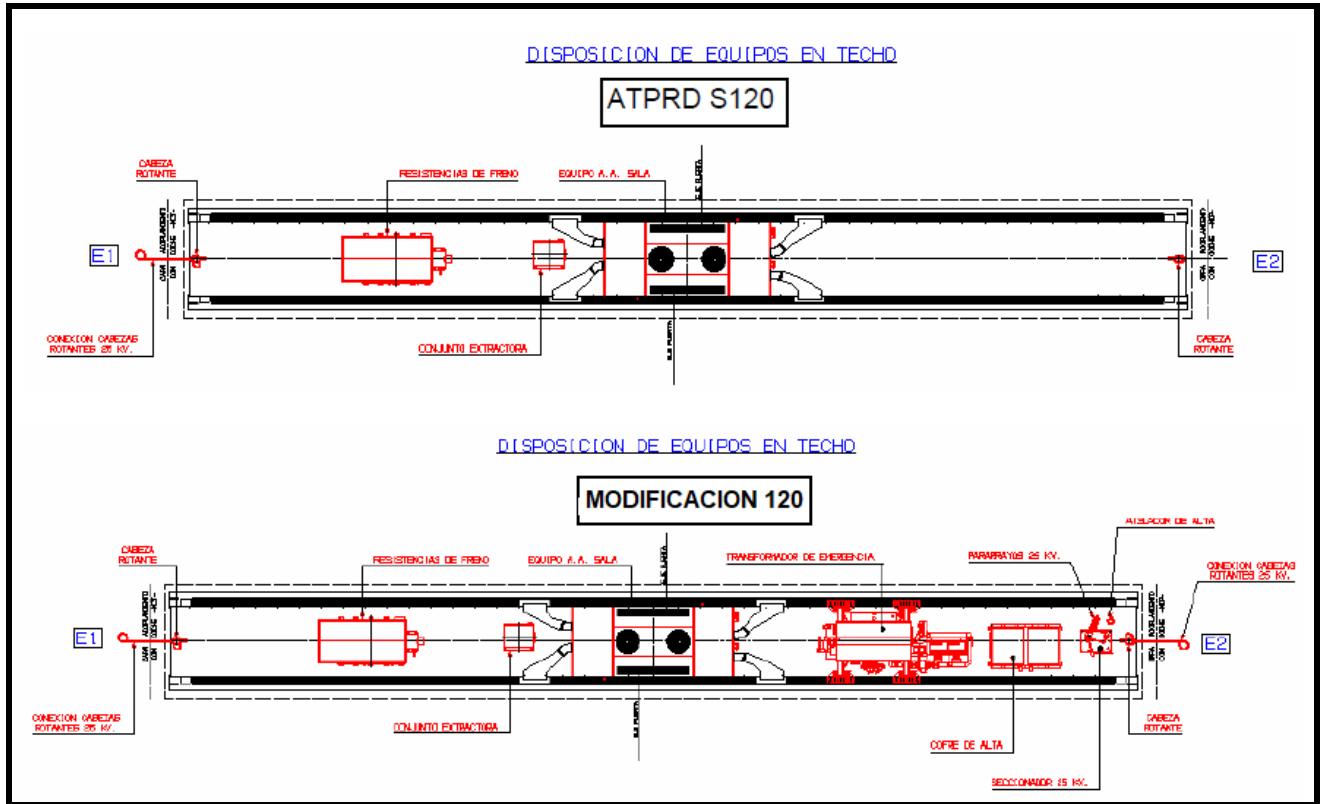


Figura 1. Montaje propuesto. Fuente: CAF

5. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LOS VEHÍCULOS AFECTADOS

El listado de vehículos afectados por esta modificación es el siguiente:

120.001	120.004	120.007	120.010
120.002	120.005	120.008	120.011
120.003	120.006	120.009	120.012

6. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y/O COMPONENTES FUNDAMENTALES.

Debido a que la modificación propuesta no consiste en la sustitución o cambio de un equipo por otro con características diferentes, si no que consiste en el montaje de unos equipos nuevos; en este apartado no se compara el estado actual y el modificado previsto, si no que se presentan de forma resumida las características técnicas y el funcionamiento de estos dos elementos y su integración en el tren.

6.1. COFRE DE ALTA DE EMERGENCIA

El cofre AT de emergencia se instalará centrado en el techo del vehículo MIT, no afectando al gálibo del vehículo, ya que, va cubierto por el carenado del vehículo. El peso del equipo es de aproximadamente 330 kg.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COFRE DE ALTA	
Dimensiones	1910 x 1120 x 440.5 mm
Peso	330 kg
Tensión de funcionamiento	
BT	72 Vcc
AT	3.700 Vcc
Corriente de funcionamiento	
Modo Normal	720 A rms
Modo Emergencia	375 A rms
Condiciones ambientales	
Rango de temperatura de funcionamiento	- 20°C a 50°C
Impactos y vibraciones	EN 61373
Grado de protección	IP 55

Tabla 1. Características técnicas del Cofre de AT. Fuente: Renfe

El cofre de alta tensión de emergencia, en caso de avería del transformador principal, es el equipo encargado de aislar el circuito del transformador principal hacia los inversores de los coches MIT y MCT y conectar dichos inversores al circuito del transformador de emergencia. Este cofre no funciona de manera automática, si no que tiene que ser accionado por el personal de conducción a través de un conmutador ubicado en el armario de cabina.

Para ejecutar las maniobras anteriormente indicadas, el cofre de alta dispone de los siguientes elementos:

- 2 contactores principales
- 2 contactores auxiliares
- 4 seccionadores motorizados

En funcionamiento normal, los contactores principales y dos de los cuatro seccionadores se encuentran abiertos, de esta manera el transformador de emergencia se encuentra aislado. Los otros dos seccionadores están cerrados para permitir la alimentación de los convertidores de tracción de la semirrama turista a través del transformador principal.

En caso de avería del transformador principal, el estado de los contactores y seccionadores cambia permitiendo que el transformador de emergencia alimente a los convertidores de tracción de los coches MCT y MIT y, aislando el circuito de alimentación que nace del transformador principal hacia la rama turista. En este supuesto, la unidad funcionaría al 50% de su capacidad de tracción nominal.

En el siguiente diagrama eléctrico se representa de forma simplificada el circuito eléctrico de potencia aplicable a la propuesta de modificación.

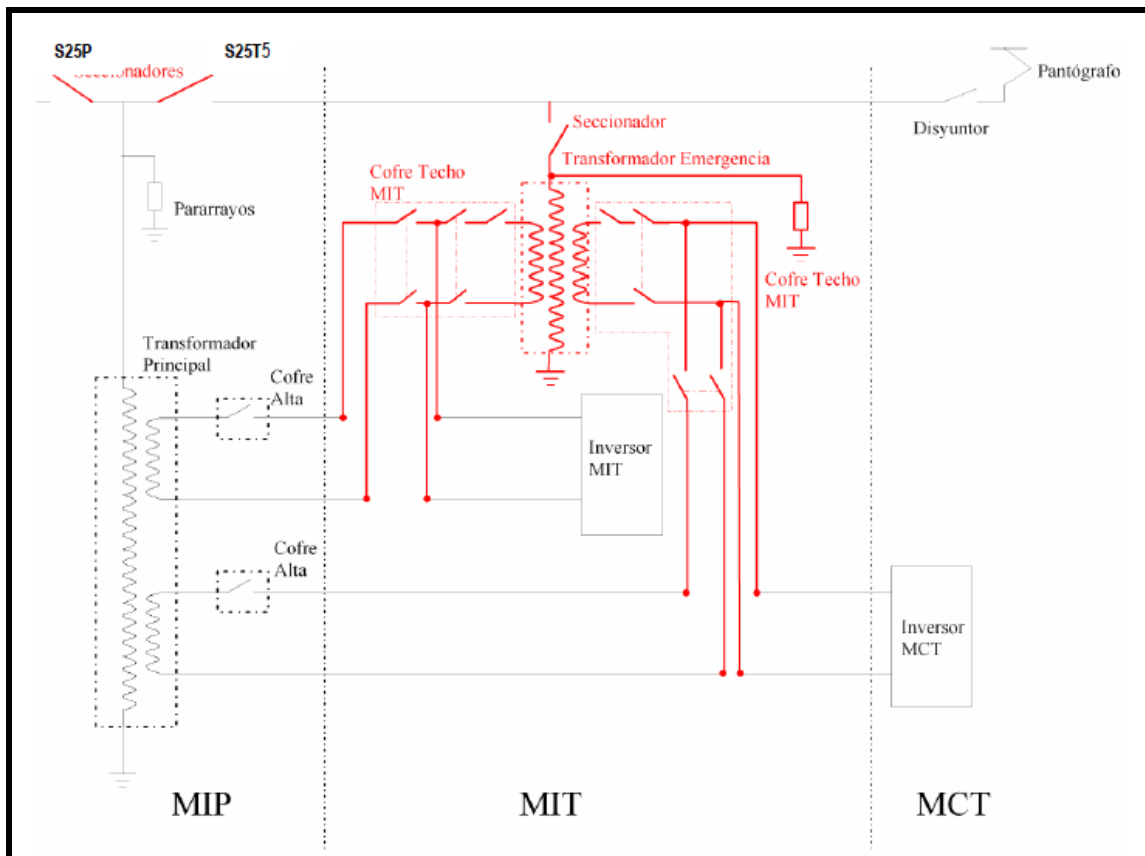


Diagrama 3. Diagrama eléctrico de la propuesta de modificación. Fuente: CAF

En su conjunto, este equipo en cuanto a características, debe cumplir la Norma UNE-EN 60077 “Aplicaciones ferroviarias. Equipos eléctricos para el material rodante” y estas características deben ser validadas por el NoBo previamente a la implantación de la modificación en el vehículo.

