

INFORME PERICIAL

EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730

Solicitante:

**Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de
Compostela**

Procedimiento:

PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Perito Judicial:

**José Manuel Lamela Rivera
Ingeniero Industrial del Cuerpo facultativo
superior de la Xunta de Galicia**

Presentación:

7 de febrero de 2017

ÍNDICE

0. ANTECEDENTES

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Legislación a aplicar para la evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario

1.2. El Reglamento 352/2009: Método Común de Seguridad para la evaluación y valoración del riesgo en el sistema ferroviario europeo (en adelante *Reglamento 352/2009*)

1.3. La norma UNE-EN 50126:1999 Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la Fiabilidad, la Disponibilidad, la Mantenibilidad y la Seguridad (en adelante *UNE-EN 50126*)

2. EL ANÁLISIS DE RIESGOS DEL TREN ALVIA S/730

2.1. Plan de Seguridad del tren Alvia S/730

2.2. Dossier de Seguridad y Registro de Peligros (Hazard Log) del tren Alvia S/730

3. LA SEGURIDAD DEL TREN ALVIA S/730

4. COMPORTAMIENTO DEL TREN ALVIA S/730 EN LA CURVA DE ANGROIS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

Característica 5.1. Compatibilidad con sistemas de mando y control. Prescripciones de la ETI de Control, Mando y Señalización

ANEXO II

Característica 6.2.1.1. Frenado y tracción. Tracción. Prestaciones de tracción

ANEXO III

Característica 3.2.3.1. Solicitaciones. Cargas por eje

ANEXO IV

Análisis del frenado del tren 730.012 en el accidente de a Grandeira

ANEXO V

Estudio comparativo del daño sobre la vía ejercido por el tren S730 y un tren de referencia según ETI

0. ANTECEDENTES

En el Auto de 6 de agosto de 2013 dictado por D. Luís Aláez Legeren, Magistrado-Juez del Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela (Juez Instructor inicialmente, sustituido posteriormente por D. Ángel Lago Louro como Magistrado-Juez de dicho Juzgado), establece que las Diligencias Previas del procedimiento abreviado 4069/2013 se siguen por la salida de vía del tren Alvia nº 150 procedente de Madrid y con destino O Ferrol, el 24 de julio de 2013 en el lugar de Angrois de Santiago de Compostela, con resultado de 79 muertos y múltiples heridos.

El 18 de noviembre de 2013, José Manuel Lamela Rivera, aceptó el cargo para el que había sido designado como perito ingeniero industrial en las Diligencias Previas del procedimiento abreviado 4069/2013 del Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela, jurando desempeñarlo bien y fielmente, no proponiéndose otro fin más que descubrir y declarar la verdad.

En el Auto de 2 de diciembre de 2013, el Juez Instructor acuerda confirmar a José Manuel Lamela Rivera como perito ingeniero industrial para la realización de un Informe Pericial sobre las causas que han podido contribuir al descarrilamiento del tren Alvia, las circunstancias en que se produjo y las anomalías, las deficiencias e irregularidades que guarden relación con aquel, con estudio y análisis específico del Material Rodante Ferroviario, confirmando en este mismo Auto a un ingeniero de caminos, canales y puertos en el ámbito de la infraestructura ferroviaria y a un ingeniero de telecomunicaciones en el ámbito de las telecomunicaciones ferroviarias.

El objeto del mencionado Informe Pericial también se establece en dicho Auto de 2 de diciembre, y en el ámbito del *Material Rodante Ferroviario* se concretará en el análisis de las características, composición, funcionamiento y estado de sus elementos: ruedas, ejes, frenos, mesa de conducción, sistema de protección y/o apoyo, historial de mantenimiento del tren Alvia siniestrado el 24 de julio de 2013.

En este Auto se añade que también es objeto de los Informes Periciales *el análisis del Personal ferroviario implicado, las Incidencias sobresalientes del viaje, la Infraestructura y señalización*

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

de la vía, el Marco regulador en el tramo del accidente y el Sistema de Gestión de la Seguridad, el Proyecto original y las modificaciones operadas sobre el tramo del accidente; que aunque todos ellos están relacionados con el estudio del *Material Rodante Ferroviario* y con las circunstancias en que se produjo la salida de vía del tren Alvia indicado, su análisis en la profundidad requerida se encuadra en el ámbito de la infraestructura ferroviaria y/o de las telecomunicaciones ferroviarias, quedando fuera del alcance del trabajo encomendado a este Perito Judicial.

