

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

PROYECTO FIN DE CARRERA



MODIFICACIÓN DE UN VAGÓN PORTA-AUTOS TIPO LAAEKS

Autor: Pablo Luis García Buitrago

Tutor: Juan Carlos García Prada

LEGANÉS, MADRID

OCTUBRE 2012

"People are not remembered by the number of times they fail but for the number of times they succeed"

"Las personas no son recordadas por el número de veces que fracasan sino por el número de veces que tienen éxito"

Thomas Alba **Edison**, 1927.

*Dedicado a toda mi familia, a mi novia y a mis amigos que siempre han estado
a mi lado.*

*Agradecer a mis compañeros de trabajo sin cuya ayuda y paciencia no hubiese
sido posible desarrollar el proyecto.*

Índice general

Lista de Figuras	VI
Lista de Tablas	IX
Abstract	XI
1. Introducción y objetivos	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Tráfico a realizar	2
2. Consistencia de la transformación	5
2.1. Condiciones de explotación y circulación	6
2.2. Características técnicas principales	6
2.3. Características dimensionales de los vagones	7
2.4. Planteamientos iniciales	8
2.5. Elección	9
2.6. Descripción de la transformación y etapas a realizar en el taller	15
3. Proceso de Homologación	18
3.1. Normativa aplicable	18
3.1.1. Análisis de la resolución circular 1/2011	18
3.1.1.1. Ámbito de aplicación	18
3.1.1.2. Consideración de modificaciones significativas	19

3.1.1.3.	Elaboración y presentación de la solicitud de modificación de material rodante ferroviario	20
3.1.2.	Características a reevaluar	21
3.2.	Cálculos técnicos y justificaciones	36
3.2.1.	Análisis Preliminar de amenazas	36
3.2.2.	Plan de calidad	40
3.2.2.1.	Plan de control	40
3.2.3.	Análisis de resistencia de la caja del vehículo	49
3.2.3.1.	Descripción general	52
3.2.3.2.	Descripción gráfica.Simplificaciones, restricciones y colocación de cargas en los modelos	54
3.2.3.3.	Casos analizados	57
3.2.4.	Cálculo de gálibo	68
3.2.5.	Cálculo de rigidez torsional	76
3.2.6.	Exención de ensayos dinámicos	77
3.2.7.	Exención de pruebas de frenado	77
3.2.8.	Inscripciones sobre vagón	77
3.2.9.	Estribos, pasamanos y portaseñales	77
3.2.10.	Documentación de mantenimiento	77
3.2.11.	Registro de amenazas. Estudio FDMS	77
4.	Datos económicos. Costes y rentabilidad	80
4.1.	Costes de la modificación	80
4.2.	Rentabilidad económica del proyecto	82
5.	Conclusiones	83
	Glosario	85
	Bibliografía	86
A.	Plano de conjunto	90
B.	Memoria técnica	92

C. Plano de Acondicionamiento del vagón	102
D. Plano de elementos soldados	103
E. Plano de cerramientos	104
F. RC 1/2011	105
G. Protocolo de ensayo de rigidez torsional	118
H. Plano cumplimiento ficha UIC 535-2	128
I. Instrucción de inscripciones	129
J. Plano de inscripciones	139
K. Informe exención ensayos dinámicos	140
L. Informe exención pruebas de frenado	146
M. Documentación de mantenimiento	152

Lista de Figuras

1.1. Ford B-Max.	3
1.2. Dimensiones B-Max.	3
1.3. Posición de transporte de los coches en el vagón ya modificado.	4
2.1. Vagón porta-autos sin modificar.	5
2.2. Solución atornillada.	8
2.3. Solución conjunto piezas.	9
2.4. Situación antes de la modificación. Zona de tránsito de los operarios de chapa lagrimada.	10
2.5. Solución después de la modificación. Zona de tránsito al mismo nivel y de rejilla.	11
2.6. Malla lateral imprimada con grapas antes de la modificación.	12
2.7. Malla lateral galvanizada atornillada después de la modificación.	12
2.8. Malla superior antes de la modificación.	13
2.9. Malla superior galvanizada atornillada después de la modificación.	13
2.10. Acceso al vagón desde el suelo antes de la modificación.	14
2.11. Acceso al vagón desde el suelo después de la modificación.	14
2.12. Vagón acondicionado.	15
2.13. Vagón con las piezas nuevas soldadas.	16
2.14. Cerramientos galvanizados.	17
2.15. Vagón modificado, pintado y rotulado.	17
3.1. Puntos en los que se comprueba la soldadura.	41
3.2. Soldadura entre el piso superior y el conjunto y entre el conjunto y el montante. .	42

3.3. Puntos en los que se comprueba las medidas que se consideran importantes.	43
3.4. Puntos a comprobar una vez soldado el piso superior.	45
3.5. Puntos a comprobar el gálibo.	46
3.6. Zona de unión entre montantes y piso superior en vagón sin modificar.	51
3.7. Zona de unión entre montantes y piso superior en vagón modificado.	51
3.8. Simplificación para análisis por elementos finitos.	54
3.9. Restricción de desplazamientos y giros de los montantes empotrados en el vagón sin modificar.	55
3.10. Restricción de desplazamientos y giros de los montantes empotrados en el vagón modificado.	55
3.11. Apoyo del piso superior sobre los montantes.	56
3.12. Representación esquemática en formato de elementos finitos.	56
3.13. Representación de cargas uniformemente distribuidas en el modelo.	58
3.14. Representación del peso ejercido por las ruedas de los coches en el modelo.	59
3.15. Distribución de las cargas del piso móvil en los cuatro puntos de apoyo.	59
3.16. Distribución de las cargas del piso móvil en uno de los puntos.	60
3.17. Tensiones de Von Mises en el modelo original.	61
3.18. Tensiones de Von Mises en el modelo modificado.	61
3.19. Uniones a analizar.	62
3.20. Tensión máxima en el modelo modificado.	62
3.21. Tensión máxima en el modelo sin modificar.	63
3.22. Tensión máxima en el modelo sin modificar.	63
3.23. Tensión máxima en el modelo modificado.	64
3.24. Presión aplicada en la dirección longitudinal.	66
3.25. Detalle de aplicación de la presión en dirección longitudinal.	66
3.26. Mapa de tensiones en el modelo sin modificar.	67
3.27. Mapa de tensiones en el modelo modificado.	67
3.28. Perfiles constructivos de gálibo.	69
3.29. Gálibo cinemático G1.	70
3.30. Contorno de gálibo de las partes bajas.	70
3.31. Reducción del perfil de gálibo para un vehículo con suspensión de dos etapas.	72
3.32. Reducción del perfil de gálibo para un vehículo con suspensión de una etapa.	72

3.33. Vista en planta del gálibo.	73
3.34. Vista transversal del gálibo con el vagón original.	73
3.35. Vista transversal del gálibo con el vagón modificado.	74
3.36. Perspectiva del gálibo del vagón modificado.	74
3.37. Gálibo estático de referencia en vía nivelada.	75
3.38. Ejemplo de medición de uno de los puntos indicados en la tabla 3.9.	75

Lista de Tablas

2.1. Características dimensionales.	7
3.1. Puntos de la ETH a reevaluar según el organismo certificador.	22
3.2. Registro preliminar de amenazas.	37
3.3. Registro preliminar de amenazas.	38
3.4. Registro preliminar de amenazas.	39
3.5. Pruebas a realizar en el proceso de homologación de la modificación.	40
3.6. Chequeo de soldaduras.	42
3.7. Chequeo de control dimensional.	44
3.8. Chequeo de control dimensional.	46
3.9. Control de gálibo del vagón.	47
3.10. Chequeo de pesaje del vagón.	48
3.11. Resumen del programa de validación.	50
3.12. Definición de las masas nominales o de diseño.	52
3.13. Número de elementos del modelo original.	53
3.14. Número de elementos del modelo modificado.	53
3.15. Propiedades del acero S275JR.	53
3.16. Carga máxima de explotación o funcionamiento.	57
3.17. Cuadro de cargas del piso fijo.	57
3.18. Cuadro de cargas del piso móvil	60
3.19. Datos constantes del vagón para ambos ensayos	76
3.20. Rigidez torsional del vagón antes y después de la modificación.	76

3.21. Registro de amenazas.	78
4.1. Costes asociados a la modificación de los 2 vagones prototipo.	81
4.2. Costes asociados a la modificación de los 98 vagones restantes.	82

Abstract

TRANSFESA is a freight wagon logistic company that has the constant necessity of looking for new traffics. This opportunity was given this time by Ford that had to transport its new manufactured cars. Therefore it was decided to start working in this new project in which Ford would have received a fleet wagon with some particular characteristics. So TRANSFESA started to develop this project, modifying one type of car-carrier wagons TRANSFESA had. For this modification it had been done several studies like structural analysis, torsional stiffness test, gauge test... and this process had to be supervised by a certified organism. Like all projects, this one had to had an economic analysis and it was concluded that this traffic would be profitable.

So attending to this project, it would extract a detailed process for one freight wagon modification, since the engineering process including the concept, the design, analysis and test, through the normative up to the economic point of view including labor hand, spare parts and any other extra cost, and the profitablility of the project.

Introducción y objetivos

1.1. Introducción

Debido a la constante evolución de los turismos y a la creciente demanda de coches más altos, surgió una oportunidad de negocio para poder transportar un nuevo modelo de coche por ferrocarril. Se trata del modelo B-Max de Ford, el cual se fabrica en Craiova (Rumanía), y se transporta desde la fábrica hasta el puerto de Constanta (Rumanía). Una vez conocidas las dimensiones del vehículo a transportar, se decide qué vagón o conjunto de vagones, dentro del parque de TRANSFESA, cumplen con los requisitos para poder realizar dicho tráfico. Una vez analizado el abanico de posibilidades, se considera que la mejor opción es modificar un vagón ya existente para adaptarlo a los requerimientos del cliente y del producto a transportar.

De modo que en este proyecto se explica, de forma detallada, todo el proceso de modificación y homologación de dicho vagón porta-autos.

Se trata de un vagón de dos pisos y dos módulos en el que la necesidad de transportar un coche más alto obliga a elevar el piso superior de modo que el túnel del piso inferior sea lo suficientemente amplio para no dañar la mercancía.

Así pues, es necesaria una primera etapa de evaluación, recogida de datos y análisis de los mismos. Después se establece un registro de riesgos y amenazas en el que se tiene en cuenta en qué medida se pueden ver afectadas las diferentes partes del vagón y cómo se solventan dichas

amenazas. Una vez definida la idea, se realizan los pertinentes diseños utilizando programas CAD y posteriormente se comprueba la resistencia e idoneidad de dicha solución a través de programas de elementos finitos. Por último se tienen que realizar ensayos sobre el vagón, como puede ser ensayo de rigidez torsional, de gálibo...

Todo este proceso tiene que estar regulado y sujeto a la aplicación estricta de la normativa vigente y dicho control se realiza a través de un organismo evaluador independiente que da fe de que la documentación presentada y los ensayos realizados se ajustan a dicha normativa.

1.2. Objetivos

- Presentarse a concurso para conseguir el nuevo tráfico que va a desarrollar Ford en Rumanía. Para ello se implementan los siguientes pasos:
 - Analizar el parque de vagones de TRANSFESA y seleccionar el vagón apropiado para dicho tráfico.
 - Diseñar el vagón, con programa CAD, con las modificaciones propuestas y llevarlo a cabo en taller al menor coste posible.
 - Estudiar la normativa vigente para ver qué es de aplicación en este caso.
 - Establecer con el organismo certificador los ensayos a realizar para homologar la modificación.
 - Recopilar toda la documentación generada y presentarla al organismo.
 - Realizar un estudio de costes y rentabilidad.

1.3. Tráfico a realizar

Como se ha avanzado en la introducción, se trata de un tráfico que Ford necesita hacer entre su fábrica en Craiova y el puerto marítimo de Constanta, para transportar el nuevo modelo B-Max que vemos en la imagen 1.1:



Figura 1.1: Ford B-Max.

Las dimensiones del coche son las que se muestran en la imagen 1.2:

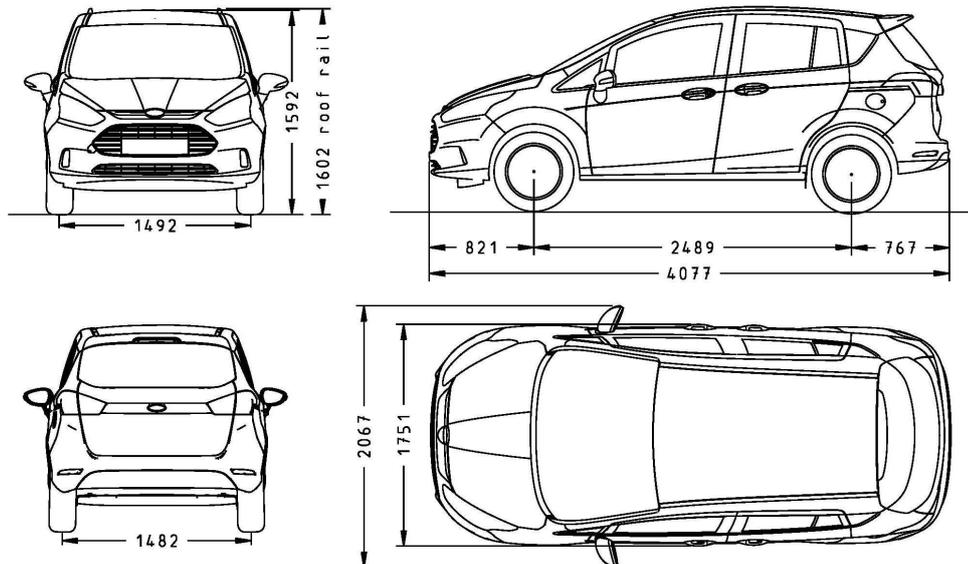


Figura 1.2: Dimensiones B-Max.

El condicionante que provoca que se tenga que modificar el vagón es la altura del coche, que puede llegar a los 1.602 mm, lo que provoca que sea imposible que, sin modificar el vagón, se pueda transportar, ya que la altura inicial del túnel del piso inferior son 1.554 mm.

De este modo, una vez realizada la modificación sobre los vagones, se pueden transportar los coches como se muestra en la imagen 1.3, donde se aprecia que se pueden transportar doce coches por vagón, consiguiendo de esta forma que el transporte pueda llegar a ser rentable para TRANSFESA.

Esquema de carga del Ford B-Max en el vagón del Nomenclátor 102

Gálbo de Cargamento G2

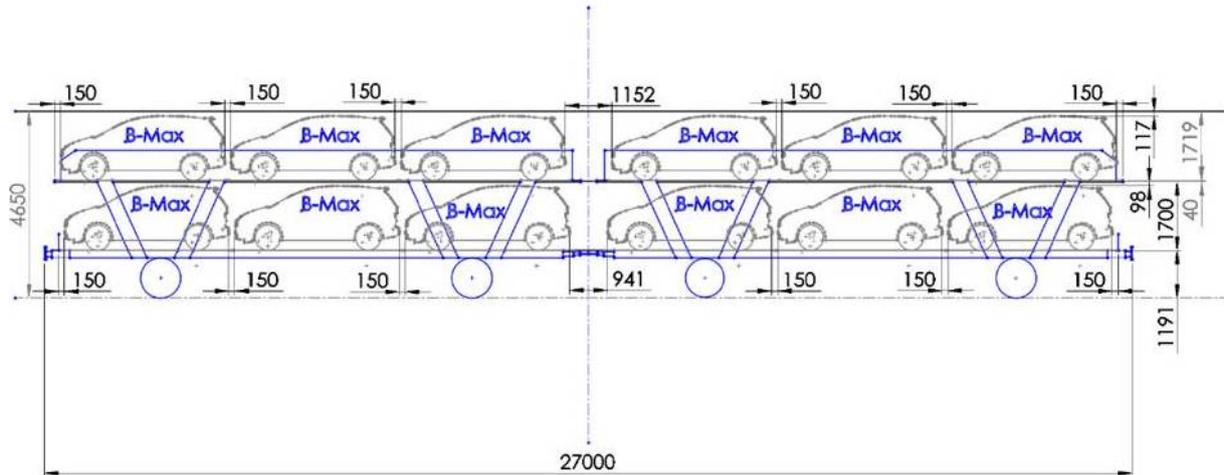


Figura 1.3: Posición de transporte de los coches en el vagón ya modificado.

Capítulo 2

Consistencia de la transformación

En este capítulo, se pretende dar a conocer el vagón en sí, sus características técnicas, de modo que una vez se ha analizado en detalle, se procede a describir los planteamientos iniciales de transformación, la solución final adoptada y como se implementa y desarrolla la modificación en el taller.

El vagón que se va a transformar es el que se muestra en la figura 2.1. En el Anexo A se presenta un plano de conjunto de dicho vagón:



Figura 2.1: Vagón porta-autos sin modificar.

2.1. Condiciones de explotación y circulación

En la memoria técnica, Anexo B, se muestran en detalle todas las características de este vagón. De todos modos, a continuación se reflejan datos genéricos de la serie de vagones:

- Vehículo tipo Laaeks construido entre los años 1955 y 1959 pertenecientes a la serie UIC con números 24 71 4366 101-2 a 250-7, 291-1 a 350-5 y 372-9 a 391-9.

El tipo de vagón coincide con los 4 dígitos colocados entre la quinta y el octava posición del número UIC. Esta terminología es diferente para cada tipo de vagón. En este caso, atendiendo a la ficha UIC 538-2[1], podemos describir el significado de estas letras:

- $L \Rightarrow$ Vagón plataforma con ejes independientes.
 - $aa \Rightarrow$ Vagón múltiple (formado por dos módulos).
 - $e \Rightarrow$ Vagón para transporte de vehículos en más de un nivel.
 - $k \Rightarrow$ Carga por eje menor de 20 toneladas.
 - $s \Rightarrow$ Vagón autorizado para circular en régimen S según indica la ficha UIC 432[2].
- Es un vagón de dos pisos y cuatro ejes, formado por dos módulos.
 - Vagón apto para régimen S, por lo que puede circular a 100km/h a máxima carga.
 - Vagón apto para gálibo G1 según ficha UIC 505-1[3] y tráfico internacional según UIC 430-1[4].
 - Los vehículos son aptos para circular en vías de radio mínimo de 250 metros en cualquier estado de carga respetando gálibo, por curvas de radio de 150 metros sin respetar gálibo y aislado por curvas de maniobras de radio 75 metros sin respetar gálibo.

2.2. Características técnicas principales

Cada semi-vagón posee:

- Un bastidor que monta órganos de rodaje, choque, tracción, suspensión y freno.
- Un piso inferior fijo.
- Un piso superior compuesto de una parte fija y otra móvil.
- Un mecanismo de accionamiento del piso móvil.

- Mallas laterales.
- Un sistema de calces.
- Un freno de mano maniobrable desde fuera del vagón.

2.3. Características dimensionales de los vagones

En la tabla 3.1 se ven las características que tiene el vagón antes y después de la modificación:

Característica	Antes de la modificación	Después de la modificación
Tara (kg)	25.000	
Carga (kg)	17.500	
Longitud entre topes (mm)	27.000	
Longitud de bastido (mm)	12.250	
Empate (mm)	7.730	
L_{util} piso inferior (mm)	24.500	
L_{util} piso superior (mm)	26.120	
Altura túnel (mm)	1.554	1.704
Altura máxima vagón (mm)	3.585	3.696
Ancho útil piso inferior (mm)	2.910	
Ancho útil piso superior (mm)	2.710	2.517
Altura de topes a carril (mm)	1.025	
Diámetro de rueda (mm)	1.000	
Distancia centros de topes (mm)	1.860	

Tabla 2.1: Características dimensionales.

Se puede ver como las únicas variaciones se encuentran en la altura del túnel, en la altura máxima del vagón y en el ancho útil del piso superior. Esta reducción de anchura se debe a que el vagón, según normativa, tiene que seguir respetando el perfil del gálibo, el cual se analiza en el apartado de justificaciones.

2.4. Planteamientos iniciales

Una vez conocidos los requerimientos del cliente, en cuanto a altura de piso se refiere para poder transportar la mercancía, se pasa a la fase de diseño y desarrollo. Desde un principio se plantean dos posibles soluciones:

- La primera de ellas consiste en seccionar los montantes del vagón a una determinada altura, eliminar la parte superior de los mismos y reemplazarlos por otro perfil HEB de misma sección pero de mayor longitud, de modo que se alcance la altura requerida. Esa unión entre perfiles se hace a través de unas placas soldadas a dichos montantes y atornilladas entre sí como se puede ver en la imagen 2.2.



Figura 2.2: Solución atornillada.

- La segunda opción consiste simplemente en desunir el piso superior y los montantes y colocar un conjunto de piezas que sirvan de apoyo del piso superior sobre los montantes de modo que ya no es la soldadura la que trabaja a tracción sino el propio conjunto. Dicho conjunto se muestra en la figura 2.3:

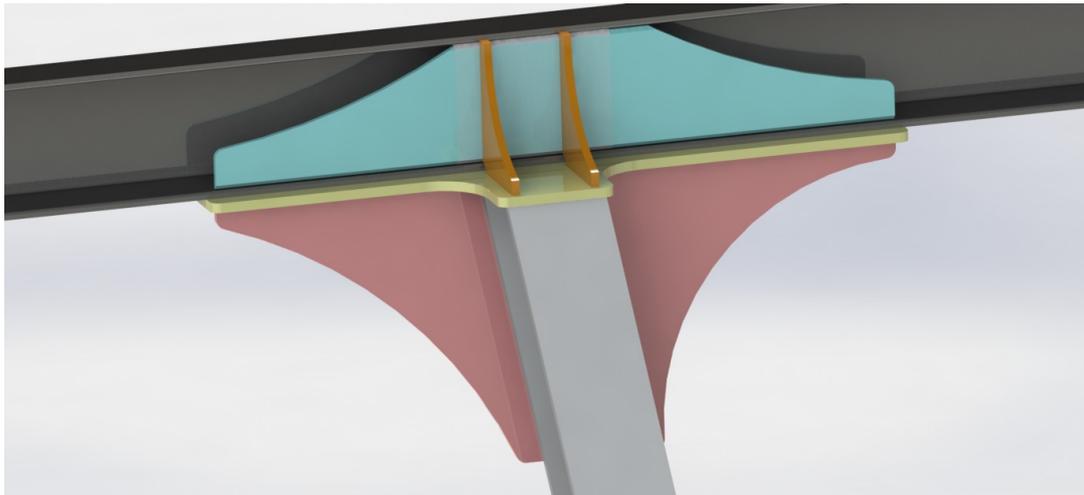


Figura 2.3: Solución conjunto piezas.

2.5. Elección

Conocidas ambas soluciones se establecen los puntos fuertes y débiles de cada solución:

■ Solución atornillada:

● Ventajas:

- Absorbe los momentos de torsión, evitando su transmisión al resto del montante, evitando posibles deformaciones.
- No es una solución definitiva, por lo que se puede volver a la situación inicial si así se requiere en algún momento.

● Desventajas:

- Elevado tiempo de mecanizado y preparación de las superficies.
- Dificultad de alineamiento de todos los montantes.

■ Solución conjunto:

● Ventajas:

- Fácil colocación del conjunto una vez está formado.
- Al ser piezas cortadas por láser, menor tiempo de mecanizado.

● Desventajas:

- Conjunto de piezas elaborado por lo que el tiempo de montaje es mayor.
- Preparación de la base del montante sobre la que apoya el conjunto para evitar irregularidades.

Así pues, y teniendo en cuenta que se realiza la transformación en taller en un número elevado de vagones se opta por la segunda solución, ya que en términos globales resulta menos costosa en todos los aspectos.

Ésta es la parte más importante de la modificación pero no la única. Se realizan otra serie de mejoras que pasan a detallarse a continuación:

- Se elimina la chapa del rebaje que aparece en el lateral del túnel, como se ve en la imagen 2.4, y se sustituye por rejilla y al mismo nivel que la zona de rodadura de los coches, como se aprecia en la imagen 2.5, consiguiendo de este modo que:
 - No suponga un riesgo para los trabajadores el paso por ese carril tan estrecho, evitando que se puedan tropezar y
 - Eliminar un foco de corrosión, ya que el agua no se queda acumulada y filtra a través de la rejilla.

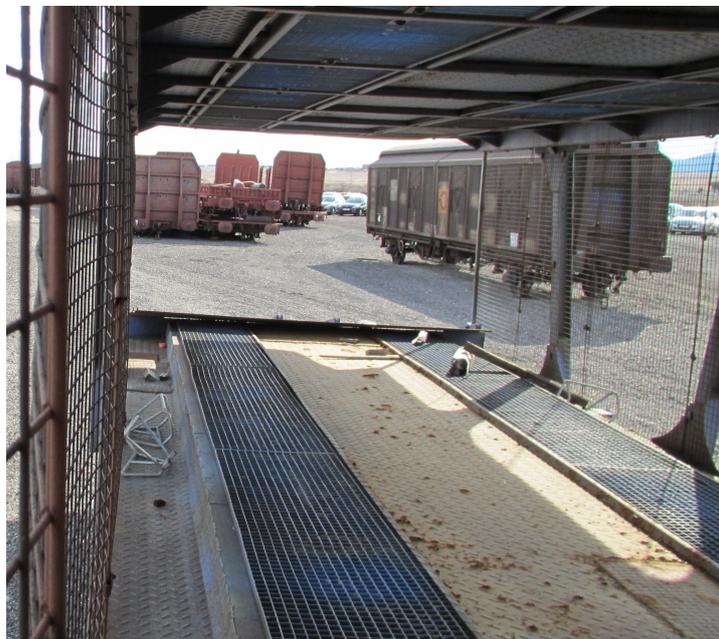


Figura 2.4: Situación antes de la modificación. Zona de tránsito de los operarios de chapa lagrimada.

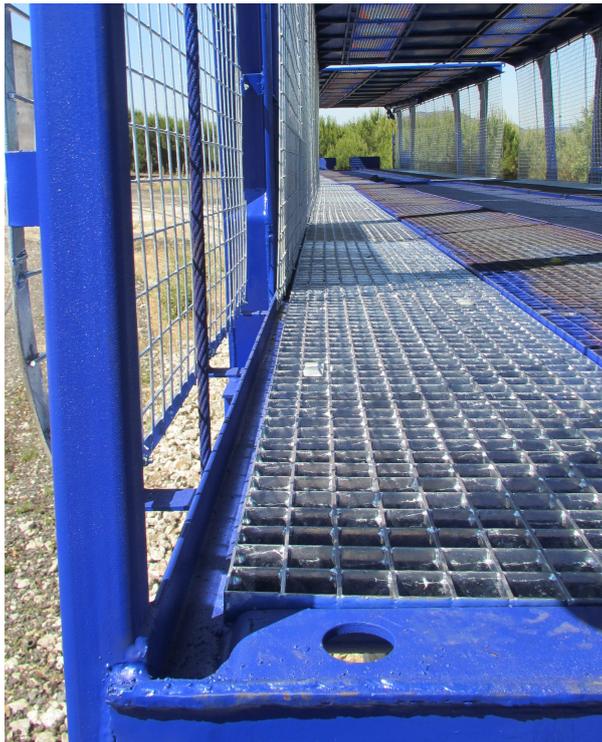


Figura 2.5: Solución después de la modificación. Zona de tránsito al mismo nivel y de rejilla.

- Las mallas laterales del piso inferior imprimadas, imagen 2.6, se cambian por mallas galvanizadas, imagen 2.7, consiguiendo así:
 - Mayor durabilidad de la malla, no se estropea
 - Se rediseñan de modo que se intenta hacerlas lo más homogéneas posibles
 - En vez de estar sujetas con grapas a la estructura van atornilladas, consiguiendo así cierta libertad de movimiento evitando deformaciones como se producen con la malla antigua.
 - Estéticamente queda mucho más vistoso, mejorando la imagen del vagón.



Figura 2.6: Malla lateral imprimada con grapas antes de la modificación.



Figura 2.7: Malla lateral galvanizada atornillada después de la modificación.

- Las mallas laterales superiores también se eliminan, debido a su mal estado, como se puede ver en la imagen 2.8, y también se ponen mallas galvanizadas y atornilladas, imagen 2.9, consiguiendo los mismo beneficios que los descritos en el apartado anterior.



Figura 2.8: Malla superior antes de la modificación.



Figura 2.9: Malla superior galvanizada atornillada después de la modificación.

- El acceso al piso desde el suelo para las personas se ha mejorado, siendo muy complicado dicha acción antes de la modificación, imagen 2.10, debido a que la trampilla invade el gálibo del estribo, mientras que después de la modificación, imagen 2.11, se aprecia que dicha dificultad se ha eliminado además de ajustarse, ahora sí, a la normativa vigente.



Figura 2.10: Acceso al vagón desde el suelo antes de la modificación.



Figura 2.11: Acceso al vagón desde el suelo después de la modificación.

Con todas estas modificaciones, se mejora la accesibilidad al vagón, la durabilidad de componentes, la seguridad de los operarios y la estética final del vagón.

2.6. Descripción de la transformación y etapas a realizar en el taller

A continuación se esbozan las fases que llevan acarreadas las modificaciones que se han expuesto en el apartado anterior:

- Primera fase: Acondicionamiento del vagón

Dada la situación en la que se encuentran los vagones con el paso de los años, es necesario eliminar las chapas debido a las oxidaciones. De este modo se sanean las piezas recuperables y se eliminan las no aprovechables.

Ya que también se diseñan unas nuevas mallas laterales, tanto inferiores como superiores, se eliminan las existentes de modo que el vagón se queda en su estructura básica formado por vigas y traviesas, como se aprecia en la imagen 2.12. En este momento se procede, en presencia del organismo certificador, a hacer el primero de los dos ensayos de rigidez torsional al vagón, el cual se analiza con más detalle en el apartado de justificaciones.



Figura 2.12: Vagón acondicionado.

- Segunda fase: Separación del piso superior y montantes

En este proceso hay que tener especial cuidado. Hay que asegurar el piso superior con traviesas para que una vez se libere el piso de los montantes, éste no se mueva o se caiga, poniendo en peligro a los operarios del taller.

Una vez saneado el vagón, según el punto anterior, se procede al cortado. Se tendrá cuidado de no dañar los montantes ya que no se cambiarán por unos nuevos. El resto de

piezas como cartelas y rigidizadores se pueden eliminar, ya que son menos importantes y menos costosas a la hora de comprarlas que un perfil nuevo.

La primera y la segunda fase se pueden observar en el plano adjunto del Anexo C.

- Tercera fase: Colocación de piezas nuevas y soldado del piso superior

Una vez se han recibido las piezas fabricadas por láser, y atendiendo a los planos suministrados al taller, se procede a la colocación de dichas piezas en el vagón. El conjunto sobre el que se tiene más cuidado es el de unión entre los montantes y el piso superior, ya que es el que se va a encontrar sometido a los esfuerzos más elevados, tal y como se ve en el apartado de justificaciones cuando se analiza la resistencia de la estructura. Una vez soldado, se realiza una inspección visual, en presencia nuevamente del organismo certificador, para comprobar que las soldaduras se han realizado correctamente y que no existen poros ni proyecciones fuera de lo permitido. Después se procede a realizar el segundo ensayo de rigidez torsional, cuando el vagón ya se ha modificado. Estas acciones se pueden ver en la imagen 2.13 y en los planos de los anexos D y E.



Figura 2.13: Vagón con las piezas nuevas soldadas.

- Cuarta fase: Pintado y rotulado

Terminado el anterior proceso se llevan los vagones a la cámara de pintura. Después se procede a colocar los cerramientos (tanto inferiores como superiores), rejillas y determinadas piezas que también están galvanizadas, como se puede apreciar en la imagen 2.14:



Figura 2.14: Cerramientos galvanizados.

Por último se rotulan las inscripciones al vagón, según normativa, de modo que el vagón queda terminado y a falta de la aprobación por parte de los organismos pertinentes. En la imagen 2.15 se ve el vagón una vez pintado y rotulado:



Figura 2.15: Vagón modificado, pintado y rotulado.

Proceso de Homologación

En este capítulo se realiza un análisis exhaustivo de todo el proceso que es necesario llevar a cabo a la hora de homologar una transformación de un vagón, indicando de qué tipo se trata (significativa/no significativa) en función de lo expuesto en la resolución circular 1/2011[5], Anexo F, que habla sobre el procedimiento de validación de vehículos ferroviarios modificados, todas las características que hay que volver a analizar después de haber realizado la modificación, como se ha explicado en el capítulo anterior, las cuales vienen recogidas en la Especificación Técnica de Homologación de Material Rodante Ferroviario. Vagones.[6] y todos los documentos justificativos que se tienen que adjuntar a la hora de presentar la documentación a los organismos pertinentes.

3.1. Normativa aplicable

3.1.1. Análisis de la resolución circular 1/2011

A continuación se irán extrayendo los párrafos que estén relacionados con la modificación que se realiza sobre nuestro vagón.

3.1.1.1. Ámbito de aplicación

“Dicha resolución es aplicable a aquellos vehículos que van a ser objeto de modificación y que disponen de autorización de puesta en servicio de acuerdo a lo establecido en la Orden FOM/233/2006[7], así como a aquel otro material rodante ferroviario que, por encontrarse ya autorizado antes de la entrada en vigor de la citada orden o incluido en el régimen transitorio de la misma, únicamente dispone de autorización de circulación.”

Como se puede apreciar, dado que se procede a modificar nuestro vagón y que éste posee autorización de puesta en servicio, se tiene que aplicar lo que indica en este documento.

3.1.1.2. Consideración de modificaciones significativas

“Independientemente de la necesidad o no de emisión de una nueva autorización de puesta en servicio para el vehículo modificado, las alteraciones introducidas en el material rodante ferroviario que ya dispusiera de autorización, tendrán la consideración de modificaciones significativas cuando, afectando a alguno de los equipos o componentes recogidos en el Anexo de esta resolución, concurra alguna de las siguientes características:

- Que las consecuencias derivadas de un fallo de los elementos modificados, considerando la existencia de barreras de seguridad fuera de los mismos, puedan suponer graves daños a personas, infraestructuras o al propio material.
- Que se trate de una modificación de gran complejidad técnica o con un grado elevado de innovación tecnológica en su implementación.
- Que se trate de un cambio que se considere irreversible.
- Que existan dificultades para el seguimiento del comportamiento de la modificación a lo largo de la vida útil del vehículo.
- Cualesquiera otras que estén consideradas modificaciones significativas de forma expresa por la normativa de aplicación.

Corresponde al titular del vehículo existente por sí o, a través de delegación realizada a la empresa ferroviaria o fabricante (en lo sucesivo, el “solicitante”), la valoración de estos aspectos y el pronunciamiento, basándose en el juicio de expertos, sobre si las modificaciones pueden considerarse o no significativas.”

De este modo, yendo al anexo de dicha resolución podemos ver que la estructura de caja, la cual se procede a modificar en la transformación que concierne, provoca que se le dé la consideración de modificación significativa, además de, como se dice en el tercer punto, se trata de un cambio que se considera irreversible. Un cambio irreversible implica que para deshacer dicho cambio se hace imprescindible el paso del vagón por taller.

3.1.1.3. Elaboración y presentación de la solicitud de modificación de material rodante ferroviario

- “El solicitante, una vez haya adoptado la decisión de introducir cualquier modificación en un vehículo que ya dispusiera de la correspondiente autorización de puesta en servicio, deberá presentar una solicitud de modificación de material rodante ferroviario, haciendo constar los siguientes datos y acompañándola de la documentación que asimismo se relaciona a continuación:
 - Datos del solicitante.
 - Datos identificativos de los vehículos afectados por la modificación.
 - Conformidad del propietario del vehículo con la modificación.
 - Informe técnico descriptivo de la modificación, al que se adjuntarán los siguientes documentos:
 - Las características técnicas de los equipos y/o componentes fundamentales correspondientes a sus estados original y modificado previsto.
 - Los planos, esquemas, y otros documentos técnicos definitorios de la modificación.
 - El número o identificador de la modificación. Para cada uno de los vehículos se aportará su historial de modificaciones.
 - El plan de fabricación y el Plan de ensayos, cuando proceda.
 - Repercusión previsible de la modificación sobre el plan de mantenimiento del vehículo.
 - Cualesquiera otras que estén consideradas modificaciones significativas de forma expresa por la normativa de aplicación.
- Cuando la modificación suponga afección a alguno de los componentes o conceptos fundamentales de seguridad incluidos en el Anexo de esta resolución, se aportará asimismo el pronunciamiento del solicitante, basándose en el juicio de expertos, sobre si la modificación puede considerarse significativa o no. Asimismo, el solicitante aportará una propuesta de aquellas características y/o ensayos que van a requerir nueva validación, que será llevada a cabo por parte de un organismo de certificación.

En el caso en que el solicitante no dispusiera de un sistema de gestión de la seguridad

regulado en el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General, tanto la consideración de la modificación como no significativa como la propuesta de características y/o ensayos a validar, deberán contar con la conformidad, previa a la implantación de la modificación, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, que solicitará informe del ADIF; salvo que el solicitante aporte un informe favorable de un evaluador independiente de seguridad al respecto.

En caso de que la modificación se considerase significativa, se acompañará de un análisis de riesgos derivados de la implementación de la modificación propuesta y del informe del evaluador independiente sobre el proceso de análisis y evaluación del riesgo.”

Después de que se realice por parte de TRANSFESA este análisis, se tiene que contratar un organismo evaluador independiente para que evalúe toda la documentación generada, dando su visto bueno a la misma, de modo que se pueda presentar con garantías ante el Ministerio de Fomento para que acepte dicha transformación.

3.1.2. Características a reevaluar

Una vez explicado el proceso de transformación y la propia transformación al organismo independiente, se establecen una serie de puntos de la ETH que hay que reevaluar, ya que se consideran afectados por dicho proceso y deben ser analizados de nuevo.