6.2. TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA

Este equipo únicamente puede entrar en funcionamiento cuando el tren haya quedado detenido por algún defecto del transformador principal; además, el transformador de emergencia no arranca de forma automática, sino que es el personal de conducción el que

debe accionarlo mediante la actuación sobre un conmutador instalado en el armario eléctrico de cabina. Por otro lado, y como se puede ver en las características del transformador de emergencia, la tensión de alimentación necesaria en el primario es de 25 kVca.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA	
Dimensiones	4015 x 2089 x 470 mm
Peso total del transformador	2700 kg
Peso del sistema de refrigeración	170 kg
Frecuencia de funcionamiento	50 Hz
Depósito y tapa	
Material	Acero
Color	RAL 7031
Bloqueo de espiras	Capa de espiras
Interior magnético	Dos elementos
Clase de aislamiento	F
Espira primaria o principal	
Potencia	1500 kVA
Voltaje	25 kV
Corriente	60 A
Espiras secundarias	
Potencia	2x750 kVA
Voltaje	2 kV
Corriente	2x375 A

Tabla 2. Características técnicas del transformador. Fuente: Renfe

El transformador de emergencia, por el propio diseño de la modificación y como ya se ha comentado anteriormente, exclusivamente alimenta los inversores de la semirrama turista (coches MIT y MCT) permitiendo que la unidad disponga de una capacidad de tracción al 50% de su funcionamiento normal.

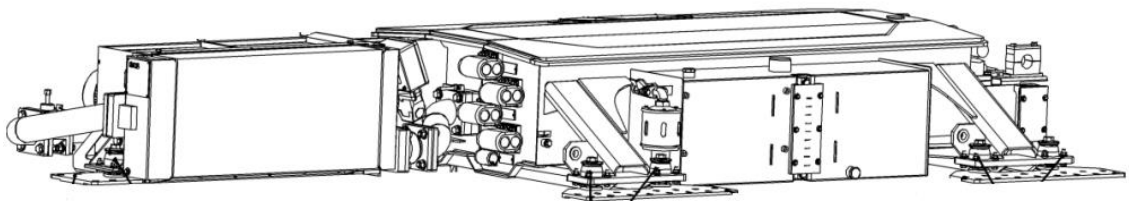


Figura 2. Transformador de emergencia. Fuente: CAF

El depósito del transformador está provisto de un equipamiento para asegurar el buen funcionamiento del transformador. Este equipamiento consta de:

- **Las conexiones eléctricas**, tanto al primario del transformador como al secundario y a tierra.
- **El equipamiento hidráulico** (el sistema de refrigeración), cuya misión es la de disipar el calor generado por las pérdidas eléctricas del transformador, para ello se montan ventiladores que enfrían el aceite que es impulsado por medio de una bomba de circulación.
- **Los accesorios y los dispositivos de vigilancia y protección**. Como pueden ser: termostatos, sensores de nivel de aceite, válvula de sobrepresión, etc. Que es la parte encargada del control y la gestión de los parámetros de funcionamiento del transformador y que deben actuar en caso de avería.

Por último, indicar que el transformador de emergencia debe cumplir con los requisitos definidos en la Norma UNE-EN 60310:2004 “Aplicaciones ferroviarias. Transformadores de tracción e inductancias instalados a bordo del material rodante” y estas características deben ser validadas por el NoBo previamente a la implantación de la modificación en el vehículo.

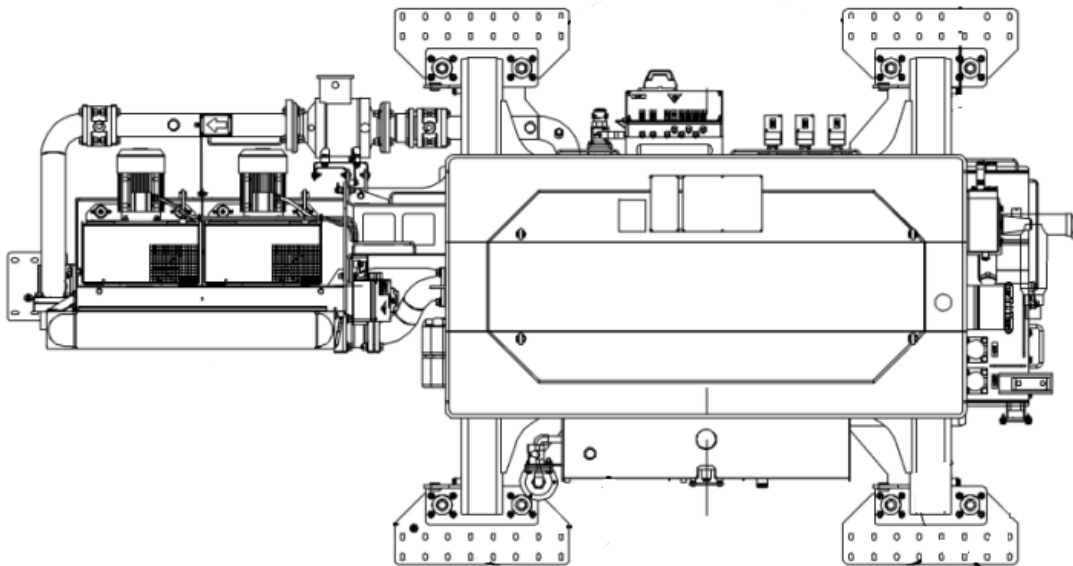


Figura 3. Vista desde planta del transformador de emergencia. Fuente: CAF

6.3. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

La integración de esta modificación en la serie ATPRD 120 conlleva la instalación en el techo del coche MIT tanto el transformador de emergencia como el cofre de alta; además, se debe realizar toda la instalación eléctrica tanto de mando como de potencia.

Toda la información necesaria para el ejecutar el primer prototipo viene reflejada en el siguiente apartado (Planos, esquemas u otros documentos técnicos definitorios de la modificación).

Al margen de la parte que afecta a la estructura de la caja y al cableado eléctrico, el fabricante del vehículo debe actualizar la versión del sistema de gestión y control (COSMOS), ya que, realizará las siguientes tareas de mando sobre el equipo:

- Funcionamiento normal.
 - Cierre de dos contactores del cofre de alta para alimentar eléctricamente los inversores de la rama turista.
 - Apertura de dos contactores del cofre de alta para aislar el transformador de emergencia del transformador principal.
- Funcionamiento en modo degradado.
 - Cambio de estado de los cuatro contactores que se han mencionado en el punto anterior, de manera, que se desconecta la rama turista del transformador principal y se conecta al transformador de emergencia.
 - Supervisión de la tensión de catenaria. Este modo de conducción únicamente puede activarse en líneas de 25 kVca.
 - Arranque de los inversores de la rama turista.

Es importante recordar que según lo establecido en el RE (UE) 2018/545, es responsabilidad del titular de la autorización de tipo de vehículo la gestión de la configuración, proceso que garantice que se establecen y se mantienen la coherencia de la documentación y la trazabilidad de las modificaciones.

7. PLANOS, ESQUEMOS U OTROS DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITORIOS DE LA MODIFICACIÓN.

Este punto es esencial tanto para entender el alcance de la modificación como para la posterior implantación de la misma en el tren, por lo que es fundamental hacer un análisis muy exhaustivo de los elementos, circuitos, componentes, etc que se ven afectados por la modificación y anexar toda la documentación técnica que esté relacionada con la misma.

No hay que olvidarse de que esta modificación afecta al modo de conducción en condiciones degradadas, por lo que, habría que adjuntar la propuesta de modificación tanto del Manual de Conducción como del Manual Descriptivo.

En nuestro caso no se ha adjuntado ningún plano ni documentación técnica sobre los equipos, ya que son propiedad del fabricante CAF y del propietario de los trenes RENFE y no disponemos del permiso necesario para hacer uso de ellos en este documento.

8. NÚMERO O IDENTIFICADOR DE LA MODIFICACIÓN.

El solicitante de la modificación debe codificar la modificación de manera que quede trazada debido a que todas las modificaciones que sufra cada uno de los vehículos referidos en el listado del apartado 3.2 deben añadirse al respectivo expediente de mantenimiento.

9. PLAN DE ENSAYOS E IMPLANTACIÓN.

9.1. PLAN DE ENSAYOS.

Los ensayos planificados para la verificación de la conformidad se clasifican como: pruebas tipo o pruebas serie y dentro de esta categorización puede ser ensayos estáticos o ensayos dinámicos (pruebas en vía).