En el Auto de 13 de febrero de 2014, el Juez Instructor acuerda, entre otras diligencias, invitar a los peritos que intervienen en la presente causa, tanto judiciales como de parte, para que al margen del Informe Final que elaboren sobre las circunstancias y causas del accidente ferroviario de 24 de julio de 2013 adelanten un **Dictamen Preliminar en sus respectivos ámbitos de análisis y estudio**.

El 25 de abril de 2014, el Perito Judicial que suscribe este informe entregó en el Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela el *Dictamen Preliminar* en respuesta a la petición del Juez Instructor, indicada en el párrafo anterior. Respecto de este documento, debe tenerse en cuenta que se elaboró sin la finalización de las investigaciones, de los informes técnicos y de las pruebas periciales realizadas por las diferentes partes que intervienen en este procedimiento, por lo que las consideraciones y conclusiones que se puedan extraer de él deban entenderse como preliminares y provisionales, sujetas a la documentación obrante en Autos hasta esa fecha.

El 2 de febrero de 2015, este Perito Judicial entregó en el Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela, para ser incorporado a las Diligencias Previas del procedimiento abreviado 4069/2013, el **Informe Pericial** en el que se recogían todas las actuaciones, inspecciones, verificaciones y mediciones realizadas en el ámbito del *Material Rodante Ferroviario*, incluyendo las conclusiones finales a que este Perito llegó como consecuencia de trabajo pericial realizado, intentando clarificar todas las cuestiones planteadas por el Juez Instructor en la encomienda de dicha pericial.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

En esta misma fecha también se entregaron, para ser incorporados a dichas diligencias, sendos informes elaborados por Eca-Bureau Veritas, cuyos títulos son **“Inspección de Tramo de Vía Mediante Ultrasonidos”** y **“Medidas Acreditadas en el Tren Alvia S730.012”**.

A este respecto se considera adecuado clarificar que el Informe Pericial indicado en el párrafo anterior no pudo ser finalizado en la fecha de su entrega, establecida por el Juez Instructor D. Ángel Lago Louro para el 31 de enero de 2015 en el Auto dictado el 18 de diciembre de 2014, debido a no estar concluido en dicha fecha el trabajo externo denominado **“Simulación dinámica de la marcha del tren Alvia 730 y 130, últimos metros recorridos antes de su descarrilamiento, en el accidente ocurrido el pasado 24 de julio de 2013 en la curva de Angrois en las proximidades de la estación de Santiago de Compostela”** (ver apartado 9.3 del Informe Pericial presentado por este perito) encargado al Centro de Investigación de Tecnologías Ferroviarias (en adelante CITEF).

La no finalización del trabajo contratado con el CITEF en el plazo acordado se produjo por las dificultades técnicas surgidas para su desarrollo y ejecución, lo que motivó que este Perito Judicial solicitase formalmente, mediante un escrito presentado en el 23 de diciembre de 2014, al titular del Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela una ampliación del plazo de presentación del Informe Pericial para poder incluir en éste la información más relevante y las conclusiones derivadas de la simulación dinámica realizada, circunstancia que no fue atendida por el Juez Instructor (Auto de 30 de diciembre de 2014).

No obstante, y a pesar de todas las dificultades surgidas, la simulación dinámica fue finalmente realizada por el personal del CITEF y presentada por este perito en el Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela. En este sentido, es necesario aclarar que el trabajo fue presentado a través de dos informes, por lo que la entrega se realizó en dos fechas, según se indica a continuación:

- ⇒ El 10 de junio de 2015 se presentó la simulación dinámica del tren **Alvia S730**, incluyendo los **Estudios Estático, Cuasiestático y Dinámico**.
- ⇒ El 10 de julio de 2015 se presentó la simulación dinámica del tren **Alvia S130**, incluyendo los **Estudios Estático, Cuasiestático y Dinámico**.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Mediante Auto de 1 de abril de 2015, el Juez Instructor convocó a los tres Peritos Judiciales para proceder a la ratificación de sus respectivos informes y para ser sometidos a la contradicción de las partes, siendo para este Perito la convocatoria el día 10 de junio de 2015 a las 9:00 horas. Como resultado de esta comparecencia, se considera pertinente indicar:

- ⇒ El Perito Judicial que suscribe este informe ratificó en su totalidad el Informe Pericial entregado.
- ⇒ No se pudo tener en cuenta ni en la ratificación de informes ni en la contradicción de las partes, el contenido y conclusiones de la Simulación dinámica realizada por el CITEF, al no estar finalizado dicho trabajo en la presentación del mencionado Informe Pericial.
- ⇒ Como consecuencia de la contradicción de las partes, se formularon una serie de interrogantes sobre el informe **"Medidas Acreditadas en el Tren Alvia S730.012"**, elaborado por Eca-Bureau Veritas, las cuales fueron contestadas por esta entidad en el informe **"Nota Aclaratoria Mediciones Acreditadas en el tren Alvia S730.012"**, entregado por este Perito el 19 de junio de 2015 para ser incorporado a las Diligencias del procedimiento.

Mediante Providencia de fecha 16 de junio de 2015 el Juez instructor, entre otras cuestiones, solicitaba a este perito si se ratificaba en las conclusiones establecidas en el Informe Pericial de fecha 2 de febrero de 2015, a la vista de la 1ª parte del informe **"Simulación dinámica de la marcha del tren Alvia 730 accidente en la curva Angroís el 24/07/2013"** (entregado en el Juzgado el 10 de junio de 2015 y que incluía solamente la simulación dinámica del tren Alvia S730), manifestando que se mantenía en todo lo indicado en dicho informe y las conclusiones reflejadas en él.

El 6 de octubre de 2015 el Juez instructor dicta un Auto en el que acuerda **"La continuación de las presentes diligencias previas por los trámites del Procedimiento Abreviado, por si los hechos imputados a Don Francisco José Garzón Amo fueren constitutivos de OCHENTA delitos de homicidio por imprudencia grave profesional del artículo 142, apartado primero y tercero, del Código Penal y CIENTO CUARENTA Y CUATRO delitos de lesiones por imprudencia grave profesional del art. 152, apartados primero y tercero, del Código penal"**,

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

poniendo fin a la instrucción de dicho procedimiento y posibilitando, de ser el caso, la apertura de juicio oral en la forma prescrita por la Ley.

Contra este Auto se interpusieron múltiples recursos de reforma y subsidiarios de apelación que fueron admitidos a trámite mediante Providencia, de fecha 22 de octubre de 2015, dictada por D. Ángel Lago Louro como Magistrado-Juez del Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela.

Mediante Auto de 13 de enero de 2016, el Juez instructor desestimó la totalidad de los recursos de reforma y subsidiario de apelación indicados en el párrafo anterior. Dichos recursos fueron remitidos a la sección nº 6 de la Audiencia Provincial de A Coruña para su resolución.

El 26 de mayo de 2016 la sección nº 6 de la Audiencia Provincial de A Coruña acuerda que se estimen los recursos de apelación interpuestos frente al Auto de fecha 6 de octubre de 2015, revocando dicho Auto y retornando el proceso a la fase de diligencias previas de investigación, y se establece que se practique la ratificación y aclaración de los informes de los Sres. Heijnen y Catmur y del Sr. Catillo Ron. Además, entre otras, cabe mencionar que se acuerda que se lleven a cabo las diligencias que se consideren necesarias para determinar **“Si ha existido y era normativa y técnicamente necesaria una evaluación integral del riesgo en la línea 082 que tuviera en cuenta la situación de peligro concretamente existente en la curva donde se produjo el accidente, recabándose en su caso la documentación complementaria a la que se refiere el *Fundamento noveno F*”.**

El 1 de septiembre de 2016 el Juez instructor emitió un Auto en el que, en base a la resolución indicada en el párrafo anterior, ordena la reapertura de la fase de Diligencias previas del procedimiento abreviado 4069/2013, en el que se establece, de manera resumida, lo siguiente:

A. *Procede la ratificación de los informes de los Sres. Heijnen y Catmur (al que habrá que añadirse el complementario que ahora se presenta), así como del informe/estudio elaborado por el Sr. Catillo Ron e incorporado, de modo auxiliar, al informe emitido por el perito judicial Sr. Carballeira Rifón.*

B. Recabar nuevamente el auxilio de los tres peritos judiciales nombrados en esta causa a fin de que informen a este Juzgado sobre las cuestiones a las que alude el Auto de la AP antes referido, a cuyo fin se les autoriza para recabar de la Administración la aportación de toda información documental que estimen necesaria -se halle o no en los autos- pudiendo recabar en su caso el auxilio judicial de ser preciso. A tal fin, se va a conferir a los tres peritos judiciales un **plazo de tres meses a contar desde la fecha del presente Auto para que aporten dicho informe dando respuesta a las siguientes cuestiones:**

- 1) Si ha existido y era normativa y técnicamente necesaria una evaluación integral del riesgo en la línea 082 que tuviera en cuenta la situación de peligro concretamente existente en la curva donde se produjo el accidente, recabándose en su caso la documentación complementaria a la que se refiere el Fundamento noveno F del Auto de la AP de fecha 26/05/2016.**
- 2) Si son o no correctas las evaluaciones de riesgo realizadas en los informes de Castillo y Heijnen y la determinación del nivel de riesgo resultante en la curva y su aceptabilidad técnica.**
- 3) La corrección o no de la exportación de riesgos al maquinista o RENFE en los términos en que fue efectuada.**
- 4) Si es cierto que, como se alude en el informe Heijnen, existía un consenso técnico entre los expertos sobre la necesidad de protección de las transacciones significativas de velocidad mediante sistema de control continuo o puntual, como se expresa en el Fundamento noveno H de la mentada resolución judicial.**

*En la medida de lo posible, deberán los tres peritos judiciales dar respuesta a tales cuestiones dentro del plazo referido y en un **solo informe consensuado** de modo que, únicamente en caso de discrepancia que haga imposible el consenso entre los mismos, podrá emitir cada uno de ellos su propio informe dando respuesta a tales cuestiones.*

Respecto de la propuesta de **un solo informe consensuado entre los tres peritos judiciales de la causa** para la elaboración de los informes solicitados por el Juez Instructor, indicar que no se corresponde con la división realizada al inicio de la instrucción de este procedimiento, ya que en ese momento los informes encargados a los peritos judiciales fueron troceados en tres áreas por razón de materia, tal y como puede observarse en los párrafos 3º, 4º y 5º de los

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Antecedentes de este informe. Dicha división por materias ha sido mantenido durante todas las Diligencias previas de este procedimiento, por lo que este Perito Judicial considera, con todo el respeto hacia la propuesta del Sr. Juez-Magistrado, que no proporcionaría ningún beneficio a la hora de desarrollar la tarea solicitada.

Además, las conclusiones reflejadas en los informes periciales entregados por los tres peritos judiciales en esta causa muestran la existencia de discrepancias, por lo que dicho consenso parece, a priori, complicado de alcanzar.

Por consiguiente, y teniendo en cuenta lo anterior, este Perito Judicial abordará la elaboración del informe solicitado de manera individual, tal y como ha trabajado durante todo el desarrollo de la actividad pericial encomendada circunscribiendo las cuestiones e interrogantes planteados por el Juez Instructor al ámbito del Material Rodante Ferroviario compuesto por el tren Alvia S730.

1. INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar con el objeto del presente informe, se considera pertinente concretar las normas específicas que regulan la *evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario* debido a la gran cantidad de legislación, tanto nacional como europea, que existe dentro del ámbito ferroviario. A continuación se lleva a cabo la recopilación, y una breve explicación, de una parte importante de dicha legislación.