En la tabla 3.1 se resumen dichos puntos:

Punto de la ETH	Requisitos funcionales y técnicos
4.1.1.1	Resistencia de la caja de vehículos
4.1.1.2	Abrazaderas de seguridad
4.1.2	Medidas de protección relativas a riesgos eléctricos para las personas
4.1.3	Efecto aerodinámico del tren
4.2.1.1	Gálibo
4.2.1.2.1	Comportamiento dinámico del material
4.2.1.2.2	Aptitud para circular por curvas de radio reducido
4.2.1.2.5	Franqueo de alabeos de vía
4.2.1.2.6	Seguridad de marcha. Cruce de túneles
4.2.1.3.1	Carga por eje
4.2.1.3.2	Esfuerzos verticales estáticos
4.2.1.3.3	Fuerzas transversales y verticales dinámicas
4.2.1.3.4	Fuerzas longitudinales sobre la vía
4.2.2.4	Señalización de los extremos del vagón
4.2.2.5	Marcas de identificación del material rodante
4.2.3.1.2	Requerimientos del sistema de frenado
4.2.3.1.3	Características mínimas de frenado
4.2.3.1.4	Distancia de parada con freno de urgencia
4.2.3.1.5	Límites de adherencia en frenado
4.2.3.1.6	Sistemas antideslizamiento y detectores de ejes bloqueados
4.2.3.2.2	Prestaciones del freno de estacionamiento
4.2.3.2.3	Comportamiento térmico de los frenos
4.2.5.2.1	Enganches
4.2.5.2.2	Resistencia a choques
4.2.5.3	Cargamentos
4.2.5.4	Provisiones para el equipamiento hidráulico/neumático de los vagones
4.2.5.5	Puertas exteriores de mercancía, estribos y pasamanos
4.2.5.7	Fuerzas longitudinales de compresión
4.4.1	Documentación de mantenimiento
4.4.2	Plan de mantenimiento de un vehículo ferroviario
4.5	Estudio FDMS

Tabla 3.1: Puntos de la ETH a reevaluar según el organismo certificador.

A continuación se analizan uno por uno, explicando si finalmente se tienen que reevaluar o no, el por qué y el modo de justificarlo:

■ 4.1.1.1: Resistencia de la caja de los vehículos

“La resistencia estática de las cajas de los vehículos sera conforme a la norma UNE-EN 12663-2[8], complementada por la ETI de Material Rodante-Vagones[9] para los vagones interoperables.

El ensayo de tipo a la estructura de caja del vagón se realizará siguiendo las prescripciones de la norma UNE-EN 12663-2.

Se realizará un control de la fabricación del bastidor de caja mediante las siguientes verificaciones:

- Comprobar las soldaduras, según norma UNE-EN 15085-5[10] (inspección visual y por métodos de ensayo no destructivos).
- Comprobar la estanqueidad de tolvas (control de soldaduras) y cisternas (prueba hidrostática realizada según RD 769/1999).
- Realizar una verificación dimensional del bastidor.
- Medición de la cota del plano de carga.”

Se realiza tanto la comprobación de la soldadura como la verificación dimensional en todos los vagones que se deseen modificar (Ensayo serie).

El análisis de diseño de la caja se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN 12663-2, atendiendo a la tabla 28 (evaluación del diseño, aplicación similar) y apartado 9.3.2 de la misma, de modo que sólo se efectúa el análisis de diseño de la parte de la estructura modificada (montantes y piso superior) aplicando aquellos casos de carga que afectan a esta zona (punto 5.2.3.1, tabla 6 - carga máxima de explotación).

En esta modificación, al tratarse de una aplicación similar y de quedar la seguridad del vagón demostrada por experiencia en servicio, según la tabla 28 de la norma UNE-EN 12663-2, no habrá que realizar ni ensayo de resistencia ni ensayo de fatiga en los vagones que se vayan a transformar.

En el apartado de justificaciones se desarrolla el análisis de resistencia a través de programa CAD y de elementos finitos.

■ 4.1.1.2: Abrazaderas de seguridad

“Las fijaciones de los equipos bajo bastidor deberán estar dimensionadas para soportar

las cargas de prueba y servicio definidas en la norma UNE-EN 12663[11], con objeto de garantizar que no existe riesgo de caída a la vía de estos elementos.

De forma adicional, elementos críticos que sean susceptibles de desprenderse o que estén sometidos a fuertes aceleraciones o vibraciones, podrán contar con sistema de seguridad adicional que impida la caída de los mismos a la vía. En caso de no contar con el mismo, se justificará debidamente por el fabricante.”

Es una característica que no aplica a los vagones que se van a modificar, por lo tanto no se analiza dicho punto.

■ 4.1.2: Medidas de protección relativas a riesgos eléctricos para las personas

“El material rodante interoperable respetará las prescripciones establecidas al efecto en el apartado 4.2.7.3 de la ETI de Material Rodante-Vagones.

El material rodante no interoperable cumplirá la norma UNE-EN 50153[12].

Se llevarán a cabo los ensayos y verificaciones a vehículo completo necesarios para comprobar el cumplimiento de las medidas contra:

- Contactos directos:
 - Acceso a los armarios de equipos
 - Grado de aislamiento de los equipos
 - Rótulos de advertencia
- Contactos indirectos:
 - Resistencia de puesta a tierra del vehículo
 - Comprobación de puestas a tierra del equipamiento eléctrico del vehículo

Dichos ensayos se incluyen en el Anexo H de esta ETH.”

Dado que la modificación que se realiza al vagón no influye sobre esta característica, no es necesario reevaluarla.

■ 4.1.3: Efecto aerodinámico del tren:

“El efecto aerodinámico del tren sera compatible con la presencia de viajeros en los andenes y de personal próximo a las vías. Los vehículos respetarán las prescripciones de la ETI de Material Rodante-Vagones.”

En este caso, al ser un punto que queda abierto en la ETI vigente, no se tiene en cuenta y por tanto no se analiza.

- 4.2.1.1: Gálibo

“ El material rodante deberá cumplir lo establecido en la Instrucción de Gálibos Ferroviarios.

Se podrá admitir material rodante con gálibos cinemáticos mayores para circular por una línea cuando el administrador de la infraestructura lo permita.

Para los ensayos de tipo a vehículo completo se medirán los contornos del vehículo real para comprobar que están de acuerdo con los empleados en los cálculos.

En el ensayo de serie se realizará una verificación de gálibo en vía nivelada.”

Se realiza una comprobación del gálibo estático. Además a la hora de diseñar la modificación se ha tenido en cuenta el gálibo para el que estaba homologado el vagón, el cual se explica con más detalle en el apartado de justificaciones.

- 4.2.1.2.1: Comportamiento dinámico del material

“El comportamiento dinámico del material deberá ser conforme a la norma UNE-EN 14363[13].

Los vehículos deberán ser aptos para circular con el tipo de velocidad en curva Normal (la aceleración no compensada es de $0,65m/s^2$), existente en la Declaración sobre la Red.

El ensayo de tipo se realizará a vehículo completo conforme a la norma UNE-EN 14363.”

Según el apartado 3.7 de la ficha UIC-432: “Un vagón de 2 ejes y suspensión de doble anilla fabricado antes de 1979 y que ha sido previamente aceptado en clase S o SS puede circular en clase S o SS, incluso después de la modificación si sus condiciones de operatividad no han cambiado”.

De modo que dado que el vagón no modifica ninguno de los puntos expuestos en dicha norma, está exento de realizar ensayos de comportamiento dinámico.

- 4.2.1.2.2: Aptitud para circular por curvas de radio reducido

“Los vehículos serán aptos para circular por curvas de 250 m de radio, vacíos o cargados, y aislados o acoplados, respetando el gálibo en las condiciones del apartado 4.2.1.1 de esta ETH, y por curvas de 150 m de radio, en vía general, sin respetar el gálibo, vacíos o cargados, y aislados o acoplados, aflojando tensores de enganche si es necesario, y a velocidad reducida.

Un vagón aislado ha de ser apto para circular por curvas de 75 me de radio, a velocidad

reducida, sin respetar el gálibo, pero sin desmontar ningún órgano.

Para los ensayos de tipo a vehículo completo, se realizará al menos una de las siguientes pruebas:

- Se desplazará transversalmente un extremo del vehículo, utilizando un carro transbordador, comprobando que no se producen interferencias mecánicas y que las longitudes de cables, mangueras, etc. son adecuadas.
- Se circulará por curva de radio reducido, comprobando que no se producen interferencias mecánicas y que las longitudes de cables, mangueras, etc. son adecuadas.”

La modificación no influye sobre esta característica, por lo tanto no se analiza.

■ 4.2.1.2.5: Franqueo de alabeos de vía

“El material debe permitir el franqueo de alabeos de vía conforme a la norma UNE-EN 14363.

El ensao de tipo se realizará a vehículo completo según norma UNE-EN 14363.

Si no se dispone de instalaciones según la norma UNE-EN 14363, se justificará el cumplimiento de este requisito mediante herramientas de simulación sobre un modelo validado. En el caso de material remolcado de mercancías de diseño convencional, alternativamente se admitirá la validación con el procedimiento siguiente:

- Medir la rigidez torsional de la caja según el Anexo E del documento ERRI B12/DT 135.
- Determinar la rigidez o rigideces de la suspensión.
- Calcular la descarga de rueda, según el documento ORE RP8/55, teniendo en cuenta la distancia específica entre centros de suspensión, la distancia entre puntos de apoyo en la vía y el ángulo de pestaña.”

Se justifica la exención de ensayos de la misma forma que el apartado 4.2.1.2.1: Comportamiento dinámico del material.

■ 4.2.1.2.6: Cruce en túneles

“Deben tenerse en cuenta los efectos aerodinámicos generados por el cruce de trenes en un túnel según lo establecido en el apartado 5 de la norma UNE-EN 14067-3[14]. Será recomendable cumplir los criterios del anexo B de la norma UNE-EN 14067-5.

Los procedimientos de ensayo y simulación a nivel de diseño dentro de túneles se encuentran en el apartado 4 de la norma UNE-EN 14067-5[15].”

Éste es un punto que no aplica a la modificación por lo que no hay que reevaluarlo.

- 4.2.1.3.1: Carga por eje

“Para los vehículos que circulen por líneas interoperables, las cargas máximas por eje y sus tolerancias serán conforme a la ETI de Material Rodante-Vagones.

Para aquellos vehículos que circulen por el resto de las líneas, en la Declaración sobre la Red se indican las líneas por las que pueden circular, dependiendo de la masa por eje y de la masa por metro lineal del vehículo.

En el ensayo de tipo se pesará el vehículo en báscula o dispositivo de pesaje equivalente, conforme al apartado 8.4 de la norma UNE-EN 50215[16], determinándose las masas del vehículo a partir de las cargas por rueda obtenidas. Previamente al pesaje, y con el objetivo de verificar el adecuado reparto de la carga por eje, se realizará una medición de la cota del plano de carga, incluyendo altura de suspensión-ejes, resbaladeras y suspensión-bogies.”

Se realiza un pesaje del vagón prototipo para verificar la tara real del vagón. Dicho proceso se lleva a cabo en las instalaciones que Transervi tiene en Soto del Real. Para realizar la prueba se tiene que llevar a cabo en una báscula homologada y el pesaje se realiza en presencia del organismo certificador. Es además una prueba para comprobar que lo que se estima diseñando tiene su reflejo en la realidad. En el plan de calidad, en el apartado de justificaciones, se explica con más detalle.

- 4.2.1.3.2: Esfuerzos verticales estáticos

“Los esfuerzos verticales estáticos de las ruedas deberán ser compatibles con el diámetro de las ruedas según la ficha UIC 510-2[17].”

Este punto no es de aplicación por lo que no se tiene que analizar.

- 4.2.1.3.3: Fuerzas transversales y verticales dinámicas

“Las fuerzas transversales y fuerzas verticales dinámicas cumplirán lo establecido al respecto en la norma UNE-EN 14363.

Para las vías de ancho 1668 mm, debido a esta particularidad de la infraestructura, los valores límite de la norma UNE-EN 14363 para el esfuerzo cuasiestático en curvas de radio reducido (R_m entre 250 y 400 m) se calcularán en base a la siguiente fórmula:

$$(Y_{qst})_{\text{lím}} = (33 + 11.550/R_m) \text{ kN}$$

El ensayo de tipo a vehículo completo se realiza según la norma UNE-EN 14363.”

Como todos los apartados de ensayos dinámicos, no hay que reevaluarlo por estar exento el vagón de dichas pruebas.

■ 4.2.1.3.4: Fuerzas longitudinales sobre la vía

“A fin de limitar las fuerzas longitudinales ejercidas sobre la vía por el material rodante, la aceleración o deceleración máxima será inferior a $2,5 \text{ m/s}^2$.”

La modificación no influye sobre esta característica por lo que no hay que reevaluarla.

■ 4.2.2.4: Señalización de los extremos del vagón

“La señalización de los extremos del vagón deberá ser conforme a la ficha UIC 532[18].”

Se explica de forma detallada en el apartado de justificaciones qué parámetros de la ficha han de cumplir los vagones.

■ 4.2.2.5: Marcas de identificación del material remolcado de mercancías

“Se aplicará el anexo B de la ETI de Material Rodante-Vagones de mercancías y las fichas UIC 573[19] y UIC 596-6[20] cuando proceda.

Las marcas de identificación de los vehículos serán conforme a la ficha UIC 438-2[21].

El ensayo de serie a vehículo completo consistirá en una inspección visual de las marcas de identificación y de su correcta ubicación en el material rodante, verificando la numeración de los equipos principales.”

En el apartado de justificaciones se habla de lo referente a las inscripciones que han de llevar los vagones.

■ 4.2.3.1.2: Requerimientos del sistema de frenado

“Para material interoperable, el sistema de freno cumplirá las prescripciones establecidas al efecto en la ETI de Material Rodante-Vagones.

Para el resto del material, se cumplirán los preceptos que se indican a continuación, admitiéndose alternativas que demuestren el mismo nivel de seguridad:

- El freno de servicio de aire comprimido por tubería de freno automático será moderable en apriete entre 5 y $3,5 \text{ kg/cm}^2$ de presión de aire en la tubería de freno automático y en el afloje entre $3,5$ y 5 kg/cm^2 .

Para tener en cuenta la longitud y masa del tren y su influencia en el llenado y vaciado de los cilindros de freno habrá que dotar al sistema de un cambiador de régimen.

Para tener en cuenta la diferencia de valores de masa en tara y en carga y su influencia en la potencia de frenado, habrá que dotar al sistema si es necesario, de un cambiador de potencia.

Se cumplirán las fichas UIC 540[22] a 543[23].

- En régimen SS, el freno es autocontinuo en función de la carga de acuerdo con el punto 1.3.5 de la ficha UIC 543 y punto 2.1 de la ficha UIC 541-04[24].

En el ensayo de tipo a vehículo completo se realizará un protocolo estático de freno siguiendo las prescripciones de la ficha UIC 547[25], complementado por una prueba de inagotabilidad según se describe en el apartado 4.2.3.1.1.”

Dado que la modificación no influye sobre el sistema de frenado, esta característica no es preciso reevaluarla. De todos modos, en el apartado de justificaciones se expone a modo didáctico un cálculo de freno.

■ 4.2.3.1.3: Características mínimas de frenado

“ En el material interoperable, los sistemas de freno respetarán las características mínimas de frenado establecidas en la ETI de Material Rodante-Vagones.

En el resto del material, los sistemas de freno de aire comprimido cumplirán con los requisitos mínimos que exige el Reglamento General de Circulación para cada tipo de tren, determinados según la ficha UIC 544-1[26].

Para los ensayos a vehículo completo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Ensayo de tipo: Se realizará el ensayo completo según ETI de Material Rodante-Vagones y ficha UIC 544-1.
- Ensayo de serie: Se realizará un protocolo estático de freno siguiendo las prescripciones de la ficha UIC 547, complementado por una prueba de inagotabilidad del freno según se describe en el punto 4.2.3.1.1. Además durante el ensayo serie se deberá comprobar el cumplimiento de:
 - la holgura entre las zapatas de freno y las ruedas prevista en el diseño
 - la carrera de los cilindros de freno prevista en el diseño, y que las carreras de los cilindros de freno están situadas dentro de los márgenes de funcionamiento.”

De la misma forma que el apartado anterior, al ser una característica que atañe al freno y dado que ni sus características de diseño ni de funcionamiento se modifican en la transformación, esta característica tampoco se tiene que analizar nuevamente.

■ 4.2.3.1.4: Distancia de parada con freno de urgencia

“La distancia de frenado deberá cumplirse utilizando el freno neumático UIC o sistemas de frenado con nivel de seguridad equivalente al mismo.

El freno en casos de urgencia será el propio de la composición con los requerimientos específicos para cada material.

El material rodante interoperable cumplirá los requisitos de la ETI de Material Rodante-Vagones respecto a las distancias de parada.

En todo caso, el material rodante deberá respetar lo establecido en el Reglamento General de Circulación en función de la velocidad y el tipo de vía y siguiendo los criterios de la ficha UIC 544-1.

Para los ensayos a vehículo completo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Ensayo de tipo: Se realizará el ensayo completo según ETI de Material Rodante-Vagones y ficha UIC 544-1.
- Ensayo de serie: Se realizará un protocolo estático de freno siguiendo las prescripciones de la ficha UIC 547.”

Se trata del mismo caso que los apartados anteriores, por lo que no es necesario reevaluar dicha característica.

■ 4.2.3.1.5: Límites de adherencia en frenado

“El material rodante interoperable cumplirá con las prescripciones establecidas en el apartado 4.2.4.1.2.8 de la ETI de Material Rodante-Vagones.

Para el resto del material rodante, se cumplirá lo establecido en el anexo I.4 de la ficha UIC 544-1.”

Ya que la modificación no influye sobre el sistema de frenado, la característica no se reevalúa.

■ 4.2.3.1.6: Sistemas antideslizamiento y detectores de ejes bloqueados

“Si, por sus características específicas, el material rodante equipa sistemas antibloqueo, éstos serán conforme a la ficha UIC 541-05.

El ensayo de tipo a vehículo completo para el sistema antibloqueo será el especificado en la ficha UIC 541-05[27].”

Esta característica no aplica dado que los vagones afectados por la modificación no llevan dicho sistema, por lo que dicha característica no se reevalúa.

■ 4.2.3.2.2: Prestaciones del freno de estacionamiento

“El material interoperable dispondrá de un sistema de freno de estacionamiento conforme a lo estipulado en la ETI de Material Rodante-Vagones.

El resto del material estará dotado de un freno de estacionamiento conforme al punto 8 de la ficha UIC 544-1, acorde con las pendientes máximas de la vía por la que vaya a circular. Ésto no será exigible en el 100 % de los vagones, salvo que lo exijan sus características específicas.”

Las características de diseño y de utilización del sistema de frenado no se ven modificadas en la transformación, por lo que no se reevalúa esta característica.

■ 4.2.3.2.3: Comportamiento térmico de los frenos

“El comportamiento térmico de los frenos deberá permitir al material en condiciones de carga máxima circular por la pendiente máxima presente en las líneas por las que tenga previsto circular, a una velocidad de al menos el 90 % de su velocidad máxima.

En cualquier caso, este comportamiento térmico será utilizado para determinar las líneas por las que estará autorizado a circular el material, o las condiciones de circulación del material en función de las características concretas de la línea.

Independientemente de lo anterior, los componentes del sistema de freno se diseñarán para soportar al menos dos frenadas de urgencia consecutivas desde la velocidad máxima de la composición de los vehículos.”

Esta característica no hay que analizarla nuevamente dado que no se modifica el sistema de frenado de los vagones.

■ 4.2.5.2.1: Enganches

“Los vagones que se deban clasificar en las estaciones de clasificación tendrán enganches que respeten las prescripciones del capítulo 52 de las fichas UIC.

Los ensayos de tipo a componente se realizarán conforme a los anexos D y E de la ficha UIC 522-2[28] para los enganches automáticos.”

Se hace una revisión documental de los sistemas de enganche, pero no se realiza ensayo tipo porque no varía la tara del vagón.

■ 4.2.5.2.2: Resistencia a choques

“Los vagones que se clasifiquen por gravedad o lanzamiento serán conforme a la ETI de Material Rodante-Vagones.

El ensayo de choque a vehículo completo se efectuará conforme al anexo Z de la ETI de

Material Rodante-Vagones. Los mandos de freno estarán diseñados de tal manera que no sufran cambios de posición tras los choques entre topes descritos en dicho anexo.

Si no se efectúa este ensayo, se demostrará mediante cálculo que la estructura del vagón es capaz de soportar las cargas de choque máximas que se prevé que experimentará en servicio, sin deformaciones permanentes apreciables.”

Los vagones están exentos de reevaluar dicha característica y por ende de la realización de ensayos ya que según la tabla 28 de la ficha UNE-EN 12663-2 junto con el apartado 9.3.2 de dicha norma, al tratarse de una evolución de un diseño existente con una aplicación similar y la seguridad queda demostrada por la experiencia en servicio, se concluye que no es necesario realizar ensayos.

■ 4.2.5.3: Cargamentos

“Los elementos para el acondicionamiento y sujeción del cargamento cumplirán la ETI de Material Rodante-Vagones, y la ficha UIC 577[29].

En los vagones portacontenedores, se realizará como ensayo de serie una verificación dimensional del posicionamiento de clavijas según el anexo A de la ficha UIC 571-4[29].”

Dicho apartado no aplica a los vagones que se modifican.

■ 4.2.5.4: Provisiones para el equipamiento hidráulico/neumático de los vagones

“El equipamiento hidráulico/neumático de los vagones de mercancías deberá respetar lo establecido en el apartado 4.2.7.5 de la ETI de material Rodante-Vagones.”

Dicha característica no se reevalúa por el hecho de que estos vagones no disponen de dicho equipamiento.

■ 4.2.5.5: Puertas exteriores de mercancías, estribos y pasamanos

“Los estribos, los pasamanos, las puertas y cierres de lonas exteriores de material rodante de mercancías serán conforme a la ETI de Material Rodante-Vagones, complementada con la ficha UIC 535-3[30] adaptada a la distancia entre topes.

La metodología del ensayo de tipo a componente será conforme a los protocolos del fabricante, que incluirán una verificación funcional del diseño, en puertas aisladas y en implantación en el vehículo.

En el ensayo de serie a vehículo completo se verificará la correcta integración en el vagón de los estribos y pasamanos. En los vagones tolva, dentro del ensayo de serie se comprobará además la estanqueidad de sus compuertas y el correcto funcionamiento de los sistemas mecánicos de apertura y cierre.”

Esta característica sí hay que reevaluarla y se analiza en el apartado de justificaciones utilizando un plano en el que se comprueban los gálibos de los pasamanos, estribos y portaseñales.

■ 4.4.1: Documentación de mantenimiento

“La documentación de mantenimiento deberá describir cómo han de realizarse las intervenciones de mantenimiento. Se consideran como intervenciones de mantenimiento las actividades de inspección, supervisión, ensayos, medidas, sustitución de piezas, ajustes, reparaciones, etc.

Las intervenciones de mantenimiento se dividen en:

- Mantenimiento preventivo: programado y controlado.
- Mantenimiento correctivo.

Para el material rodante interoperable, se cumplirá lo establecido en los apartados 4.2.8 y 4.5 de la ETI de Material Rodante-Vagones.

En la documentación de mantenimiento deberán incluirse al menos los siguientes aspectos:

- Jerarquía de componentes y descripción funcional: la jerarquía establece los límites del material rodante mediante una relación de todos los elementos que pertenecen a la estructura de producto de ese material rodante y que utilizan un número adecuado de niveles independientes. El último elemento será una unidad sustituible.
- Esquemas de circuitos, esquemas de conexiones y esquemas de cableados.
- Lista de piezas: la lista de piezas deberá contener las descripciones técnicas de las piezas de repuesto (unidades sustituibles) y las referencias del proveedor o fabricante de repuestos, permitiendo la identificación y adquisición de las piezas correctas.

La lista deberá incluir:

- Las piezas sujetas a desgaste o abrasión,
- las que deban reemplazarse debido a fallos eléctricos o mecánicos,
- o las que deban reemplazarse debido a daños accidentales (por ejemplo, el parabrasas).
- Los Componentes Característicos deberán estar indicados y referidos a su correspondiente informe de validación positivo.

- Deberán establecerse los valores límite de desgaste para aquellas piezas que no deberán excederse en servicio; podrá considerarse la posibilidad de establecer restricciones operacionales en modo degradado (valor límite alcanzado).
- Obligaciones legales europeas: cuando los componentes o sistemas estén sujetos a obligaciones legales europeas específicas, se relacionarán dichas obligaciones.
- Plan de mantenimiento.”

El plan de mantenimiento de estos vagones no se vé afectado por la transformación que van a sufrir por lo que no se modifica. De cualquier forma, en el apartado de justificaciones se analiza la documentación de mantenimiento junto con su plan de mantenimiento.

■ 4.4.2: Plan de mantenimiento de un vehículo ferroviario

“El plan de mantenimiento recogerá el conjunto de operaciones que definen cada una de las intervenciones que deben realizarse sobre un vehículo ferroviario y la frecuencia con que éstas han de efectuarse durante toda su vida útil para conservar, en el estado requerido durante su validación, las características técnicas que, en materia de seguridad, fiabilidad, compatibilidad técnica, salubridad, protección medioambiental y, en su caso, interoperabilidad, le fueron exigidas conforme a lo dispuesto en las ETH.

Cada plan de mantenimiento deberá respetar un formato tipo que defina los siguientes aspectos:

- Firma del titular del vehículo.
- Código de identificación del Plan de Mantenimiento.
- Control de edición y revisión.
- Trazabilidad.
- Ciclos de intervenciones de mantenimiento.
- Contenido de las intervenciones de mantenimiento y referencia al documento en el que se desarrollan (este documento deberá especificar los límites de utilización, los procedimientos de revisión y los criterios de aceptación o rechazo).
- Relación de vehículos a los que afecta este plan de mantenimiento.

La periodicidad y el contenido de las intervenciones de mantenimiento serán justificadas, como mínimo, en base a:

- Las exigencias de diseño del fabricante respecto al mantenimiento.
- Las observaciones relativas al mantenimiento.
- La observación del comportamiento en servicio de los diferentes órganos de los vehículos ferroviarios.
- El resultado de eventuales ensayos.
- Si es necesario, estudios de seguridad de funcionamiento.

El plan de mantenimiento está compuesto por todas las tareas que incluyen operaciones, procedimientos, herramientas y tiempos de trabajo requeridos para realizar las intervenciones de mantenimiento. Las intervenciones de mantenimiento incluyen las siguientes actividades:

- Instrucciones de desmontaje/montaje, planos necesarios para el correcto desmontaje/montaje de las piezas de repuesto.
- Criterios de mantenimiento.
- Comprobaciones y ensayos.
- Herramientas y materiales necesarios para la tarea.
- Consumibles necesarios para la tarea.
- Equipos de seguridad y protección del personal.
- Ensayos y procedimientos necesarios que han de llevarse a cabo después de cada operación de mantenimiento, antes de la puesta en servicio del material rodante.
- Manual de localización y diagnóstico de averías, con diagramas funcionales y esquemas de los sistemas.

Se verificará la existencia de un plan de mantenimiento que incluya los elementos anteriormente mencionados, conforme al apartado 6.2.2.3 de esta ETH.

Todos los aspectos del material rodante relacionados con la seguridad que puedan sufrir un deterioro a lo largo de su vida útil deberán estar contemplados en el plan de mantenimiento e inspeccionarse de acuerdo al mismo, adoptándose medidas correctoras si se observan daños o funcionamiento incorrecto.

Además, se deberán incluir en el plan de mantenimiento aquellas características, que por su novedad o complejidad tecnológica, se considere necesario revisar desde el punto de vista de la seguridad.”

De igual forma que en el apartado anterior, se explica más en detalle el plan de mantenimiento de estos vagones en el apartado de justificaciones.

■ 4.5: Estudio FDMS

“El fabricante del material rodante deberá presentar un estudio de Seguridad, siendo recomendable ampliar el mismo con los demás aspectos hasta completar el estudio FDMS (Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad). Estos estudios seguirán la norma UNE-EN 50126[31].

La validación de estos estudios será realizada por un evaluador independiente de seguridad.”

En el apartado de justificaciones se explica en detalle las amenazas que se registran derivadas de la modificación.

3.2. Cálculos técnicos y justificaciones

En este apartado se da soporte documental a todas las características que quedan abiertas y, por tanto, pendientes de evaluar en el apartado anterior. Primeramente se establece el registro preliminar de amenazas, en el que se muestra de forma esquemática la forma de mitigar dichas amenazas. Después, en el apartado de justificaciones, se expone toda la documentación necesaria para mitigar las amenazas, de modo que finalmente queden todas cerradas en el apartado FDMS.

3.2.1. Análisis Preliminar de amenazas

Como se ha expuesto previamente, en dicha matriz se muestran las posibles amenazas provenientes de la modificación que se va a realizar sobre los vagones, los efectos que podrían acarrear si se llegasen a producir, la severidad, frecuencia y riesgos iniciales y las evidencias de la mitigación. Todo esto queda recogido en las tablas 3.2, 3.3 y 3.4:

Origen	Causas	Efectos	Severidad inicial	Frecuencia Inicial	Riesgo Inicial	Comentarios	Evidencia de la Mitigación
PHA-10	Defecto diseño	Descarrilamiento (caso extremo)	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.1.3.1 de la ETH	Memoria técnica y Plano conjunto
PHA-11	Defecto fabricación	Descarrilamiento (caso extremo)	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.1.3.1	Pesaje vagón (prueba tipo)
PHA-12	Defecto diseño	Descarrilamiento (caso extremo)	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.5 y 4.2.1.3.3	Informe exención ensayos dinámicos
PHA-13	Defecto diseño	Descarrilamiento (caso extremo)	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.1.2.5 y 4.2.5.7	Informe ficha UIC 530-2[32] e informe Ensayo Rigidez Torsional
PHA-20	Defecto diseño	Colisión	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.1.1 y 4.2.1.2.2	Cálculo de gálibo
PHA-21	Defecto fabricación	Colisión	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.1.1 y 4.2.1.2.2	Prueba de gálibo

Tabla 3.2: Registro preliminar de amenazas.

PHA-22	Defecto diseño	Roturas	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.1.1.1	Comprobación y verificación dimensional
PHA-23	Defecto fabricación	Roturas	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.1.1.1	Análisis resistencia de la caja
PHA-30	Aumento tara	Colisión	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.3.1.2, 4.2.3.1.3, 4.2.3.1.4, 4.2.3.1.5, 4.2.3.2.2 y 4.2.3.2.3	Informe exención de pruebas de frenado
PHA-31	Aumento carga máxima	Colisión	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.2.3.1.2, 4.2.3.1.3, 4.2.3.1.4, 4.2.3.1.5, 4.2.3.2.2 y 4.2.3.2.3	Informe exención de pruebas de frenado
PHA-40	Defecto diseño	Muerte o heridas graves	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.5.5	Cálculo de gálibo
PHA-41	Defecto diseño	Muerte o heridas graves	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.5.5	Plano estribos, pasamanos y portaseñales

Tabla 3.3: Registro preliminar de amenazas.

PHA-42	Defecto diseño	Descarrilamiento (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.5.4	Cálculo de gálibo
PHA-43	Defecto diseño	Choque de trenes (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.5.4	Plano estribos, pasamanos y portaseñales
PHA-44	Defecto fabricación	Choque de trenes (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Comentarios	Plano estribos, pasamanos y portaseñales
PHA-50	Defecto diseño	Descarrilamiento (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.2.5	Plano conjunto inscripciones
PHA-51	Defecto fabricación	Descarrilamiento (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartado 4.2.2.5	Instrucción técnica de inscripciones
PHA-60	Mala planificación mantenimiento	Descarrilamiento (caso extremo)	Crítica	Improbable	Tolerable	Justificación apartados 4.4.1 y 4.4.2	Plan y documentación de mantenimiento

Tabla 3.4: Registro preliminar de amenazas.

3.2.2. Plan de calidad

En el plan de calidad se establecen las medidas de gestión de calidad que deben ser adoptadas para la transformación de los vagones porta-autos objetos de este proyecto que vayan a ser transformados.

3.2.2.1. Plan de control

- Ensayos establecidos

Todos los ensayos necesarios para evaluar la certificación de la homologación se realizan en presencia del organismo certificador, en el siguiente porcentaje:

- Ensayo tipo: 100 % de los vagones a modificar.
- Ensayo serie: 10 % de los vagones a modificar.

Estos porcentajes son establecidos por la empresa interesada en la modificación, en este caso TRANSFESA, y tiene que ser aceptado por el organismo certificador. En la tabla 3.5 se indican las pruebas a realizar:

Apartado ETH	Elemento a verificar	Ensayo tipo	Ensayo serie	Requisitos funcionales técnicos
4.1.1.1	Inspección de soldaduras		X	Según tabla 3.6
4.1.1.1	Control dimensional		X	Según tablas 3.7 y 3.8
4.2.1.1	Medición de gálibo	X	X	Según tabla 3.9
4.2.5.7	Medición rigidez torsional	X		Según procedimiento ERT, Anexo G
4.2.1.3.1	Pesaje de vagón para verificar tara real	X		Según tabla 3.10
4.2.5.5	Verificación cumplimiento ETI material rodante y ficha 535-2[33]		X	Según Anexo H
4.2.2.5	Instrucción de inscripciones		X	Según el Anexo I

Tabla 3.5: Pruebas a realizar en el proceso de homologación de la modificación.

■ Control de soldaduras

El nivel de calidad para los defectos de soldaduras según norma UNE- EN ISO 5817[34] requerido en las uniones más determinantes de la transformación (unión entre caja y piso superior) es C, por lo tanto, la clase para la ejecución de soldeo, en estas uniones corresponde a un CP C3 (categoría de esfuerzo baja y categoría de seguridad media) y la clase de inspección a un CT 4 (no hay que realizar ensayos volumétricos ni superficiales), el resto de uniones es de nivel de calidad D, lo que implica, que las inspecciones requeridas son mediante examen visual y por muestreo en el 100 % de los vagones a construir según norma UNE-EN 15085-5.

La inspección se efectúa con preferencia directamente, siempre que la soldadura a inspeccionar se pueda ver a una distancia inferior a 600 mm y con un ángulo de 30°. Cuando lo anterior no sea posible, se emplean espejos o cualquier otro tipo de útil adecuado, que permita la observación de las soldaduras de forma equivalente a la observación directa. La inspección se realiza siguiendo las pautas, por muestreo en todos los vagones, que se adecúan a cada trabajo específico:

- Se inspecciona el aspecto de las soldaduras, su rugosidad, salpicaduras y restos de escoria en las zonas colindantes.
- La inspección se realiza para detectar las posibles discontinuidades, tales como cráteres en extremos de los cordones, grietas, falta de penetración, mordeduras, solapamientos y sobreespesores.
- Los defectos se marcan con claridad en las zonas a reparar, empleando lápices marcadores y otros medios que no se borren fácilmente.

Las zonas en las que se comprueban las soldaduras son las que se muestran en la imagen 3.1

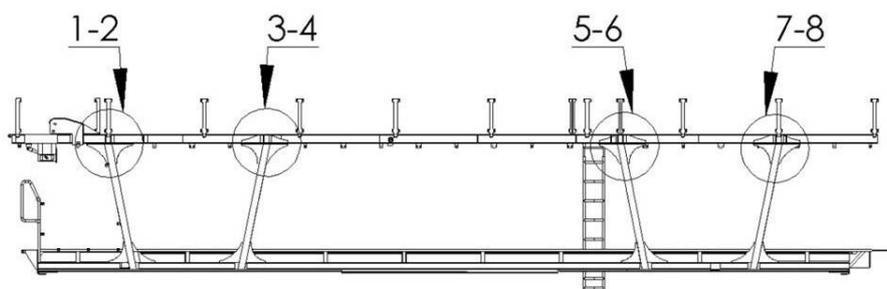


Figura 3.1: Puntos en los que se comprueba la soldadura.

En estas zonas es donde van situados los conjuntos nuevos que se colocan en el vagón y a los cuales se ha hecho referencia en anteriores apartados. En la imagen 3.2 se aprecian las tres soldaduras que se tienen que revisar:

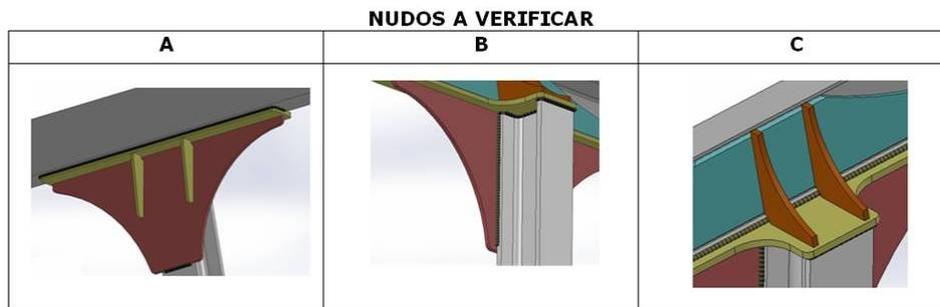


Figura 3.2: Soldadura entre el piso superior y el conjunto y entre el conjunto y el montante.

Una vez comprobadas las soldaduras se rellena la gama de control que se muestra en la tabla 3.6 para verificar las uniones de soldadura de los elementos de responsabilidad en la transformación, referentes a los apoyos del piso superior sobre los montantes existentes.

	Descripción	Tipo de unión	Clase de ejecución de soldeo según EN 15085-3[35]	Nivel defecto aceptable	Clase de inspección	Nudo a verificar			
						1	2	3	4
A	Unión base de apoyo piso superior a larguero de piso	a5	C	CP C3	CT4				
B	Unión cartela vertical de base de apoyo a montante	a3	C	CP C3	CT4				
C	Unión del nervio vertical entre piso superior y base de apoyo	a3	C	CP C3	CT4				

Tabla 3.6: Chequeo de soldaduras.

Como podemos apreciar en la imagen 3.1, habrá que hacer este chequeo para los ocho puntos que marca por semivagón y en los dos semivagones.

Las soldaduras se realizan de acuerdo con procedimientos homologados y son llevadas a cabo por los soldadores cualificados de los que disponga el taller.

■ Control dimensional

Ya que se realiza una modificación en el vagón y se hace en función de un diseño previamente elaborado, se hace indispensable realizar una serie de controles para verificar que todo el proceso se está llevando a cabo correctamente. Y uno de los más destacados es el control dimensional de unas determinadas zonas que se han considerado importantes, como se pueden apreciar en la imagen 3.3.