Pruebas Tipo:

- Ensayos estáticos:
 - Análisis estructural de la caja del coche MIT por método de elementos finitos (FEM).
 - Cálculos de carga por eje.
 - Cálculos del comportamiento dinámico del material rodante modificado.

- Ensayos dinámicos:
 - Pruebas en vía para la validación de las prestaciones de frenado.
 - Pruebas en vía para la validación de la capacidad de circulación.

Pruebas Serie:

- Pruebas en vía para la validación de los límites de emisión e inmunidad de los equipos eléctricos.

Los resultados de estas pruebas deben ser adjuntados en este expediente de modificación para poder validar la conformidad de los requisitos que han necesitado ser evaluados de nuevo.

Todas estas pruebas y la documentación técnica resultante de las mismas, debe ser evaluada por un NoBo para poder dar validez al cumplimiento del requisito de la Especificación Técnica de Interoperabilidad.

9.2. PLAN DE IMPLANTACIÓN

Una vez analizado el impacto de la modificación de cada uno de los requisitos que precisan de re-evaluación, se pasa a la fase de implantación de la modificación en la primera unidad de la serie ATPRD durante una intervención de mantenimiento de gran estadía (GVG) en las instalaciones del taller de La Sagra.

La campaña completa de implantación de la modificación se ejecutaría aprovechando intervenciones de gran estadía en el taller de La Sagra (de VG en adelante) para minimizar el tiempo de inmovilizado de los trenes. El tiempo de implantación estimado es de un vehículo cada 2 meses, por lo que, el intervalo de implantación puede estimarse en unos 18 meses.

Para finalizar, la implementación queda certificada con la cumplimentación de un certificado de implantación en el que se indican los datos identificativos del vehículo, la fecha de implantación y los resultados de las comprobaciones que se deben realizar tras la instalación de los equipos. Este documento debe añadirse al expediente de mantenimiento de cada uno de los vehículos modificados.

10. REPERCUSIÓN DE LA MODIFICACIÓN SOBRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO.

La modificación propuesta tiene una profunda influencia en la documentación técnica de mantenimiento, tanto en el Plan de Mantenimiento como en las Normas Técnicas de Mantenimiento, por esta razón, nos encontramos ante dos propuestas de modificación documental diferentes pero vinculadas.

Por un lado, es necesaria la actualización del Plan de Mantenimiento para la inclusión de las nuevas operaciones y frecuencias de mantenimiento que deberían realizarse tanto a los nuevos equipos instalados como a los equipos afectados por la modificación técnica que se pretende implantar.

Esta es la propuesta de mantenimiento preventivo que han establecido tanto el fabricante del equipo como el fabricante del material rodante para los vehículos de la serie ATPRD 120:

COFRE DE ALTA EMERGENCIA	REVISIONES MANTENIMIENTO						
	ES	V1	V2	VL	VG	GVG	GVG2
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN							
Inspección visual del estado general del cofre.		X	X	X	X	X	X
Inspección de las fijaciones mediante las marcas de apriete de los tornillos.		X	X	X	X		
Verificar el par de apriete de los tornillos de las fijaciones.						X	X
Inspeccionar el estado de los contactos de los seccionadores y de los contactores.				X	X	X	X
Comprobar el funcionamiento de los contactores y los seccionadores.			X	X	X	X	X
Inspeccionar el estado de las chimeneas de los contactores.				X	X	X	X
Inspeccionar las conexiones eléctricas y mecánicas de los contactores y seccionadores.				X	X	X	X
Limpiar el interior del cofre con soplado de aire.				X	X	X	X
Limpiar los contactores y seccionadores.				X	X	X	X
Realizar una limpieza de la superficie del electroimán de los contactores.				X	X	X	X
Comprobar el desgaste de los contactores y secciones. Sustituir si es necesario.						X	X

TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA	REVISIONES MANTENIMIENTO						
	ES	V1	V2	VL	VG	GVG	GVG2
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN							
Inspección visual general del transformador de emergencia				X	X	X	X
Verificar el par de apriete de los tornillos de las fijaciones.		X	X	X	X	X	X
Comprobar el nivel de aceite. En caso necesario, rellenar.			X	X	X	X	X
Realizar un análisis de aceite (tensión de ruptura y contenido de agua, acidez, color, tangente delta, etc).						X	X
Inspección visual del silicagel. En caso necesario, proceder a su regeneración.		X	X	X	X	X	X
Comprobar el estado de la bomba de aceite en busca de daños, fugas o ruido excesivo.			X	X	X	X	X
Inspección visual de la caja de cables y del estado de los casquillos de baja tensión.					X	X	X
Inspección visual de los silentblocks.					X	X	
Limpiar la entrada de aire del secador.				X	X	X	X
Sustituir el silicagel.						X	X
Comprobar la resistencia de aislamiento					X	X	X

COSMOS	REVISIONES MANTENIMIENTO						
	ES	V1	V2	VL	VG	GVG	GVG2
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN							
Comprobar el correcto funcionamiento del modo transformador de emergencia desde ambas cabinas.	X	X	X	X	X	X	X
Comprobar el correcto funcionamiento del modo socorro y transformador de emergencia desde ambas cabinas.	X	X	X	X	X	X	X

CABLEADO ENTRE COCHES	REVISIONES MANTENIMIENTO						
	ES	V1	V2	VL	VG	GVG	GVG2
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN							
Inspeccionar visualmente el estado de los cables y conectores.			X	X	X	X	X
Comprobar el estado y sanear el sellador de los vierteaguas montados sobre los conectores pfisterer.						X	X

Figura 4. Extractos del futuro Plan de Mantenimiento.

Una vez aprobada la actualización del Plan de Mantenimiento la Entidad Encargada del Mantenimiento entregará el correspondiente formulario en la sección 5ª del Registro Especial Ferroviario (REF) para iniciar el proceso de entrada en vigor del nuevo Plan de Mantenimiento.

Por otro lado, habría que generar otra propuesta de modificación documental que afectaría a las siguientes Normas Técnicas de Mantenimiento y de los Manuales de Conducción y Descriptivo:

- NTM 1200.XXX.00. - Transformador de emergencia (Nueva)
- NTM 1200.YYY.00. - Cofre de alta de emergencia (Nueva)
- NTM 1200.704.01. – Cosmos (Actualización)

- NTM 1200.107.01. – Cableado entre coches (Actualización)
- NTM 1200.700.00. – Armarios eléctricos (Actualización)
- Manual de Conducción de la serie ATPRD 120
- Manual Descriptivo de la serie ATPRD 120

11. VALORACIÓN DE LA SIGNIFICATIVIDAD DE LA MODIFICACIÓN.

El análisis de significatividad se ha realizado según lo establecido en el artículo 4 del Reglamento de Ejecución (UE) nº 402/2013 de 30 de abril de 2013 y el apartado 10.1 de la O.02.02-02-GU-01 Versión 02.

CRITERIO	ANÁLISIS	JUSTIFICACIÓN
Implicaciones de Seguridad	SI	<p>La instalación de equipos que implican un cambio en la funcionalidad del material ferroviario, a priori, tiene implicaciones de seguridad, ya que se trata de un escenario desconocido y por tanto, es necesario el establecimiento de medidas mitigadoras que permitan tener controladas las amenazas.</p> <p>Por ejemplo, un aumento en la masa del vehículo puede aumentar el riesgo de riesgo de alcance y/o descarrilamiento, por lo que, hasta que no se conozca cuál es la respuesta de los vehículos ATPD 120 una vez implantada la modificación, se deben fijar las medidas adecuadas (definidas por el grupo de experto) de control de riesgos.</p>
Severidad de las consecuencias para la seguridad	CATASTRÓFICAS	<p>La severidad de las implicaciones de seguridad depende tanto de cada uno de los equipos objeto de cambio como de su integración en el tren. Considerando el caso más desfavorable que aparece en el Análisis de Amenazas, podemos considerar que los efectos o consecuencias en cuanto a la seguridad pueden llegar a ser Catastróficas.</p>
Innovación del cambio	NO	<p>Con anterioridad a este caso, el fabricante del tren ya ha diseñado trenes con sistemas de redundancia del transformador principal similares al caso que se presenta, por lo que, no puede considerarse este aspecto como una innovación en el sector.</p>

CRITERIO	ANÁLISIS	JUSTIFICACIÓN
Complejidad de cambio	MEDIO	Aunque la modificación en sí misma no es muy compleja (ya está implantada en otras series de material rodante), bien es cierto que los análisis y pruebas necesarias para su aprobación serán complejos (aún sólo considerando los aspectos de seguridad) Además, existen varias organizaciones implicadas en el cambio.
Supervisión	SI	Desde el punto de vista formal, el cambio estará supervisado y controlado por el solicitante y el fabricante. Desde el punto de vista técnico y operativo, se puede supervisar el comportamiento de los equipos tanto en la explotación como en el mantenimiento.
Reversibilidad	SI	Siempre será posible volver a la situación actual.
Adicionalidad	NO	No se tiene constancia de que esta serie de vehículos haya sufrido modificaciones relacionadas con esta.

Tabla 3. Análisis de la significatividad.