1.1. Legislación a aplicar para la evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario

Para llevar a cabo la concreción indicada sobre la legislación específica para la *evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario*, es necesario partir de las principales normas que formaban parte del marco regulatorio español en el ámbito ferroviario vigentes en el momento en que se produjo el accidente del Alvia S730 en la curva de Angrois, y que fueron utilizadas por este Perito Judicial para la elaboración de los diferentes informes entregados para formar parte de las Diligencias previas del presente procedimiento. Las normas más significativas que constituían el mencionado marco regulatorio eran las que se relacionan a continuación (debe tenerse en cuenta que algunas de estas normas, desde la fecha del accidente de la curva de Angrois, han sufrido modificaciones o han sido derogadas en su totalidad, por lo que las versiones con las que se debe trabajar para la realización del presente informe son las que estaban en vigor en aquella fecha):

- ⇒ *Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario.*
- ⇒ *Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario.*
- ⇒ *Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, por el que se aprueba el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General.*
- ⇒ *Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de la Red Ferroviaria de interés general.*
- ⇒ *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.*

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

- ⇒ *Resolución Circular (10/2008) sobre 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.*
- ⇒ *Resolución de 19 de octubre de 2007, de la Dirección General de Ferrocarriles, por la que se publica la norma técnica NTC-MA 001: Prescripciones técnicas de **material rodante convencional**.*
- ⇒ *Resolución de 19 de octubre de 2007, de la Dirección General de Ferrocarriles, por la que se publica la norma técnica NTC-MA 007: Condiciones a cumplir por los ejes de ancho **variable** hasta velocidades de 250 km/h.*
- ⇒ *Resolución de 19 de octubre de 2007, de la Dirección General de Ferrocarriles, por la que se publica la norma técnica NTC-MA 009: Prescripciones técnicas de **material rodante de alta velocidad**.*

Nota: estas tres últimas normas fueron las empleadas por RENFE, y admitidas por la Dirección General de Ferrocarriles y por el ADIF, para la obtención de la Autorización de Puesta en Servicio y de la Autorización de Circulación de los trenes Alvia S730 (ver los apartados 5, 6 y 7 del Informe Pericial entregado el 2 de febrero de 2015 por este Perito Judicial).

También conviene mencionar la legislación emanada de la Unión Europea en esta materia, existente en el momento del accidente, entre la que cabe destacar:

- ⇒ *Directiva 2004/49/CE, de 29 de abril de 2004, sobre la seguridad de los ferrocarriles comunitarios y por la que se modifican la Directiva 95/18/CE del Consejo sobre concesión de licencias a las empresas ferroviarias y la Directiva 2001/14/CE relativa a la adjudicación de la capacidad de infraestructura ferroviaria, aplicación de cánones por su utilización y certificación de la seguridad (traspuesta al Ordenamiento Jurídico nacional por el Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, ya mencionado). Esta norma se denomina **Directiva de Seguridad Ferroviaria**.*
- ⇒ *Directiva 2008/57/CE, de 17 de junio de 2008, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad (traspuesta al Ordenamiento Jurídico nacional por el Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, ya mencionado).*

Dentro de la normativa de la Unión Europea (UE) también hay que tener en cuenta las **Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI)**, en vigor en ese momento, reguladoras del Material Rodante ferroviario en el ámbito europeo, y que son las siguientes:

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

- ⇒ *Decisión 2008/232/CE de la Comisión, de 21 de febrero de 2008, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema «material rodante» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.*
- ⇒ *Decisión 2011/229/UE de la Comisión, de 4 de abril de 2011, sobre las especificaciones técnicas de interoperabilidad referentes al subsistema «material rodante-ruido» del sistema ferroviario transeuropeo convencional.*

Nota: debe indicarse que una Decisión de la Comisión, a su entrada en vigor, es de obligado cumplimiento a los sujetos a los que va destinada por lo que, en este caso, al ser sus destinatarios todos los Estados miembros, son de aplicación en toda la UE.