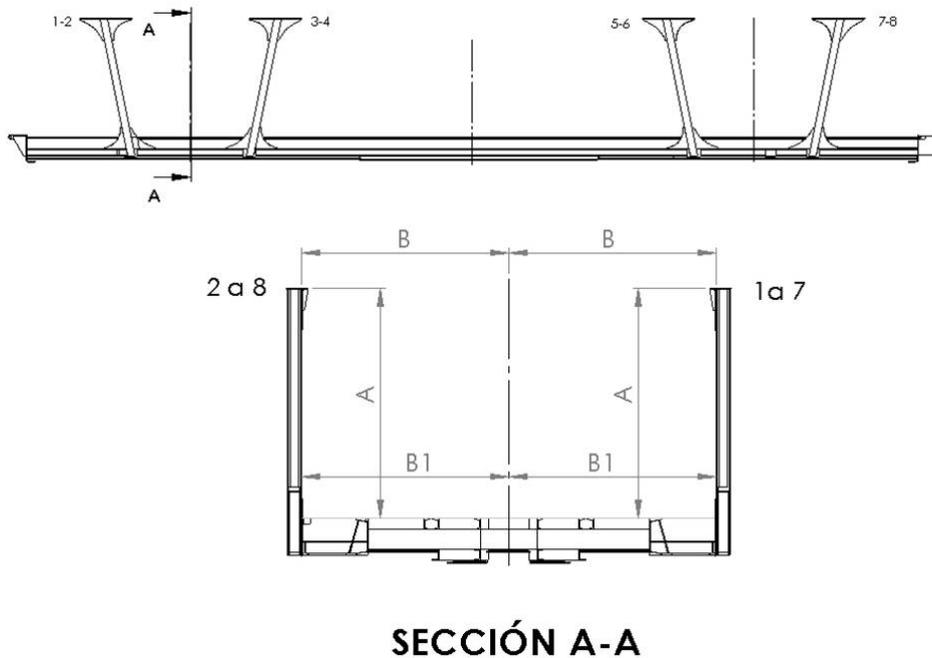


Figura 3.3: Puntos en los que se comprueba las medidas que se consideran importantes.

- la cota A es la altura entre el plano de apoyo de rejilla en el bastidor y la base superior de los montantes.
- La cota B es el ancho entre la cara interior de los montantes y el plano longitudinal del vagón en la parte superior.

- La cota B1 es el ancho entre la cara interior de los montantes y el plano longitudinal del vagón en la parte inferior.

De la misma forma que en el apartado anterior, se elabora una tabla, 3.7 para reflejar los datos obtenidos en la realidad y ver que están dentro de los parámetros establecidos inicialmente.

	Proceso de medición	Medidas (mm)		Puntos de medición asignados			
		Cota nominal	Tolerancia	1	2	3	4
A	Altura montantes	1.646	+4/-6				
B	Diferencia entre montantes parte superior e inferior	-	≤ 10			-	-

Tabla 3.7: Chequeo de control dimensional.

Este control se realiza cuando el piso superior esta separado de los montantes. Una vez que se colocan las piezas oportunas y el piso superior en su posición final, se vuelve a hacer otro control dimensional como se muestra de forma esquemática en la figura 3.4.

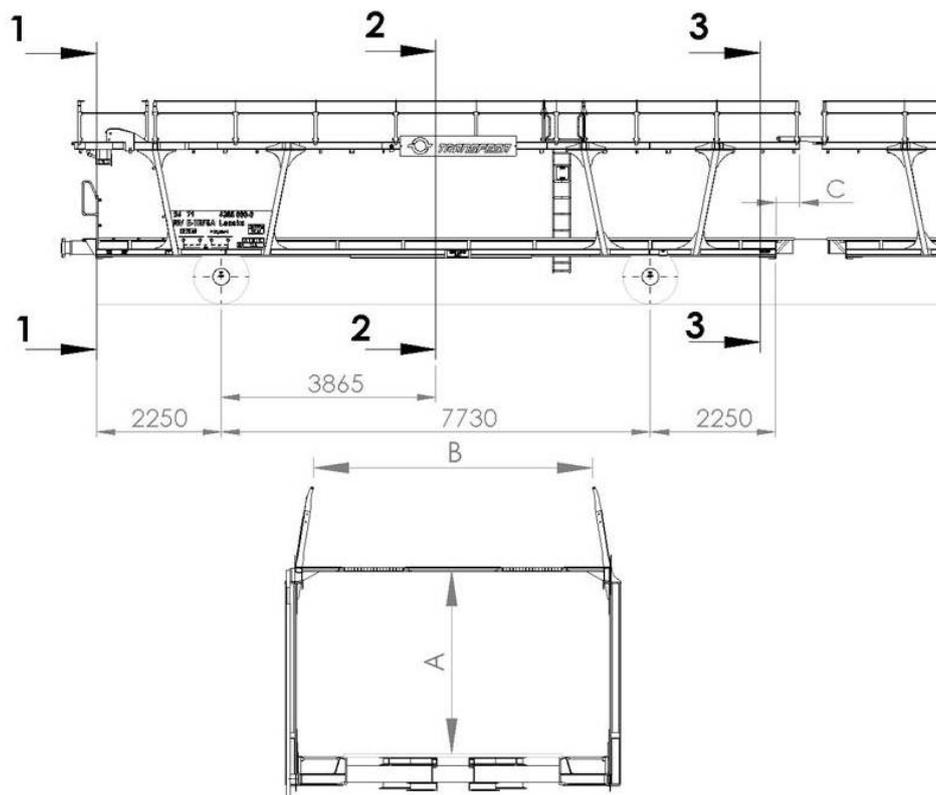


Figura 3.4: Puntos a comprobar una vez soldado el piso superior.

- la cota A es la altura útil, resultante entre el plano superior de rejilla de paso de vehículos y el plano inferior de traviesas del piso superior.
- Las cotas B, C y D corresponden al ancho útil entre postes superiores de fijación de cables de seguridad en el piso superior.

Del mismo modo, se tienen en cuenta una serie de tolerancias, como se ven en la tabla 3.8, entre las que pueden estar los valores de las medidas. En caso de que las cotas medidas sobre vagón estén fuera de tolerancia, hay que volver a colocar las piezas en su posición adecuada.

	Proceso de medición	Medidas (mm)		Puntos de medición asignados		
		Cota nominal	Tolerancia	1	2	3
A	Altura de piso en sección 1, 2 y 3	1.715	+5/-10			
B	Ancho útil sección 1	2.518	+5/-5		-	-
C	Ancho útil sección 2	2.616	+5/-5	-		-
D	Ancho útil sección 3	2.518	+5/-5	-	-	
C	Distancia piso superior a cabecero central del piso inferior	430	+10/-5		-	-

Tabla 3.8: Chequeo de control dimensional.

■ Control de gálibo

Aunque más adelante se habla expresamente del cálculo de gálibo, en el plan de calidad también se recogen determinados valores y cotas que hay que respetar. En la imagen 3.5 se distinguen los puntos que se consideran más desfavorables y en los cuales hay que realizar dicho control.

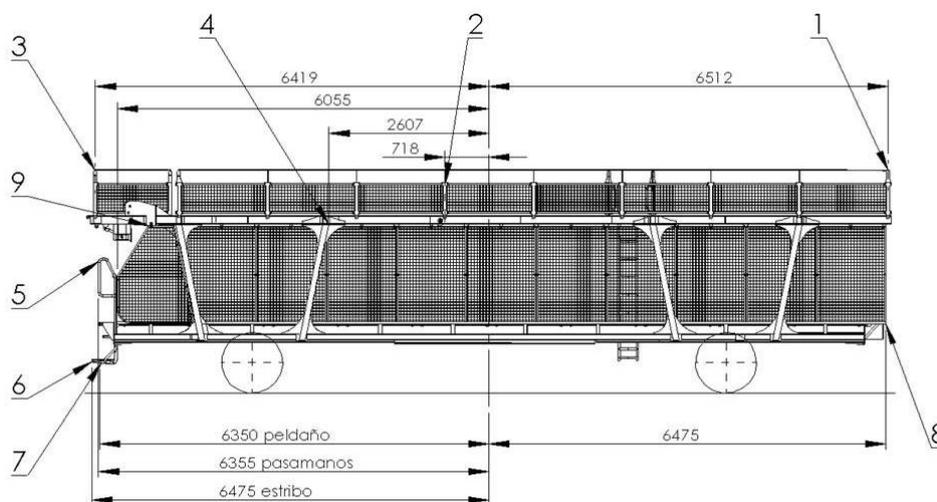


Figura 3.5: Puntos a comprobar el gálibo.

Los valores medidos en el vagón tienen que ser mayores que los expuestos en la tabla 3.9:

	Proceso de medición		Medidas (mm)		
			Medida admisible	Cota real	
				Izquierda	Derecha
1	Puntal superior fijación cable cabecero central	Distancia vertical a contorno gálibo	≥ 15		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 131		
2	Puntal superior fijación cable parte central	Distancia vertical a contorno gálibo	≥ 15		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 70		
3	Puntal superior fijación cable cabecero extremo	Distancia vertical a contorno gálibo	≥ 15		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 127		
4	Base de apoyo piso superior parte central	Distancia vertical a contorno gálibo	≥ 15		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 51		
5	Pasamanos de acceso a piso inferior	Distancia vertical a carril	≥ 561		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 110		
6	Estribo de 350	Distancia vertical a carril	≥ 562		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 110		
7	Estribo acceso a piso inferior (2 peldaños)	Distancia vertical a carril	≥ 424		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 103		
8	Angular de apoyo piso inferior lado central	Distancia vertical a carril	≥ 561		
		Distancia horizontal a contorno gálibo	≥ 112		

Tabla 3.9: Control de gálibo del vagón.

La gama de control se ha realizado de acuerdo con el cálculo de gálibo establecido en el diseño. Esta prueba se realiza en el primer vagón de la serie y posteriormente en un diez por ciento de los vagones que se modifiquen.

- Comprobación de inscripciones

Se comprueban las cifras y la posición de las inscripciones en el vagón, basándose en el GCU[36], según el plano del Anexo J y la instrucción de inscripciones del anexo I.

- Verificación final

En la que se comprueba que los estibos están colocados y fijados, los portaseñales UIC colocados y pintados (estos elementos se ajustan a la normativa vigente, según la ficha UIC 535-2, y viene detallado en el Anexo H) y las inscripciones están ubicadas.

- Medición de la rigidez torsional

Se realiza el ensayo según se expone en el Anexo G. Esta prueba es un ensayo tipo, por lo que únicamente se realiza en el primer vagón de la serie.

- Pesaje del vagón

Se debe realizar un pesaje del vagón completo (con órganos de rodaje) en una báscula calibrada. Dicho pesaje debe cumplir lo expuesto en la tabla 3.10:

	Tara nominal (kg)	Tolerancia (%)	Tara real
Vagón completo	25.000	±2	

Tabla 3.10: Chequeo de pesaje del vagón.

- Revisión general

Se realizan las operaciones correspondientes a una revisión general del vagón del tipo R (gran reparación) según el plan de mantenimiento establecido para los vagones porta-autos tipo Laaeks por parte de TRANSFESA, con código TF 436602.

Sobre el plan de mantenimiento, se habla más en detalle en el apartado dedicado a ello.

- Requisitos de aparatos de medida

Para poder realizar una homologación siempre se tiene que disponer de los aparatos específicos para cada ensayo, además de que han que tener su certificado de calibración y que no esté caducado. De este modo, para los ensayos que se han indicado anteriormente es imprescindible tener calibrados correctamente los siguientes dispositivos:

- Báscula (para realizar el pesaje del vagón),
- Célula de carga (se emplea en el ensayo de rigidez torsional),
- Regla de medida (se emplea tanto en el ensayo de rigidez torsional, como en las comprobaciones dimensionales como en el control del gálibo),
- Nivel óptico (utilizado en el ensayo de rigidez torsional),
- Tunel de gálibo (se utiliza en la prueba de gálibo),
- Vía nivelada (vía en la que se realiza el control de gálibo).

3.2.3. Análisis de resistencia de la caja del vehículo

Tal y como se hacía referencia en el apartado de características a reevaluar, y de acuerdo con la ficha UNE-EN 12663-2, no es necesario tener que realizar un análisis completo, como se desprende de la tabla 3.11:

	Análisis estructural completo	Análisis estructural comparativo local o global	Ensayos especificados en la norma	Ensayos de fatiga y/o de servicio
Nuevo diseño	No es aplicable	No es aplicable	Si	Requeridos únicamente si los ensayos especificados en esta norma no demuestran suficiente resistencia a la fatiga
Evolución del diseño y/o nueva aplicación	No	Si	No o programa de ensayos reducido	Requeridos únicamente si otros métodos no demuestran suficiente resistencia a la fatiga
Evolución del diseño, aplicación similar	No	Sí	No o programa de ensayos reducido	No
Nota: Un nuevo diseño es un producto (vehículo o parte componente) que es de nueva creación y no tiene conexión directa con ningún producto similar existente. Una evolución de diseño es un producto (vehículo o parte componente) que está basado en un producto similar existente y tiene una conexión directa con él				

Tabla 3.11: Resumen del programa de validación.

Como se puede ver en la tabla 3.11, al tratarse la modificación de una evolución del diseño y tener una aplicación similar, no se tiene más que realizar un análisis estructural comparativo local o global, y como se acuerda con el organismo certificador se decide que sea un análisis local, de la zona modificada, ya que el comportamiento estructural del vagón está ampliamente acreditado con los años de experiencia en servicio que presenta.

De este modo, atendiendo a la ficha UNE-EN 12663-2, únicamente se tiene que analizar:

- Caso 1: las fuerzas verticales a las que está sometida la unión entre montantes y piso

superior, tanto en el vagón sin modificar, como se ve en la imagen 3.6, como en el vagón modificado, como se aprecia en la imagen 3.7:

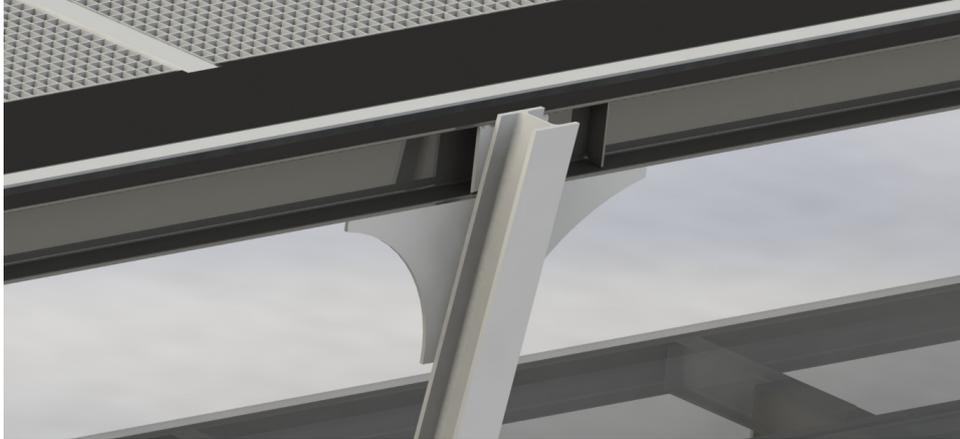


Figura 3.6: Zona de unión entre montantes y piso superior en vagón sin modificar.

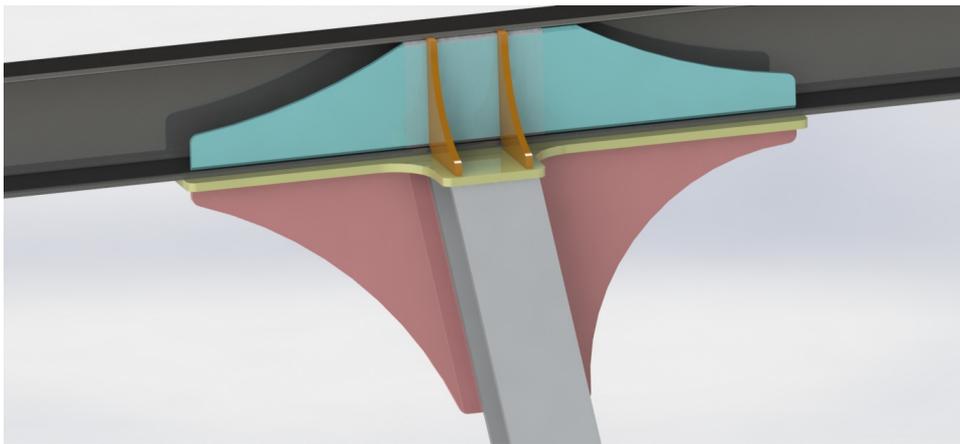


Figura 3.7: Zona de unión entre montantes y piso superior en vagón modificado.

- Caso 2: un estudio que simule un choque en dirección longitudinal. Para ello se aplica una fuerza en un extremo en dirección longitudinal y se ve cómo afecta a la unión entre piso superior y montantes.

El resto de análisis de fuerzas que vienen indicados en la ficha no hay que analizarlos. Nos estamos refiriendo a fuerzas longitudinales a la altura de los topes, o esfuerzos de fatiga.

De modo que las fuerzas verticales que tenemos que tener en cuenta son:

- El peso propio del piso superior y

- las cargas a las que se someten al piso superior.

Hay que definir las masas que se van a tener en cuenta en los casos a realizar. Se emplea la misma terminología que se utiliza en la ficha UNE-EN 12663-2 y que se muestra en la tabla 3.12:

Definición	Símbolo	Descripción
Masa nominal de la caja del vehículo en orden de trabajo	m_1	Es la masa de diseño de la caja del vehículo en orden de trabajo, de acuerdo con la Norma UNE-EN 15663[37], sin las masas de bogies
Carga útil nominal normal	m_3	Es la masa de la carga útil nominal normal, tal como se especifica en la Norma EN 15663

Tabla 3.12: Definición de las masas nominales o de diseño.

De donde se deduce que la masa m_1 en este caso es la masa del piso superior y la masa m_3 es la carga que puede soportar el piso superior, en el caso particular de este vagón 3 coches. Para simplificar el posterior modelado y cálculo de esfuerzos, se decide eliminar el piso móvil y repartir uniformemente la carga en los 4 puntos de apoyo que posee dicho piso.

3.2.3.1. Descripción general

Como se trata de hacer un análisis comparativo, hay que crear dos modelos, uno con la modificación y otro sin ella (modelo original). Ambos modelos son diseñados en programas CAD, en SolidWorks y posteriormente importados a ProEngineer. Para su análisis de esfuerzos se utiliza el programa de elementos finitos (FEM) Nastran/Patran 2005 r2.

En el diseño se modelizan, el piso superior, los montantes y las piezas de unión que existen entre ambos, utilizando para ello elementos tipo SHELL. Para todo el modelo, el sistema de referencia utilizado es el global.

El mallado, para ambos modelos, se crea de forma homogénea a lo largo de toda la estructura con unas dimensiones de 20mm.

En las tablas 3.13 y 3.14 se observa el número de elementos que proporciona el programa a la hora de dividir la estructura tanto para el modelo sin modificar como para el modelo ya modificado:

	Caso 1	Caso 2
Nodos	36.943	36.968
Elementos CQUAD4	35.385	35.489
Elementos CTRIA3	54	48
SHELL	1.832	1.700
RBE3	4	No aplica

Tabla 3.13: Número de elementos del modelo original.

	Caso 1	Caso 2
Nodos	51.616	50.704
Elementos CQUAD4	49.887	49.029
Elementos CTRIA3	526	496
SHELL	4.529	4.410
RBE3	4	No aplica

Tabla 3.14: Número de elementos del modelo modificado.

En cuanto al material empleado para la modelización de la estructura, se ha utilizado acero S275JR cuyas propiedades se muestran en la tabla 3.15:

E (MPa)	210.000
Poisson	0,3
Densidad (kg/m^3)	7.860
Límite elástico (MPa)	275
Límite a rotura (MPa)	410

Tabla 3.15: Propiedades del acero S275JR.

3.2.3.2. Descripción gráfica. Simplificaciones, restricciones y colocación de cargas en los modelos

A continuación se muestran los elementos más significativos a tener en cuenta a la hora de modelar el vagón antes y después de la modificación:

Ya que el vagón es simétrico con respecto al eje longitudinal y que las cargas que se aplican son simétricas de la misma forma, se puede eliminar la mitad del modelo y así se puede realizar un análisis más rápido de la estructura, como se puede ver en la figura 3.8:

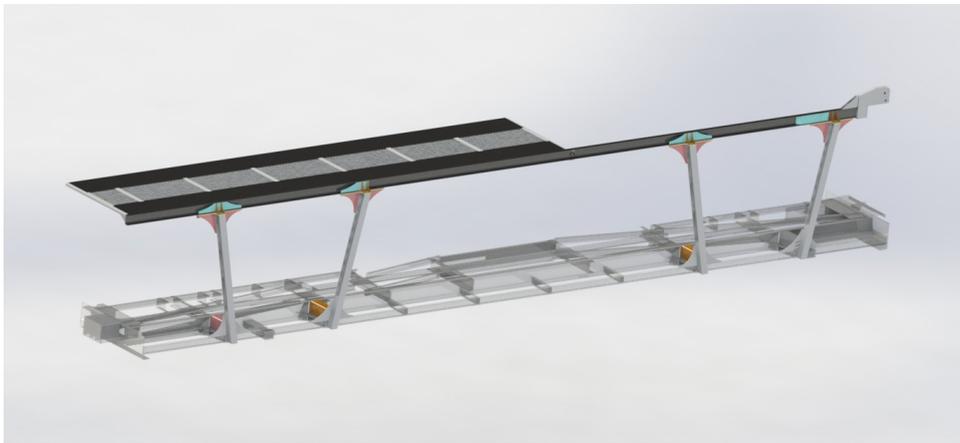


Figura 3.8: Simplificación para análisis por elementos finitos.

Las restricciones se establecen de acuerdo a las imágenes 3.9 y 3.10, donde se ve que se empotra la parte inferior de los montantes evitando desplazamientos y giros en las zonas de unión con el bastidor. También se restringen los desplazamientos en el eje transversal Y, y giros en el eje longitudinal X en las traviesas del eje de simetría.

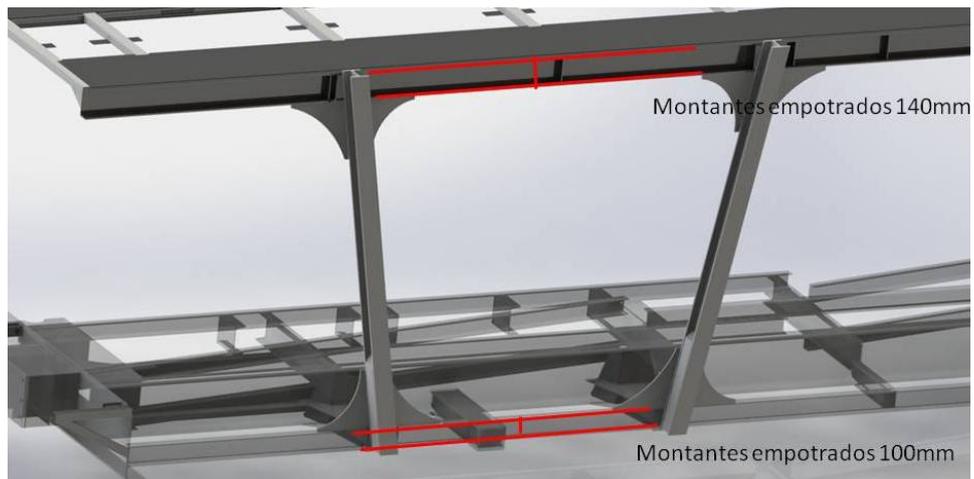


Figura 3.9: Restricción de desplazamientos y giros de los montantes empotrados en el vagón sin modificar.

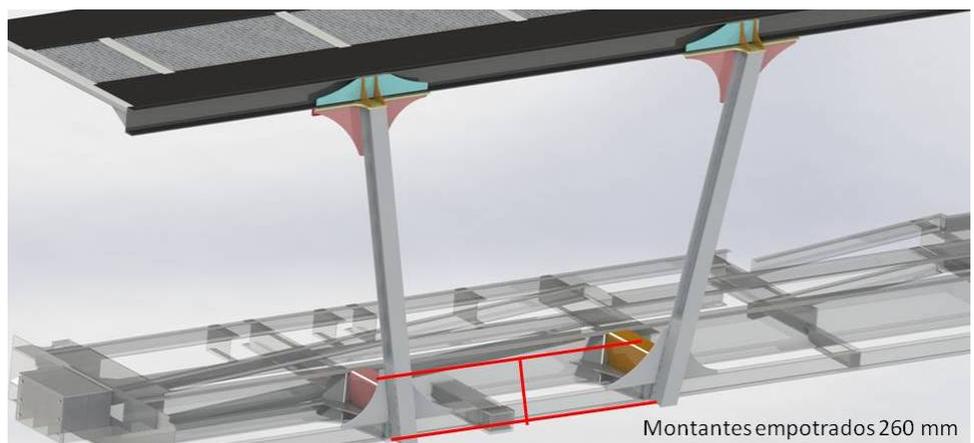


Figura 3.10: Restricción de desplazamientos y giros de los montantes empotrados en el vagón modificado.

En el caso del vagón modificado, los montantes no están empotrados en el perfil del piso superior, como sí lo están en el vagón sin modificar, si no que el piso superior está apoyado como se muestra en la imagen 3.11:

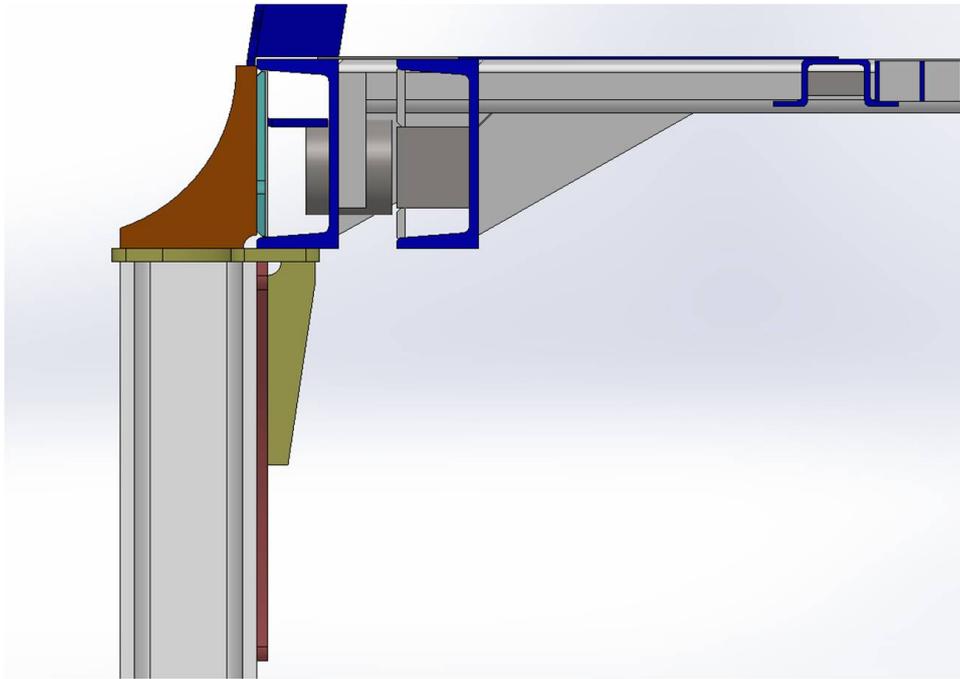


Figura 3.11: Apoyo del piso superior sobre los montantes.

De modo esquemático, y una vez introducido en el programa de elementos finitos, se obtiene la representación de la imagen 3.12:

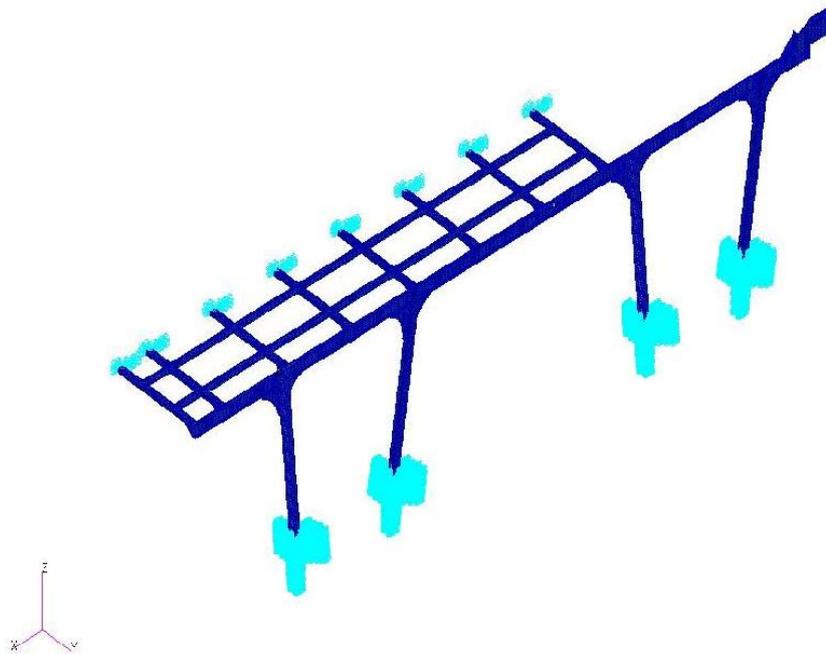


Figura 3.12: Representación esquemática en formato de elementos finitos.

3.2.3.3. Casos analizados

Como se ha comentado con anterioridad, los casos analizados son carga estática vertical e impacto:

- Caso 1: Carga estática vertical

La carga máxima de explotación, tal como se define en la tabla 3.16, corresponde a la carga útil excepcional del vehículo.

Vagones de mercancías	
Categoría F-I	Categoría F-II
$1,3 \times g \times (m_1 + m_3)$	
Si la aplicación produce una carga mayor (por ejemplo debido a los efectos dinámicos y a las condiciones de carga), entonces se debe aplicar un valor más alto y se debe definir en la especificación.	

Tabla 3.16: Carga máxima de explotación o funcionamiento.

De modo que las cargas a las que se ve sometida la estructura son:

- Peso propio del piso fijo

Se resumen los datos en la tabla 3.17:

Masa nominal del piso fijo del vagón en orden de trabajo	1.200 kg
Gravedad	-9,81 m/s ²
Coefficiente de seguridad	1,3
$F_z = 1,3 \times (-9,81) \times 1.200 = -15.303,6\text{N}$	

Tabla 3.17: Cuadro de cargas del piso fijo.

Como se ve en el apartado de simplificaciones, dado que se aplica simetría tanto de geometría como de cargas la fuerza resultante final es la mitad. Esta fuerza se aplica de forma uniformemente distribuida en toda la superficie del piso fijo como se muestra en la imagen 3.13:

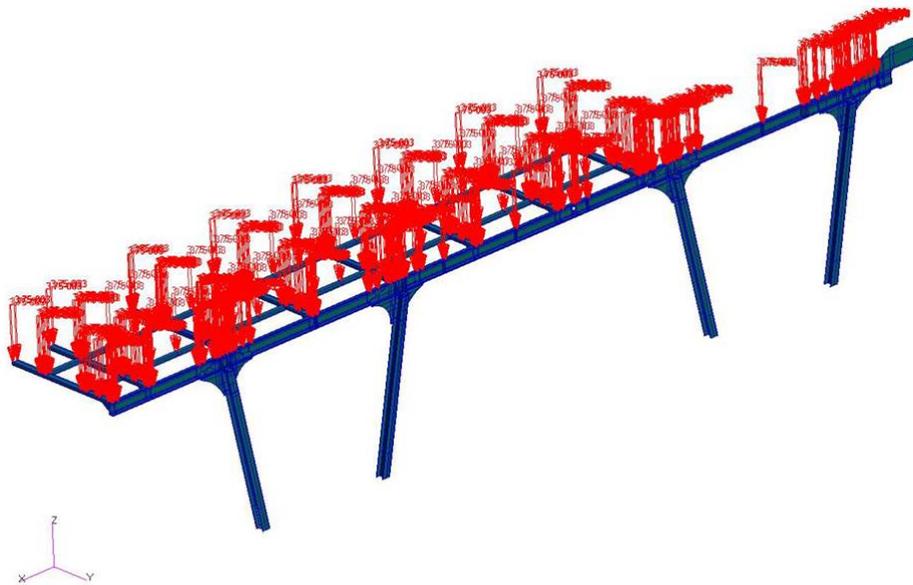


Figura 3.13: Representación de cargas uniformemente distribuidas en el modelo.

- Peso de la carga

Como sabemos el peso por rueda de los coches que se van a transportar, podemos hallar fácilmente la fuerza que se ejerce y en las zonas localizadas:

$$F=1,3x(-9,81)x365= -4.654,8 \text{ N}$$

En la imagen 3.14, que se muestra a continuación, se puede ver la zona donde se sitúan las ruedas de los coches y por consiguiente los puntos de aplicación de las fuerzas:

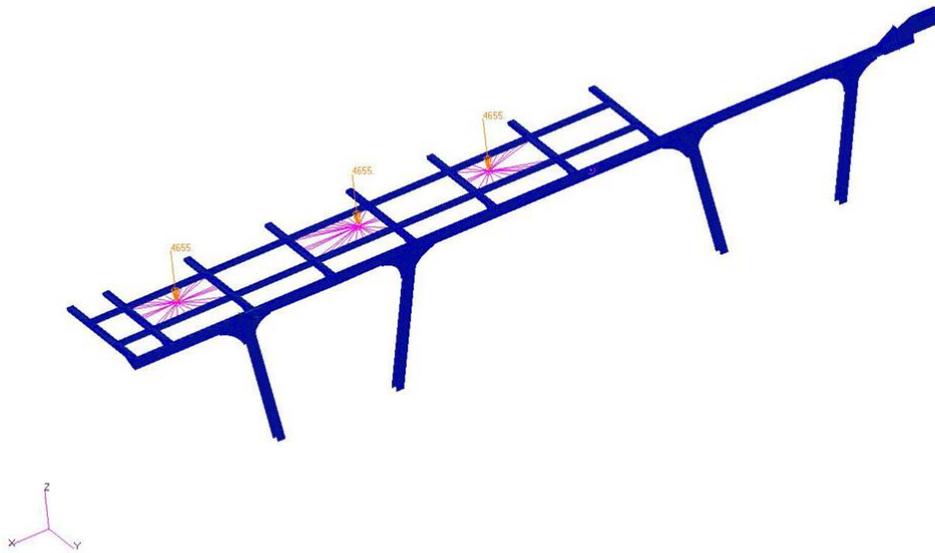


Figura 3.14: Representación del peso ejercido por las ruedas de los coches en el modelo.

- Peso piso móvil

Calculamos el peso propio del piso móvil, $P_{móvil}$, y la proporción de carga útil que sustenta dicho piso, $Q_{móvil}$, para posteriormente dividir el total entre los cuatro puntos, como se muestra en la imagen 3.15:

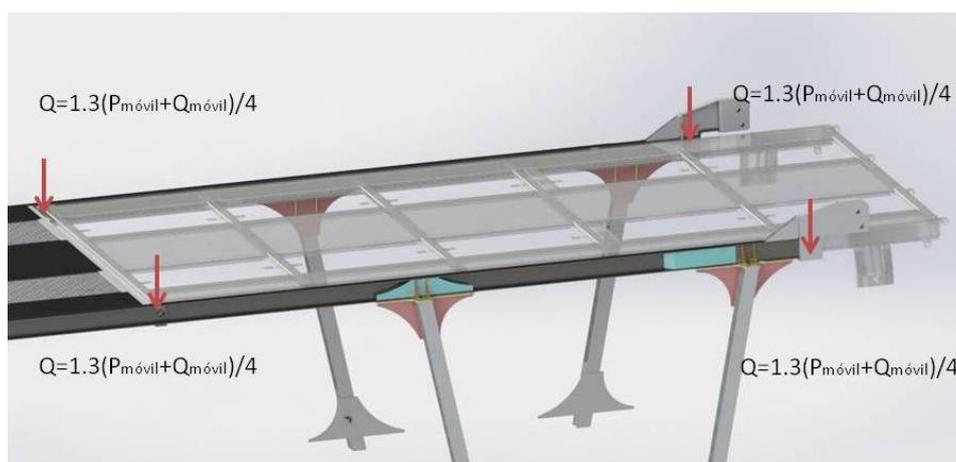


Figura 3.15: Distribución de las cargas del piso móvil en los cuatro puntos de apoyo.

En la imagen 3.16, se muestra un detalle de la colocación de dichas cargas a la hora

de introducir las en el programa de elementos finitos:

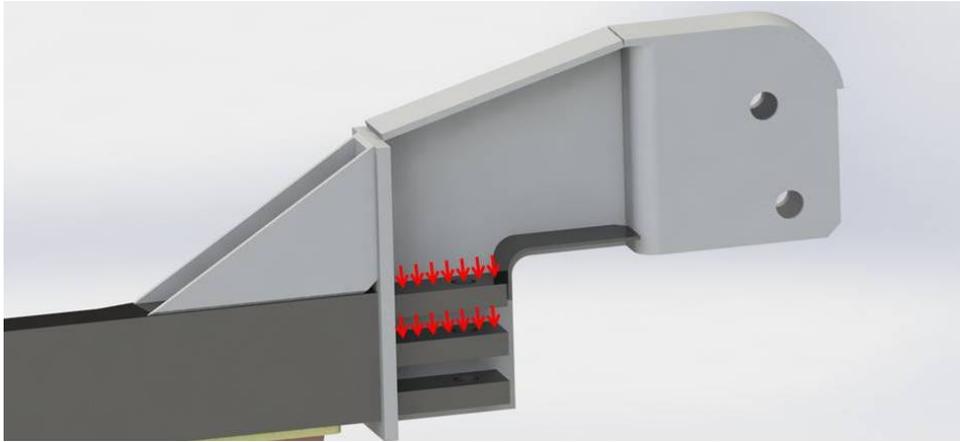


Figura 3.16: Distribución de las cargas del piso móvil en uno de los puntos.