A la vista del análisis realizado conforme al artículo 4 del Reglamento UE 402/2013 y teniendo en cuenta el Análisis de Amenazas que se adjunta en el Anexo II de este documento, la modificación se considera **SIGNIFICATIVA**.

Esta decisión supone iniciar un proceso extraordinario de gestión de los riesgos identificados para la modificación conforme al Anexo I del Reglamento UE 402/2013. Uno de los aspectos esenciales de este proceso es la necesidad de un Organismo de Evaluación de la Seguridad (AsBo) cuya función es asegurar que el solicitante cumple con el proceso de gestión y aplica correctamente el MCS tal y como se especifica en el Reglamento UE 402/2013 y el resultado de este trabajo se materializa en el Informe de Evaluación Independiente de la Seguridad. Para la consecución de un Informe de Evaluación satisfactorio, además, de cumplir y evidenciar las medidas de control fijadas en el Hazard Log, se genera y entrega al AsBo toda la documentación que evidencie que el solicitante dispone de las herramientas necesarias para el control y la gestión de todo el proceso de la modificación.

El Análisis de Amenazas de la modificación es un documento cuya finalidad es la identificación de posibles riesgos, evaluación de los mismos y definición de las medidas de mitigación necesarias para el control del nivel de riesgo. Este documento debe elaborarse basándose en el juicio de expertos que conozcan perfectamente tanto la parte técnica del material rodante como la parte de aplicación de los Métodos Comunes de Seguridad.

12. TIPO DE MODIFICACIÓN Y REVISIÓN DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTEROPERABILIDAD.

La modificación presentada en este Expediente de Modificación se ha categorizado como **tipo 15.1.d** según el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, por lo tanto, es necesaria la emisión de una **autorización en conformidad con un tipo existente para cada uno de los vehículos modificados.**

Conforme establece el Reglamento (UE) N° 1302/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante «locomotoras y material rodante de viajeros» del sistema ferroviario en la Unión Europea, se considera que las siguientes características se pueden ver afectadas por la modificación y por lo tanto requieren una nueva verificación con la correspondiente evaluación de confirmación:

CLÁUSULA	CARACTERÍSTICA A EVALUAR	NORMATIVA DE APLICACIÓN	REFERENCIA DE VERIFICACIÓN
4.2.2.7	Fijación de dispositivos en la estructura de caja del vehículo	EN 12663-1 Apartado 6.5.2	Informe con los resultados del análisis estructural de la modificación mediante elementos finitos (FEM).
4.2.8.1	Prestaciones de tracción	EN 50553:2012 Apartado 5	Informes con los resultados de las pruebas en vía sobre la capacidad de circulación.
4.2.1	Parámetro de carga por eje	Reglamento (UE) No 1299/2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura»	Apartado 1.12.1 del presente documento.
4.2.3.4.2	Comportamiento dinámico en circulación	EN 14363:2017	Apartado 1.12.2. del presente documento.
4.2.4.5	Prestaciones de frenado	EN 14531-1 o EN 14531-6	Informe técnico con los cálculos de los nuevos parámetros de frenado del vehículo. Informe con los resultados de las pruebas en vía de las prestaciones de frenado.

4.2.3.3.1.1	Características del material rodante para la compatibilidad con los sistemas de detección de trenes basados en circuitos de vía – EMC	Norma ERA/ERTMS/033281 rev. 1.0 Norma UNE-EN 50121 Parte 3-1 Norma UNE-EN 50121 Parte 3-2 Norma UNE-EN 50215	Informe técnico con los resultados de las pruebas tipo establecidas en la Norma UNE-EN 50121 y la Norma UNE-EN 50125.
-------------	---	---	---

Tabla 4. Resumen características a re-evaluar.

Adicionalmente al análisis de los requisitos definidos por las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, se ha analizado de forma pormenorizada la Orden TMA/576/2020, "Instrucción ferroviaria: Especificaciones técnicas de material rodante ferroviario para la entrada en servicio de unidades autopropulsadas, locomotoras y coches (IF MR ALC-20)", la cual contiene las normas nacionales que, junto con las ETI que sean de aplicación, debe cumplir el material rodante que solicite cualquier tipo de autorización de entrada en servicio, pero tras el análisis se resuelve que para la modificación de la serie ATPRD 120 no es de aplicación.

Por último, un actor esencial en este apartado es el NoBo, el cual debe certificar, apoyándose en la documentación emitida por el solicitante y los resultados de los ensayos en vía, que la modificación cumple con los requisitos que especifica cada cláusula de la Especificación Técnica de Interoperabilidad que se han incluido en el cuadro anterior.

En los siguientes apartados, se establecen los argumentos técnicos en base a la normativa de aplicación necesarios para la validación de las cláusulas de la ETI que se ven afectadas por la modificación.

12.1. EVALUACIÓN DE LA FIJACIÓN DE DISPOSITIVOS A LA ESTRUCTURA DE LA CAJA.

Como consecuencia de la instalación tanto del transformador de emergencia como del cofre de alta en el techo del coche MIT, se debe evaluar la fijación a la estructura de estos dispositivos; para ello, el fabricante del material rodante elaborará un análisis mediante elementos finitos del comportamiento de la estructura con la nueva modificación implantada en la caja del coche MIT. El objeto de este estudio es comprobar la resistencia de la estructura sometido a las cargas dinámicas generadas por el peso de los dispositivos y las aceleraciones en los tres ejes a las que están sometidos por estar montados en el vehículo ferroviario.

El análisis debe calcular las cargas dinámicas en cada uno de los ejes a partir de los valores de aceleración máxima que define la Norma UNE-EN 12663-1

Aceleración en metros por segundo cuadrado

Locomotoras	Material rodante de viajeros					Vagones de mercancías	
Categoría L	Categoría P-I	Categoría P-II	Categoría P-III	Categoría P-IV	Categoría P-V	Categoría F-I	Categoría F-II
± 3 g	± 5 g	± 3 g	± 3 g	± 2 g	± 2 g	± 5 g	

Tabla 14 – Aceleraciones en dirección-y

Aceleración en metros por segundo cuadrado

Locomotoras	Material rodante de viajeros					Vagones de mercancías	
Categoría L	Categoría P-I	Categoría P-II	Categoría P-III	Categoría P-IV	Categoría P-V	Categoría F-I	Categoría F-II
± 1 g							

Tabla 15 – Aceleraciones en dirección-z

Aceleración en metros por segundo cuadrado

Locomotoras	Material rodante de viajeros					Vagones de mercancías	
Categoría L	Categoría P-I	Categoría P-II	Categoría P-III	Categoría P-IV	Categoría P-V	Categoría F-I	Categoría F-II
$(1 \pm c) \times g^a$							
^a $c = 2$ en un extremo del vehículo, disminuyendo linealmente hasta 0,5 en el centro del vehículo.							

A continuación, con las características de resistencia de los materiales utilizados, se podrá comparar si la estructura está diseñada para soportar las cargas a las que está sometida con la modificación.

Una vez se disponga del informe técnico definitivo con los resultados del análisis mediante elementos finitos (FEM) se puede dar por cerrada la amenaza correspondiente.

12.2. EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO DE CARGA POR EJE

El siguiente punto de la ETI que puede verse afectado y, por tanto, debe ser evaluado es el parámetro de carga por eje. Este es un parámetro de la interfaz entre el material rodante y la infraestructura, es decir, dependiendo de la carga por eje del vehículo en cuestión, éste podrá circular por las líneas que se ajusten a sus prestaciones.

En primer lugar, se exponen los requisitos que establecía la ETI del subsistema material rodante del año 2002:

“La carga estática máxima P_0 correspondiente a un eje motorizado no superará los valores siguientes:

- *En el caso del material rodante diseñado para prestar servicio a velocidades iguales o superiores a 250 km/h en líneas construidas especialmente para la alta velocidad:*

$$P_0 \leq 17 \text{ Tm/eje, con } V > 250 \text{ km/h,}$$

$$P_0 \leq 18 \text{ Tm/eje, con } V = 250 \text{ km/h,}$$

donde V = velocidad máxima de servicio.

La carga estática P_o correspondiente a un eje no motorizado no sobrepasará las 17 t.

Estos valores máximos han de considerarse válidos con una tolerancia del 2 % para la carga media por eje en el conjunto del tren. Además, se acepta una tolerancia del 4 % en la carga de cada eje en particular.”