Además de las ETI indicadas, se considera necesario enumerar otras tres Decisiones de la Comisión que regulaban aspectos del sistema ferroviario transeuropeo, al estar estas directa o indirectamente relacionadas, tanto con las autorizaciones de circulación y puesta en servicio del Material Rodante, como con su operación y funcionamiento a lo largo de todas las fases de su ciclo de vida, y que son las siguientes:

- ⇒ *Decisión 2008/217/CE de la Comisión, de 20 de diciembre de 2007, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.*
- ⇒ *Decisión 2008/284/CE de la Comisión, de 6 de marzo de 2008, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema «energía» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.*
- ⇒ *Decisión 2012/88/UE de la Comisión, de 25 de enero de 2012, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas «control-mando y señalización» del sistema ferroviario transeuropeo.*

Nota: es importante señalar e insistir en que todas las ETI mencionadas solamente se aplicaron para la obtención de la Autorización de Puesta en Servicio y de la Autorización de Circulación de los trenes Alvia S730 si así venía establecido expresamente en las NTC-MA 001, 007 y 009, que fueron las utilizadas para dichas autorizaciones (ver los apartados 5, 6 y 7 del Informe Pericial entregado el 2 de febrero de 2015 por este Perito Judicial).

Como ya se ha mencionado, toda la legislación indicada, tanto nacional como de la UE, está sometida a continuos cambios y modificaciones, por lo que gran parte de las normas enumeradas en los párrafos anteriores ya han sido modificadas, o derogadas en su totalidad, por otras que han incorporado las evoluciones técnicas y tecnológicas producidas con

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

posterioridad al accidente en la curva de Angrois (24 de julio de 2013), o que hayan sido modificadas al introducir las **recomendaciones de seguridad** (derivadas de la investigación de accidentes ferroviarios) contenidas en los informes elaborados por la **Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios (CIAF)**, tal y como establece el *artículo 25 que regula la elaboración de Informes y recomendaciones de seguridad*, del Título III del *Real Decreto 810/2007, de 22 de junio, por el que se aprueba el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General* (las **recomendaciones de seguridad**, según establece la *Directiva 2004/49/CE*, también pueden ser propuestas por la **Agencia Ferroviaria Europea** para ser introducidas en las normas reguladoras en materia de seguridad ferroviaria, siendo su ámbito de aplicación todo el territorio de la UE).

Por otra parte, el marco legislativo indicado a lo largo del presente apartado abarca principalmente áreas relacionadas con la seguridad en la circulación ferroviaria y con las especificaciones técnicas que los diferentes subsistemas ferroviarios deben cumplir a lo largo de toda su vida útil, pero no contempla, de manera concreta, los métodos y procedimientos que deben seguirse para la *evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario*, objeto principal del presente Informe.

Para ello se debe seguir lo establecido en el **Reglamento de ejecución de la Comisión nº 352/2009, 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** (en adelante *Reglamento 352/2009*), el cual, al ser un Reglamento de la Comisión, es de aplicación directa a su entrada en vigor en todos los estados del UE (conviene puntualizar que esta norma, a la fecha de elaboración del presente informe, ya no está en vigor ya que fue sustituida por el *Reglamento de ejecución de la Comisión nº 402/2013, de 30 de abril de 2013, relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo y por el que se deroga el Reglamento CE 352/2009*).

Otra norma europea en esta materia es la **UNE-EN 50126:1999 Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la Fiabilidad, la Disponibilidad, la Mantenibilidad y la Seguridad** (en adelante *UNE-EN 50126*, siendo su título en inglés: *Railway applications. The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety*, y sus

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

siglas **RAMS**), aprobada por el **CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)** y que, a pesar de no tener la consideración de ser una norma de obligado cumplimiento, *“pone al alcance de los organismos ferroviarios y de la industria ferroviaria, en toda la Unión Europea, un proceso que hará posible la puesta en práctica de un enfoque consistente de la gestión de la Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad”* (en adelante, **RAMS**) y que *“puede ser utilizada sistemáticamente por un organismo ferroviario y por la industria ferroviaria, a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de una aplicación ferroviaria, a fin de desarrollar requisitos **RAMS** específicos para ferrocarriles y conseguir el cumplimiento de tales requisitos”*, como establece textualmente su Introducción.

Como se ha indicado, esta norma **UNE-EN 50126** no es de obligado cumplimiento pero es considerada, por la mayoría de las empresas que constituyen la industria ferroviaria y por la mayoría de los organismos ferroviarios de los Estados miembros de la Unión Europea, como la norma de referencia a la hora de implantar los procedimientos encaminados a la evaluación y el control de los riesgos dentro de los correspondientes Sistemas de Gestión de la Seguridad de dichos organismos y de las empresas pertenecientes al sector ferroviario.