De esta forma se obtienen los valores que se muestran en la tabla 3.18:

Peso propio piso móvil (P_{movil})	800 kg
Peso carga útil sobre piso móvil (Q_{movil})	2.190 kg
Gravedad	-9,81 m/s ²
$F_z = 1,3 \times (-9,81) \times (800 + 2.190) / 4 = -9.532,87 \text{ N}$	

Tabla 3.18: Cuadro de cargas del piso móvil

Introduciendo dichos valores en el programa de elementos finitos, se obtienen las imágenes 3.17 y 3.18 en las que se reflejan el estado de tensiones de Von Mises tanto en el modelo original como en el modificado:

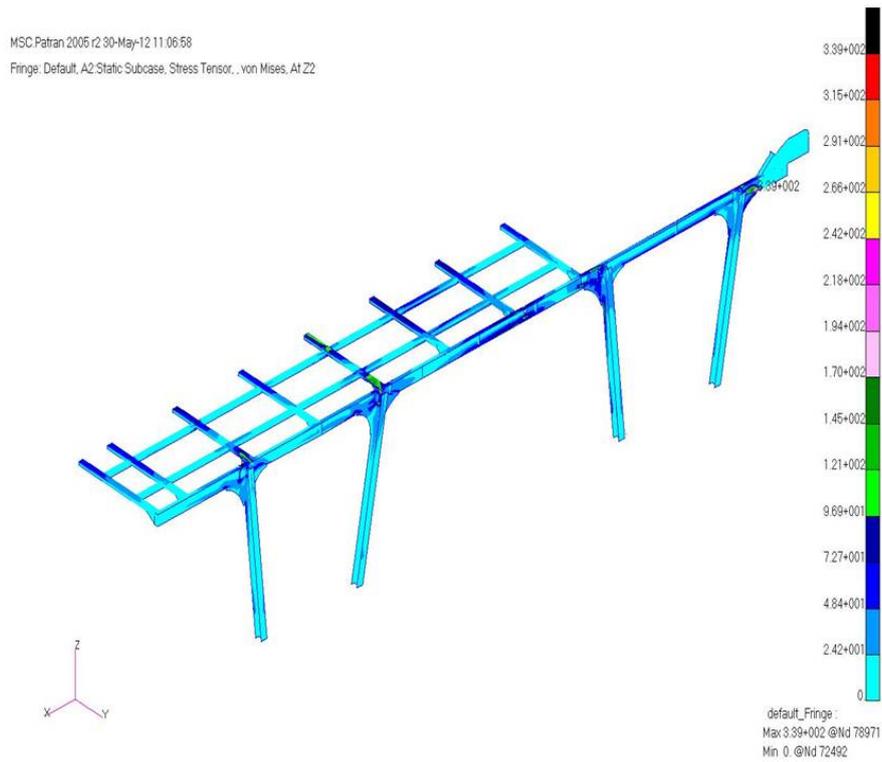


Figura 3.17: Tensiones de Von Mises en el modelo original.

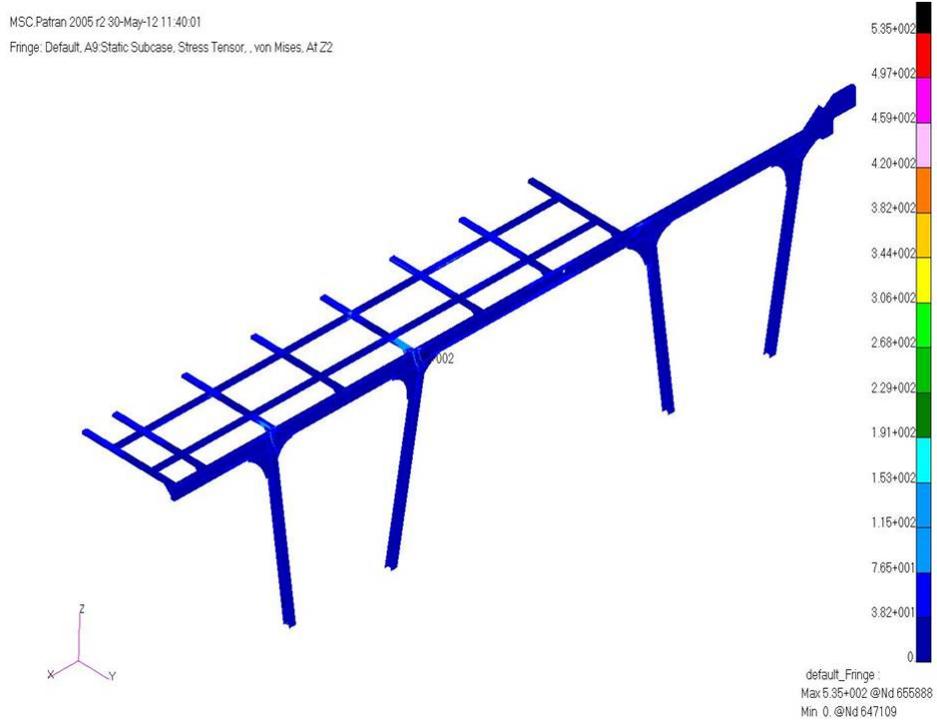


Figura 3.18: Tensiones de Von Mises en el modelo modificado.

En la figura 3.19 se ven los puntos que se tienen que analizar. Como se ha dicho anteriormente, al ser simétrico, los esfuerzos son los mismos a un lado y otro del eje de simetría.

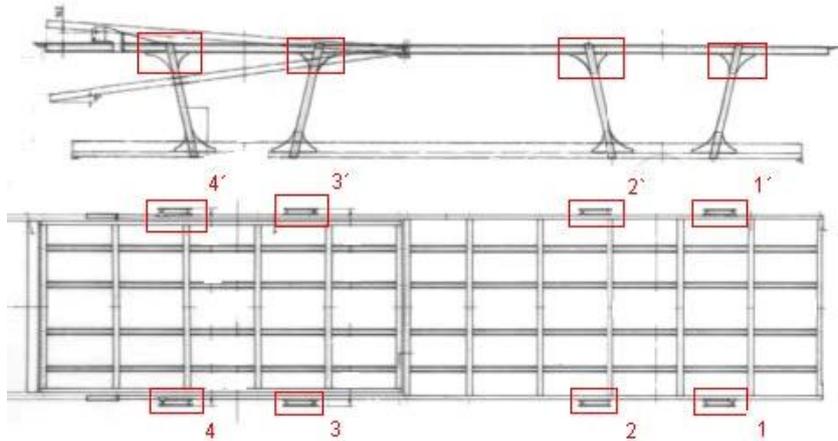


Figura 3.19: Uniones a analizar.

Las uniones en las que se obtiene un registro más elevado de tensiones son las uniones 2 y 4.

- Zona de unión 2

Es en esta zona, en el modelo modificado, donde se registran las tensiones más elevadas, obviamente deshechando singularidades. En la imagen 3.20 se pueden observar dichas tensiones:

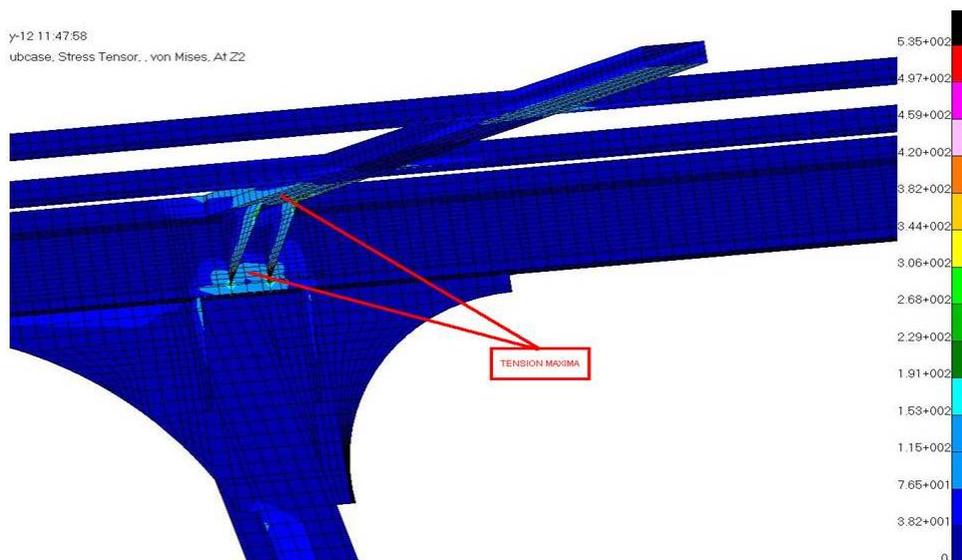


Figura 3.20: Tensión máxima en el modelo modificado.

Se aprecia que para el modelo modificado, el valor de tensión máxima es de 153 MPa. Como se trata de hacer un análisis comparativo, se obtiene la tensión máxima que aparece en el modelo del vagón original en la misma zona que se ha analizado para el vagón modificado, obteniendo un valor de 145 MPa. En la imagen 3.21 se ve la misma zona del modelado original:

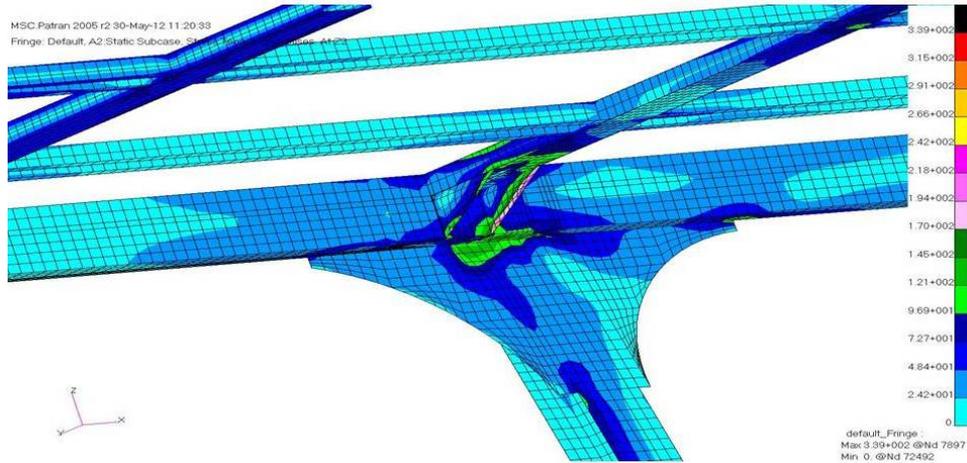


Figura 3.21: Tensión máxima en el modelo sin modificar.

- Zona de unión 4

En el modelo sin modificar, es en esta unión donde se obtienen las mayores tensiones, como se puede ver en la imagen 3.22:

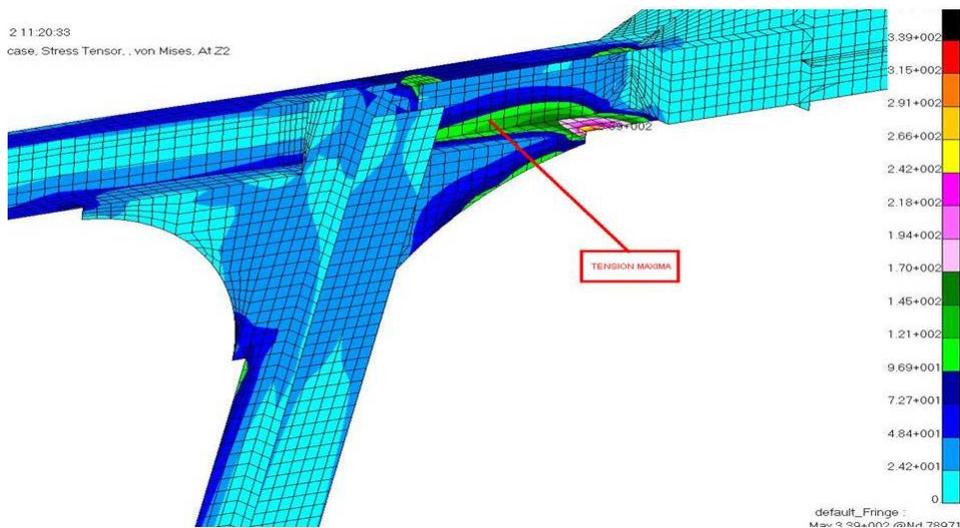


Figura 3.22: Tensión máxima en el modelo sin modificar.

En este caso se obtiene un valor de tensión máxima de 121 MPa. Si hacemos el paso contrario al apartado anterior, obtenemos que la tensión máxima en la zona 4 en el modelo ya modificado es la que se muestra en la imagen 3.23, 76,5 MPa:

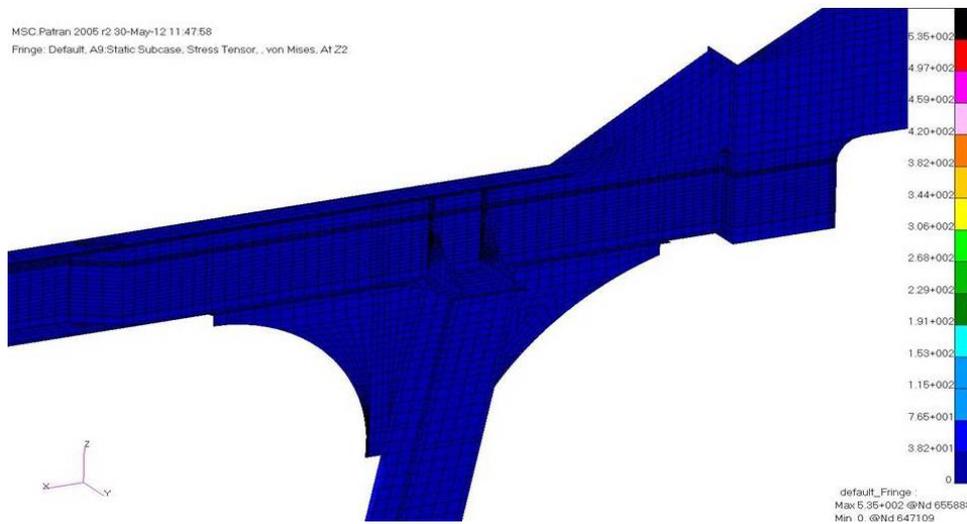


Figura 3.23: Tensión máxima en el modelo modificado.

Dado que el piso superior no se modifica y que el vagón original no ha tenido ningún problema en cuanto a desplazamientos en todos los años de circulación, no es necesario justificar dicho apartado ante el organismo certificador. Aun así, se realiza dicho análisis y se obtiene que los desplazamientos máximos que se producen son menores de 25 mm tanto en el modelo modificado como en el modelo sin modificar, por lo que teniendo en cuenta que tenemos una longitud de vagón de 13 metros no supone nada relevante. Una vez obtenidos los valores de tensiones máximas, se procede a obtener los márgenes de seguridad:

- Tensiones máximas considerando como referencia el modelo sin modificar:

$$U_{original} = \frac{R}{\sigma_{cmax} S_1} \geq 1 \implies 1,98$$

donde,

- R es el límite elástico del material, 275MPa,
- σ_{cmax} es la tensión máxima en el modelo sin modificar, 121MPa

- S_1 es un coeficiente de mayoración para dicha tensión. En este caso se ha utilizado 1,15.

$$U_{modificado} = \frac{R}{\sigma_c S_1} \geq 1 \implies 3,13$$

donde,

- R es el límite elástico del material, 275MPa,
 - σ_c es la tensión existente en el modelo modificado, 76,5MPa
 - S_1 es un coeficiente de mayoración para dicha tensión. En este caso se ha utilizado 1,15.
- Tensiones máximas considerando como referencia el modelo modificado:

$$U_{modificado} = \frac{R}{\sigma_{cmax} S_1} \geq 1 \implies 1,56$$

donde,

- R es el límite elástico del material, 275MPa,
- σ_{cmax} es la tensión máxima en el modelo modificado, 153MPa
- S_1 es un coeficiente de mayoración para dicha tensión. En este caso se ha utilizado 1,15.

$$U_{original} = \frac{R}{\sigma_c S_1} \geq 1 \implies 1,65$$

donde,

- R es el límite elástico del material, 275MPa,
- σ_c es la tensión existente en el modelo sin modificar, 145MPa
- S_1 es un coeficiente de mayoración para dicha tensión. En este caso se ha utilizado 1,15.

De este modo se concluye que los resultados obtenidos en el vagón modificado son prácticamente iguales o mejores que los valores del modelo sin modificar, por lo que el modelo, en lo que a cargas verticales se refiere, queda validado.

- Caso 2: Impacto

En este estudio se simula un impacto en la dirección longitudinal del vagón. Para ello, se aplican las mismas restricciones que en el caso de cargas verticales salvo que se permiten los desplazamientos longitudinales del piso superior con el fin de hallar la fuerza máxima en la dirección longitudinal que es capaz de soportar la zona de unión a su tensión de límite elástico comparando ambos escenarios (antes y después de la modificación) y valorar si la solución adoptada es similar o mejor a la existente.

Se aplica una presión en un extremo de la viga, como se muestra en las imágenes 3.24 y 3.25:

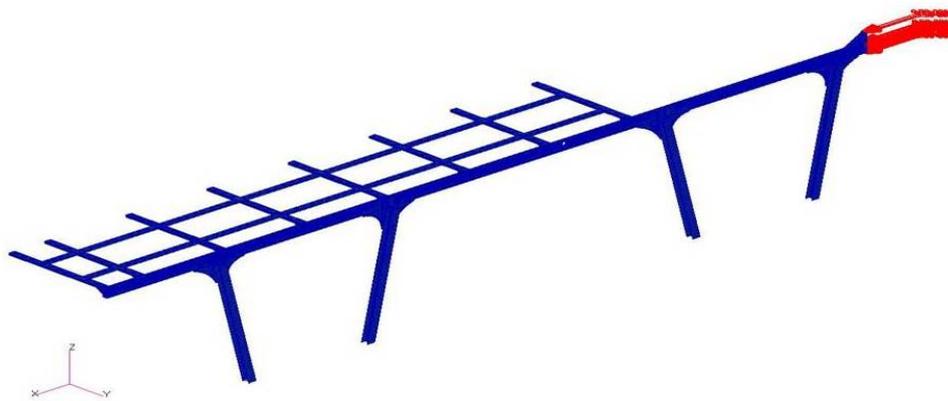


Figura 3.24: Presión aplicada en la dirección longitudinal.

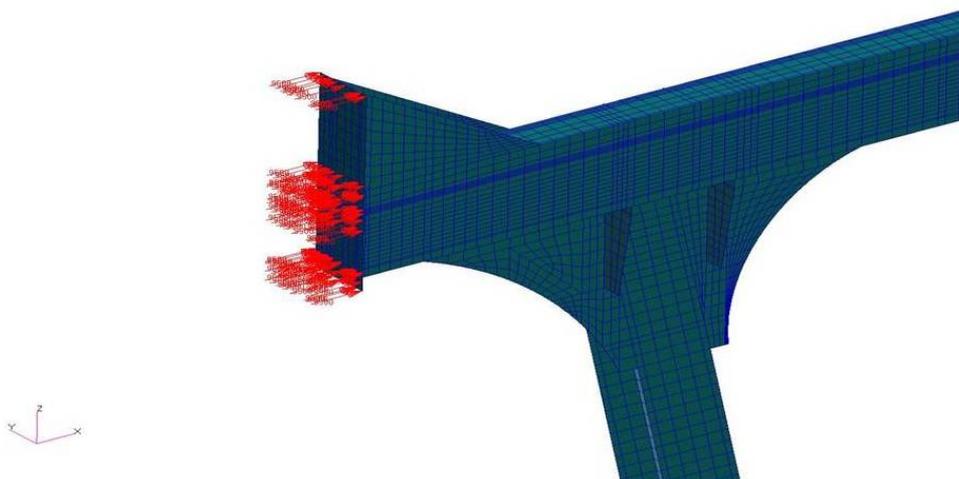


Figura 3.25: Detalle de aplicación de la presión en dirección longitudinal.

Así se obtienen los mapas de tensiones de las imágenes 3.26 y 3.27:

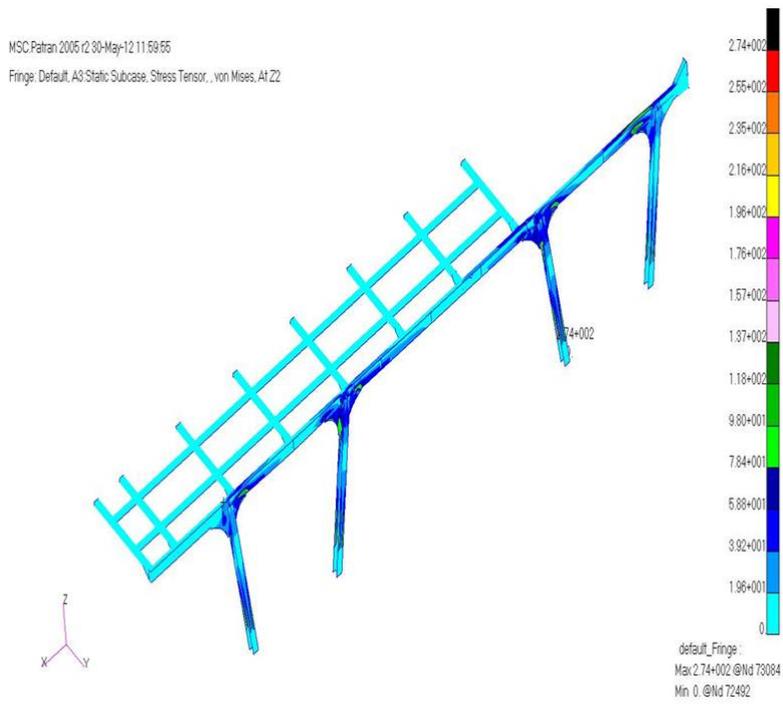


Figura 3.26: Mapa de tensiones en el modelo sin modificar.

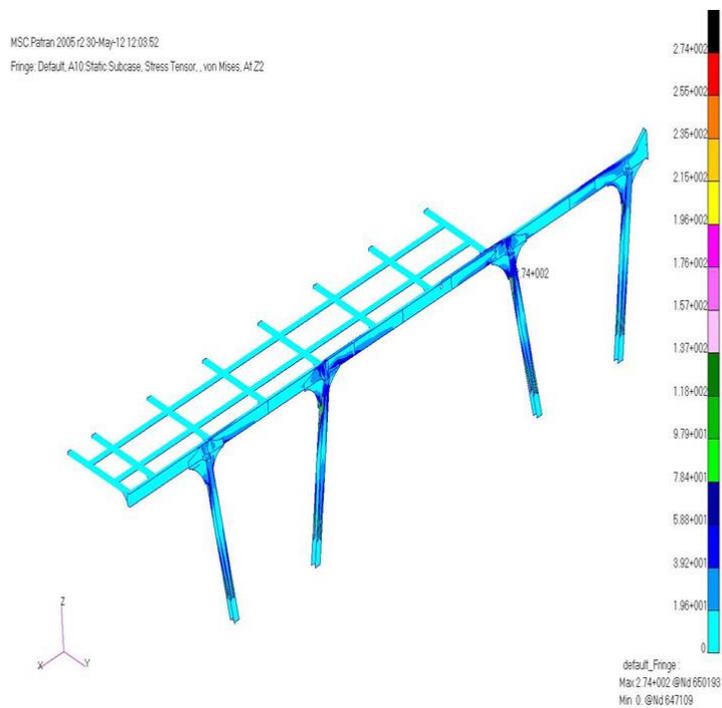


Figura 3.27: Mapa de tensiones en el modelo modificado.

Con dichas simulaciones se obtienen los siguientes valores de fuerzas máximas que pueden soportar ambos modelos:

- La fuerza máxima para el modelo sin modificar es 25.623 N.
- La fuerza máxima para el modelo modificado es 26.035 N.

Por lo que, con los resultados obtenidos, se aprecia que la estructura puede soportar un mayor impacto en caso de producirse. Al mejorar el modelo modificado al original, se da por bueno dicho modelo y por tanto, el apartado de resistencia de la caja, junto con el punto de resistencia a cargas verticales, queda validado.

3.2.4. Cálculo de gálibo

El gálibo es el contorno que no se puede sobrepasar a la hora de diseñar cualquier tipo de material rodante (locomotoras, vagones...). Cualquier persona no puede diseñar un vagón a su antojo, tiene que regirse por unas normas precisas que indican las dimensiones máximas que no pueden ser superadas. De este modo, y en este apartado en concreto, se utiliza la ficha UIC 505-1. Aunque el vagón utilizado en este proyecto no es de nueva construcción, ello no quiere decir que no se tenga que aplicar dicha norma, ya que es aplicable tanto para vagones nuevos como para cualquier modificación que se realice que realmente afecte al contorno del vagón o a partes del mismo que modifiquen su posición relativa con respecto al contorno de gálibo.

Como se indica en el apartado 3.7 de dicha ficha: “El gálibo máximo de construcción es el máximo perfil, obtenido de aplicar las reglas de las reducciones dadas en relación con el perfil de referencia, el cual ha de ser respetado por todas las partes del material rodante. Estas reducciones dependen de las características geométricas del material rodante en cuestión, la posición de la sección transversal en relación con el pivote del bogie o con los ejes, la altura del punto considerado en relación con la superficie de rodadura, la tolerancia de construcción, el máximo desgaste permitido y las características de la suspensión.”

Como se aprecia en la imagen 3.28 a la hora de construir un nuevo vagón se utiliza el contorno del gálibo efectivo de construcción, aunque el que se tiene que respetar es el gálibo máximo de construcción:

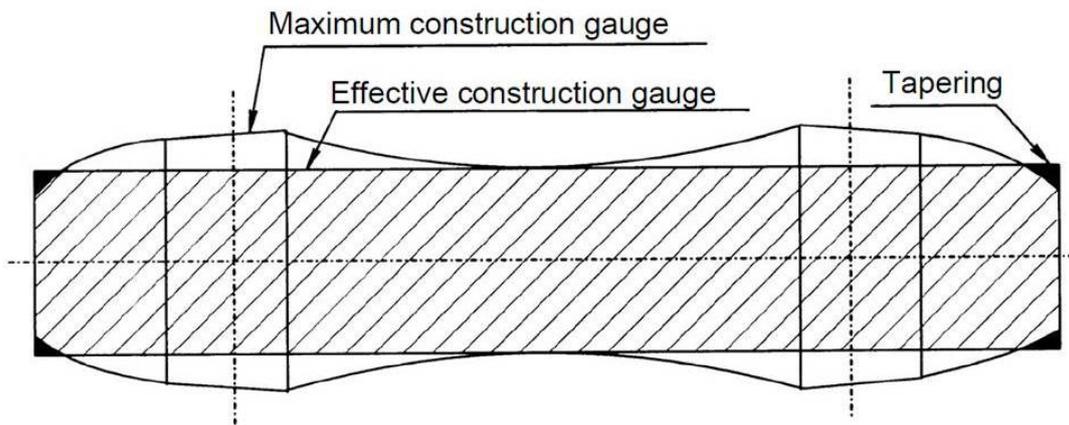


Figura 3.28: Perfiles constructivos de gálibo.

Es importante destacar que existen diferentes tipos de gálibo, a veces depende del país, o inclusive de la zona de un mismo país por el que se vaya a circular. De este modo, tenemos el gálibo G1, que es el gálibo más común a nivel europeo, el gálibo ibérico, utilizado en España y Portugal, el gálibo inglés, el gálibo G2...

Cada uno de ellos posee un perfil cinemático propio y cada uno de ellos tiene sus reducciones propias.

Para el vagón objeto de estudio de este proyecto, se utiliza el gálibo G1, dado que es el gálibo contra el que está validado el vagón antes de la modificación, de este modo el vagón puede circular sin grandes restricciones por el territorio europeo. En la imagen 3.29 se muestra el contorno del gálibo cinemático G1:

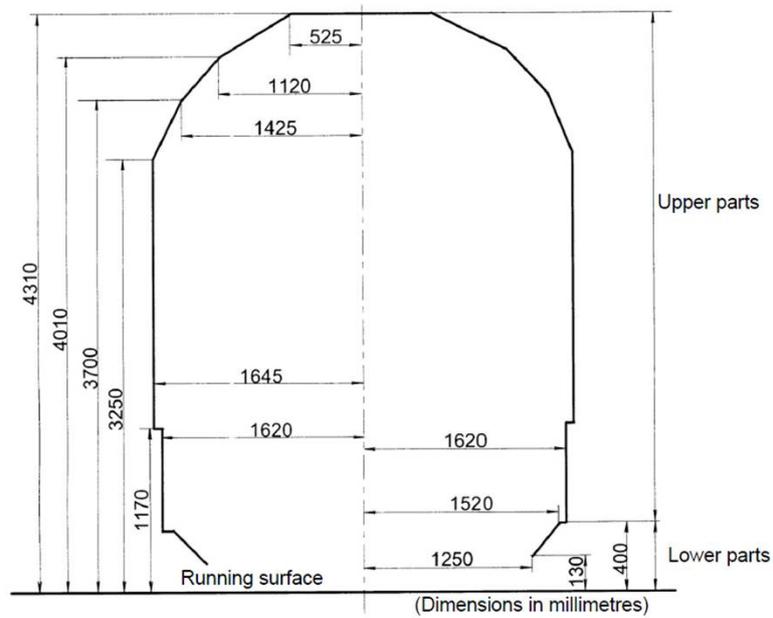


Figura 3.29: Gálbo cinemático G1.

Como se aprecia en la imagen 3.29, se hace distinción entre partes bajas y partes altas. Esta separación se debe a que existen dos tipos de contornos de referencia en lo que a partes bajas se refiere, dependiendo de si el material rodante es apto para circular por frenos de vía o no. Dado que el vagón no es apto para ello, el perfil de referencia de las partes bajas es el que se muestra en la imagen 3.30:

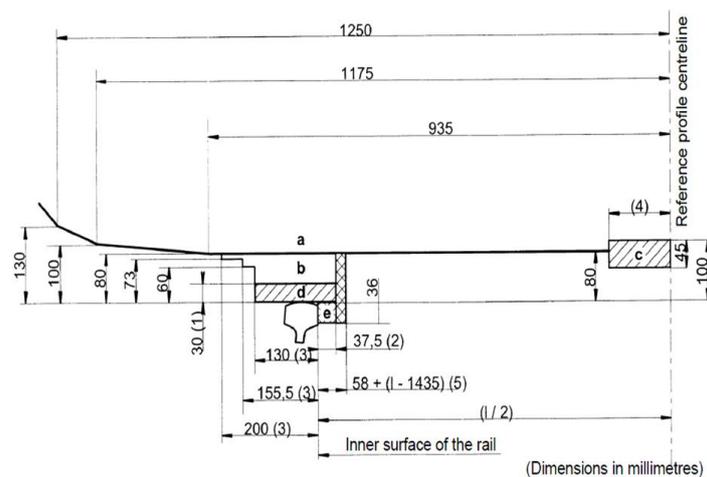


Figura 3.30: Contorno de gálbo de las partes bajas.

- a- Zona para el equipo alejado de las ruedas.
- b- Zona para el equipo cercano a las ruedas.
- d- Zona para las ruedas y otras partes en contacto con los raíles.
- e- Zona ocupada exclusivamente por las ruedas.

Hay que tener en cuenta que hay que aplicarle, fuese el perfil que fuese, una serie de reducciones al perfil de referencia. Estas reducciones son:

- E_i : Reducción que se aplica al perfil de referencia para las secciones situadas entre ejes (secciones internas).
- E_a : Reducción que se aplica al perfil de referencia para las secciones situadas entre ejes y extremos del vagón (secciones externas).

Estos parámetros se calculan a través del punto 7 de la ficha UIC 505-1.

Otros parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de reducir dicho perfil dinámico son las oscilaciones verticales, los movimientos transversales y la componente vertical de las inclinaciones de la vía. Dichas oscilaciones verticales van relacionadas con el tipo de suspensión que lleva el vagón. Dependiendo la zona del perfil de gálibo se tiene una reducción u otra. Ésta la podemos calcular en base a la siguiente fórmula:

$$\Delta V(h) = \xi - \left\{ \frac{[\frac{1}{2}LCR(h) - E_i \text{ o } E_a]s}{30} \right\}$$

donde:

- $\frac{1}{2}LCR(h)$ representa el semiancho del perfil de referencia,
- E_i o E_a son las reducciones transversales,
- s es el coeficiente de flexibilidad del vehículo,
- ξ es la resiliencia del vehículo (fija o calculada).

En las imágenes 3.31 y 3.32 se muestran 2 ejemplos de este tipo de reducciones:

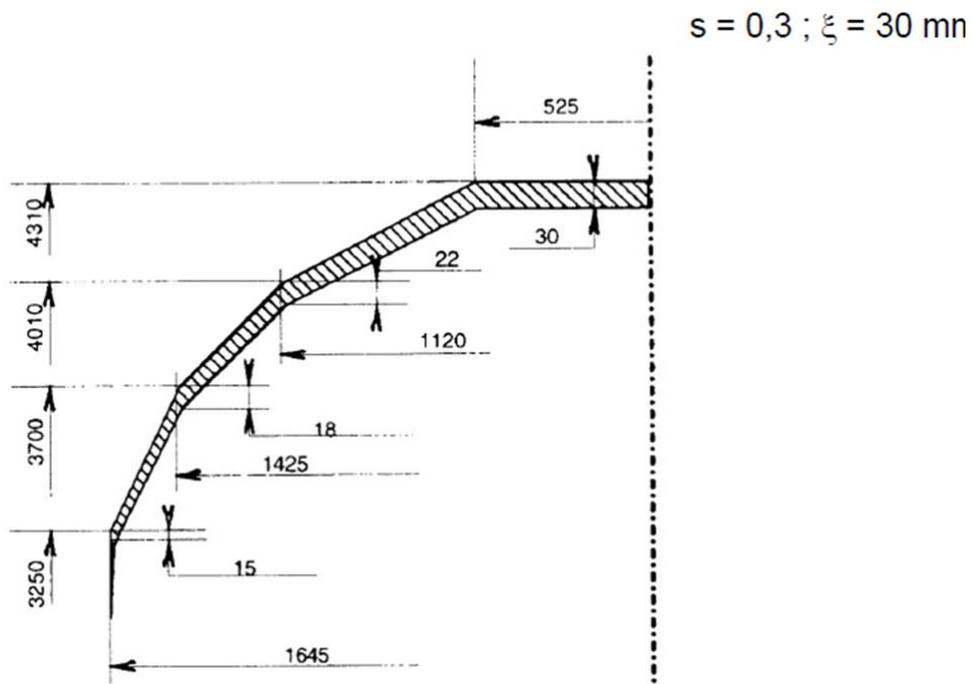


Figura 3.31: Reducción del perfil de gálibo para un vehículo con suspensión de dos etapas.

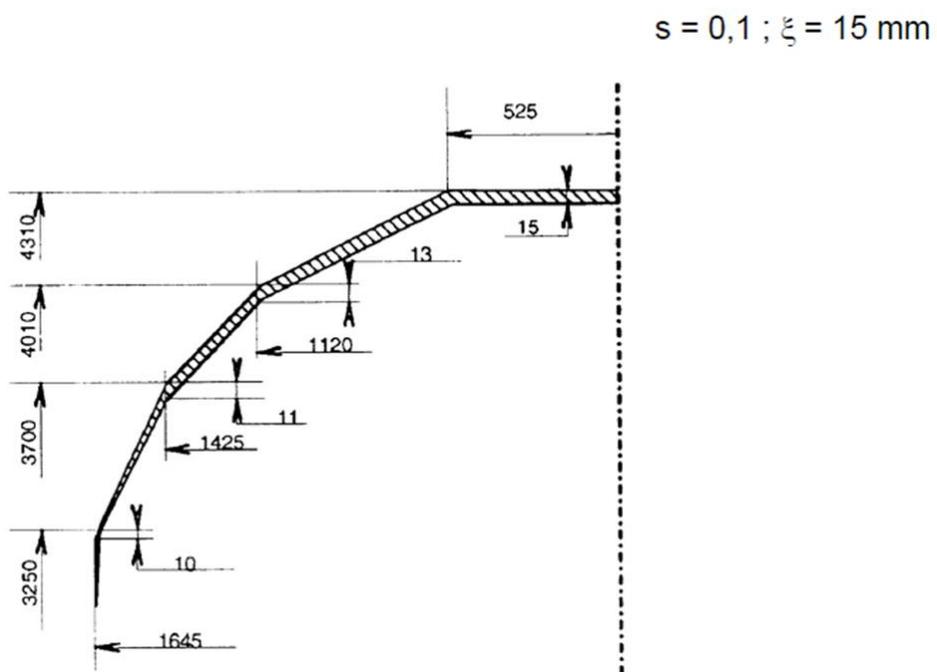


Figura 3.32: Reducción del perfil de gálibo para un vehículo con suspensión de una etapa.

Una vez calculados todos los valores, se parametrizan y se obtienen las curvas, a diferentes alturas, que dan como resultado la envolvente final y el perfil buscado. En las siguientes imágenes se aprecian diferentes vistas del gálibo. En la imagen 3.33 se observa el gálibo visto en planta, mientras que en las imágenes 3.34 y 3.35 se muestra el gálibo en sección transversal para el vagón original y para el vagón modificado respectivamente.



Figura 3.33: Vista en planta del gálibo.

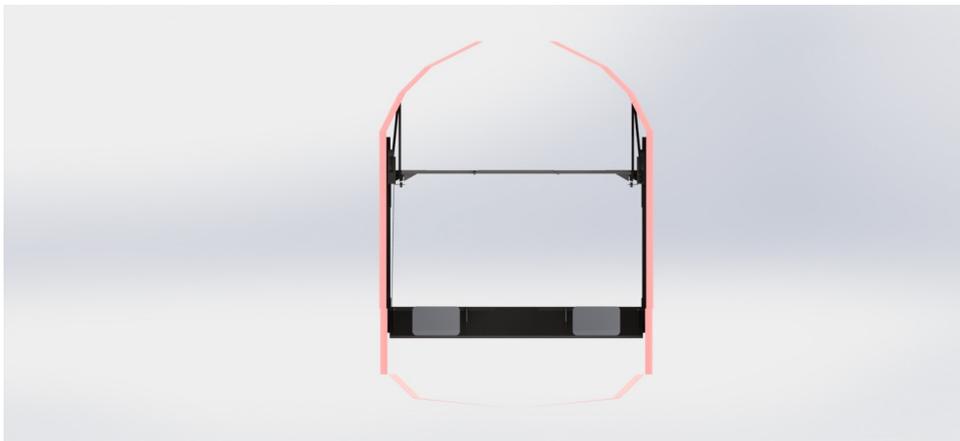


Figura 3.34: Vista transversal del gálibo con el vagón original.