En la actualidad, la carga por eje es un parámetro especificado en la cláusula 4.2.1 de la ETI de Infraestructura y, como se puede ver en el siguiente cuadro, depende del código de tráfico de la línea. Este código de tráfico depende de los siguientes factores:

- Gálibo
- Carga por eje
- Velocidad de la línea
- Longitud de la unidad
- Longitud útil del andén

Código de tráfico	Gálibo	Carga por eje [t]	Velocidad en la línea [km/h]	Longitud útil de los andenes [m]
P1	GC	17 (*)	250-350	400
P2	GB	20 (*)	200-250	200-400
P3	DE3	22,5 (**)	120-200	200-400
P4	GB	22,5 (**)	120-200	200-400
P5	GA	20 (**)	80-120	50-200
P6	G1	12 (**)	n.d.	n.d.
P1520	S	22,5 (**)	80-160	35-400
P1600	IRL1	22,5 (**)	80-160	75-240

Cuadro 1. Parámetros de prestación para tráfico de pasajeros

En la siguiente tabla se presentan los datos y dimensiones de la serie ATPRD 120:

DATOS DE PARTIDA SERIE ATPRD 120	
Disposición general:	4 coches (MCP-MIP-MIT-MCT)
Nº de plazas:	238 plazas
Peso por plaza:	80 kg/plaza
Suministros considerados:	
Depósitos de agua	2/3 de su capacidad
Depósitos de arena	2/3 de su capacidad
Suministros de cafetería	1.400 kg

A continuación, se indican las masas totales de los coches en tara, a los cuales se le han sumado la masa de los bogies:

COCHES	MASA (kg)				
	MCP	MIP	MIT	MCT	TOTAL
TOTAL CAJAS	42383	45300	39372	42769	169824
BOGIES	19813	19710	19710	19813	82760
TOTAL VEHÍCULO TARA	62196	65010	59082	62582	252584

Por último, se añade el peso correspondiente a viajeros, al equipamiento de cafetería y a los equipos que componen la modificación:

COCHES	MASA (kg)				
	MCP	MIP	MIT	MCT	TOTAL
PASAJEROS	4400	2160	6400	6080	19040
CAFETERÍA	0	1400	0	0	1400
TRAFO+COFRE	0	0	3300	0	3300
TOTAL VEHÍCULO CARGA	66593	68565	68779	68663	273024

En conclusión, el parámetro de carga por eje continúa siendo inferior a 17 Tn para los ejes remolques e inferiores a 18 Tn para los ejes motores; por lo que, no es necesario re-evaluar la conformidad de este parámetro.

12.3. EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE TRACCIÓN

Tal y como se ha explicado en los capítulos anteriores, la finalidad de la modificación planteada en este expediente es que, ante el fallo del transformador principal, el personal de conducción pueda gestionar de forma manual la puesta en marcha del transformador de emergencia; por lo que, se trata de una solución que afecta a la conducción en modo degradado.

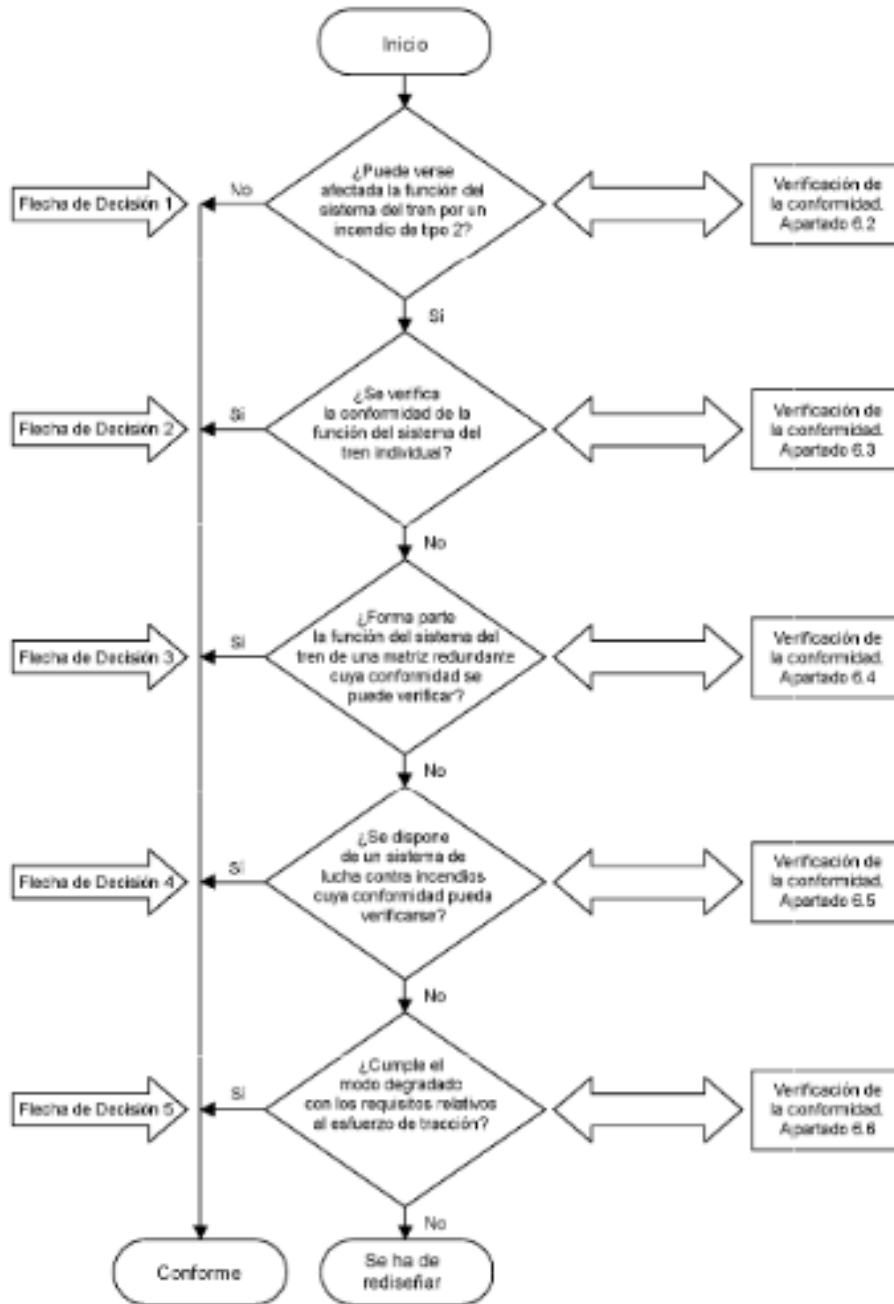
Por lo expuesto, se considera que las dos únicas especificaciones funcionales y técnicas que afectan a las Prestaciones de tracción, y por ende, hay que re-evaluar, son las siguientes:

- *“Los requisitos sobre la disponibilidad de la función de tracción en caso de incendio a bordo se definen en la cláusula 4.2.10.4.4.”*
- *“Un único fallo del equipo de alimentación que afecte a la capacidad de tracción no privará a la unidad de más del 50 % de su fuerza de tracción.”*

El resto de los requisitos sobre prestaciones de tracción no es necesario que sean re-evaluados dado que la modificación no afecta ni a los parámetros con los que se diseñó el material ni al modo de conducción normal del mismo.

La cláusula 4.2.10.4.4 “Capacidad de circulación” establece en su apartado 3 que para el material rodante categoría B de seguridad contra incendios, se debe demostrar que, ante la declaración de un incendio a bordo, las funciones de frenado y tracción permiten la circulación durante un intervalo de 15 minutos a una velocidad mínima de 80 km/h.

Para la demostración del cumplimiento de este requisito es necesario aplicar la Norma UNE-EN 50553:2012 “Aplicaciones ferroviarias. Requisitos para la capacidad de rodadura en caso de fuego a bordo del material rodante”; concretamente, hay que aplicar la metodología que se indica en el apartado 5 de la Norma mediante el diagrama de flujo que se presenta a continuación:



Como el parámetro del cuál se pretende verificar la conformidad, es del correcto funcionamiento del transformador de emergencia, es decir, de un modo de circulación degradado (esfuerzo de tracción inferior al 100%), debemos movernos por el diagrama de flujo hasta llegar a la Flecha de Decisión 5; esta decisión nos conduce al apartado 6.6, el cual permite dos métodos para verificar la conformidad del esfuerzo de tracción:

- mediante ensayo; o
- mediante evaluación.

La Norma UNE-EN 50553:2012 dice literalmente lo siguiente: *“La conformidad de cualquier función del sistema del tren con la pregunta de la Flecha de Decisión 5 (a la que se llega únicamente después del fallo en las preguntas de las Flechas de Decisión 1-4 inclusive),*

determina que solo se acepta que el tren circule por itinerarios en los que se haya efectuado el cálculo del esfuerzo de tracción y se revele conforme.”, es decir, la conformidad de este requisito depende específicamente del itinerario, por ello, nosotros hemos decidido demostrar la conformidad mediante ensayo en vía.