Este es el caso de la **RENFE Operadora**, tal y como pone de manifiesto en los documentos **Procedimiento General SGS-PG-07**, denominado **Gestión de Riesgos**, y **Procedimiento Específico SGS-PE-PCIA-08**, denominado **Gestión de los Riesgos de naturaleza humana y operacional**, ambos pertenecientes a su Sistema de Gestión de la Seguridad (en adelante **SGS**), al incluir en sus referencias a normas de aplicación la **UNE-EN 50126** (el **SGS** de **RENFE** figura en los Tomos 12 y 13 de los Autos de este procedimiento abreviado).

Según esto, la **RENFE Operadora** asume voluntariamente que va a ajustarse a lo indicado en dicha norma a la hora de evaluar y controlar los riesgos de todos los subsistemas de su titularidad, siendo los más relevantes para analizar e incluir en este Informe los subsistemas de naturaleza estructural que forman parte del Material Rodante propiedad de **RENFE**, tanto nuevo como modificado.

En línea con esto, el fabricante de los trenes **Alvia S730**, el Consorcio **Talgo-Bombardier**, establece literalmente en el documento **ES-0192-000-r02** de fecha 17 de agosto de 2011, en

el que define el **Plan de Seguridad del Tren S730 Híbrido**, que *“El Consorcio de Talgo-Bombardier se ajusta a la Norma Europea EN 50126 para el diseño y gestión de la Seguridad del Tren S730 Híbrido”* (dicho documento figura en el Tomo 35 de los Autos de este procedimiento abreviado).

Siguiendo con lo establecido en el *Plan de Seguridad del Tren S730 Híbrido*, y como complemento y desarrollo material de éste, existen dos versiones del denominado **Dossier de Seguridad del tren S730**, recogido en los documentos **ES-0203-000-r03** y **ES-0203-000-r05**, de fechas 7 de mayo de 2012 y 20 de febrero de 2013, respectivamente (también figuran en el Tomo 35 de los Autos de este procedimiento abreviado).

Dada la relevancia, tanto del *Plan de Seguridad del Tren S730 Híbrido* como del *Dossier de Seguridad del tren S730* dentro del Análisis de Riesgos de estos trenes, ambos documentos serán abordados con más detalle en los puntos 2.1 y 2.2 de este Informe, respectivamente.

Por consiguiente, y como resumen de este apartado dedicado a la *Legislación para la evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario* aplicable a la modificación de los trenes Alvia S130 para convertirlos en los trenes Alvia S730, ésta se concreta en dos normas, una de ellas de obligado cumplimiento en el territorio de la Unión Europea, el **Reglamento 352/2009**, y la otra la norma **UNE-EN 50126**, adoptada voluntariamente por RENFE, como titular de los vehículos, y por el Consorcio Talgo-Bombardier, como fabricante de los vehículos y responsable de la modificación de los Alvia S730, como norma para conseguir el cumplimiento de los requisitos RAMS específicos para ferrocarriles durante todas las fases del ciclo de vida, que en el caso del presente Informe se centrará en el cumplimiento de dichos requisitos por los vehículos ferroviarios Alvia indicados.

1.2. El Reglamento 352/2009: Método Común de Seguridad para la evaluación y valoración del riesgo en el sistema ferroviario europeo (en adelante *Reglamento 352/2009*)

En este apartado se pretende hacer un breve análisis del *Reglamento 352/2009*, en vigor en el momento del accidente, encaminado a mostrar aquellos aspectos más significativos de la metodología exigida por la UE para la *evaluación y valoración del riesgo* de acuerdo con la *Directiva 2004/49/CE de Seguridad Ferroviaria*.

En el artículo 6, apartado 3, de esta Directiva se contempla expresamente la obligatoriedad de adoptar unos *“métodos comunes de seguridad (MCS) que describirán los procedimientos de evaluación del nivel de seguridad, de la consecución de los objetivos de seguridad y del cumplimiento de otros requisitos de seguridad”*, y para ello, en la letra a) de este apartado 3 se concreta que se elaborará y definirá *“la evaluación del riesgo y los métodos de evaluación”*.