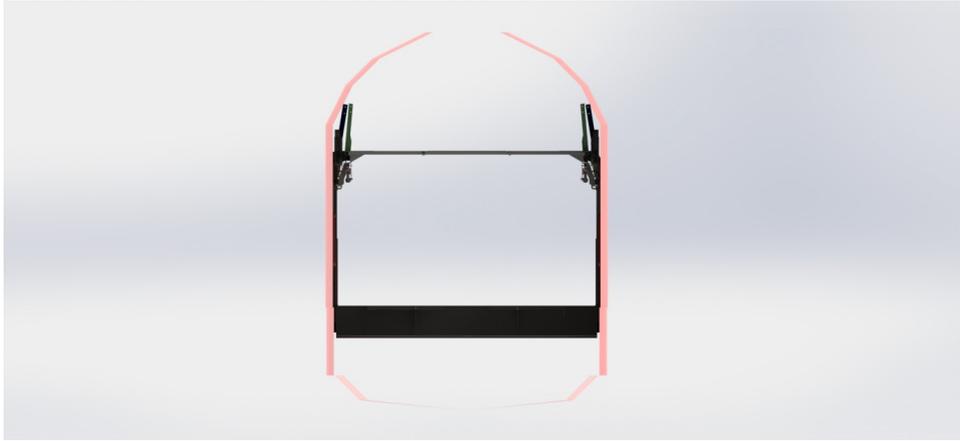


Figura 3.35: Vista transversal del gálibo con el vagón modificado.

Por último, en la imagen 3.36 se muestra una vista en perspectiva del vagón ya modificado junto con el gálibo G1.

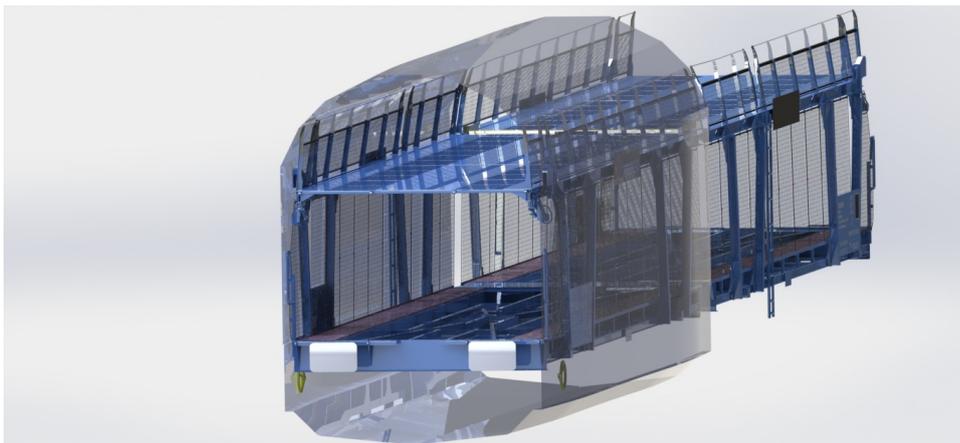


Figura 3.36: Perspectiva del gálibo del vagón modificado.

Independientemente de que se haya diseñado a través de programas CAD, es necesario realizar la comprobación de gálibo una vez se ha realizado la modificación sobre vagón. Dicho proceso se ha de realizar en una vía nivelada y en presencia del organismo certificador, como se muestra en la imagen 3.37:



Figura 3.37: Gálibo estático de referencia en vía nivelada.

Se va desplazando el vagón, pasando por todos los puntos indicados en el plan de calidad y tomando las referencias que se indican en la tabla 3.9, como se puede ver en la imagen 3.38:



Figura 3.38: Ejemplo de medición de uno de los puntos indicados en la tabla 3.9.

3.2.5. Cálculo de rigidez torsional

Como se ha comentado en apartados anteriores, se tienen que realizar dos ensayos de rigidez torsional al vagón, uno antes de realizar ninguna modificación sobre el mismo, y otro una vez ya modificado. De este modo, y de acuerdo con el organismo certificador, se realiza un ensayo comparativo entre ambos modelos para comprobar que el vagón, con la modificación llevada a cabo, no pierde rigidez torsional, pudiendo no absorber bien las posibles deformaciones y produciendo un posible accidente o rotura del vagón.

El ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo G y los datos recogidos y analizados también se encuentran en ese mismo anexo. A modo de resumen, se tienen que tener en cuenta los parámetros que aparecen en la tabla 3.19 y que permanecen constantes para ambos ensayos:

Empate, $2a^*$	7.730 mm
Distancia entre suspensiones, $2b_z^*$	2.170 mm

Tabla 3.19: Datos constantes del vagón para ambos ensayos

Con estos datos y los recogidos en el ensayo, la medida registrada en el lector de la célula de carga a las diferentes alturas que se establecen, se puede realizar una gráfica cuya pendiente representa la rigidez vertical, de modo que la rigidez torsional se calcula con la fórmula (3) de dicho anexo.

Así pues se obtienen los resultados finales que se muestran en la tabla 3.20:

Rigidez torsional, c_t^* ($\times 10^{10} kN mm^2 / rad$)	Suspen. 1	Suspen. 2	Suspen. 3	Suspen. 4	Media
Antes de la modificación	1,48	1,39	1,59	1,46	1,48
Después de la modificación	1,48	1,55	1,54	1,57	1,53

Tabla 3.20: Rigidez torsional del vagón antes y después de la modificación.

Se aprecia que la rigidez torsional no sólo no empeora si no que se ve que el vagón es ligeramente más rígido, por lo que el diseño elaborado es bueno y no hay que modificarlo. A pesar de que se vea que el análisis comparativo es satisfactorio, hay que tener en cuenta si realmente dicho valor es bueno o no. Para ello se tiene que acudir a la ficha UIC 530-2 en la que se puede observar que para considerar un valor de rigidez torsional como aceptable,

éste tiene que ser mayor que $0,5 \times 10^{10} \text{ kN mm}^2/\text{rad}$. Como este requisito también lo cumple el vagón, queda demostrado y validado ese apartado de la ETH.

3.2.6. Exención de ensayos dinámicos

Aunque se ha explicado con anterioridad, en el anexo K se justifica por qué no es necesario realizar ensayos dinámicos.

3.2.7. Exención de pruebas de frenado

En el anexo L se justifica por qué no es necesario realizar ensayos de frenado. Además se incluye un cálculo de freno que es válido tanto para antes como para después de la modificación ya que como se ha comentado anteriormente, la tara del vehículo no se ve afectada con la transformación.

3.2.8. Inscripciones sobre vagón

En el anexo J se adjunta el plano de las inscripciones y en el anexo I se adjunta una instrucción en la que se recogen todas las inscripciones que ha de llevar el vagón para poder circular. Esta instrucción se basa en la normativa vigente en la actualidad, ETI MR-V Conv.

3.2.9. Estribos, pasamanos y portaseñales

Se adjunta un plano, anexo H, en el que se explica las distancias mínimas que se han de cumplir y en el que se ilustran los gálibos que hay que respetar para cada uno de estos elementos.

3.2.10. Documentación de mantenimiento

En el anexo M se detalla la documentación y el plan de mantenimiento para este tipo de vagones.

3.2.11. Registro de amenazas. Estudio FDMS

Para terminar el apartado de justificaciones se presenta el registro completo de amenazas en la tabla 3.21. El cual, una vez presentada toda la documentación y siendo aceptado por el organismo certificador, queda cerrado en todos sus puntos de modo que se considera aprobada la modificación por su parte.

Origen	Severidad inicial	Frecuencia inicial	Riesgo inicial	Severidad final	Frecuencia final	Riesgo final	Estado
PHA-10	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Catastrófica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-11	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Catastrófica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-12	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Catastrófica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-13	Catastrófica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-20	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-21	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-22	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-23	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-30	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-31	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-40	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-41	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-42	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-43	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-44	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-50	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-51	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada
PHA-60	Crítica	Improbable	Tolerable	Crítica	Increible	Insignificante	Cerrada

Tabla 3.21: Registro de amenazas.

Es en este punto donde el organismo emite su informe de evaluación independiente de seguridad ISA, en el cual se expone que se ha aplicado correctamente el proceso de seguridad y reflejan que se han adoptado las medidas adecuadas para no alterar de forma negativa el nivel de seguridad de los vagones tras la modificación.

Datos económicos. Costes y rentabilidad

Como todo proyecto, se ha de presentar un estudio de costes y viabilidad del mismo, para decidir si realmente merece la pena llevarlo a cabo o no.

En este caso se modifican dos vagones a modo de prototipo, de forma que, el primero que se modifica se lleva a la factoría del cliente para hacer una prueba de carga mientras que el segundo permanece en taller y es sobre este último sobre el que se realizan todos los ensayos y comprobaciones con el organismo certificador. Una vez que se haya terminado la certificación, la prueba con el cliente haya sido satisfactoria y se acuerde establecer finalmente dicho tráfico, se procede a modificar el resto de vagones necesarios. Se considera que para poder realizar el tráfico con garantías y no sufrir retrasos que puedan ocasionar penalizaciones, son necesarios cien vagones.

De modo que se calcula el coste asociado a la modificación de los 2 vagones, se hace una proyección de la modificación de los noventa y ocho vagones restantes y se aportan determinadas cifras que se generan con la adquisición de dicho tráfico.

4.1. Costes de la modificación

Lo primero de todo es la fase de ingeniería: diseño, cálculos, planos... Se trata de estandarizar las piezas lo máximo posible, como pueden ser los postes de las mallas del piso superior, las propias mallas tanto del piso superior como del inferior, de modo que en caso de necesidad, el recambio sea lo más fácil de conseguir y que el coste de fabricación también sea menor. Esto queda reflejado en los planos de los anexos D y E donde se aprecia esta homogeneidad.

Una vez desarrollado y comprobado el diseño se lleva a taller, donde, una vez se recepcionen

las piezas, se procede a realizar la modificación.

Por último, y en paralelo, uno de los dos vagones viaja hasta la fábrica del cliente por carretera, ya que todavía no está homologado, mientras que en el taller se realizan los ensayos pertinentes con el organismo certificador en el otro vagón.

De este modo se incurre en los costes que aparecen en la tabla 4.1 en lo referente a la modificación de los dos prototipos:

Procesos	Tiempo (h)	Coste por hora (€)	Coste total por vagón (€)	Coste Total (€)
Ingeniería	400	60	-	24.000
Materiales	-	-	7.000	14.000
Mano de obra	700	35	24.500	49.000
Transporte por carretera	-	-	18.000	18.000
Homologación	-	-	-	20.000
Total	-	-	-	125.000

Tabla 4.1: Costes asociados a la modificación de los 2 vagones prototipo.

Es importante destacar que puede existir la posibilidad de no hacer el transporte por carretera si finalmente no se llegase a un acuerdo con el cliente, por lo que el coste por vagón está en un rango entre:

53.500-62.500 €

Si finalmente se realiza el tráfico con el cliente, se modifican los otros 98 vagones, la mano de obra se reduce en número de horas por vagón, ya que se ha adquirido el conocimiento necesario para realizar los trabajos más eficientemente. Los materiales también son más baratos por economía de escala, no es lo mismo comprar piezas para dos vagones que para cien. De modo que los costes se ven reflejados en la tabla 4.2:

Procesos	Tiempo (h)	Coste por hora (€)	Coste total por vagón (€)	Coste Total (€)
Materiales	-	-	4.900	480.200
Mano de obra	500	35	17.500	1.715.000
Homologación (ensayo serie en 10 % de los vagones)	-	-	-	3.000
Total	-	-	-	2.198.200

Tabla 4.2: Costes asociados a la modificación de los 98 vagones restantes.

Por lo que, si tenemos en cuenta todo el proceso de modificación, es decir, los cien vagones, se obtiene un coste por vagón de :

23.232 €

Como es previsible, el coste de los vagones prototipo es mucho más elevado.

4.2. Rentabilidad económica del proyecto

El negocio al que se intenta acceder es a un nuevo tráfico que Ford va a implementar desde su fábrica de Craiova en Rumanía, como se explica al comienzo del proyecto. Consiste en llevar los coches fabricados en la factoría hasta el puerto de Constanta, en Rumanía. El volumen de la oferta es de 30.000 vehículos durante un año. Los vagones modificados pueden transportar 12 coches cada uno, como se puede ver en la imagen 1.3, y el modelo de coche en cuestión es el de la imagen 1.1.

Se sabe que el contrato asciende a un importe de 5.000.000 €. Teniendo en cuenta que puede surgir algún imprevisto, se estima un beneficio de 2.500.000 €. Así pues, se trata de una gran oportunidad de negocio que resulta bastante rentable, ya que por cada euro invertido se ganan dos.

Conclusiones

- Se explica todo el proceso que lleva acarreado una modificación significativa de un vagón, desde la elección del vagón, pasando por la concepción del modelo y la homologación a través de ensayos de dicha transformación.
- Se desarrolla el modelado del vagón con un programa CAD, el cual nos permite una fácil interacción con el modelo y una sencilla elaboración de las nuevas piezas que se vayan a fabricar. Se aúna sencillez y homogeneidad a la hora de diseñar las piezas, de modo que sea fácil el montaje en taller y el coste de las mismas sea el menor posible.
- Se aplica la normativa vigente en todo lo que es necesario, de tal forma que el diseño sea correcto y no exista ningún problema de seguridad derivado de una falta de aplicación de normativa.
- Todo el proceso, tanto de diseño como de ensayos, está supervisado por un organismo certificador, cuya misión es asegurar que el proceso es el correcto y que se ajusta a la normativa.
- Se realizan análisis estructurales por elementos finitos obteniendo resultados mejores que antes de la modificación, por lo que el modelo es apropiado.
- La rigidez torsional del vehículo no sólo no empeora, si no que mejora a pesar de haber elevado el centro de gravedad. Con dicha elevación lo que se consigue es una mayor esbeltez de la estructura, pero ésta es corregida con unos rigidizadores, de modo que la robustez general del conjunto es ligeramente mayor.
- Con el cálculo de gálibo queda demostrado que ninguna parte del vagón sobrepasa el

perfil de referencia dinámico, por lo que se solventan posibles interferencias en circulación con la infraestructura.

- Aunque se trate de una modificación significativa, al verse afectada la caja del vehículo, se trata de una modificación de un modelo previo y la utilización es similar, por lo que no es necesario realizar ensayos dinámicos dado también que la experiencia en servicio queda demostrada.
- Al no modificarse la tara del vagón, no se modifican las características de frenado por lo que no es necesario realizar las pruebas de freno pertinentes.
- Se realiza un estudio sobre las inscripciones que ha de llevar rotuladas el vagón, de modo que no exista ningún problema cuando esté circulando.
- Se establece un registro de amenazas, aceptado por el organismo evaluador independiente, que cubra la modificación del vagón. Se describen también las evidencias de mitigación de modo que el riesgo de todas las amenazas registradas es insignificante y por lo tanto es una modificación segura.
- Como todo proyecto, es necesario realizar un análisis económico, y se observa que es un proyecto absolutamente rentable si se lleva a cabo.

Glosario

- CAD: Computer Aided Design.
- UIC: Union Internationale des Chemins de fer.
- ETH: Especificación Técnica de Homologación.
- ADIF: Administración De Infraestructuras Ferroviarias.
- ETI: Especificación Técnica de Interoperabilidad.
- RD: Real Decreto.
- FDMS: Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad.

Bibliografía

- [1] UIC 538: 1979. Safety regulations for wagons equipped with machines operated independently or from an external source of energy. 1st edition. UIC.
- [2] UIC 432: 2008. Wagons- Running speeds- Technical conditions to be observed. 12th edition. UIC.
- [3] UIC 505-1: 2006. Railway transport stock. 10th edition. UIC.
- [4] UIC 430-1:2006. Conditions with which wagons must comply in order to be accepted for transit between standar gauge railways and the Spanish and Portuguese broad gauge railways. 3rd edition. UIC.
- [5] RC 1/2011.
- [6] ETH: 2009. Especificación Técnica de Homologación de Material Rodante Ferroviario. Vagones. Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias. Ministerio de Fomento.
- [7] Orden FOM/233/2006.
- [8] UNE-EN 12663-2:2011. Aplicaciones ferroviarias. Requisitos estructurales de las cajas de los vehículos ferroviarios. Parte 2: Vagones de mercancías. AENOR.
- [9] ETI: 2004. Especificación Técnica de Interoperabilidad.
- [10] UNE-EN 15085-5: 2008. Aplicaciones ferroviarias. Soldeo de vehículos y de componentes ferroviarios. Parte 5: Inspección, ensayo y documentación.
- [11] UNE-EN 12663:2001. Aplicaciones ferroviarias. Requisitos de dimensionamiento de las estructuras de los vehículos ferroviarios. AENOR.

- [12] UNE-EN 50153:2003. Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Medidas de protección relativas a riesgos eléctricos. AENOR.
- [13] UNE-EN 14363:2007. Aplicaciones ferroviarias. Ensayos para la aceptación del comportamiento dinámico de los vehículos ferroviarios. Ensayos en línea y en parada. AENOR.
- [14] UNE-EN 14067-3:2004. Aplicaciones ferroviarias. Aerodinámica. Parte 3: Aerodinámica dentro de túneles. AENOR.
- [15] UNE-EN 14067-5:2007. Aplicaciones ferroviarias. Aerodinámica. Parte 5: Requisitos y métodos de ensayo aerodinámicos dentro de túneles. AENOR.
- [16] UNE-EN 50215:2011. Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Ensayos del material rodante al término de su construcción y antes de su puesta en servicio. AENOR.
- [17] UIC 510-2: 2004. Trailing stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters. 4th edition. UIC.
- [18] UIC 532: 1991. Trailing stock - Signal lamp brackets - Coaches - Fixed electric signal lamps. 9th edition. UIC.
- [19] UIC 573: 2005. Technical conditions for the construction of tank wagons. 6th edition. UIC.
- [20] UIC 596-6: 2006. Conveyance of road vehicles on wagons - Technical organisation - COnditions for coding combined transport load units and combined transport lines. 5th edition. UIC.
- [21] UIC 438-2: 2004. Identification marking for freight rolling stock. 7th edition. UIC.
- [22] UIC 540: 2002. Brakes - Air brakes for freight trains and passenger trains. 4th edition. UIC.
- [23] UIC 543: 2007. Brake - Regulations governing the equipment of trailing stock. 13th edition. UIC.

- [24] UIC 541-04: 2006. Brakes - Regulations concerning the manufacture of brake components - Self-adjusting load-proportional braking system and automatic .empty-loadedçontrol device. 3rd edition. UIC.
- [25] UIC 547: 1989. Air brakes. Standard programme of tests. 4th edition. UIC.
- [26] UC 544-1: 2004. Brakes - Braking power. 4th edition. UIC.
- [27] UIC 541-05: 2005. Brakes - Specifications for the construction of various brake parts - Wheel Slide Protection device (WSP). 2nd edition. UIC.
- [28] UIC 522-2: 2002. Conditions for the acceptance of draw-only automatic couplers. 2nd edition. UIC.
- [29] UIC 571-4: 2004. Standard wagons - Wagons for combined transport - Characteristics. 4th edition. UIC.
- [30] UIC 535-3: 1995. Equippong of wagons with devices for passing from one to the other and with screw brakes. 2nd edition. UIC.
- [31] UNE-EN 50126: 2010. Aplicaciones Ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS). Parte 1: Requisitos básicos y procesos genéricos. AENOR.
- [32] UIC 530-2: 2011. Wagons - Running safety. 7th edition. UIC.
- [33] UIC 535-2: 2006. Standardisation and positioning on wagons of steps, end platforms, gangways, handrails, tow hooks, automatic coupler (AC), draw-only automatic coupler (DAC) and brake valve controls on the UIC member RUs and OSJD member RUs. 4th edition. UIC.
- [34] UNE-EN ISO 5817:2009. Soldeo. Uniones soldadas por fusión de acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. (ISO 5817:2003, versión corregida:2005, incluyendo Corrigendum Técnico 1:2006). AENOR.
- [35] UNE-EN 15085-3: 2012. Aplicaciones ferroviarias. Soldeo de vehículos y de componentes ferroviarios. Parte 3: Requisitos de diseño. AENOR.
- [36] GCU: 2012. General Contract of Use for wagons.

[37] UNE-EN 15663: 2010. Aplicaciones ferroviarias. Definición de las masas de referencia de los vehículos. AENOR.

Plano de conjunto

Apéndice **B**

Memoria técnica



DIRECCIÓN TÉCNICA

INFORME

DT-INF.004-12

Fecha: 13/02/2012

Edición: 1

MEMORIA TÉCNICA

ELABORADO:

REVISADO:

APROBADO:

Pablo Luis García Buitrago

Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto	4
2	CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN Y UTILIZACIÓN	4
2.1	Tipo de vagón y régimen de circulación	4
2.2	Requisitos de la vía.....	4
3	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	5
3.1	Características dimensionales de los vagones	5
4	MODIFICACIONES A REALIZAR	6
5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	7
5.1	Rodaje	7
5.2	Suspensión.....	7
5.3	Choque.....	7
5.4	Tracción extrema	7
5.5	Acoplamiento central	7
5.6	Bastidor	7
5.7	Caja	8
5.8	Piso inferior	8
5.9	Piso superior.....	8
5.9.1	Piso fijo	8
5.9.2	Piso móvil	8
5.10	Mecanismos de accionamiento del piso móvil	9
5.11	Freno	9
5.11.1	Equipo de aire comprimido	9
5.11.2	Timonería de freno.....	9
5.11.3	Freno de estacionamiento	9
5.12	Accesorios	10
5.13	Protección lateral	10
5.14	Pintura e inscripciones.....	10
6	ANEXOS.....	10

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El objeto de esta memoria técnica es explicar la modificación a efectuar en los vagones porta-autos Laaeks, correspondientes con el plano 00.213.00.000.

El objetivo que se persigue con la transformación es aumentar la altura disponible para la carga en el piso inferior.

La transformación de dichos vagones se realizará en los talleres Transervi situados en Soto del Real (Madrid), los cuales están homologados para poder realizar este tipo de operaciones.

2 CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN Y UTILIZACIÓN

2.1 Tipo de vagón y régimen de circulación

Se trata de vagones de dos pisos, de cuatro ejes, formados por dos módulos, dedicados al transporte de automóviles.

Vehículos tipo Laaeks contruidos en TAFESA entre los años 1955 y 1959 pertenecientes a la serie UIC con números 24 71 4366 101-2 a 250-7, 291-1 a 350-5 y 372-9 a 391-9.

Vagón apto para régimen S por lo que puede circular a 100 km/h a máxima carga.

Vagón apto para gálibo G1, según ficha UIC 505-1, y tráfico internacional según ficha UIC 430-1.

2.2 Requisitos de la vía

Los vehículos son aptos para circular en vías de radio mínimo de 250 metros en cualquier estado de carga respetando gálibo, por curvas de radio de 150 metros sin respetar gálibo y aislado por curvas de maniobras de radio 75 metros sin respetar gálibo.

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Los vagones objeto de la presente memoria son vagones de cuatro ejes y dos pisos constituidos por dos semi-vagones, cada uno de los cuales posee:

- Un bastidor que monta órganos de rodaje, choque, tracción, suspensión y freno.
- Un piso inferior fijo.
- Un piso superior compuesto de dos partes, una fija y otra móvil.
- Un mecanismo de accionamiento del piso móvil.
- Mallas laterales.
- Un sistema de calces.

Los vagones poseen además un freno de mano maniobrable desde fuera del vagón.

3.1 Características dimensionales de los vagones

Característica	Antes de la modificación	Después de la modificación
Tara (kg)		25.000
Carga (kg)		17.500
Longitud entre topes (mm)		27.000
Longitud de bastidor (mm)		12.250
Empate (mm)		7.730
L _{útil} piso inferior (mm)		24.500
L _{útil} piso superior (mm)		26.120
Altura túnel (mm)	1.554	1.704
Altura máxima vagón (mm)	3.585	3.696
Ancho útil piso inferior (mm)		2.910
Ancho útil piso superior (mm)	2.710	2.517
Altura de topes a carril (mm)		1.025
Diámetro de rueda (mm)		1.000
Distancia centros de topes (mm)		1.860

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

4 Modificaciones a realizar

El vagón se verá sujeto a las siguientes modificaciones:

- Se aumentará la capacidad vertical del piso inferior en 150 mm. Para ello se quitará la soldadura de la zona de unión entre los montantes y el piso superior y se soldará una nueva pieza a estos elementos como se indicará en los planos.
- Se modificarán las barandillas superiores de modo que se ajusten al gálibo UIC.
- Se adecuarán los estribos a la normativa vigente, de modo que la trampilla entre vagones se tendrá que modificar, reposicionando de nuevo el portaseñales.
- Se instalará un pasamanos, según normativa, de modo que se verá afectada la malla lateral de los vagones en esa zona.
- Se instalarán nuevas mallas laterales.
- Se modificará la pasarela entre pisos superiores.

Todos los vagones a modificar serán sometidos a una revisión general de mantenimiento.

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

5.1 Rodaje

Vagones aptos para circular por vías de ancho 1.435 y 1.668 mm.
Ejes montados estándar, con ruedas monobloc de diámetro 1000mm y una carga por eje de 20 toneladas.
Cajas de grasa estandarizadas según UIC 510-1.
No se modifica.

5.2 Suspensión

Suspensión articulada de doble anilla, según las prescripciones de la ficha UIC 517.
Muelles parabólicos de cuatro hojas y una única.
No se modifica la suspensión.

5.3 Choque

Aparatos de choque unificados de 105 mm de carrera, según UIC 526-1, tipo A.
Plato rectangular según norma UIC 527-1.
La separación entre topes es de 1860 mm según norma UIC 430-1.
No se modifica el choque.

5.4 Tracción extrema

Tracción según ficha UIC 520 con gancho de tracción de 100 toneladas y tensor de enganche de 85 toneladas.
No se modifica la tracción.

5.5 Acoplamiento central

El acoplamiento central cumple con la ficha UIC 572.
No se modifica.

5.6 Bastidor

Se trata de una estructura mecosoldada formada por perfiles laminados y chapas de acero unidos por soldadura.
El bastidor posee sus correspondientes ménsulas de elevación para el cambio de ejes en frontera.
No se modifica el bastidor existente.

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

5.7 Caja

La caja de estos vagones posee una estructura básica resistente formada por 16 montantes laterales, 8 por semivagón, sobre los que apoya la estructura del piso fijo superior.

Se modificará la caja según lo descrito en el apartado 4.

5.8 Piso inferior

El suelo del piso inferior está formado por chapa lagrimada en su zona central y lateral y rejilla en la zona de rodadura de los coches.

No se modifica

5.9 Piso superior

Cada semivagón dispone de un piso superior, no regulable en altura, constituido por un piso fijo y un piso móvil para poder adecuarlo a la posición de carga y descarga. La unión del piso superior a los montantes laterales se hace por soldadura. Los suelos del piso superior están formados del mismo modo que el piso inferior, chapa lagrimada y rejillas.

5.9.1 Piso fijo

Es el elemento que se une a los montantes, formando una estructura completamente rígida.

No se modifica.

5.9.2 Piso móvil

Es el elemento que se encuentra en los extremos superiores del vagón y que se encuentra unida al piso fijo a través de unos bulones al piso fijo. Del mismo modo se apoyará en el otro extremo en unas clavijas del piso fijo quedando el piso móvil completamente sujeto.

Se podrá maniobrar el piso móvil indistintamente desde cualquiera de los dos laterales del vagón a través de un cabrestante.

El piso móvil tiene unos apéndices en su extremo de modo que cuando se encuentre en la posición baja quede anclado, a través de estos, al piso inferior para permitir, con total seguridad, la carga y descarga.

No se modifica.

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

5.10 Mecanismos de accionamiento del piso móvil

Como se ha comentado con anterioridad, el sistema de elevación es a través de un cabrestante accionado desde el suelo con una manivela o una máquina adaptada para tal uso.

No se modifica.

5.11 Freno

El equipo de freno es apto para circular en régimen S (100km/h). Los vagones están provisto de freno de aire comprimido (uno por cada semivagón) y de freno de estacionamiento (uno por vagón).

El equipo de freno y su montaje cumplen con las especificaciones de la UIC.

5.11.1 Equipo de aire comprimido

Está compuesto por los siguientes elementos:

- o Distribuidor KE1
- o Cilindro de 10" tipo KNORR
- o Regulador SAB DA2-450
- o Dispositivo mercancías-viajeros
- o 2 semiacoplamientos, 2 grifos de testero, tiradores de purga, tuberías, racores, etc...

5.11.2 Timonería de freno

Las timonerías sobre eje están formadas por parejas de balancines, conectores y triángulos.

Cada triángulo está dotado de dos portazapatas con dos zapatas simples de fundición tipo P 10 y los correspondientes espadines, utilizándose elementos estándar.

5.11.3 Freno de estacionamiento

Los vagones están dotados de freno de estacionamiento accionado desde el suelo.

No se modifica el sistema de freno ya que no varían ni la tara ni la carga del vehículo.

	MEMORIA TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.004-12	
		Fecha: 13/02/2012	Edición: 1

5.12 Accesorios

Todos los vagones están dotados de estribos, pasamanos y portaseñales, salvaenganchadores, ganchos de tiro, porta-etiquetas laterales y demás elementos según norma UIC 535 para este tipo de vehículos.

Los estribos, pasamanos y portaseñales se modificará para adaptarlos a la normativa vigente (ETH de vagones).

5.13 Protección lateral

Los vagones estarán equipados con mallas laterales las cuales se adaptarán para adecuarlas a la modificación.

5.14 Pintura e inscripciones

Se pintarán tanto el bastidor como montantes y piso superior.

Quedan excluidos de este proceso todos los mecanismos y elementos que no se deban pintar, por empeorar su funcionamiento, y las mallas que serán galvanizadas.

Se adecuarán las inscripciones a la normativa vigente.

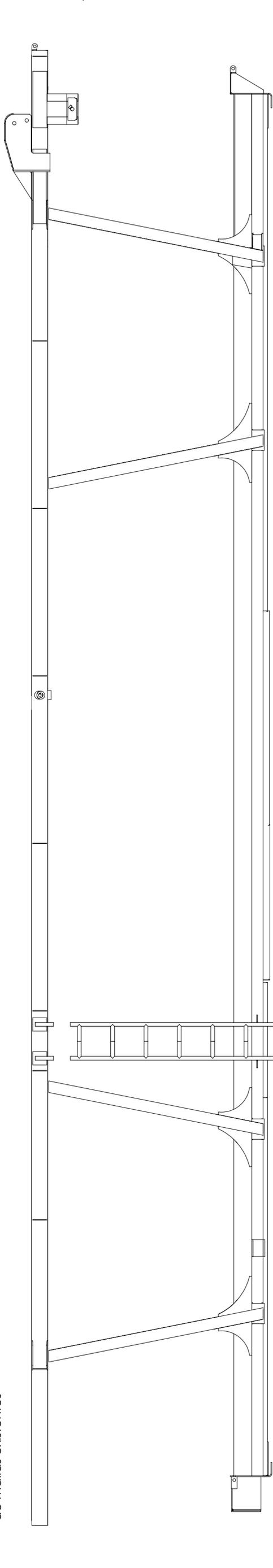
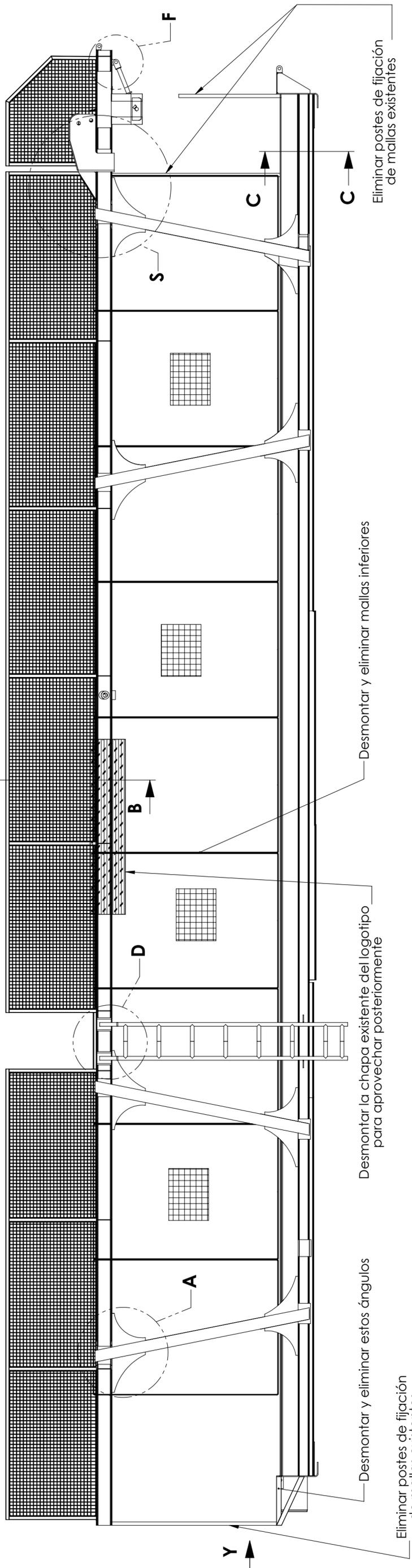
6 Anexos

- Alta de vagones en el archivo patrón
- Tabla de características de la ETH

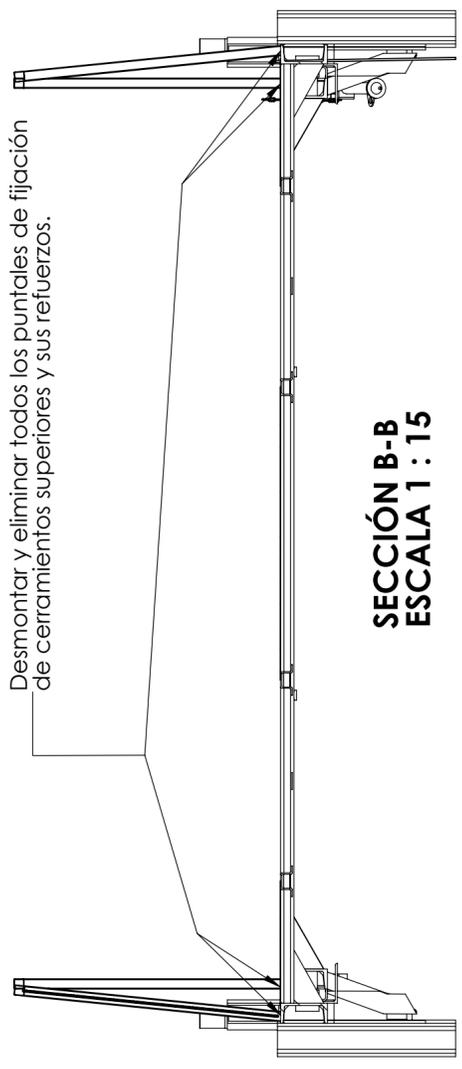
Apéndice **C**

Plano de Acondicionamiento del vagón

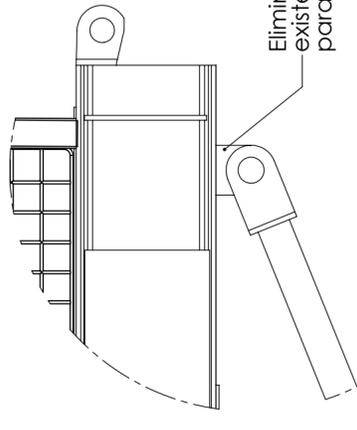
SEMIVAGON EXISTENTE



SEMIVAGON ACONDICIONADO



**SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 15**



**DETALLE F
ESCALA 1 : 5**

Eliminar soporte de articulación existente y reservar los bulones para montar los posteriormente

REBARBAR Y ROMPER ARCIAS VIVAS		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		PROYECTO:	TRANSFORMACION NOM 102
NOMBRE	FIRMA	FECHA	15/09/2012	TITULO:	Acondicionamiento de caja
PIEZA		ACABADO SUPERFICIAL:		N° DE DIBUJO	102.042.000
PLANO		TOLERANCIAS: ISO 22768		ESCALA: 1:25	HOJA 1 DE 6
VERIF.		ANGULAR: W		MATERIAL:	
			CONFIG: 102.042.000		
			PESO (kg):		
			A2		



Apéndice **D**

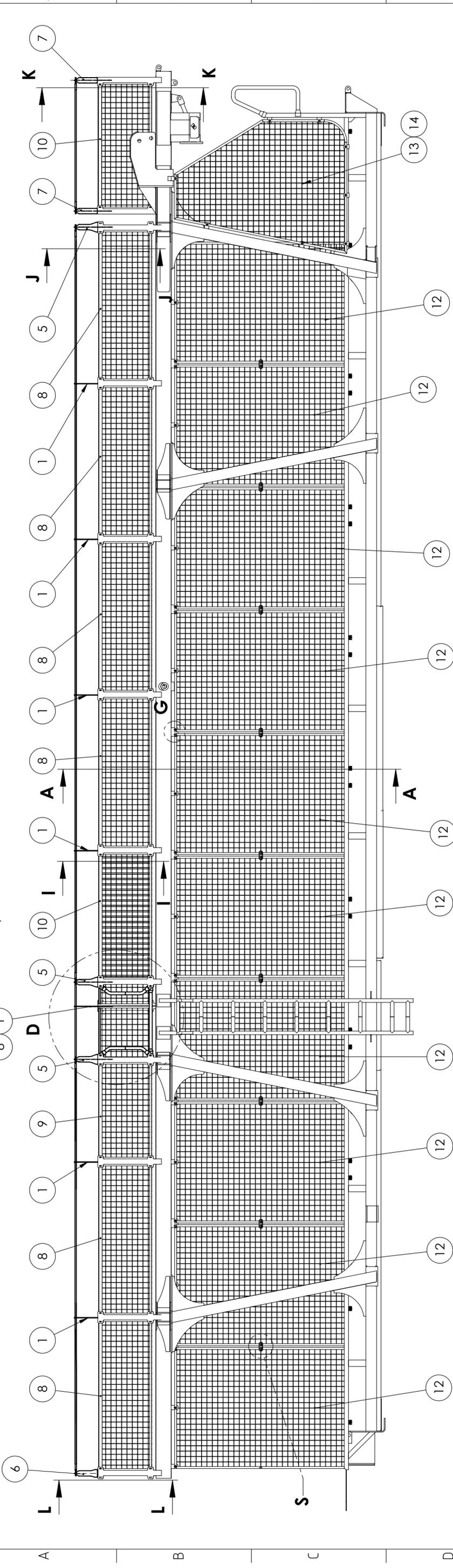
Plano de elementos soldados

Apéndice **E**

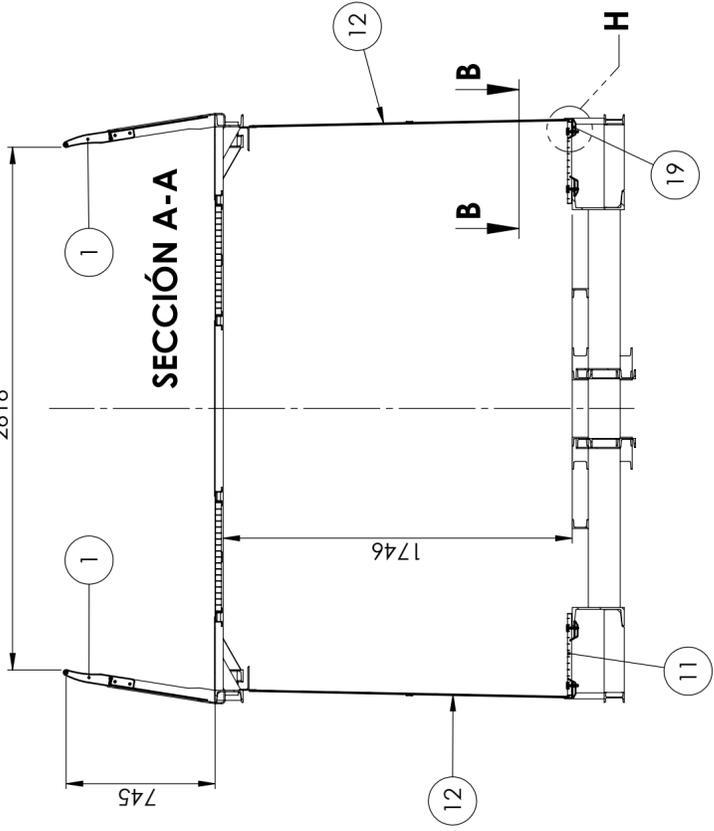
Plano de cerramientos

Poner cuidado al montar esta pieza, posicionar sólo en este extremo

8 1 Sólo en lado posterior



ESQUEMA PARA MONTAR CABLES EN PISO SUPERIOR



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	PESO
14	102.021.130	Malla inferior extrema simétrica	1		
15	102.021.140	Cable piso superior	2		
16	102.021.150	Cable piso fijo lado largo escalera	1		
17	102.021.160	Terminal de cable	1		
18	102.021.170	Cable piso fijo lado opuesto escalera	1		
19	102.021.180	Grapa fijación luz nominal 30 mm	80		
20		Tuerca hexagonal DIN 934 - M8	56		
21		Tornillo hexagonal DIN 933 - M8 x 25	46		
22		Arandela plana DIN 125 - A 8,4	56		
23		Tornillo hexagonal DIN 933 - M6 x 20	244		
24		Tuerca hexagonal DIN 934 - M6	248		
25		Arandela ala ancha DIN 9021 - A6,4	436		
26		Tornillo hexagonal DIN 933 - M6x30	4		
27	102.021.005	Perfil de goma	-		Long. aprox. por semivagón 26 m

ZONA REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	APROBADO
A	Añadir detalle N en hoja 2	10/05/2012	

REBARBAR Y ROMPER ARCIAS VIVAS

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: ISO 2768

ANGULAR: R

ANGULAR: W

ANGULAR: V

PROYECTO: TRANSFORMACION NOM 102

TÍTULO: **Conjunto cerramientos laterales y rejilla de piso inferior**

N.º DE DIBUJO: 102.021.000

CONFIG:

REVISIÓN

CONF: TRANSFESA

PESO (kg): 6316,55

ESCALA: 1:25

HOJA 1 DE 2

A2

Apéndice **F**

RC 1/2011



MINISTERIO DE
FOMENTO

SECRETARIA DE ESTADO DE
PLANIFICACIÓN E
INFRAESTRUCTURAS
SECRETARIA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS
DIRECCION GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS
FERROVIARIAS

RESOLUCIÓN CIRCULAR 1/2011 SOBRE EL PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS MODIFICADOS, CONFORME A LO DISPUESTO EN LA ORDEN FOM/233/2006, DE 31 DE ENERO, DE MATERIAL RODANTE

El Título II (“Validación de vehículos ferroviarios”) de la “*Orden FOM/233/2006, de 31 de enero, por la que se regulan las condiciones para la homologación del material rodante ferroviario y de los centros de mantenimiento y se fijan las cuantías de la tasa por certificación de dicho material*”, establece el procedimiento de validación de un vehículo ferroviario, previo a la obtención de la autorización de puesta en servicio.