Los ensayos en vía consistirán en comprobar, en vías de ancho internacional y con tensión de 25 kVca, el correcto funcionamiento de los siguientes modos de conducción en condiciones degradadas que tendrían disponibles los vehículos de la serie ATPRD 120:

- **Modo Transformador de Emergencia**, permite moverse al tren en el caso de que se haya quedado detenido por el fallo del transformador principal. En este modo de funcionamiento hay que verificar que al accionar el conmutador “Modo Trafo Emergencia” ocurre la siguiente secuencia:
 1. Aislamiento del transformador principal.
 2. Alimentación del transformador de emergencia.
 3. Desconexión de los inversores de la rama turista del transformador principal.
 4. Conexión de los inversores de la rama turista al transformador de emergencia.
 5. Subida del pantógrafo de 25 kV de MCT.
 6. Cierre del disyuntor.
 7. Arranque de los convertidores auxiliares de MIT y MCT.
 8. Circular 30 minutos en condiciones reducidas de tracción a una velocidad de 80 km/h.
 9. Comprobar que el tren tracciona y frena con normalidad.
 10. Repetir la prueba desde la otra cabina.
- **Modo Socorro Tren y Transformador de Emergencia**, es una combinación del Modo Socorro Tren y del Modo Transformador de Emergencia, que tiene como objetivo continuar la marcha para poder salir del túnel o viaducto con un incendio a bordo. Habría que comprobar que se cumple la siguiente secuencia:
 1. Bajar pantógrafos y comprobar que el conmutador de “Modo Socorro” está en posición neutra.
 2. Accionar primero el conmutador de “Modo Trafo Emergencia” y después el de “Modo Socorro”.
 3. Subida automática del pantógrafo de 25kV de MCT.
 4. Circular a una velocidad superior a 80 km/h (límite máximo de velocidad 120km/h) durante unos 15 minutos. Realizar maniobras de parada y arranque.
 5. Comprobar que el tren tracciona y frena con normalidad.
 6. Normalizar los conmutadores y apagar el tren.
 7. Repetir la prueba desde la otra cabina.

A pesar de esta decisión, a continuación, se presentan datos que pueden ayudar a prever un resultado satisfactorio de las pruebas en vía que se han explicado anteriormente.

En las siguientes gráficas, se representan la capacidad de tracción del tren ATPRD 120 en funcionamiento degradado (al 75% y al 50% de la capacidad de tracción).

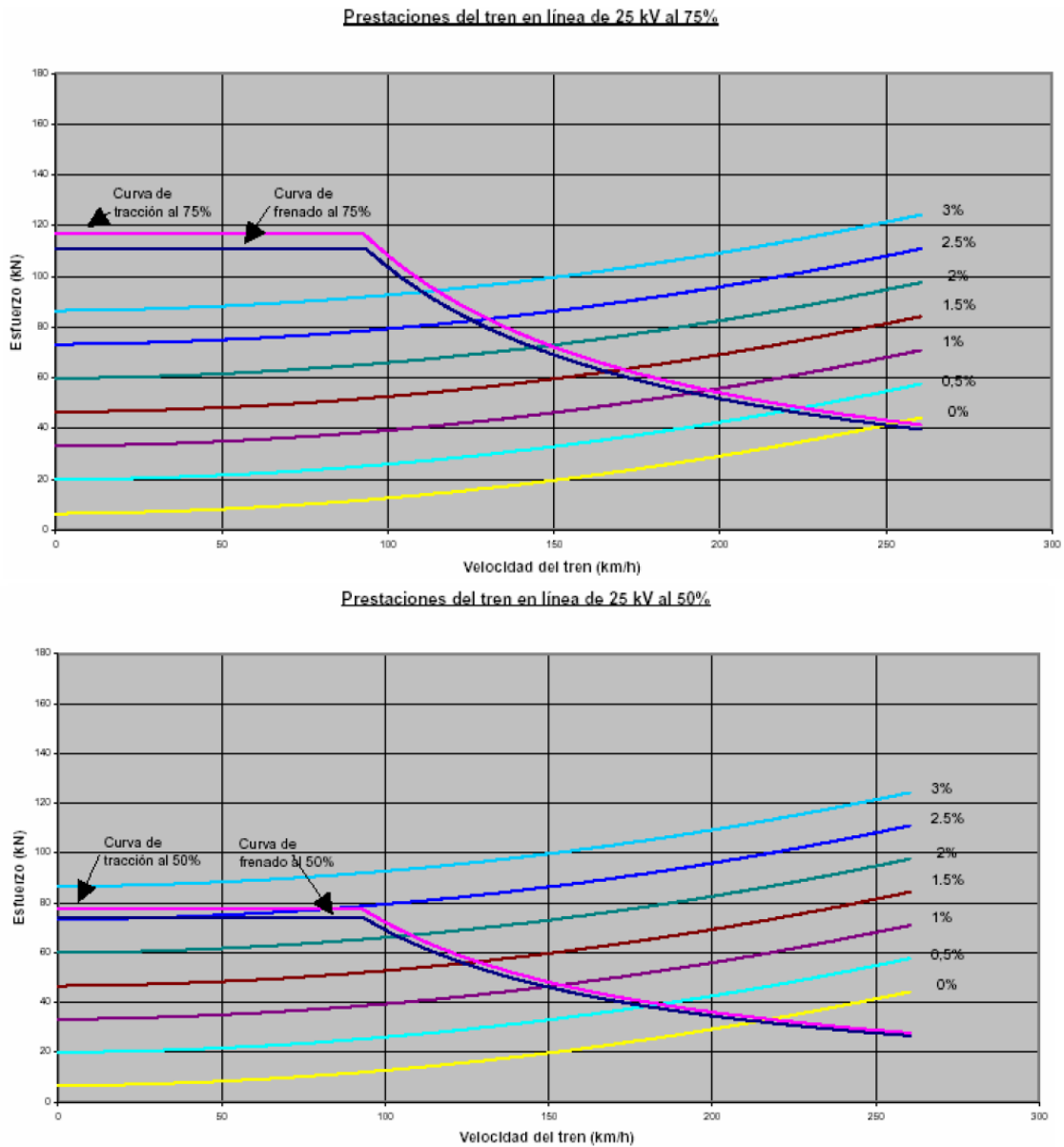


Figura 4. Prestaciones de tracción en modo degradado. Fuente: CAF (CB798132)

Tomando como base estos datos, se puede decir que con únicamente una semirrama, o lo que es lo mismo, dos inversores y cuatro motores de tracción, se podría circular con una velocidad máxima de 80%, por tanto, se cumpliría el requisito que establece la ETI “locomotoras y material rodante de viajeros”.

12.4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL VEHÍCULO EN VÍA.

A la hora de evaluar la necesidad de llevar a cabo ensayos para validar el comportamiento dinámico de los nuevos vehículos vía, lo primero es identificar las similitudes y diferencias de los parámetros que afectan directamente sobre los aspectos que son objeto de análisis.

Los parámetros que pueden verse afectados por la modificación propuesta y tienen influencia en los ensayos dinámicos en vía, se reducen únicamente a la masa de la caja del coche MIT y a la posición equivalente del centro de gravedad de dicha masa, el resto de los parámetros esenciales del ATPRD (geometría, elementos de rodadura y parámetros de suspensión) no existen diferencias con respecto al diseño inicial del vehículo.

A continuación, y con el objetivo de justificar la aplicabilidad a la serie 120 modificada de los ensayos realizados en su día a la serie 120, se realiza un análisis detallado de los parámetros afectados por la modificación aplicando la Norma UNE-EN 14363:2017.

Lo primero de todo es analizar el efecto de la variación de las masas tanto en el peso por eje como en los centros de gravedad (la variación del c.d.g. se estima únicamente de las cajas, ya que los bogies son iguales), para ello, se han elaborado las siguientes tablas:

TARA	ATPRD		ATPRD 1.0	
	MASA (Kg)	CDG Z (mm)	MASA (Kg)	CDG Z (mm)
MCT	42769	1824	42769	1824
MIT	39372	1730	42402	1880
MIP	45300	1637	45300	1637
MCP	42383	1825	42383	1825

Tabla 5. Diferencias masas y c.d.g. en tara

CARGA	ATPRD		ATPRD 1.0	
	MASA (Kg)	CDG Z (mm)	MASA (Kg)	CDG Z (mm)
MCT	48849	1827	48849	1827
MIT	45772	1747	48802	1887
MIP	48860	1671	48860	1671
MCP	46783	1827	46783	1827

Tabla 6. Diferencias de masas y c.d.g. en carga

CARGA POR EJE		MCT				MIT				MIP				MCP			
		eje 1	eje 2	eje 3	eje 4	eje 5	eje 6	eje 7	eje 8	eje 9	eje 10	eje 11	eje 12	eje 13	eje 14	eje 15	eje 16
120	TARA	15.91	16.55	15.22	14.41	14.38	15.15	15.28	14.43	16.34	17.14	15.80	15.04	14.31	15.11	16.80	16.13
	CARGA	17.33	17.97	16.83	16.03	15.98	16.75	16.88	16.03	16.97	17.78	16.95	16.18	15.48	16.28	17.82	17.16
120.X	TARA	15.91	16.55	15.22	14.41	14.31	15.15	15.60	16.42	16.34	17.14	15.80	15.04	14.31	15.11	16.80	16.13
	CARGA	17.33	17.97	16.83	16.03	15.98	16.67	17.12	17.94	16.97	17.78	16.95	16.18	15.48	16.28	17.82	17.16

Tabla 7. Diferencias cargas por eje.