Al regular dicho procedimiento, la citada orden, en su artículo 9, establece los requisitos de comunicación del procedimiento de validación para la obtención de la preceptiva autorización de puesta en servicio, lo que hace que dicho precepto sea aplicable de forma general para todo tipo de vehículos, nuevos o modificados, introduciéndose únicamente para estos últimos la obligatoriedad de añadir, además, a la documentación a presentar por el solicitante, “*un informe del organismo de certificación en el que se indiquen, en opinión de dicho organismo, las modificaciones efectuadas sobre éste que, en su caso, deben ser validadas de nuevo*” (Artículo 9.1.b.º).

En la contestación que en el marco del citado procedimiento debe realizar la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, ésta indicará al solicitante, previo informe del ADIF, “*la necesidad o no de obtener una nueva autorización de puesta en servicio, de acuerdo con las exigencias de las ETH (o ETI) y en función de los informes del organismo de certificación(...)*” (Artículo 9.2.b).

Con la finalidad de aclarar el tratamiento aplicable a las modificaciones de vehículos ya autorizados, la antigua Dirección General de Ferrocarriles emitió, con fecha 10 de diciembre de 2008, la Resolución Circular 10/2008. Tras varios años en su aplicación se ha visto la necesidad de matizar y aclarar alguno de los aspectos en ella contenidos para facilitar su interpretación.

Por otro lado, a partir del 19 de julio de 2010 es aplicable el “*Reglamento 352/2009 de la Comisión Europea, de 24 de abril de 2009 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6, apartado 3, letra a), de la Directiva 2004/49/CE*”, que impone la necesidad de realizar análisis y evaluaciones de riesgos en todos aquellos cambios significativos de los distintos subsistemas ferroviarios. En particular, es de aplicación para:

- "a) todos los cambios significativos que afecten a vehículos, tal y como se definen en el artículo 2, letra c), de la Directiva 2008/57/CE;
- b) todos los cambios significativos relativos a subsistemas estructurales cuando así lo exija el artículo 15, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE o una ETI."



Ante estas condiciones, esta Dirección General ha considerado oportuno la revisión de la citada resolución circular 10/2008, a fin de incorporar todos estos nuevos aspectos y aclarar las dudas que han surgido durante su aplicación.

Por cuanto antecede, esta Dirección General, al amparo de las competencias en materia de seguridad en la circulación ferroviaria asignadas por el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General, aprobado por el Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, y de la disposición adicional décima de la citada Orden FOM/233/2006, sobre material ferroviario, HA RESUELTO en relación con el procedimiento a aplicar en el caso de material rodante modificado lo siguiente:

I. Ámbito de aplicación

La presente resolución es aplicable a aquellos vehículos que van a ser objeto de modificación y que disponen de autorización de puesta en servicio de acuerdo a lo establecido en la Orden FOM/233/2006, así como a aquel otro material rodante ferroviario que, por encontrarse ya autorizado antes de la entrada en vigor de la citada orden o incluido en el régimen transitorio de la misma, únicamente dispone de autorización de circulación.

Queda excluido del ámbito de aplicación de esta resolución circular el material histórico.

II. Requerimiento de una nueva autorización de puesta en servicio:

El material rodante modificado, autorizado previamente, sólo requerirá una nueva autorización de puesta en servicio que sustituya a la anterior, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 9 de la Orden FOM 233/2006, cuando se dé alguno de los supuestos siguientes:

- a. Que en el caso de autorización previa de puesta en servicio de primer nivel, la modificación afecte a la declaración “CE” de conformidad o de idoneidad para el uso de algún componente de interoperabilidad, siempre que el nivel global de seguridad del vehículo pueda verse afectado.
- b. Que se superen los umbrales que se establezcan en las propias Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETIs) o Especificaciones Técnicas de Homologación (ETHs) de aplicación, de forma que sea necesaria una nueva reevaluación del diseño del vehículo.
- c. Que la modificación afecte a la compatibilidad del vehículo con la infraestructura.
- d. Que la modificación introducida en el vehículo suponga una variación de las prestaciones que tenía en su estado inicial o un cambio de la categoría en la que fue encuadrado el vehículo en su autorización de puesta en servicio inicial.
- e. Que la modificación exija un cambio de la numeración europea del vehículo.
- f. Que el vehículo modificado, por sus nuevas características básicas, pueda considerarse como un “Tipo” diferente al que sirvió de base para su autorización inicial.



III. Consideración de modificaciones significativas.

Independientemente de la necesidad o no de emisión de una nueva autorización de puesta en servicio para el vehículo modificado, las alteraciones introducidas en el material rodante ferroviario que ya dispusiera de autorización, tendrán la consideración de modificaciones significativas cuando, afectando a alguno de los equipos o componentes recogidos en el Anexo de esta resolución, concorra alguna de las siguientes características:

- a. Que las consecuencias derivadas de un fallo de los elementos modificados, considerando la existencia de barreras de seguridad fuera de los mismos, puedan suponer graves daños a personas, infraestructuras o al propio material.
- b. Que se trate de una modificación de gran complejidad técnica o con un grado elevado de innovación tecnológica en su implementación.
- c. Que se trate de un cambio que se considere irreversible.
- d. Que existan dificultades para el seguimiento del comportamiento de la modificación a lo largo de la vida útil del vehículo.
- e. Cualesquiera otras que estén consideradas modificaciones significativas de forma expresa por la normativa de aplicación.

Para la evaluación de los citados criterios se tendrá en cuenta el efecto acumulativo de las sucesivas modificaciones que ha podido sufrir el vehículo durante su vida en explotación, en relación con el estado original que sirvió de base a su autorización de puesta en servicio.

Corresponde al titular del vehículo existente por sí o, a través de delegación realizada a la empresa ferroviaria o fabricante (en lo sucesivo, el "solicitante"), la valoración de estos aspectos y el pronunciamiento, basándose en el juicio de expertos, sobre si las modificaciones pueden considerarse o no significativas.

En el caso en que el solicitante no dispusiera de un sistema de gestión de la seguridad regulado en el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General, aprobado por el Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, la consideración de la modificación como no significativa deberá contar necesariamente con la conformidad, previa a la implantación de la modificación, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, que solicitará informe del ADIF -que se presumirá favorable si no lo emite en el plazo establecido por la citada Dirección General-; salvo que el solicitante aporte un informe favorable de un evaluador independiente de seguridad a este respecto.

IV. Elaboración y presentación de la solicitud de modificación de material rodante ferroviario"

1. El **solicitante**, una vez haya adoptado la decisión de introducir cualquier modificación en un vehículo que ya dispusiera de la correspondiente autorización de puesta en servicio, deberá presentar una solicitud de modificación de material rodante ferroviario, haciendo constar los siguientes datos y acompañándola de la documentación que asimismo se relaciona a continuación:



- a. Datos del solicitante.
- b. Datos identificativos de los vehículos afectados por la modificación.
- c. Conformidad del propietario del vehículo con la modificación.
- d. Informe técnico descriptivo de la modificación, al que se adjuntarán los siguientes documentos:
 - d.1. Las características técnicas de los equipos y/o componentes fundamentales correspondientes a sus estados original y modificado previsto.
 - d.2. Los planos, esquemas, u otros documentos técnicos definitivos de la modificación.
 - d.3. El número o identificador de la modificación. Para cada uno de los vehículos del apartado 1.b. de este apartado, se aportará su historial de modificaciones.
 - d.4. El Plan de fabricación y el Plan de ensayos, cuando proceda.
 - d.5. Repercusión previsible de la modificación sobre el plan de mantenimiento del vehículo.
- e. Cuando la modificación suponga afección a alguno de los componentes o conceptos fundamentales de seguridad incluidos en el Anexo de esta resolución, se aportará asimismo el pronunciamiento del solicitante, basándose en el juicio de expertos, sobre si la modificación puede considerarse significativa o no. Asimismo, el solicitante aportará una propuesta de aquellas características y/o ensayos que van a requerir nueva validación, que será llevada a cabo por parte de un organismo de certificación. Los expertos serán personas 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 a incluir en la solicitud de modificación.

En el caso en que el solicitante no dispusiera de un sistema de gestión de la seguridad regulado en el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General, tanto la consideración de la modificación como no significativa como la propuesta de características y/o ensayos a validar, deberán contar con la conformidad, previa a la implantación de la modificación, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, que solicitará informe del ADIF -que se presumirá favorable si no lo emite en el plazo establecido por la citada Dirección General-; salvo que el solicitante aporte un informe favorable de un evaluador independiente de seguridad a este respecto.

En caso de que la modificación se considerase significativa, se acompañará de un análisis de riesgos derivados de la implementación de la modificación propuesta y del informe del evaluador independiente sobre el proceso de análisis y evaluación del riesgo, de acuerdo con lo establecido en el "*Reglamento 352/2009 de la Comisión Europea, de 24 de abril de 2009 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6, apartado 3, letra a), de la Directiva 2004/49/CE*". Dicho



informe podrá completarse una vez finalizado el proceso de validación de la modificación.

- f. Cuando los solicitantes dispongan de un sistema de gestión de la seguridad regulado en el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General, la solicitud deberá contener la conformidad de la Dirección de Seguridad, u órgano responsable de la seguridad en la circulación ferroviaria de la empresa.
- g. Informe de conclusiones del solicitante, que irá suscrito por un responsable, debidamente acreditado para estas competencias por su organización, en el que, a su juicio y en congruencia con los documentos antes mencionados, se concluya la necesidad, o no, de someter el material modificado a una nueva autorización de puesta en servicio, según los criterios de esta resolución circular.

2. La solicitud de modificación de material rodante ferroviario se remitirá en todos los casos, independientemente de la consideración final acerca de la necesidad o no de nueva autorización de puesta en servicio, a la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias antes de iniciar el proceso de implantación de la modificación; remitiéndose, así mismo, de forma simultánea una copia completa de aquélla al ADIF.

V. Modificaciones que precisan nueva autorización de puesta en servicio.

En el caso en que en la solicitud de modificación de material rodante el solicitante concluyese que es necesaria una nueva autorización de puesta en servicio, se seguirá el procedimiento general regulado en los artículos 9, 10, 11 y 12 de la Orden FOM 233/2006 de material rodante. A tal efecto, dicha solicitud equivaldrá a la comunicación exigible conforme al artículo 9 de la Orden para iniciar el procedimiento.

A los efectos de esta resolución, la certificación a que se refiere el artículo 10 de la citada Orden, emitida por un organismo de certificación, que acredita el cumplimiento de las características y/ o ensayos exigidas por la normativa técnica de aplicación, ETI ó ETH, para la solicitud de la nueva autorización de puesta en servicio, sólo abarcará a aquellas características a las que se refiere el apartado IV.1.e. de esta resolución circular.

Cuando se inicie la implantación de la modificación en el vehículo, quedarán suspendidas las autorizaciones de puesta en servicio y de circulación correspondientes al mismo. En el caso de lotes de vehículos, estas suspensiones se realizarán paulatinamente, a medida que entran en el proceso de modificación de acuerdo con el programa de trabajos de implantación de la modificación que el interesado presentó en su solicitud.

VI. Modificaciones que no requieren nueva autorización de puesta en servicio:

En caso de que el solicitante, en su petición de modificación, concluyera que no es necesaria una nueva autorización de puesta en servicio, seguirá vigente la autorización ya existente, sin ningún trámite adicional ni necesidad de comunicación aprobatoria por parte de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, siendo incorporada la petición al historial del vehículo. En tal caso será suficiente que el solicitante remita a la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias y al ADIF:



- a. La documentación técnica final de la modificación.
- b. Los resultados de las pruebas o informes de validación del organismo de certificación de las características afectadas por la modificación.
- c. El nuevo plan de mantenimiento. En caso de no considerarse necesaria la modificación de dicho plan se justificará debidamente.

La documentación relativa a los apartados a, b y c antes citados deberá ser comunicada a la DGIF y al ADIF tras la finalización material de las modificaciones y siempre con antelación a que el vehículo vuelva a circular. Si, de acuerdo con el citado apartado IV.1.e., el informe del evaluador independiente sobre el proceso de análisis y evaluación del riesgo se completa una vez finalizado el proceso de validación de las modificaciones, se añadirá a la documentación a aportar.

La documentación citada en el párrafo anterior se entregará sólo para el primer vehículo del lote. Para el resto de vehículos del lote únicamente será necesaria la comunicación de la finalización material de la modificación, junto a los resultados de las pruebas o informes del apartado b.

Lo anterior es sin perjuicio de que la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias pueda solicitar las informaciones adicionales o aclaratorias que pudiera estimar necesarias, y asimismo suspender y revocar, en cualquier momento, la autorización precedente de puesta en servicio si del análisis de la documentación remitida considerara que la citada autorización no queda adecuadamente justificada en la nueva situación, consecuencia de la modificación introducida.

Igualmente, seguirá vigente la autorización de circulación preexistente emitida por ADIF quien, de forma motivada y a la vista de la solicitud de modificación, podrá pedir información adicional al interesado de la que se remitirá copia a la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, y formulará a ésta las consideraciones que estime pertinentes en relación a la autorización de circulación del vehículo si considera que la misma, a su juicio, resulta afectada gravemente por la modificación introducida.

Además, para velar por la correcta observancia y el adecuado cumplimiento del proceso, la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias y ADIF podrán realizar auditorías periódicas de las solicitudes de las modificaciones que hayan concluido que no era necesaria una nueva autorización de puesta en servicio. Las conclusiones de dichas auditorías servirán para que la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias pueda, si así lo considera, completar o modificar los componentes fundamentales recogidos en el Anexo de esta resolución.

VII. Modificaciones experimentales o prototipos

A los efectos de aplicación de la presente Resolución, no tendrán la consideración de vehículos modificados, aquellos en los que, de manera temporal y para comprobar su funcionamiento, se les hayan realizado modificaciones para instalar elementos nuevos con fines experimentales.



En el caso de que después del periodo de prueba, se decidiera no volver a reponer el vehículo a su configuración inicial, sí sería aplicable esta resolución circular y debería presentarse el expediente correspondiente.

VIII. Conjuntos de modificaciones durante la fase de fabricación

En el caso de ajustes sucesivos producidos en los vehículos durante la fase de fabricación para subsanar defectos, anomalías o introducir mejoras, surgidas como consecuencia del periodo de rodaje, y efectuados sobre la totalidad de los vehículos del lote, no se requerirá una nueva autorización de puesta en servicio para los vehículos del lote que ya cuenten con dicha autorización.

Si la fase de fabricación se prolongase más allá de 7 años desde la autorización del primer vehículo del lote, se requerirá autorización expresa de la DGIF para acogerse a este apartado.

Si la modificación en cuestión afectase a alguna de las características de las normas de homologación (ETI o ETH), éstas deberán ser validadas de nuevo por el organismo certificador que esté participando en el proceso de validación.

A lo largo de este periodo, y a fin de mantener actualizado el tipo de referencia, se presentarán uno o varios expedientes agrupando un número significativo de estos cambios. En principio, salvo que la magnitud de las modificaciones fuera tal que se incurriese en alguno de los supuestos del apartado II de esta resolución circular, no se requerirá una nueva autorización de puesta en servicio.

IX. Sustitución de componentes durante el mantenimiento

Queda excluido del ámbito de esta resolución circular la sustitución de componentes durante el mantenimiento. Con carácter general, no tendrá la consideración de modificación del vehículo la sustitución de los componentes, elementos o piezas que constaban en el vehículo inicialmente validado por otros equivalentes técnica y funcionalmente, siempre que un experto dictamine que cumplen los mismos requisitos técnicos exigidos inicialmente al componente sustituido y los estándares técnicos existentes para ese componente, salvo que la magnitud de la sustitución sea tal que se incurriese en alguno de los supuestos contemplados en el apartado II de esta resolución circular.

X. Concepto de “Evaluador independiente de seguridad”.

A los efectos de esta resolución, se entiende por “evaluador independiente de seguridad” aquel que cumpla los requisitos establecidos en el anexo II del *Reglamento (CE) N° 352/2009 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6, apartado 3, letra a), de la Directiva 2004/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo* y esté debidamente reconocido por la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, en su condición de Autoridad Responsable de la Seguridad, para desempeñar esta actividad en un determinado ámbito de aplicación.



Tendrán la consideración de "evaluador independiente de seguridad" sin necesidad de reconocimiento adicional, los organismos de certificación, definidos en la Orden FOM/233/2006. Requerirá, no obstante, el reconocimiento de la DGIF estableciendo el ámbito de aplicación correspondiente.

En el caso de empresas ferroviarias y del ADIF, el cumplimiento de los requisitos para disponer de un evaluador independiente de seguridad integrado dentro de su organización, podrá justificarse a través de su sistema de gestión de la seguridad y, por tanto, la aceptación de la autoridad responsable de la seguridad de dicho evaluador, podrá realizarse a través del certificado de seguridad o autorización de seguridad.

Las empresas ferroviarias con certificado de seguridad en vigor acreditativo de la existencia de un sistema propio de gestión de la seguridad, así como el ADIF, podrán solicitar de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, el reconocimiento de su competencia para acreditar como evaluador independiente de seguridad, a aquellos órganos o dependencias de su organización que cumplan los siguientes requisitos:

- a. Disponibilidad de personal de plantilla con la capacidad técnica necesaria.
- b. Experiencia documentada en la aplicación de las normas EN 50126 y 50129 al material rodante ferroviario
- c. Autonomía orgánica y funcional del evaluador, de las unidades de la empresa o entidad encargadas de la ejecución material de la modificación o promotoras de la misma.
- d. Justificación de que las condiciones anteriores se han mantenido en el tiempo durante un plazo suficiente y que, asimismo, podrán mantenerse en el futuro.

Una vez que la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias haya reconocido al citado órgano o dependencia como "evaluador independiente de seguridad", éste deberá quedar integrado, como tal, en el sistema de gestión de la seguridad de la empresa ferroviaria o, en su caso, del ADIF, en el momento en que se lleve a cabo la primera renovación obligatoria de su certificado o autorización de seguridad.

Los Evaluadores independientes de seguridad que fueron reconocidos por la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias al amparo de lo establecido en la Resolución Circular 10/2008, deberán aportar la documentación establecida en este apartado antes de que transcurran 6 meses desde la entrada en vigor de esta Resolución Circular, al objeto de poder continuar con su actividad.

XI. Anulación de resoluciones anteriores.

Esta resolución circular sustituye en su totalidad a la Resolución 10/2008, de 10 de diciembre de 2008, del entonces Director General de Ferrocarriles sobre el *procedimiento de validación en los casos de solicitud de autorización de puesta en servicio de material rodante modificado, conforme a la Orden FOM/233/2006 sobre condiciones de homologación de material rodante ferroviario*, que queda anulada y sin efecto. Queda igualmente anulada y sin efecto cualquier otra Resolución anterior del citado Director General que se oponga a lo previsto en esta Resolución en cuanto fuera contradictoria con ella.



XII. Vigencia temporal.

Esta resolución circular se aplicará desde el día siguiente al de su fecha, siendo de aplicación a las modificaciones que sean comunicadas a la DGIF con posterioridad a dicha fecha.”

Madrid, **25** de febrero de 2011

EL DIRECTOR GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

Carlos María Juárez Colera

Destinatarios: ADMINISTRADORES DE INFRAESTRUCTURA, EMPRESAS FERROVIARIAS, CENTROS DE MANTENIMIENTO DE MATERIAL FERROVIARIO, ENTIDADES ENCARGADAS DEL MANTENIMIENTO, ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN, ORGANISMOS NOTIFICADOS, EVALUADORES INDEPENDIENTES DE SEGURIDAD, FABRICANTES, POSEEDORES Y PROPIETARIOS DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS.



ANEXO

LISTADO DE COMPONENTES Y EQUIPOS, CUYA MODIFICACIÓN PUEDE TENER LA CONSIDERACIÓN DE SIGNIFICATIVA Y, POR TANTO, REQUERIR UN INFORME DE UN EVALUADOR INDEPENDIENTE DE SEGURIDAD RELATIVO AL ANÁLISIS DE RIESGOS CORRESPONDIENTE

1. BOGIE / ÓRGANO DE RODADURA

- 1.1. EJE MONTADO COMPLETO
- 1.2. SUSPENSIÓN PRIMARIA
- 1.3. SUSPENSIÓN SECUNDARIA
- 1.4. BASTIDOR DEL BOGIE / YUGO
- 1.5. RODAL
- 1.6. AMORTIGUADORES
- 1.7. REDUCTOR
- 1.8. SILENTBLOCKS
- 1.9. SISTEMA CAMBIO DE ANCHO

2. ACOPLAMIENTOS

- 2.1. SISTEMA ENGANCHE AUTOMÁTICO, FRONTAL E INTERMEDIO (Incluye comunicación eléctrica)
- 2.2. CONJUNTO DE TRACCIÓN
- 2.3. SISTEMA UNIÓN CAJA-BOGIE
- 2.4. ENGANCHES / TOPES DE EMERGENCIA

3. CAJA / VARIOS

- 3.1. ESTRUCTURA DE CAJA (incluyendo testero)
- 3.2. SISTEMA DE BASCULACIÓN (incluyendo software)
- 3.3. SISTEMAS DE SUJECIÓN DE CARGAS
- 3.4. CONJUNTO DE CHOQUE
- 3.5. PUERTAS EXTERIORES (incluyendo software)
- 3.6. RAMPAS, ESTRIBOS Y ESCALERAS DE ACCESO
- 3.7. LUNAS FRONTALES
- 3.8. LUNAS LATERALES
- 3.9. ASIDEROS Y PASAMANOS
- 3.10. ABRAZADERAS DE SEGURIDAD

4. SISTEMA DE FRENO

- 4.1. EQUIPO DE FRENO, CUALQUIERA DE SUS COMPONENTES
- 4.2. SISTEMA CONTROL DE FRENO
- 4.3. TIMONERÍA DE FRENO
- 4.4. ZAPATAS Y GUARNICIONES
- 4.5. TIRADORES DE ALARMA
- 4.6. DISCOS DE FRENO
- 4.7. INTERFACES CON EL SISTEMA DE FRENO
- 4.8. VALVULA DE PESADA
- 4.9. SOFTWARE



5. **SISTEMAS DE CONTROL Y SUPERVISION**

- 5.1. SISTEMAS DE:
 - 5.1.1. DETECCION DE CALDEO
 - 5.1.2. DETECCION DE INESTABILIDAD
 - 5.1.3. CAMBIO DE ANCHO
 - 5.1.4. ANTIBLOQUEO
 - 5.1.5. ANTIDESLIZAMIENTO
 - 5.1.6. BLENDING
 - 5.1.7. CONTROL DE SUSPENSION/BASCULACIÓN
- 5.2. SOFTWARE
- 5.3. RED TCN

6. **ALTA TENSIÓN Y RETORNO POR TIERRA**

- 6.1. PANTÓGRAFO
- 6.2. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
- 6.3. RESISTENCIAS DE FRENO
- 6.4. FRENO RECUPERACION

7. **EQUIPOS SEGURIDAD**

- 7.1. REGISTRADORES JURIDICOS Y DE EVENTOS
- 7.2. ASFA
- 7.3. ERTMS
- 7.4. LZB
- 7.5. EBICAB
- 7.6. ATP
- 7.7. TREN – TIERRA U OTROS EQUIPOS DE COMUNICACIONES DEL PUESTO DE CONDUCCION
- 7.8. HOMBRE MUERTO
- 7.9. OTROS SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN
- 7.10. APARATOS DE ALARMA DE VIAJEROS

8. **SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

- 8.1. SISTEMA DE CONTROL DE INCENDIOS(incluyendo software)
- 8.2. MATERIALES: DE INTERIORISMO, CABLEADOS, ETC
- 8.3. PINTURAS PARA INTERIOR
- 8.4. SISTEMA DE COMUNICACION(incluyendo software)
- 8.5. COMPARTIMENTACION
- 8.6. BARRERAS
- 8.7. EXTINTORES
- 8.8. ILUMINACION DE EMERGENCIA

9. **EQUIPO DE TRACCION**

- 9.1. TRANSFORMADOR PRINCIPAL
- 9.2. CONVERTIDOR DE TRACCION
- 9.3. MOTORES DE TRACCIÓN



- 9.4. EQUIPO ELECTRÓNICO DE POTENCIA Y CONTROL
- 9.5. FILTROS DE ENTRADA
- 9.6. CONVERTIDORES PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A SISTEMAS AUXILIARES
- 9.7. DISYUNTOR EXTRA-RÁPIDO
- 9.8. SOFTWARE DE SEGURIDAD EN LOS EQUIPOS DE TRACCIÓN.

10. OTROS CONCEPTOS Y SISTEMAS

- 10.1. GALIBO
- 10.2. DINAMICA DE MARCHA
- 10.3. SEGURIDAD ELECTRICA
- 10.4. CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES
- 10.5. SEÑALES FRONTALES
- 10.6. SEÑALES DE COLA
- 10.7. ESPEJOS RETROVISORES
- 10.8. BOCINAS
- 10.9. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA
- 10.10. CORRIENTES ARMONICAS
- 10.11. DISTRIBUCION DE PESOS POR EJE
- 10.12. ACCESO Y UBICACIÓN DE P.M.R.'s
- 10.13. MEGAFONÍA

Apéndice **G**

Protocolo de ensayo de rigidez torsional



DIRECCIÓN TÉCNICA

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

DT-INS.008-12

Fecha: 03/05/2012

Edición: 1

PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL

ELABORADO:

Pablo Luis García Buitrago

REVISADO:

Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

APROBADO:

Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

ÍNDICE

1	OBJETO	4
2	ALCANCE	4
3	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	4
4	DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO.....	4
4.1	Determinación de las medidas a realizar	5
4.2	Proceso de medida y estimación de los valores	6
4.3	Tratamiento de datos y obtención de resultados	8
4.4	Elementos necesarios	10
4.5	Medidas de seguridad para realizar el ensayo	10

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

1 Objeto

Con esta instrucción se pretende establecer, según normativa ERRI, el procedimiento a seguir para realizar el ensayo que permite determinar la rigidez vertical de la caja del vagón para calcular la rigidez torsional de la misma.

2 Alcance

Esta instrucción será de aplicación para los ensayos de rigidez torsional realizados en vagones.

3 Documentos de referencia

Este documento se basa en:

- ERRI B12/DT135 Anexo E: Método de medida de la rigidez torsional de cajas de vagones a bogies y ejes.
- UIC 530-2: Vagones-Seguridad de circulación.

4 Desarrollo del procedimiento

La rigidez torsional C_t^* es una característica de la caja, referido al empate, que expresa la relación de un momento de torsión $\Delta F \cdot 2b_z^*$ ejercido sobre la caja respecto al desplazamiento angular ($\varphi/2a^*$), resultando:

$$c_t^* = \frac{2a^* \cdot 2b_z^* \cdot \Delta F}{\varphi} \left(\frac{kN \cdot mm^2}{rad} \right) \quad (1)$$

Donde,

- C_t^* se expresa en $kN \cdot mm^2/rad$.
- $2b_z^*$ es la distancia lateral de las suspensiones de un eje montado (mm).
- $2a^*$ es el empate del vagón de 2 ejes (mm).
- φ es el desplazamiento angular (rad).
- ΔF es la variación del esfuerzo vertical (kN).

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
			Fecha: 03/05/2012

En la siguiente figura pueden observarse todos los términos de la ecuación:

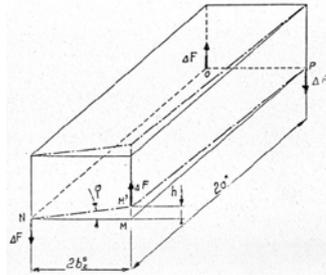


Figura 1

4.1 Determinación de las medidas a realizar

El desplazamiento angular puede ser expresado de la manera siguiente:

$$\varphi = h / 2b_z^* \quad (2)$$

Por consiguiente, la rigidez torsional puede escribirse como:

$$c_t^* = \frac{2a^* \cdot (2b_z^*)^2 \cdot \Delta F}{h} \quad \left(\frac{kN \cdot mm^2}{rad} \right) \quad (3)$$

Siendo $2a^*$ y $2b_z^*$ características geométricas del vagón, es suficiente medir $\Delta F/h$ para determinar la rigidez torsional.

En el caso de que se efectúe la medida sobre dos apoyos situados sobre el mismo eje transversal (base $2a^*$), pero en puntos diferentes de aquellos donde son normalmente aplicados los esfuerzos en servicio (figura 2) se tienen las relaciones siguientes:

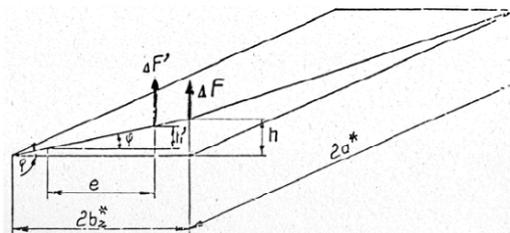


Figura 2

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

Siendo constante el desplazamiento angular φ , se tiene:

$$\varphi = h/2b_z^* = h'/e \quad (4)$$

Por lo que la rigidez torsional se puede expresar:

$$c_t^* = \frac{2a^* \cdot e^2 \cdot \Delta F}{h'} \quad \left(\frac{kN \cdot mm^2}{rad} \right) \quad (5)$$

También puede existir la posibilidad de que la fuerza esté aplicada en un punto y el punto de medida en otro:

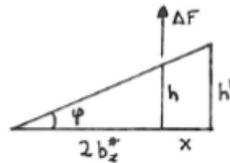


Figura 3

De modo que en este caso el desplazamiento angular es:

$$\varphi = h/2b_z^* = h'/(2b_z^* + x) \quad (6)$$

Siendo x positivo si $h' > h$ y negativo en el caso contrario.

4.2 Proceso de medida y estimación de los valores

La caja del vagón se apoyará en los 4 puntos que están situados entre los soportes de suspensión, como se indica en los siguientes dibujos:

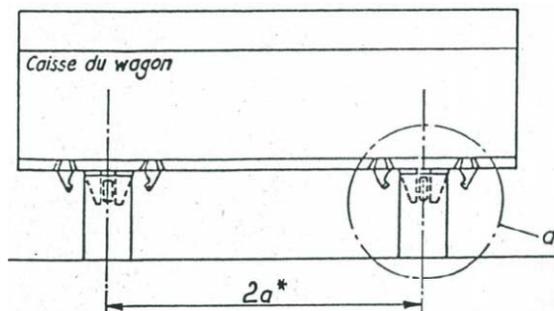


Figura 4: Vagón de ejes.

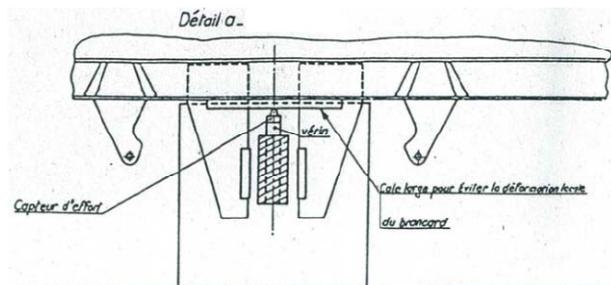


Figura 5: Puntos de posicionamiento.

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

Se deben de realizar una serie de medidas y comprobaciones antes de la realización del propio ensayo:

- Comprobar que la célula de carga está a cero.
- Colocar borriquetas, cilindro y posteriormente la célula.

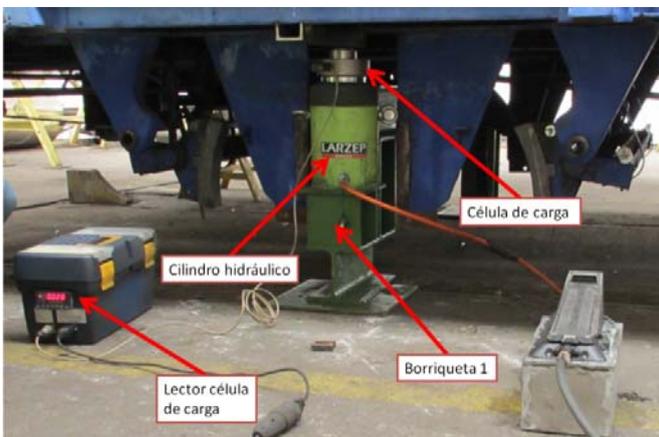


Figura 6: Utillaje punto medición.



Figura 7: Utillaje resto de puntos.

- Se medirá la distancia entre el centro de la célula de carga y la zona en la que se realizan la toma de medidas en caso de que sean diferentes.
- Se posicionará y nivelará el nivel óptico láser.
- Se nivela el vagón.

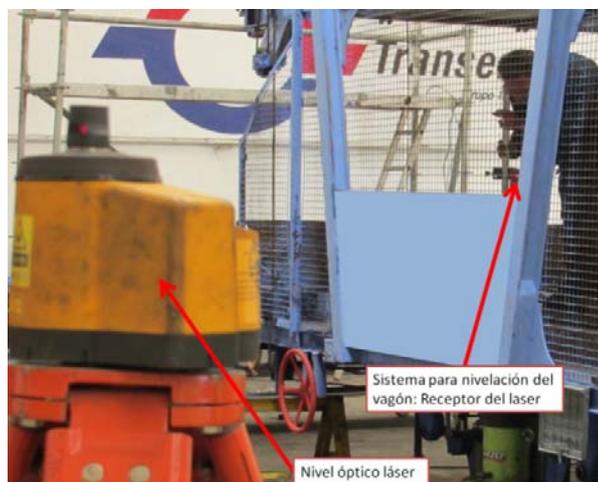


Figura 8: Nivel óptico láser y receptor del mismo.

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

Una vez se han realizado lo anteriormente descrito, el vagón descansará sobre la célula de carga y se anotará la altura inicial y el peso que si el vagón está nivelado será aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la tara de la estructura.

Cuando esté nivelado el vagón, se establecerá un punto de referencia a partir del cual se determinarán los desplazamientos h o h' .

Se accionará el cilindro hidráulico hasta que se produzca la descarga de alguno de los otros 3 puntos para anotar la carga máxima y desplazamiento final para así poder hacer una escala y tomar valores intermedios entre los puntos máximos y mínimos.

Se bajará el cilindro hasta que la célula vuelva a quedarse a cero y se anotará el desplazamiento final de descarga.

Hecho esto, se irá actuando el cilindro progresivamente para anotar los resultados que se obtienen en función de los puntos intermedios que se han determinado anteriormente hasta llegar al punto de descarga.

Posteriormente, se realizará el mismo proceso a la inversa, es decir, bajando el cilindro y tomando las medidas.

Si durante el proceso se pierde alguna medida, no se volverá a cargar o descargar ya que el proceso presenta una cierta histéresis.

4.3 Tratamiento de datos y obtención de resultados

El proceso se repetirá para los 4 puntos de apoyo del vagón. Datos característicos del vagón:

Empate del vagón: $2a^*$ (mm)	
Distancia lateral entre las suspensiones: $2b_z^*$ ("e" en su defecto) (mm)	
Distancia entre punto de apoyo y punto de lectura de desplazamientos ($2b_z^* + x$) (mm)	

Se toman los datos de carga-desplazamiento correspondientes utilizando la tabla anexada.



**PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ
TORSIONAL**

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

DT-INS.008-12

Fecha: **03/05/2012**

Edición: **1**

Ensayo de rigidez torsional												
Hoja de resultados												
	Punto 1			Punto 2			Punto 3			Punto 4		
	Altura	Carga	Desplaz.									
0												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												

Con esos datos se obtiene una representación carga-desplazamiento para cada punto y se ajustan los datos a una recta, cuya pendiente representa la rigidez vertical ($\Delta F/h$).

Se calcula la rigidez torsional para cada punto utilizando la ecuación correspondiente y se calcula la media, obteniendo el valor final de la rigidez torsional.

	PROTOCOLO DE ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL	INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
		DT-INS.008-12	
		Fecha: 03/05/2012	Edición: 1

4.4 Elementos necesarios

- Borriquetas 1 y 2,
- Gato hidráulico,
- Gato mecánico,
- Nivel óptico certificado,
- Célula de carga certificada y calibrada,
- Regla certificada.

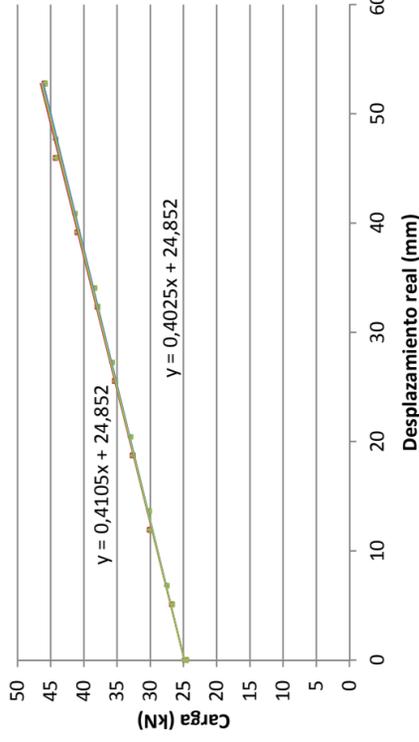
4.5 Medidas de seguridad para realizar el ensayo

- Realizar el ensayo en una zona en la que el suelo tenga la resistencia suficiente para resistir los esfuerzos a los que va a ser sometido. No realizar nunca este ensayo sobre suelo de chapa, ya que puede ceder.
- Mantener una distancia de seguridad respecto de los puestos más cercanos. Avisar a los trabajadores que estén en esos puestos del ensayo que se va a realizar.
- Nunca introducirse debajo de una carga suspendida si no está asegurada con unas borriquetas.
- Las maniobras de elevación del vagón, utilizando el puente grúa, siempre tienen que ser realizadas por personal autorizado.
- Disponer eslingas de seguridad con el puente grúa.

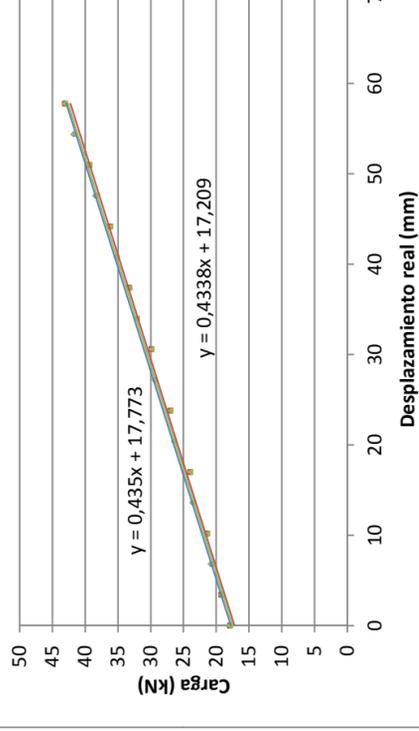
ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL VAGÓN SIN MODIFICAR

SUSPENSIÓN 1- DESCARGA 3				SUSPENSIÓN 2- DESCARGA 4				SUSPENSIÓN 3- DESCARGA 3				SUSPENSIÓN 4- DESCARGA 4						
Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)	Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)	Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)
833	0	0	2551	25,03	840	0	2512	24,64	834	0	0	1848	18,13	827	0	0	2551	25,03
841	8	6,81	2809	27,56	848	8	2793	27,40	842	8	6,79	2126	20,86	835	8	6,79	2809	27,56
849	16	13,62	3079	30,20	856	16	3009	29,52	850	16	13,59	2411	23,65	843	16	13,59	3079	30,20
857	24	20,42	3365	33,01	864	24	3236	31,75	858	24	20,38	2697	26,46	851	24	20,38	3365	33,01
865	32	27,23	3649	35,80	872	32	3510	34,43	866	32	27,18	3000	29,43	859	32	27,18	3649	35,80
873	40	34,04	3916	38,42	880	40	3730	36,59	874	40	33,97	3274	32,12	867	40	33,97	3916	38,42
881	48	40,85	4219	41,39	888	48	4022	39,46	882	48	40,77	3590	35,22	875	48	40,77	4219	41,39
889	56	47,65	4515	44,29	896	56	4333	42,51	890	56	47,56	3920	38,46	883	56	47,56	4515	44,29
895	62	52,76	4683	45,94	904	64	4640	45,52	898	64	54,36	4261	41,80	891	64	54,36	4683	45,94
					907	67	4664	45,75	902	68	57,75	4396	43,12					
895	62	52,76	4683	45,94	907	67	4664	45,75	902	68	57,75	4396	43,12	891	64	54,36	4683	45,94
887	54	45,95	4514	44,28	899	59	4438	43,54	894	60	50,96	4013	39,37	883	56	47,56	4514	44,28
879	46	39,15	4178	40,99	891	51	4099	40,21	886	52	44,16	3691	36,21	875	48	40,77	4178	40,99
871	38	32,34	3871	37,97	883	43	3652	36,52	878	44	37,37	3393	33,29	867	40	33,97	3871	37,97
863	30	25,53	3604	35,36	875	35	3549	34,82	870	36	30,58	3047	29,89	859	32	27,18	3604	35,36
855	22	18,72	3331	32,68	867	27	3262	32,00	862	28	23,78	2755	27,03	851	24	20,38	3331	32,68
847	14	11,91	3068	30,10	859	19	3007	29,50	854	20	16,99	2447	24,01	843	16	13,59	3068	30,10
839	6	5,11	2728	26,76	851	11	2785	27,32	846	12	10,19	2179	21,38	835	8	6,79	2728	26,76
833	0	0	2509	24,61	843	3	2523	24,75	838	4	3,40	1965	19,28	827	0	0	2509	24,61
					840	0	2457	24,10	834	0	0	1826	17,91					

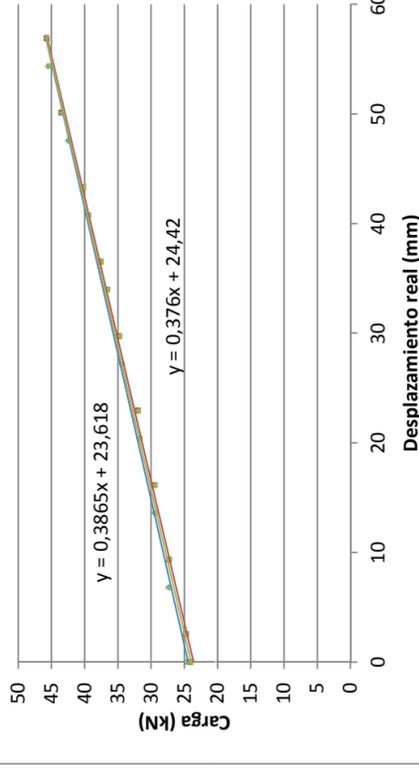
Rigidez vertical suspensión 1



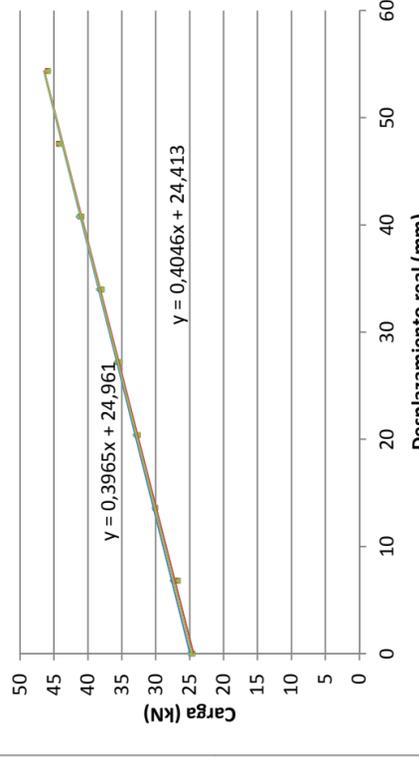
Rigidez vertical suspensión 3



Rigidez vertical suspensión 2



Rigidez vertical suspensión 4



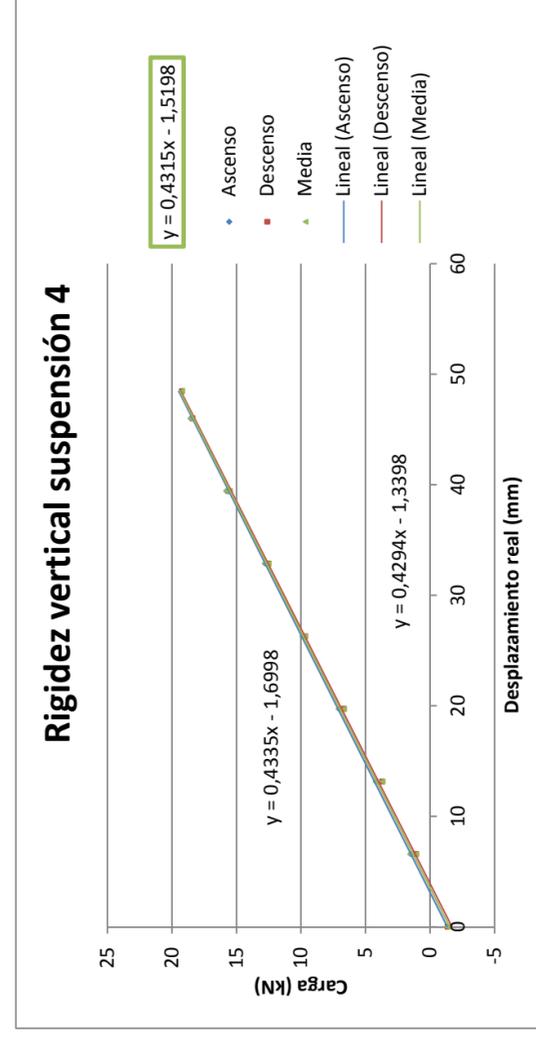
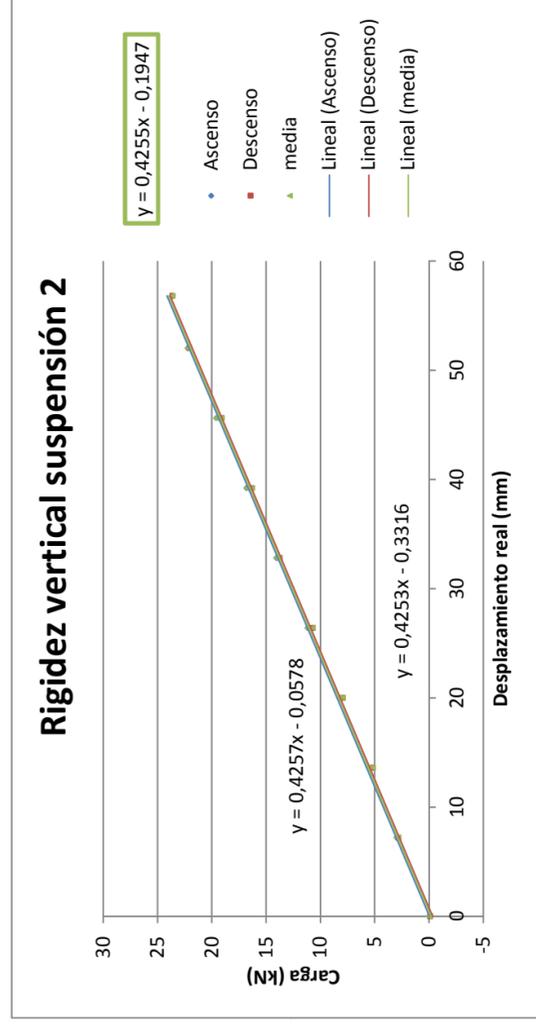
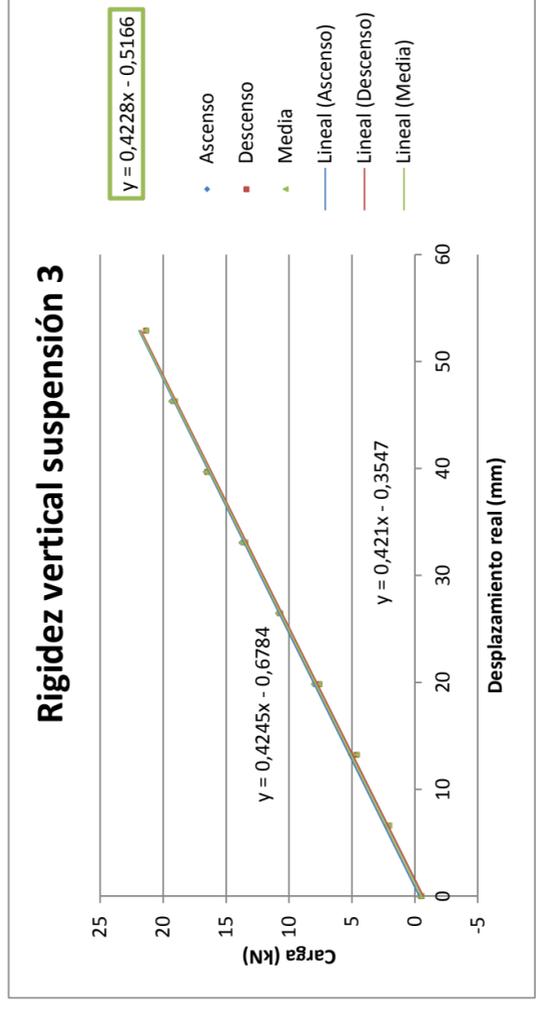
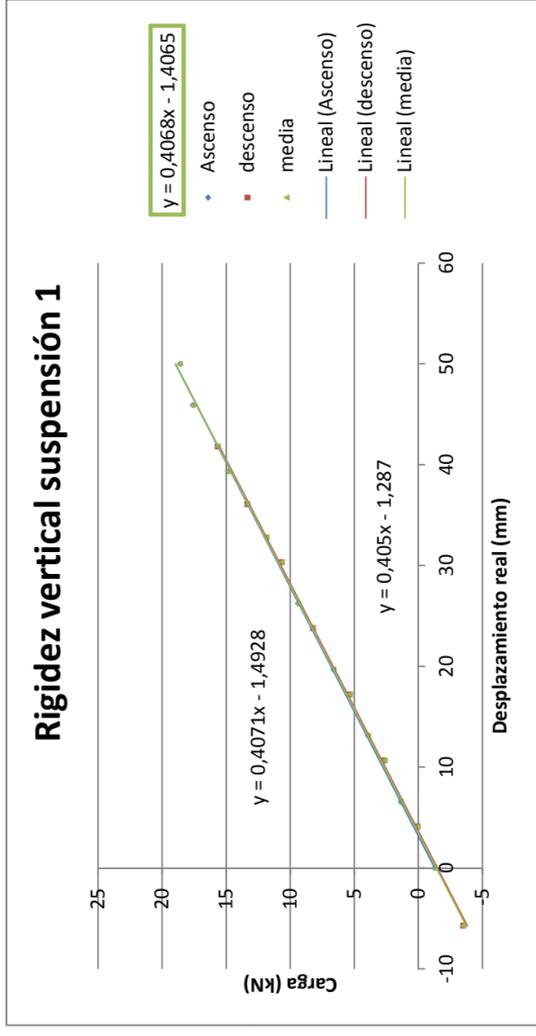
DATOS DEL VAGÓN

Empate	7730 mm
Distancia entre suspensiones	2170 mm

	Suspensión 1	Suspensión 2	Suspensión 3	Suspensión 4	Media
Rigidez torsional *E10 (kN*mm ² /rad)	1,48	1,39	1,59	1,46	1,48

ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL VAGÓN MODIFICADO

SUSPENSIÓN 1- DESCARGA 3				SUSPENSIÓN 2- DESCARGA 4				SUSPENSIÓN 3- DESCARGA 4						
Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)	Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)	Lectura	Desplaz.	Desplaz. Real (mm)	Carga (kg)	Carga (kN)
817	0	-128	-1,26	0	826	0	0	0	-35	829	0	0	-135	-1,32
825	8	6,56	1,38	3,06	834	8	6,61	228	2,24	837	8	6,57	156	1,53
833	16	13,11	3,93	5,67	842	16	13,22	518	5,08	845	16	13,14	430	4,22
841	24	19,67	6,62	8,42	850	24	19,83	819	8,03	853	24	19,71	722	7,08
849	32	26,22	9,40	11,42	858	32	26,44	1110	10,89	861	32	26,28	1009	9,90
857	40	32,78	11,85	14,35	866	40	33,05	1405	13,78	869	40	32,85	1304	12,79
865	48	39,34	15,15	17,16	874	48	39,66	1693	16,61	877	48	39,42	1610	15,79
873	56	45,89	17,95	19,99	882	56	46,28	1972	19,35	885	56	46,00	1891	18,55
878	61	49,99	18,96	22,67	890	64	52,89	2179	21,38	888	59	48,46	1959	19,22
				2411	23,65									
878	61	49,99	18,60	2411	23,65	64	52,89	2179	21,38	888	59	48,46	1959	19,22
868	51	41,79	15,67	2250	22,07	56	46,28	1945	19,08	885	56	46,00	1876	18,40
861	44	36,06	13,36	1949	19,12	48	39,66	1684	16,52	877	48	39,42	1583	15,53
854	37	30,32	10,66	1665	16,33	40	33,05	1374	13,48	869	40	32,85	1275	12,51
846	29	23,77	8,21	1405	13,78	32	26,44	1093	10,72	861	32	26,28	987	9,68
838	21	17,21	5,45	1092	10,71	24	19,83	775	7,60	853	24	19,71	682	6,69
830	13	10,65	2,64	810	7,95	16	13,22	471	4,62	845	16	13,14	378	3,71
822	5	4,10	0,06	531	5,21	8	6,61	208	2,04	837	8	6,57	111	1,09
810	-7	-5,74	-3,50	289	2,84	0	0	-53	-0,52	829	0	0	-139	-1,36
				-9	-0,09									



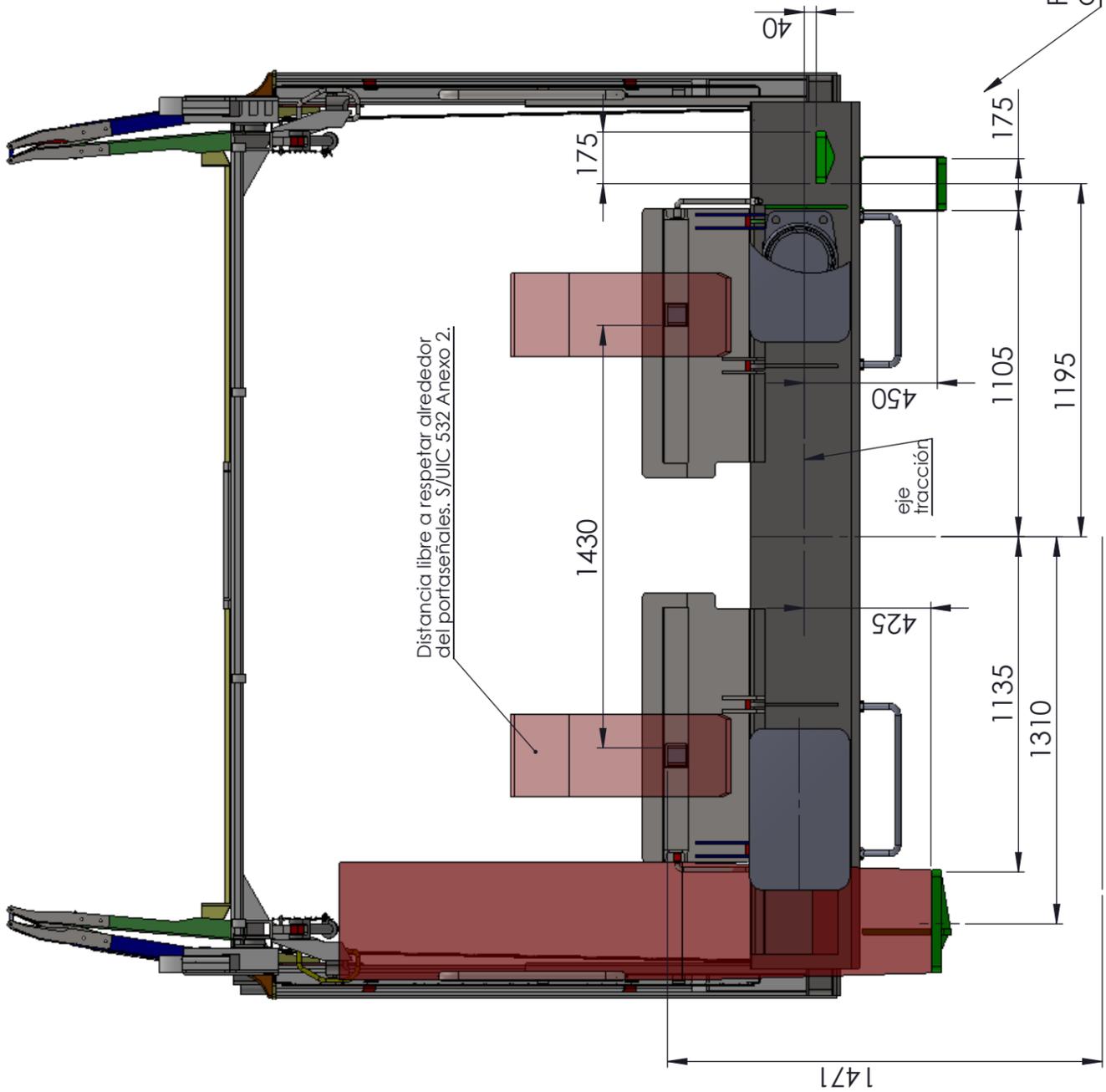
DATOS DEL VAGÓN

Empate	7730 mm
Distancia entre suspensiones	2170 mm

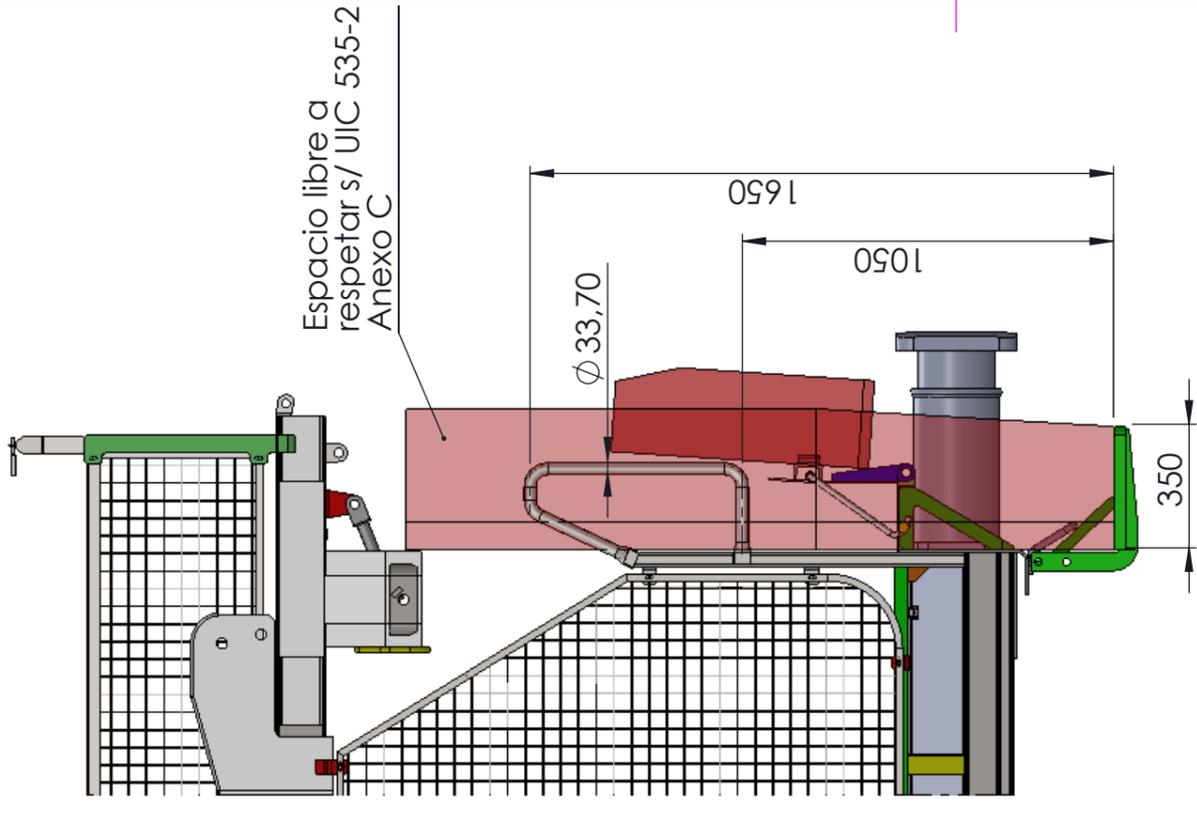
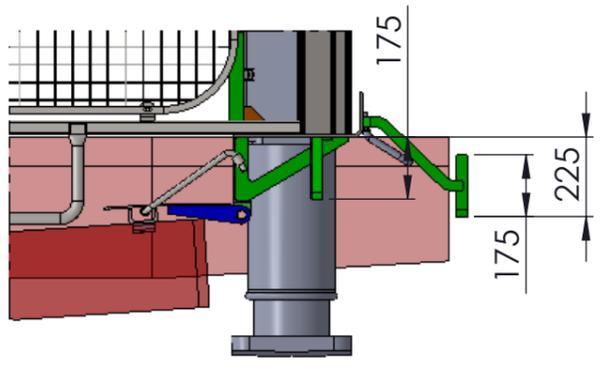
Rigidez torsional *E10 (kN*mm ² /rad)	Suspensión 1	Suspensión 2	Suspensión 3	Suspensión 4	Media
	1,48	1,55	1,54	1,57	1,53

Apéndice **H**

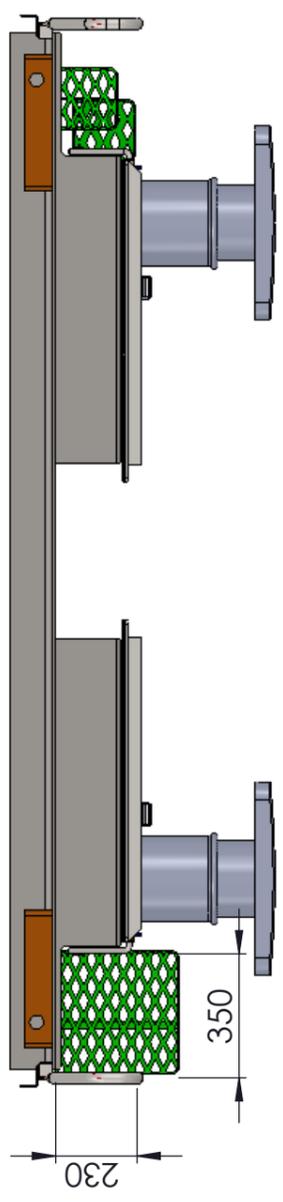
Plano cumplimiento ficha UIC 535-2



**VISTA A
ESCALA 1 : 20**



Perfil de gálibo a la altura del estribo



REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		PROYECTO:	
NOMBRE	FIRMA	TRANSFORMACIÓN NOM 102	
PIEZA	FECHA	TÍTULO:	
PLANO	03/07/2012	JUSTIFICACIÓN DE LA COLOCACIÓN DE LOS	
VERIF.		ESTRIBOS, PASAMANOS Y PORTA-SEÑALES	
ACABADO SUPERFICIAL:		N.º DE DIBUJO	
TOLERANCIAS: ISO 22768		102.10.100	
LINEAL: m		CONFIG:	
ANGULAR: k		102.10.100	
MATERIAL:		ESCALA: 1:200	
PESO (kg):		HOJA 1 DE 1	
		A3	



A B C D E F

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

1 2 3 4 5 6 7 8

Instrucción de inscripciones



Inscripciones en el nomenclátor 102



Tomás Domínguez Arrabal
TRANSFESA

Edición 0 07/05/2012

	INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102		INSTRUCCIÓN TÉCNICA
			DT-INS.007-12
	Fecha: 07/05/2012	Edición: 0	

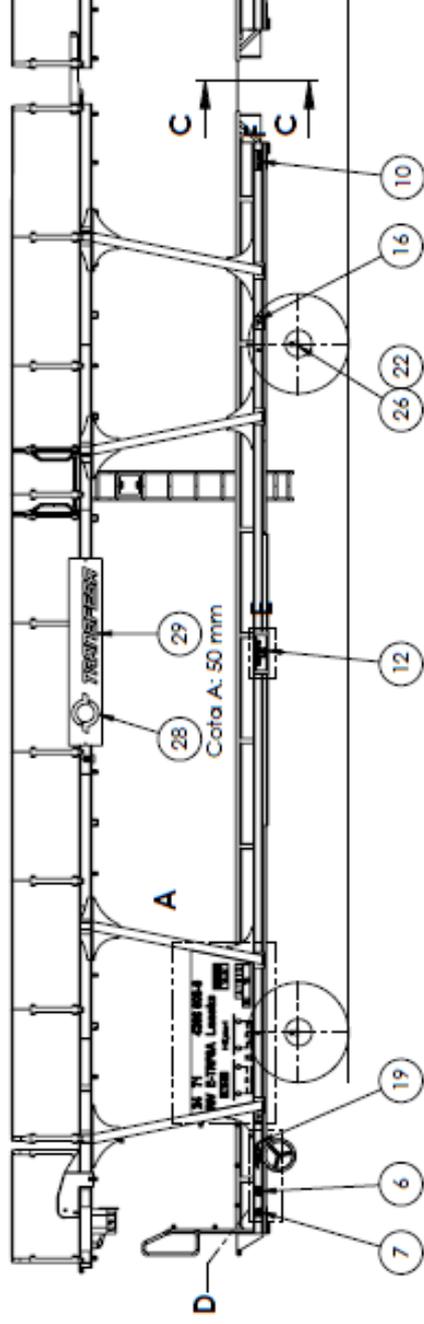
1. ALCANCE

Esta instrucción tiene por objeto establecer las inscripciones que debe llevar los vagones del nomenclátor 63F cuya numeración es 24 71 427 3 001-6 hasta 233-5. Se han observado alguna diferencia en las inscripciones de estos vagones, por lo que se hace necesaria esta instrucción para homogeneizarlas y adaptarlas a la nueva normativa europea.

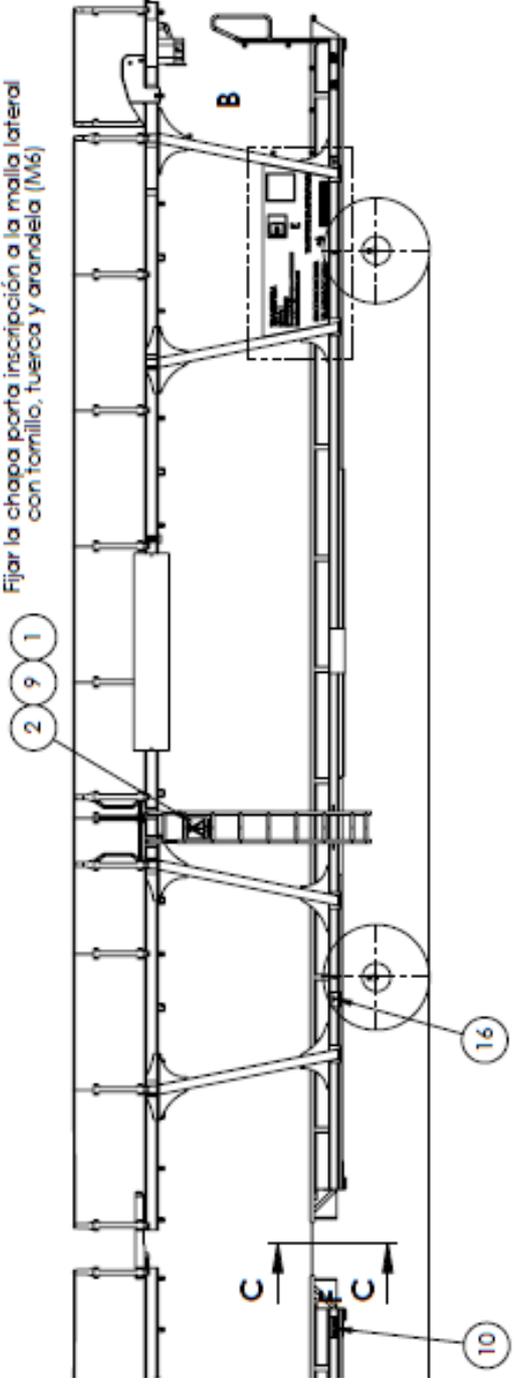
2. ESQUEMA

A continuación se muestra un esquema con la posición aproximada de cada inscripción.

LADO FRENO DE MANO



Fijar la chapa porta inscripción a la malla lateral con tornillo, tuercas y arandela (M6)



	INSTRUCIÓN TÉCNICA	
	DT-INS.007-12	
	Fecha: 07/05/2012	Edición: 0

INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102

3. TABLA DE INSCRIPCIONES

INSCRIPCIÓN	Cantidad	DESCRIPCIÓN	EMPLAZAMIENTO	Comentarios a tener en cuenta
03	4	Pizarra	Panel de inscripciones	
04	2	 Unidades de vagón acoplados permanentemente		
05	2	 TRANSPORTE DE AUTOMOVILES	Panel de inscripciones	
06	4		Semivagón derecho. 2 a cada lado	Tener en cuenta sentido correcto
07	4		Semivagón izquierdo. 2 a cada lado	
08	6	1 3 5 2 4 6	Numeración de las suspensiones	Comienzan en el lado más cercano al distribuidor

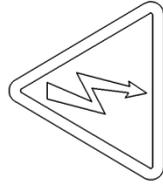


INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

DT-INS.007-12

Fecha: **07/05/2012**
Edición: **0**



Altura: Antes de llegar a la zona de peligro. 1 por cada escalera

09

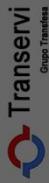
2

Atención

Escalera

1 por cada escalera

TRANSFORMACIÓN
AÑO 2012

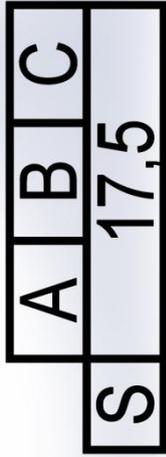


Placa
transformación

Larguero

1 por cada lado

10



11

2

Cuadro de cargas

A la izquierda en cada lado

**FRENO 2XKE-GP
2x14 t**

12

2

Inscripción de tipo de freno

Cerca del accionamiento de la válvula de aislamiento

TRANSFESA

MUSGO, 1

28023 MADRID

Tfno: +34 913879900 Fax: +34 913729059

Email: D.fec@transfesa.com

13

En esta inscripción se ha cambiado el nº de fax y se ha añadido el e-mail

Propietario y dirección

Panel de inscripciones



INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

DT-INS.007-12

Fecha: 07/05/2012

Edición: 0

14		2	Cartucho de revisión	A la derecha en cada lado	Según Decisión 2007-107-CE
15		2	Gálbo G1		
16		8	Punto de elevación sin órganos de rodadura en taller	En los puntos de elevación	
17		2	Vagón construido para circular entre países con diferente ancho de vía. (Caso: España ó Portugal)	A la derecha en cada lado	Sin recuadro
18		2	Accesorios móviles del vagón, calces.	A la derecha en cada lado.	
19		2	Aflojar volante de freno de mano	En el bastidor por encima del volante	
20		2	Estación en la cual está adscrito el vagón.		El CUU sigue exigiendo este marcado



INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

DT-INS.007-12

Fecha: 07/05/2012

Edición: 0

21		2	Empate del vagón	A la derecha en cada lado
22	00	8	Compañía ferroviaria registradora del eje	En cada caja de grasa
23	R 75 m	2	Radio mínimo de curva	A la izquierda en cada lado
24	25 000 kg 14.0 t	2	Tara y peso-freno del freno de mano	A la izquierda en cada lado Recuadro inferior en rojo, ya que el freno de mano es accionado desde el suelo.
25	t-27,00m→	2	Longitud entre topes	A la izquierda en cada lado
26	00-0000	8	Si eje ancho nacional: Fecha de la última revisión. Mes y año Si eje ancho internacional: Fecha caducidad revisión. Mes y año	En cada caja de grasa

	INSCRIPCIONES EN EL NOMENCLÁTOR 102		INSTRUCCIÓN TÉCNICA	
			DT-INS.007-12	
			Fecha:	Edición: 0
		07/05/2012		

27	24 71	4366 000-0	2	Marcado del número de vagón A la izquierda en cada lado
	RIV E-TRFSA Laaeks			
28			2	Logotipo TRANSFESA Ver diagrama
29	TRANSFESA		2	Inscripción TRANSFESA Ver diagrama

NOTAS A TENER EN CUENTA.

- Como el color del vagón es azul, las inscripciones irán en blanco.