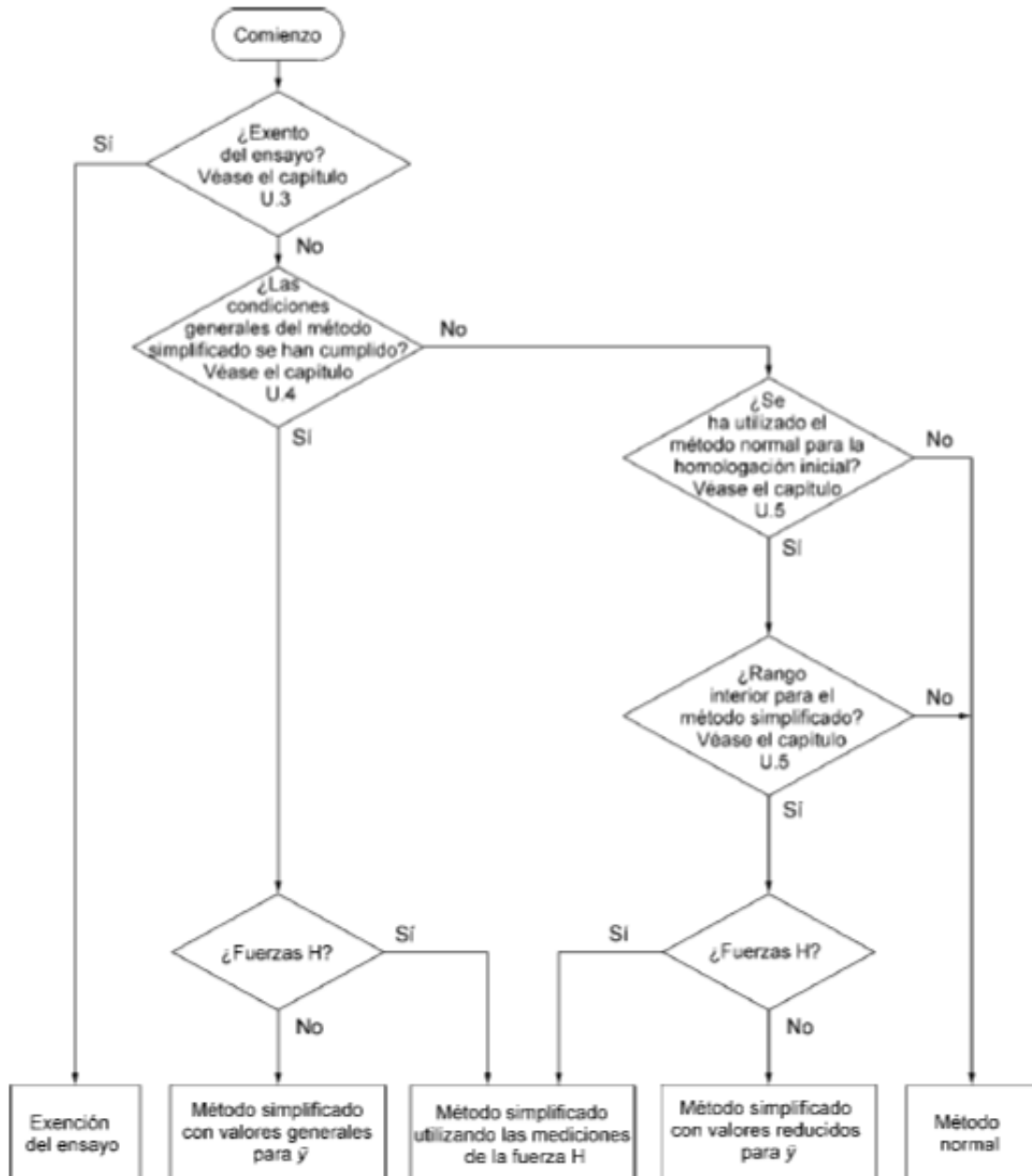
A modo de resumen inicial, las particularidades más relevantes que se pueden extraer de estas tablas son las siguientes:

1. En los coches MCT, MIP y MCP no se han variado los pesos debido a que no se ha alterado la distribución inicial de equipos, de modo que el peso de los coches no se ve afectado.

2. En el caso del coche MIT sí que ha habido cambios, puesto que se ha añadido un elemento nuevo que ha incrementado la masa en 3030 kg. Este hecho lo que ha traído consigo, ha provocado es que se ha equilibrado la carga del coche MIT con la del resto de coches, esto se debe a que, en su diseño, el coche MIT era el más descargado y por tanto, al incluir el nuevo transformador y el aparellaje correspondiente ha pasado a tener un nivel similar a los otros coches.

A continuación, se va a justificar que las condiciones de ensayo definidas en su día para la homologación aplicando la Norma UIC 518 de cada uno de los coches de la unidad ATPRD, cubren los requerimientos que actualmente establece la Norma UNE-EN 14363:2017 para cada uno de los coches de la unidad ATPRD modificada.

Según el Anexo U de la Norma UNE-EN 14363:2017, *“una vez aprobado un vehículo ferroviario, se puede conceder una ampliación de la aprobación, si se cambian las condiciones de explotación o el diseño del vehículo”*. Para analizar la posibilidad de si nuestro vehículo está exento de ensayos hay que seguir el proceso que se ilustra en el siguiente diagrama de flujo.



En capítulo U.3 de la Norma, lo que establece es que si las variaciones de los parámetros generadas por la modificación están dentro del rango de tolerancia que determina la tabla U.1, el vehículo estaría exento de ensayos.

Parámetro modificado	Intervalo aplicable de variación del parámetro	
	Locomotoras Unidades múltiples coches de viajeros	
	Exención del ensayo conforme a la tabla U.1	Variación del parámetro conforme a la modificación
Parámetro de explotación		
Aumento de la velocidad máxima admisible	ensayo obligatorio	No se ve afectado
Aumento de la insuficiencia de peralta admisible	ensayo obligatorio	No se ve afectado
Parámetros del vehículo		
Empate de caja en general	"-5% a 20%"	No se ve afectado
Posición virtual del centro de gravedad	"-20% a 10%"	No se ve afectado
Altura del centro de gravedad - vehículo en tara	"-20% a 10%"	8.67%
Altura del centro de gravedad - vehículo en carga	"-20% a 10%"	8.01%
Momento de inercia de guiñada de la caja del vehículo (vehículos de bogies)	"-10% a 10%"	No se ve afectado
Parámetros del órgano de rodadura		
Empate de bogie (vehículo de bogies)	0% a 5%	No se ve afectado
Diámetro nominal de las ruedas	"10% al 15%"	No se ve afectado
Masa no suspendida	"-100% a 5%"	No se ve afectado
Masa suspendida primaria	"-5% a 5%"	No se ve afectado
Masa suspendida secundaria	"-10% a 10%"	6%
Suma de la carga estática nominal vertical por eje en cada órgano de rodadura, si el vehículo no tiene nivel de suspensión secundaria	"-5% a 5%"	No aplica
Momento de inercia de guiñada de todo el órgano de rodadura	"-100% a 5%"	No se ve afectado
Relación entre la rigidez vertical de la suspensión primaria y su carga en todo el intervalo de carga	"-20% a 20%"	No se ve afectado
Relación entre la rigidez vertical de la suspensión secundaria y su carga en todo el intervalo de carga	"-10% a 10%"	No se ve afectado
Eje de guiado (rigidez)	0% a 10%	No se ve afectado
Par de rotación del bogie	"-10% a 10%"	No se ve afectado
Rigidez transversal de la suspensión secundaria, holguras (considerando topes fijos)	"-10% a 10%"	No se ve afectado
Amortiguación transversal secundaria	"-30% a 30%"	No se ve afectado

Tabla 8. Rangos de tolerancia según Norma UNE-EN 14363:2017

Según lo expuesto en este apartado, las variaciones de los parámetros del vehículo y de los órganos de rodadura vinculadas a la adición del transformador auxiliar en las unidades ATPRD S120 están dentro del rango establecido por la Norma UNE-EN 14363 y, en consecuencia, se puede afirmar que los ensayos con los que se homologaron los trenes ATPRD son suficientes para validar el comportamiento dinámico de los trenes en los que se implante la modificación propuesta.

12.5. EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE FRENADO.

En este punto el solicitante de la modificación debe calcular las prestaciones de frenado de los vehículos ATPRD 120 teniendo en cuenta que la masa del material rodante ha variado como consecuencia de la instalación del equipo de alimentación eléctrica. Estos cálculos se realizarán conforme establece la Norma UNE-EN 14531-1.

En el caso del frenado de emergencia, las deceleraciones y las distancias de parada deben calcularse teniendo en cuenta varios modos de funcionamiento (normal, degradado y condiciones degradadas), diferentes diámetros de rueda (ruedas nuevas, seminuevas y desgastadas) y tres condiciones de carga (carga mínima, normal y de frenado máxima).

Una vez efectuados los cálculos, se efectuarán los ensayos en vía necesarios para validar los cálculos de acuerdo con el procedimiento de evaluación de la conformidad. El objeto de estos ensayos dinámicos es poder confirmar que las distancias de parada se cumplen. En el caso de la serie ATPRD 120 al tratarse de una formación fija y cuya velocidad máxima de diseño es igual a 250 km/h, la distancia de parada en el caso de las prestaciones de frenado de emergencia en modo normal no puede superar los 2.430 m, tal y como se indica en el apartado 4.2.4.5.2 de la ETI “locomotoras y material rodante de viajeros”.

Por último, y no por ello menos importante, hay que recordar que este es un vehículo bitensión, por lo que, los ensayos hay que realizarlos tanto en vías de 25 kVca y 3 kVcc.