Apéndice **J**

Plano de inscripciones

Apéndice **K**

Informe exención ensayos dinámicos

	DIRECCIÓN TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.001-12	
		Fecha: 02/02/2012	Edición: 1

INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
		
Pablo Luis García Buitrago	Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira	Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS	INFORME	
		DT-INF.001-12	
		Fecha: 02/02/2012	Edición: 1

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto	4
1.2	Antecedentes.....	4
2	PRESCRIPCIONES DE LA ETH.....	4
2.1	Comentarios.....	4
2.2	Evidencias y comprobaciones	5
3	CONCLUSIONES.....	5
4	ANEXOS.....	6

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS	INFORME	
		DT-INF.001-12	
		Fecha: 02/02/2012	Edición: 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El objeto de este informe es la justificación de la exención de ensayos dinámicos debido a la modificación de los vagones porta-autos Laaeks, correspondientes con el plano 00.213.00.000.

1.2 Antecedentes

Los vehículos tipo Laaeks de la serie UIC con números 24 71 4366 101-2 a 250-7, 291-1 a 350-5 y 372-9 a 391-9 fueron construidos en TAFESA entre los años 1955 y 1959.

Estos vagones fueron homologados según las normativa vigente en ese momento y aprobado para su circulación por las autoridades competentes según consta en el alta del Archivo Patrón de dicha entidad y cuyo documento acreditativo se adjunta en este informe.

2 PRESCRIPCIONES DE LA ETH

Las indicaciones que realiza la ETH, y que son exigidas por parte del organismo certificador, para la verificación de los ensayos dinámicos, se encuentran recogidas en los apartados 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.5 y 4.2.1.3.3.

2.1 Comentarios

Los apartados 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.5 y 4.2.1.3.3 de la ETH remiten a la norma UNE-EN 14363:2005. A su vez, en el punto 2 NORMAS PARA CONSULTA, hace referencia a las normas que son indispensables para la aplicación de la misma.

En lo referente al vagón hace referencia a la norma UIC 432:2002 Vagones. Velocidades de circulación. Condiciones técnicas que deben respetarse. Atendiendo a dicha norma, en el punto 3.7- exención de ensayos dinámicos (en vagones existentes) se expone:

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS	INFORME	
		DT-INF.001-12	
		Fecha: 02/02/2012	Edición: 1

“Los vagones construidos antes del 1 de Enero de 1979 pueden circular en régimen S o SS habiendo sido previamente aceptados a hacerlo en régimen S o SS.

Los vagones de 2 ejes con suspensiones de doble anilla que fueron construidos antes del 1 de Julio de 1996 pueden circular en régimen S o SS, incluso después de la modificación, habiendo sido previamente aceptados para régimen S o SS y sus condiciones de operatividad no han cambiado en lo que respecta a velocidad y carga por eje. En nuestro caso:

- Velocidad: Antes de la modificación, el régimen de circulación es S, 100km/h, el cual permanecerá inalterado después de dicha modificación.
- Carga por eje: El vagón, antes de la modificación, tiene una tara de 25 toneladas y una carga máxima de 17,5 toneladas. Después de la modificación, el vagón mantendrá los mismos parámetros debido a que el peso de las piezas añadidas será similar al de las piezas quitadas.

NOTA: la palabra modificación en este contexto denota operaciones que únicamente afectan a la superestructura del vagón, por ejemplo una nueva cisterna en un vagón cisterna.”

2.2 Evidencias y comprobaciones

Los vagones tipo Laaeks objeto de este informe fueron construidos en TAFESA entre los años 1955 y 1959 como se puede comprobar en el Anexo 2 (Alta en Archivo Patrón) aportado. Además estos vagones son de 2 ejes, como se ve en el plano de conjunto del Anexo 1 (Plano 00.213.00.000) y posee suspensión de doble anilla como evidencia el Anexo 3 (Plano 00.213.02.000).

3 CONCLUSIONES

Los datos aportados demuestran que estos vagones cumplen con los requisitos de exención de ensayos, de la norma UIC 432: 2002 Vagones. Velocidades de circulación. Condiciones técnicas que deben respetarse, para la homologación de los vagones sin la realización de ensayos dinámicos, por lo que se cumplen las características 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.5 y 4.2.1.3.3.

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS	INFORME	
		DT-INF.001-12	
		Fecha: 02/02/2012	Edición: 1

4 ANEXOS

- Anexo 1: Plano 00.213.00.000
- Anexo 2: Documento acreditativo de Alta en Archivo Patrón del Adif
- Anexo 3: Plano 00.213.02.000

Apéndice **L**

Informe exención pruebas de frenado

	DIRECCIÓN TÉCNICA	INFORME	
		DT-INF.002-12	
		Fecha: 10/02/2012	Edición: 1

INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
		
Pablo Luis García Buitrago	Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira	Beatriz Díaz-Concha Ruiz-De Lira

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO	INFORME	
		DT-INF.002-12	
		Fecha: 10/02/2012	Edición: 1

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objeto	4
1.2	Antecedentes.....	4
2	PRESCRIPCIONES DE LA ETH.....	4
2.1	Comentarios.....	4
2.2	Evidencias y comprobaciones	5
3	CONCLUSIONES.....	5
4	ANEXOS.....	5

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO	INFORME	
		DT-INF.002-12	
		Fecha: 10/02/2012	Edición: 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El objeto de este informe es la justificación de la exención de ensayos de freno debido a la modificación de los vagones porta-autos Laaeks, correspondientes con el plano 00.213.00.000.

1.2 Antecedentes

Los vehículos tipo Laaeks de la serie UIC con números 24 71 4366 101-2 a 250-7, 291-1 a 350-5 y 372-9 a 391-9 fueron construidos en TAFESA entre los años 1955 y 1959.

Estos vagones fueron homologados según las normativa vigente en ese momento y aprobado para su circulación por las autoridades competentes según consta en el alta del Archivo Patrón de dicha entidad y cuyo documento acreditativo se adjunta en este informe.

2 PRESCRIPCIONES DE LA ETH

Las indicaciones que realiza la ETH, y que son exigidas por parte del organismo certificador, para la verificación de las pruebas de frenado, se encuentran recogidas en los apartados 4.2.3.1.2 (requerimientos del sistema de frenado), 4.2.3.1.3 (características mínimas de frenado), 4.2.3.1.4 (distancia de parada con freno de urgencia), 4.2.3.1.5 (límites de adherencia en frenado), 4.2.3.2.2 (prestaciones del freno de estacionamiento) y 4.2.3.2.3 (comportamiento térmico de los frenos).

2.1 Comentarios

Los apartados 4.2.3.1.2 y 4.2.3.1.3 dicen que para material interoperable, el sistema de freno cumplirá las prescripciones establecidas al efecto en la ETI de Material Rodante-Vagones punto 4.2.4.1 que hace referencia a las prestaciones de frenado.

El apartado 4.2.3.1.4 dice que la distancia de frenado deberá cumplirse utilizando el freno neumático UIC y que para material rodante interoperable se

	INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE EXENCIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO	INFORME	
		DT-INF.002-12	
		Fecha: 10/02/2012	Edición: 1

cumplirán los requisitos de la ETI de Material Rodante-Vagones, punto 4.2.4.1, respecto a las distancias de parada. En todo caso se deberá respetar lo establecido en el Reglamento General de Circulación en función de la velocidad y el tipo de vía y siguiendo los criterios de la ficha UIC 544-1.

Los apartados 4.2.3.1.5 y 4.2.3.2.2 dicen que el material interoperable cumplirá con las prescripciones establecidas en el apartado 4.2.4.1.2.8 de la ETI de material Rodante-Vagones, freno de estacionamiento.

El apartado 4.2.3.2.3 hace referencia al punto 4.2.4.1.2.5 sobre límites de energía.

2.2 Evidencias y comprobaciones

Los componentes del sistema de frenado de los vagones no se modifican.

La serie de vagones con números UIC 24 71 4366 101-2 a 391-9 fueron fabricados en TAFESA con una tara de 25 toneladas y una carga máxima de 17,5 toneladas.

En la actualidad, con la modificación que se le va a realizar a dichos vagones la tara y carga máxima permanecen inalteradas.

Así pues, la situación es Tara=25t y Carga máxima=17,5t. Con estos datos y el anexo 1 del cálculo de freno en estas condiciones, se obtiene unos porcentajes de peso freno en régimen de viajeros de 119,5% en Tara y 70,3% en carga. Además, los porcentajes de peso freno del freno de mano son 48,4% en Tara y 28,5% en carga.

3 CONCLUSIONES

Dado que no es necesario modificar el sistema de freno para cumplir con las exigencias de la ficha UIC 544-1 y que los vagones están dentro de los límites de seguridad exigidos por la normativa, y que el freno de mano tampoco se cambia ni se modifican sus prestaciones, se considera que no es necesario la reevaluación de las características 4.2.3.1.2, 4.2.3.1.3, 4.2.3.1.4, 4.2.3.1.5, 4.2.3.2.2 y 4.2.3.2.3, ni la realización de pruebas de freno.

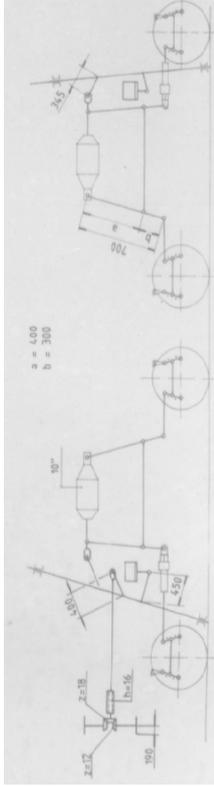
4 ANEXOS

- Anexo 1: (Cálculo de freno tara 25t y carga 17,5t)

CÁLCULO DE FRENO PARA VAGONES PORTA-AUTOS Laeaks

Desde:	Hasta:
24 71 4366 101-2	24 71 4366 250-7
24 71 4366 291-1	24 71 4366 350-5
24 71 4366 372-9	24 71 4366 391-9

Serie UIC:



DATOS	Unidades
Vagón	25000 kg
tara	17500 kg
carga	42500 kg
tara+carga	2
Distribuidor	KE 1 a SL
(tipo y cantidad)	2
Regulador	(f) SAB DA2-450
(tipo y cantidad)	2
Cilindro de aire	(c) 10" KNORR
(tipo y cantidad)	16
Zapatás	(n) Simples P-14
(tipo y cantidad)	(s)
Superficie zapata	267 cm2
Presión cilindro de aire	3.8 kg/cm2
(Fc)	140 kg
Esfuerzo del muelle del cilindro de aire	1785 kg
(Fa)	
Esfuerzo neto del cilindro de aire	
(pa)	0.9
Rendimiento de la timonería de aire	0,21
(om)	
Rendimiento del freno de mano	34"
(mercancías)	12%
Tiempo de llenado del cilindro de aire	
Porcentaje del primer tiempo	
Esfuerzo en volante freno de mano	50 kg
Diámetro volante del freno de mano	380 mm
Peso del husillo	16 mm
Relación de engranajes	1.5
MULTIPLICACIONES	
Aire comprimido	Ma
Freno de mano	Mm
Multiplicación del regulador	(Mr)

FRENO DE AIRE COMPRIMIDO

Multiplicación	Ma	5,33
Esfuerzos totales de zapatas en marcha	$Qa=c*Fa*Ma*pa+Fr*Mr$	
Tara	$2*1785*5,33*0,9$	17125
Carga		
Esfuerzos por zapata en marcha	$qa=Qa/n$	1070
Tara	17125/16	
Carga		
Presiones específicas	$Pa=qa/s$	4
Tara	1070/267	
Carga		
Esfuerzos por zapata en estacionamiento	$q'a=qa*(8/9)$	951,405

Régimen Viajeros	TARA	CARGA
Coefficiente K(UIC-544-1, Anexo5)	$Bp=Qa*K$	1.744
Peso freno	17125*1,744	29867
Peso freno a inscribir (redondeado)	30	
Porcentaje de peso freno (A)	119,5	70,3 %

Régimen mercancías	TARA	CARGA
Coefficiente Y(UIC-544-1, Anexo2)	$B=(10/71)*Y*Qa$	1.063
Peso freno	$(10/71)*1,063*17125$	26006
Peso freno a inscribir (redondeado)	26	
Porcentaje de peso freno (A)	104,0	61,2 %

FRENO DE MANO

Multiplicación	Mh	692
Esfuerzos totales de zapatas en marcha	$Qm=(50*Mm*Fr*Mr)*\mu$	
Tara	$50*692*0,21$	7266
Carga		
Esfuerzos por zapata en marcha	$qm=Qm/n$	908
Tara	17125/8	
Carga		
Presiones específicas	$Pm=qm/s$	3,4
Tara	908/267	
Carga		
Esfuerzos por zapata en estacionamiento	$q'm=qm*(8/9)$	807
Peso freno	$Bm=(10/6)*Qm$	12110
Tara	$(10/6)*7266$	
Carga		
Peso freno a inscribir (redondeado)	12	
Porcentaje de peso freno (A)	48,4	28,5 %

Apéndice **M**

Documentación de mantenimiento



DIRECCIÓN TÉCNICA

INFORME

DT-INF.015-12

Fecha: 09/07/2012

Edición: 1

DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO VAGÓN PORTA-AUTOS LAAEKS

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
		
Pablo Luis García Buitrago	Beatriz Díaz-Concha Ruiz de Lira	Beatriz Díaz-Concha Ruiz de Lira

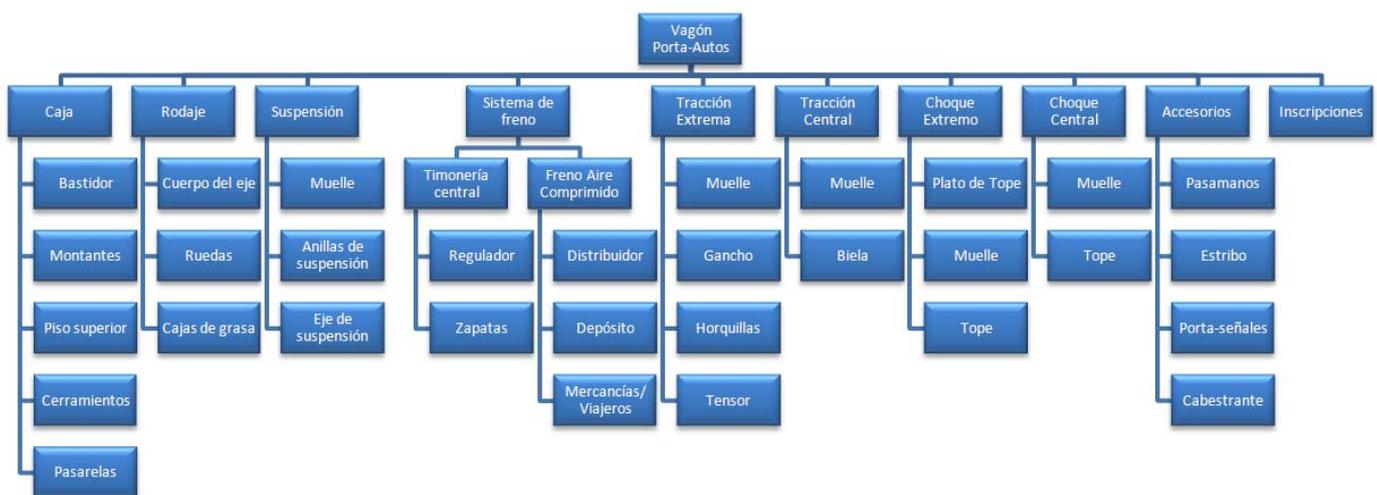
	DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO VAGÓN PORTA-AUTOS LAAEKS	INFORME	
		DT-INF.015-12	
		Fecha: 09/07/2012	Edición: 1

ÍNDICE

1. JERARQUÍA DE COMPONENTES	4
2. LISTA DE PIEZAS.....	4
3. VALORES LÍMITES DE DESGASTE	5
4. OBLIGACIONES LEGALES.....	5
5. ANEXO.....	5

DIRECCIÓN TÉCNICA		Página 3 de 5
--------------------------	--	---------------

1. Jerarquía de componentes



2. Lista de piezas

Pieza	Descripción
Regulador	2xSAB DA2-450
Distribuidor	2xKE 1 a SL
Depósito	2x54l
Mercancías/Viajeros	Estándar SAB
Muelle Tracción	Spencer Moulton
Gancho de Tracción	100 toneladas
Horquillas de Tracción	100 toneladas
Tensor de Tracción	85 toneladas
Plato de Tope	560x340
Tope	Tipo A UIC. Carrera 105 mm
Muelle de Tope	Spencer Moulton
Tope central	Conjugados
Muelle de tope central	Spencer Moulton
Zapata	P10 Bg
Muelle de suspensión	Parabólico de 4 hojas y una etapa
Suspensión	Cadena de doble anilla según ficha UIC 517

	DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO VAGÓN PORTA-AUTOS LAAEKS	INFORME	
		DT-INF.015-12	
		Fecha: 09/07/2012	Edición: 1

Ejes	Ancho 1668 mm: - 68 - 76 - 78 Ancho 1435 mm: - TFE1 - 979 - 989 - MM1 - MM2 - CAF1
Pasamanos	Según UIC 535-2
Estribo izquierdo	350x350
Inscripciones	Según plano 102.11.000_EdA_CONJUNTO INSCRIPCIONES.

3. Valores límites de desgaste

Se indican los correspondientes valores límites en el Plan de Mantenimiento Ref. "PM TF436602" del vehículo y en las Normas Técnicas de Mantenimiento a las que se hace mención.

4. Obligaciones legales

Pieza	Obligación
Depósitos	UNE-EN 286-3 y Real Decreto 1495/1991

5. Anexo

1. Plan de Mantenimiento, Ref. PM TF436602.
2. Plano 102.11.000_EdA_CONJUNTO INSCRIPCIONES.

DIRECCIÓN TÉCNICA		Página 5 de 5
-------------------	--	---------------



Transportes Ferroviarios Especiales SA
C/ Musgo 1
28025 MADRID

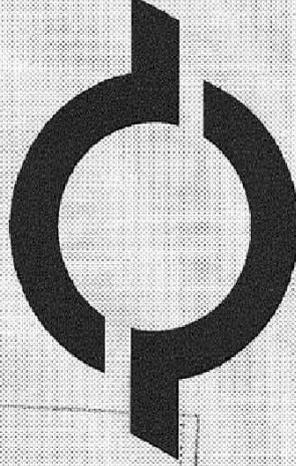
PLAN DE MANTENIMIENTO

CODIGO TF436602

ADIF
DIRECCIÓN DE SEGURIDAD Y FRENOS CIRCULACIÓN
JEFE. GABINETE DE MATERIAL

22 DE 2006

ENTRADA SALIDA
Nº. 2296



VAGON	SERIE	MERCANCIA
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	AUTOMOVILES



FECHA: 21/12/2006

FIRMADO: [Signature]



Transportes Ferroviarios Especiales SA
c/ Musgo 1
28023 MADRID

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	CODIGO	TF436602
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		

INDICE

PAGINA

PORTADA	1
REGISTRO EDICIONES	3
INDICE DE CONTENIDO	4
INTRODUCCION	5
OBJETO	5
ALCANCE	5
FORMACION	5
CICLOS	6
CONTROL Y TRAZABILIDAD	7
INDICE DE PARTES A INTERVENIR	8
DESCRIPCIÓN OPERACIONES	9
RELACION DE VEHICULOS AFECTOS	19
DOCUMENTACION DE REFERENCIA	21
FINAL	22



PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	CODIGO TF436602
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0	

1. INTRODUCCIÓN

El nuevo marco legislativo del sector ferroviario hace referencia a la obligación del Titular de vagones de elaborar un Plan de Mantenimiento adecuado para la correcta explotación de sus vagones. Asimismo, menciona a Adif como organismo competente al que se le debe notificar dichos planes.

El presente plan parte de la normativa actualmente vigente recogida en el Punto 10 y que ha sido la base sobre la que se han elaborado los actuales planes de mantenimiento de los vagones particulares, y que han demostrado durante años su eficacia en términos de seguridad y fiabilidad en la explotación de los vagones.

2. OBJETO

Establecer las condiciones para el mantenimiento de los vagones, que garanticen su correcta conservación para una adecuada explotación, desde el punto de vista de su utilización y de la seguridad de la circulación.

3. ALCANCE

Afecta a los vagones que se relaciona en el Punto 9 del presente Plan de Mantenimiento, según su número de matriculación, que están autorizados a circular y de alta en el Archivo Patrón.

4. FORMACIÓN

Todas las operaciones de Mantenimiento serán realizadas por Talleres provistos del Certificado de Homologación y con las habilitaciones pertinentes para la reparación de vagones en Taller/ o vía.

Los Talleres deberán tener a nuestra disposición la documentación que acredite la adecuada formación de su personal de Taller y su Plan de Formación vigente.



Transportes Ferroviarios Especiales SA
c/ Musgo 1
28023 MADRID

PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	CODIGO TF436602
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0	

5. CICLOS

DENOMINACION	VS	RSI	RS	R
CICLO VAGONES	5.000 Km			6 AÑOS + 3M
				SI

- VS VISITA DE SEGURIDAD
- RSI REVISION DE SEGURIDAD INTERMEDIA
- RS REVISION DE SEGURIDAD
- R GRAN REPARACION

CON EL FIN DE FLEXIBILIZAR LAS OPERACIONES DE REVISIÓN, SE ESTABLECE UNA TOLERANCIA DE TRES MESES SOBRE LA FECHA LÍMITE DE REPARACION, TANTO EN LA RS COMO EN LA R

LA VISITA DE SEGURIDAD SE ENTIENDE REALIZADA POR LA EMPRESA OPERADORA



PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0
		CODIGO TF436602	

6. CONTROL Y TRAZABILIDAD

El control de los trabajos que se realicen en las distintas revisiones periódicas, es competencia y responsabilidad del taller que los ha ejecutado independientemente de los controles que pueda efectuar ADIF o el Titular del vagón. Asimismo las operaciones subcontratadas por el taller serán responsabilidad del mismo, es decir del titular de la habilitación (Art. 32.7 de la F.O.M. 233/2006)

Una vez finalizada la revisión del vagón, el taller establecerá el Acta de Terminación o el Certificado de Revisión Cíclica, según corresponda, enviando copia (vía correo o fax) a la Dirección correspondiente de ADIF, así como de la documentación complementaria que se precise, al objeto de la actualización posterior en el Archivo Patrón de los datos del vehículo.

Una vez finalizada la revisión del vagón, el taller establecerá el Acta de Terminación o modelo de documento que determine ADIF, así como de la documentación complementaria que se precise, al objeto de la actualización posterior en el Archivo Patrón de los datos del vehículo.

El taller entregará el original de dicho documento y de la documentación complementaria que se haya establecido, al titular del vagón, y este, siguiendo las instrucciones de ADIF, actualizará el Archivo Patrón y/o remitirá las copias necesarias al ADIF para que lo modifique o tenga constancia documental (Art. 16 F.O.M. 233/2006)

El Control de los ciclos de revisión por tiempo, intervenciones ocasionales, accidentes, transformaciones etc. estará incluido en nuestro sistema informático.

Este sistema permite asimismo introducir las mejoras y modificaciones que en función de la experiencia adquirida se consideren oportunas.

Se mantendrá informáticamente un histórico de estas intervenciones a lo largo del tiempo.

El Sistema avisará también previamente al cumplimiento del límite de ciclo por tiempo

Los Talleres implicados en estas operaciones deberán facilitar el detalle de estas informaciones, así como archivar durante el tiempo establecido por la Orden Ministerial, esta documentación.



Transportes Ferroviarios Especiales SA
C/ Musgo 1
28023 MADRID

PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	CODIGO
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0	
				TF436602

7. INDICE DE PARTES A INTERVENIR

GRUPO	DENOMINACION
01	RODAJE
02	SUSPENSION
03	BASTIDOR
04	BOGIE-TRUCK
05	TRACCION
06	CHOQUE
07	FRENO: TIMONERÍA
09	FRENO: AIRE COMPRIMIDO
10	ACCESORIOS
11	PINTURA Y ROTULACION
12	BORDES Y TELEROS
20	ARMADURA DE CAJA
21	PISOS, TECHOS Y CERRAMIENTOS
22	PUERTAS
23	VENTILACION
24	ENGRASE
26	LONAS
32	ACCESORIOS CISTERNAS
33	ACCESORIOS TOLVAS
37	ACCESORIOS PORTAAUTOS
39	VALVULAS
00	OTROS

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R		
2	SUSPENSION						NTC MA 052	
	Limpieza de todos los elementos					X		
	Desmonte completo del conjunto de suspensión y despiece de sus elementos.					X		
	Verificación de anillas, ejes, guías de anillas, guías de unión y muelles procediendo a la sustitución aquellos que resulten inútiles.					X	IMM 171 090 Anejo III REVPP IMM 031 290 Anejo III REVPP CUU	
	Ensayo en prensa de los muelles.					X	REVPP Anejo III IMM.171.790 ITT.119.H	
	Engrase y montaje.					X		

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R		
3	BASTIDOR						NTC MA 052	
	Limpeza y raspado para reconocimiento de fisuras.					X	NTM.7000.101.00	
	Reparación de fisuras y deformaciones. Prestar especial atención a zonas críticas de cambios de sección de perfiles, traviesas, etc.					X	NTM.7000.101.00	
	Control de las uniones por soldadura realizadas en la reparación de alto riesgo (cabeceros, largueros, traviesas) por líquidos penetrantes u otros ensayos no destructivos.					X	ITM 0000.604.00	
	Verificación de soportes de suspensión, placas de guarda y en general todos aquellos elementos que van unidos al bastidor (Puntos fijos de timonería de freno, parachispas, anclas de tiro, salvaenganchadores, estribos, etc.).					X	NTM.7000.101.00	
	Comprobación visual de alineación de largueros.					X	IMM.171.090 Anejo III REVPP NTM.7000.101.00 03.422.810	
	Comprobación de escuadría y posible alabeo.					X	IMM.171.090 Anejo III REVPP NTM.7000.101.00 03.422.810	

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R		
5	TRACCION							
	Desmonte completo de sus elementos. (Aparato de tracción y tensor de enganche)					X	NTM 8000.105.00(Tr.UIC) NTM.7000.105.00(Tr.Unif)	
	Verificación de estado y dimensiones del paquete de muelles.					X	NTM 8000.105.00(Tr.UIC) NTM.7000.105.00(Tr.Unif)	
	Ensayo por magnetoscopia de ganchos y horquillas.					X	ITM 0000.603.00	
	Verificación dimensional de los elementos y del conjunto.					X	NTM 8000.105.00(Tr. UIC) NTM.7000.105.00(Tr. Unif)	
	Engrase de articulaciones.					X		
	Prueba funcional del desplazamiento del gancho.					X	NTC MA 052	

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION						NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R	R		
6	CHOQUE							NTC MA 052 REVPP.Anejo III	
	Verificación del buen estado del choque (visual).							NTC MA 052	
	Despiece de los elementos que lo integran (Tope, chaveta y muelle).							NTC MA 052	
	Limpieza y verificación de elementos y conjunto.							NTM 7000.104.00	
	Desmonte de contratope, cuando el asiento en cabecero presenta huellas de deformación de éste o aborcadamiento de agujeros por fisuras o excesiva corrosión de cabecero.								
	Verificación de estado y dimensiones del paquete de muelles.							Anejo III REVPP Planilla IMM 171 090/25	
	Comprobación de altura de topes sobre carril en vía nivelada.							NTC MA 052 Y CUU	

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R		
7	TIMONERIA							
	Limpeza de todos sus elementos.					X		
	Verificación dimensional de bielias, conectores, ejes, balancines, portazapatas, triángulos de freno, retenedores, etc, reparándolos o sustituyéndolos en caso necesario.					X	DT 263 DT 261 DT 261 A	
	Verificación funcional del mecanismo de cambio de ancho de ejes en triángulos de freno que efectúen tráfico internacional.					X	NTM 7467.101.00 NTC MA 052	
	Engrase de las articulaciones y montaje.					X		
	FRENO ESTACIONAMIENTO							
	Limpeza, engrase y prueba funcional.					X	NTC.MA 052	

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION						NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R	R		
9	AIRE COMPRIMIDO								
	Comprobación funcional de caja vacío/cargado y mecanismo aislado/conectado y regulador.					X		NTC MA 052 NTM 7000.214.01 NTM 7000.803.04 NTM 7000.803.03	
	Reconocimiento de cilindros comprobando el estado de la guarnición del pistón, muelle de recuperación, engrase, etc. Inspección de mangas de acoplamiento.					X		NTM 7000.211.01 NTM 7000.116.01 ITM 7000.826.03	Se sustituirá la manga de freno cuando hayan transcurrido mas de 8 años desde la fecha inscrita en la misma.
	Desmontaje y verificación en banco del distribuidor y válvula de pesada.					X		NTM 1.5.048 / RD 070.004	Cuando hayan transcurrido mas de 8 años desde la última verificación en banco
	Realización del protocolo de freno.					X		Protocolo de ensayo de freno Anejo III REVPP	
	Comprobación y/o retimbrado de depósitos							Aplicación reglamento de aparatos a presión	



Transportes Ferroviarios Especiales SA
c/ Musgo 1
28023 MADRID

PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0		

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R			
10	ACCESORIOS							
	Reconocer salvaenganchadores, estribos, escaleras, portaseñales, portatiquetas y ganchos de tiro, verificando posibles deformaciones o faltas				X	ITT 287 8		

PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0		

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION					NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R			
11	PINTURA INSCRIPCIONES Imprimación y pintado de aquellas zonas que han sido intervenidas o se encuentren con notables deterioros y repaso o rotulado de todas las inscripciones.				X		NTC:011 NT.03.428.305 CUU	

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION						NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R	R		
20	CAJA							ITT 349	
	Inspeccion visual de montantes, comprobando fisuras y alabeos						X		
	Inspeccion del estado de paneles de piso, retirando placas de fijacion y soportes de seguridad. Comprobar estado de traviesas y omegas.						X		
	Inspeccion de estado de cerramientos laterales, verificando estado de mallas, armaduras y su fijación al piso o montante						X		
	Inspeccion de clavijas, soportes de piso móvil y tacos elásticos. Recreer o sustituir cuando tengan desgaste						X		
	Inspección de ejes de articulación de piso móvil. Suprimir holguras entre bulón y casquillo						X		
	comprobación funcional de trampillas, pasarelas y ganchos. Corregir alabeos y deformaciones						X		
	Inspeccion de parachispas. Comprobacion funcional en caso de los flotantes						X		



PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	8. DESCRIPCION DE INTERVENCIONES	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0		TF436602

GRUPO	DESCRIPCION	INTERVENCION						NORMATIVA	OBSERVACIONES
		V	RSI	RS	R	R	R		
37	MECANISMOS							ITT 289	
	Comprobar correcto enrollamiento de los cables en sus						X		
	Inspeccionar la integridad de cables, poleas, ejes, perrillos etc.						X		
	Verificar seguro antirretorno						X		



PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	CODIGO	
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0	TF436602	

9. RELACION DE VEHICULOS AFECTOS A ESTE PLAN DE MANTENIMIENTO

24 71 436 6 101 2	24 71 436 6 161 6	24 71 436 6 130 1	24 71 436 6 192 1	24 71 436 6 222 6
24 71 436 6 102 0	24 71 436 6 162 4	24 71 436 6 131 9	24 71 436 6 193 9	24 71 436 6 223 4
24 71 436 6 103 8	24 71 436 6 163 2	24 71 436 6 132 7	24 71 436 6 194 7	24 71 436 6 224 2
24 71 436 6 104 6	24 71 436 6 164 0	24 71 436 6 133 5	24 71 436 6 195 4	24 71 436 6 225 9
24 71 436 6 105 3	24 71 436 6 165 7	24 71 436 6 134 3	24 71 436 6 196 2	24 71 436 6 226 7
24 71 436 6 106 1	24 71 436 6 166 5	24 71 436 6 136 8	24 71 436 6 197 0	24 71 436 6 227 5
24 71 436 6 107 9	24 71 436 6 167 3	24 71 436 6 137 6	24 71 436 6 198 8	24 71 436 6 228 3
24 71 436 6 108 7	24 71 436 6 168 1	24 71 436 6 138 4	24 71 436 6 199 6	24 71 436 6 229 1
24 71 436 6 109 5	24 71 436 6 169 9	24 71 436 6 139 2	24 71 436 6 200 2	24 71 436 6 230 9
24 71 436 6 110 3	24 71 436 6 170 7	24 71 436 6 140 0	24 71 436 6 201 0	24 71 436 6 231 7
24 71 436 6 111 1	24 71 436 6 171 5	24 71 436 6 141 8	24 71 436 6 202 8	24 71 436 6 232 5
24 71 436 6 112 9	24 71 436 6 172 3	24 71 436 6 142 6	24 71 436 6 203 6	24 71 436 6 233 3
24 71 436 6 113 7	24 71 436 6 173 1	24 71 436 6 143 4	24 71 436 6 204 4	24 71 436 6 234 1
24 71 436 6 114 5	24 71 436 6 174 9	24 71 436 6 144 2	24 71 436 6 205 1	24 71 436 6 235 8
24 71 436 6 115 2	24 71 436 6 175 6	24 71 436 6 145 9	24 71 436 6 206 9	24 71 436 6 236 6
24 71 436 6 116 0	24 71 436 6 176 4	24 71 436 6 146 7	24 71 436 6 207 7	24 71 436 6 237 4
24 71 436 6 117 8	24 71 436 6 177 2	24 71 436 6 147 5	24 71 436 6 208 5	24 71 436 6 238 2
24 71 436 6 118 6	24 71 436 6 178 0	24 71 436 6 148 3	24 71 436 6 209 3	24 71 436 6 240 8
24 71 436 6 119 4	24 71 436 6 179 8	24 71 436 6 149 1	24 71 436 6 210 1	24 71 436 6 241 6
24 71 436 6 120 2	24 71 436 6 180 6	24 71 436 6 150 9	24 71 436 6 211 9	24 71 436 6 242 4
24 71 436 6 121 0	24 71 436 6 181 4	24 71 436 6 151 7	24 71 436 6 212 7	24 71 436 6 243 2
24 71 436 6 122 8	24 71 436 6 183 0	24 71 436 6 152 5	24 71 436 6 213 5	24 71 436 6 244 0
24 71 436 6 123 6	24 71 436 6 184 8	24 71 436 6 153 3	24 71 436 6 214 3	24 71 436 6 245 7
24 71 436 6 124 4	24 71 436 6 185 5	24 71 436 6 154 1	24 71 436 6 215 0	24 71 436 6 246 5
24 71 436 6 125 1	24 71 436 6 186 3	24 71 436 6 155 8	24 71 436 6 216 8	24 71 436 6 247 3
24 71 436 6 126 9	24 71 436 6 187 1	24 71 436 6 156 6	24 71 436 6 217 6	24 71 436 6 248 1
24 71 436 6 127 7	24 71 436 6 188 9	24 71 436 6 157 4	24 71 436 6 218 4	24 71 436 6 249 9
24 71 436 6 128 5	24 71 436 6 189 7	24 71 436 6 158 2	24 71 436 6 219 2	24 71 436 6 250 7
24 71 436 6 129 3	24 71 436 6 190 5	24 71 436 6 159 0	24 71 436 6 220 0	24 71 436 6 291 1
	24 71 436 6 191 3	24 71 436 6 160 8	24 71 436 6 221 8	24 71 436 6 292 9



PLAN DE MANTENIMIENTO		EDICION	REVISION	CODIGO
Laaeks	24 71 436 6 XXX X	0	0	

9. RELACION DE VEHICULOS AFECTOS A ESTE PLAN DE MANTENIMIENTO

24 71 436 6 293 7	24 71 436 6 333 1	24 71 436 6 385 1
24 71 436 6 294 5	24 71 436 6 334 9	24 71 436 6 386 9
24 71 436 6 295 2	24 71 436 6 335 6	24 71 436 6 387 7
24 71 436 6 296 0	24 71 436 6 336 4	24 71 436 6 388 5
24 71 436 6 297 8	24 71 436 6 337 2	24 71 436 6 389 3
24 71 436 6 298 6	24 71 436 6 338 0	24 71 436 6 390 1
24 71 436 6 299 4	24 71 436 6 339 8	24 71 436 6 391 9
24 71 436 6 300 0	24 71 436 6 340 6	
24 71 436 6 311 7	24 71 436 6 341 4	
24 71 436 6 312 5	24 71 436 6 342 2	
24 71 436 6 313 3	24 71 436 6 343 0	
24 71 436 6 314 1	24 71 436 6 344 8	
24 71 436 6 315 8	24 71 436 6 345 5	
24 71 436 6 316 6	24 71 436 6 347 1	
24 71 436 6 317 4	24 71 436 6 348 9	
24 71 436 6 318 2	24 71 436 6 349 7	
24 71 436 6 319 0	24 71 436 6 350 5	
24 71 436 6 320 8	24 71 436 6 372 9	
24 71 436 6 321 6	24 71 436 6 373 7	
24 71 436 6 322 4	24 71 436 6 374 5	
24 71 436 6 323 2	24 71 436 6 375 2	
24 71 436 6 324 0	24 71 436 6 376 0	
24 71 436 6 325 7	24 71 436 6 377 8	
24 71 436 6 326 5	24 71 436 6 378 6	
24 71 436 6 327 3	24 71 436 6 379 4	
24 71 436 6 328 1	24 71 436 6 380 2	
24 71 436 6 329 9	24 71 436 6 381 0	
24 71 436 6 330 7	24 71 436 6 382 8	
24 71 436 6 331 5	24 71 436 6 383 6	
24 71 436 6 332 3	24 71 436 6 384 4	



Transportes Ferroviarios Especiales SA
c/ Musgo 1
28023 MADRID

PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	CODIGO
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0	TF436602

10. DOCUMENTACION DE REFERENCIA

- Regimen de Explotación de Vagón de Propiedad Particular (REVPP)
- CUU
- NTC
- IMM Renfe
- NTM Renfe
- NT Renfe
- DT Renfe
- ITT Transfesa



PLAN DE MANTENIMIENTO	EDICION	REVISION	
Laaeks 24 71 436 6 XXX X	0	0	
			CODIGO TF436602

11. FINAL

En los nuevos ciclos, se actuará inicialmente de la siguiente manera:

- Si la revisión última ha sido una R1, la primera del nuevo, una vez agotado el ciclo anterior, será una R
- Si la revisión última ha sido una R2, la primera del nuevo, una vez agotado el ciclo anterior, será una RS

En adelante, se realizarán los ciclos definidos en el Capítulo 5 del presente Plan de Mantenimiento, a partir del 6º año de la última revisión