12.6. EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.

Para garantizar que los armónicos que generan los equipos eléctricos introducidos en el material rodante no perturban las señales ni de los equipos de señalización ni de los sistemas de radio y comunicación, las Normas UNE-EN 50121 Parte 3-1, Parte 3-2 y la Norma UNE-EN 50215 establecen los ensayos de tipo y las condiciones que deben cumplirse para validar este requisito de seguridad.

El objetivo de estos ensayos es verificar que todos los equipos funcionan correctamente después de su instalación, sin efectos de las interferencias ni a los circuitos de vía (emisión) ni a los propios equipos de control del tren (inmunidad).

ANEXO II. ANÁLISIS DE AMENAZAS Y HAZARD LOG DE LA MODIFICACIÓN

El Análisis de Amenazas de la Modificación, tiene por objeto determinar qué aspectos que han sido objeto de esta modificación pueden suponer una amenaza y, por lo cual, la organización debe proceder a su gestión de una manera efectiva, aplicando el Reglamento UE N° 402/2013, de 30 de abril de 2013, relativo a la adopción de un Método Común de Seguridad (MCS)

Para la valoración del riesgo asociado a una amenaza se han tenido en cuenta las directrices marcadas por la Norma UNE-EN 50126, la cual establece el riesgo en términos cualitativos como el producto de la frecuencia de ocurrencia de dicha amenaza y su severidad, según las siguientes categorías.

- **Severidad:** campo en el que se estima la gravedad de las consecuencias del posible accidente derivado de la amenaza

Nivel de Gravedad	Consecuencia para las Personas o el Medio Ambiente	Consecuencia para el Servicio
Catastrófico	Víctimas mortales y / o múltiples heridas graves y /o daños importantes al medio ambiente.	
Crítico	Una sola víctima mortal y / o herida grave y/o daños señalados al medio ambiente	Pérdida de un sistema principal
Mínimo	Heridas menores y / o peligro señalada al medio ambiente	Daño grave a sistema o sistemas
Insignificante	Posible herida menor	Daño menor al sistema

- **Frecuencia:** campo en el que se estima la frecuencia de ocurrencia del posible accidente derivado de la amenaza.

Categoría	Descripción
Frecuente	Es probable que ocurra con frecuencia. El peligro se experimentará continuamente.
Probable	Se dará varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra con frecuencia.
Ocasional	Es probable que se dé varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra varias veces.
Remoto	Es probable que se dé alguna vez en el ciclo de vida del sistema. Puede razonablemente esperarse que el peligro ocurra.
Improbable	Es improbable, aunque posible que ocurra. Puede suponerse que el peligro ocurrirá excepcionalmente.
Increíble	Es extremadamente improbable que ocurra. Puede suponerse que el peligro pueda no ocurrir.

- **Nivel de Riesgo:** campo en el que se estima el nivel de riesgo asociado a la amenaza de acuerdo a la siguiente matriz:

* Frecuencia con que ocurre un suceso de peligro	Niveles de Riesgo			
Frecuente	No Deseable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	No Deseable	Intolerable	Intolerable
Ocasional	Tolerable	No Deseable	No Deseable	Intolerable
Remoto	Insignificante	Tolerable	No Deseable	No Deseable
Improbable	Insignificante	Insignificante	Tolerable	Tolerable
Increible	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Insignificante	Mínimo	Crítico	Catastrófico
	Niveles de Gravedad de las Consecuencias de un Peligro			

* La graduación de la frecuencia con que ocurre un suceso de peligro dependerá de la aplicación de que se trate (4.6.2.2).

Evaluación del Riesgo

Intolerable
No deseable
Tolerable
Insignificante

Control / reducción del riesgo

Debe eliminarse

Sólo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable, y con el acuerdo de la Autoridad Ferroviaria.

Aceptable con control adecuado y acuerdo de la Autoridad Ferroviaria.

Aceptable sin acuerdo alguno

A continuación, se muestra el Análisis de Amenazas propiamente dicho que debe ser elaborado por el grupo de expertos. Posteriormente estas amenazas son registradas en el Hazard Log de la modificación para proceder a su gestión. Se considera que las amenazas están controladas y, por tanto, la modificación se considera segura cuando el resultado de la implantación de todas las medidas mitigadoras sea satisfactorio.

ANÁLISIS DE AMENAZAS DE LA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN & HAZARD LOG

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS						NIVEL DE RIESGO INICIAL			MEDIDAS MITIGADORAS					NIVEL DE RIESGO FINAL		
Identificador	Amenaza	Causas	Consecuencias	Ref. amenaza relacionada	Tipo de Accidente	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Ref.	Medida/Recomendación	Responsable	Evidencia documental	Estado	Severidad	Frecuencia	Riesgo
AA-001	La estructura del tren no soporta el aumento de peso.	Instalación del transformador de emergencia en el techo del coche MIT	1. Daños en la estructura de la caja. 2. Desprendimiento del transformador de emergencia.	HL-001	1. Daños a personas	Catastrófico	Improbable	Tolerable	MM-001	1. Análisis estructural de la caja del coche MIT por método de elementos finitos (FEM). 2. Cumplir con los requisitos establecidos en la Norma UNE EN 12663-1.	Fabricante del vehículo	Informe elaborado por el fabricante incluido en los Anexos del expediente.	Implantada	Catastrófico	Increíble	Insignificante
AA-002	Aumento de la distancia de frenado	Incremento de la masa del vehículo.	1. Colisión 2. Alcance 3. Descarrilamiento	HL-002	1. Descarrilamiento	Catastrófico	Remota	No deseable	MM-002	1. Cálculo de los parámetros relacionados con las prestaciones de frenado según la Norma UNE-EN 14531-1. 2. Ensayos en vía que evidencien que se cumplen las prestaciones de frenado establecidas en la ETI PAS&LOC.	Experto o fabricante del freno del vehículo Solicitante	Informe elaborado por el fabricante incluido en los Anexos del expediente.	Implantada	Catastrófico [1]	Improbable [E]	Tolerable
AA-003	No detección en vía del vehículo	Perturbaciones electromagnéticas causadas por la instalación de elementos eléctricos en el vehículo.	1. Colisión 2. Alcance 3. Descarrilamiento	HL-003	1. Descarrilamiento	Catastrófico	Remota	No deseable	MM-003	1. Ensayos en vía conformes a los requisitos de la Norma	Laboratorio certificado para ensayos electromagnéticos	Informe elaborado por el laboratorio certificado incluido en los Anexos del expediente.	Implantada	Catastrófico [1]	Increíble [F]	Tolerable

ANÁLISIS DE AMENAZAS DE LA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN & HAZARD LOG

ANÁLISIS DE AMENAZAS DE LA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN & HAZARD LOG																
IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS						NIVEL DE RIESGO INICIAL			MEDIDAS MITIGADORAS					NIVEL DE RIESGO FINAL		
Identificador	Amenaza	Causas	Consecuencias	Ref. amenaza relacionada	Tipo de Accidente	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Ref.	Medida/Recomendación	Responsable	Evidencia documental	Estado	Severidad	Frecuencia	Riesgo
AA-004	Incorrecto funcionamiento del modo degradado de conducción	1. Incorrecto montaje de los equipos eléctricos. 2. Incorrecta programación de la nueva versión de software de COSMOS para la gestión del modo degradado.	1. Imposibilidad de circulación a través de túneles de larga longitud.	HL-004	1. Daños a personas	Catastrófico	Remota	No deseable	MM-004	1. Ensayos en vía para dar cumplimiento a la Norma UNE-EN 50553:2012. 2. Actualización del Manual de Conducción	Fabricante del vehículo Renfe	Informe elaborado por el fabricante incluido en los Anexos del expediente. Manual de Conducción	Implantada Definida	Catastrófico [1]	Improbable [E]	Tolerable
AA-005	Incorrecto comportamiento dinámico durante la marcha en vía	1. Incremento de la carga por eje. 2. Modificación del c.d.g. con motivo de la instalación de equipos en techo.	1. Inestabilidad de la marcha 2. Incorrecto reparto de cargas 3. Sobreesfuerzos transmitidos a la vía.	HL-005	1. Descarrilamiento 2. Daños a la infraestructura	Catastrófico	Improbable	Tolerable	MM-005	1. Informe técnico justificativo conforme al Anexo U de la Norma UNE-EN 14363:2017	Fabricante del vehículo	Informe elaborado por el fabricante incluido en los Anexos del expediente.	Implantada	Catastrófico [1]	Increíble [F]	Tolerable
AA-006	Personal de mantenimiento herido durante los trabajos de montaje de los equipos.	1. Falta de formación 2. Ausencia de documentación técnica 3. Ausencia de medios productivos necesarios	1. Incorrecto funcionamiento de la modificación. 2. Absentismo	HL-006	1. Daños a personas	Marginal	Ocasional	No deseable	MM-006	1. Actualización de las Normas Técnicas de Mantenimiento. 2. Formación técnica. 3. Planificación y adquisición de los recursos materiales necesarios.	Solicitante	Normas Técnicas de Mantenimiento	Implantada	Marginal [3]	Remota [D]	Tolerable

ANEXO III. PROCESO DE GESTIÓN DEL RIESGO Y EVALUACIÓN INDEPENDIENTE