A este respecto, el Reglamento 352/2009, en línea con la Directiva 2004/49/CE de Seguridad Ferroviaria establece, en su artículo 1.1, que su **objeto** es establecer un método común de seguridad (MCS) para la evaluación y valoración del riesgo, y continúa, en su artículo 1.2, postulando que el MCS para la evaluación y valoración del riesgo tiene por objeto garantizar el mantenimiento o, en caso necesario y cuando sea razonablemente viable, la mejora del nivel de seguridad de los ferrocarriles de la Comunidad.

Además, en el artículo 2, ámbito de aplicación, en su apartado 1, se preceptúa que el “MCS para la evaluación y valoración del riesgo se aplicará a cualquier cambio del sistema ferroviario de un Estado miembro que se considere significativo”, abordando en el artículo 4 de este mismo Reglamento la concreción de los **Cambios Significativos**.

En el apartado 2 de este mismo artículo se complementa el ámbito de aplicación indicando que “Cuando los cambios significativos afecten a subsistemas de naturaleza estructural se aplicará el MCS para la evaluación y valoración del riesgo:

- a) si las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI) pertinentes requieren una evaluación del riesgo; en tal caso, la ETI especificará qué partes del MCS son aplicables;
- b) para garantizar la integración segura, en un sistema existente, de los subsistemas de naturaleza estructural a los que se aplican las ETI”.

Para concretar cuáles son los subsistemas que componen el sistema ferroviario, debemos acudir al Anexo II del Real Decreto 1434/2010, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de la Red Ferroviaria de interés general, en el que se establece que existen dos subsistemas, el de naturaleza estructural y el de naturaleza funcional, y dentro del primero de ellos se incluyen los cuatro siguientes: las Infraestructuras, la Energía, el Control-mando y señalización, y el Material Rodante, siendo este último subsistema de naturaleza estructural

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

sobre el que gira el presente Informe y todos los realizados por este Perito Judicial en este procedimiento abreviado (el de naturaleza funcional está compuesto por los tres subsistemas siguientes: *Explotación y gestión del tráfico, Mantenimiento y Aplicaciones telemáticas al servicio de los pasajeros y del transporte de mercancías*).

Por consiguiente, y a los efectos de este Informe, los posteriores análisis que se realicen se centrarán en el **subsistema de naturaleza estructural** constituido por el **Material Rodante ferroviario** que permita establecer si los trenes Alvia S730 fueron sometidos a la **evaluación y valoración del riesgo** antes de obtener las preceptivas autorizaciones administrativas exigidas para poder circular por la **Red Ferroviaria de Interés General**. También se analizará si el **proceso de gestión del riesgo** empleado por la RENFE Operadora y el Consorcio Talgo-Bombardier, como titular y fabricante de estos trenes, respectivamente, se ha ajustado a lo exigido por el *Reglamento 352/2009* en lo referente a la modificación de los Alvia S130 para convertirlos en los S730.

Este Reglamento dedica su artículo 4 a los *Cambios Significativos*, ya que el *proceso de gestión del riesgo*, regulado por esta norma, no es de aplicación a todos los cambios que se produzcan en los subsistemas de naturaleza estructural constituido por el Material Rodante, sino solamente a aquellos que se consideren significativos. Para ello, el apartado 2 de este artículo 4 establece textualmente:

"2. Si, por el contrario, el cambio propuesto repercute en la seguridad, el proponente decidirá, basándose en el juicio de expertos, la importancia del cambio en función de los siguientes criterios:

- a) consecuencias en caso de fallohipótesis verosímil más pesimista en caso de que falle el sistema objeto de evaluación, teniendo en cuenta la existencia de barreras de seguridad fuera del sistema;*
- b) novedad utilizada para proceder al cambio se refiere tanto a lo que es innovador en el sector ferroviario, como a lo que es novedoso únicamente para la organización que introduce el cambio;*
- c) complejidad del cambio;*

d) supervisión: la incapacidad de supervisar el cambio introducido durante todo el ciclo vital del sistema;

e) reversibilidad: la incapacidad de volver a la situación del sistema antes del cambio;

f) adicionalidad: evaluación de la importancia del cambio teniendo en cuenta todas las modificaciones recientes relativas a la seguridad en el sistema evaluado y que no se consideraron significativas.

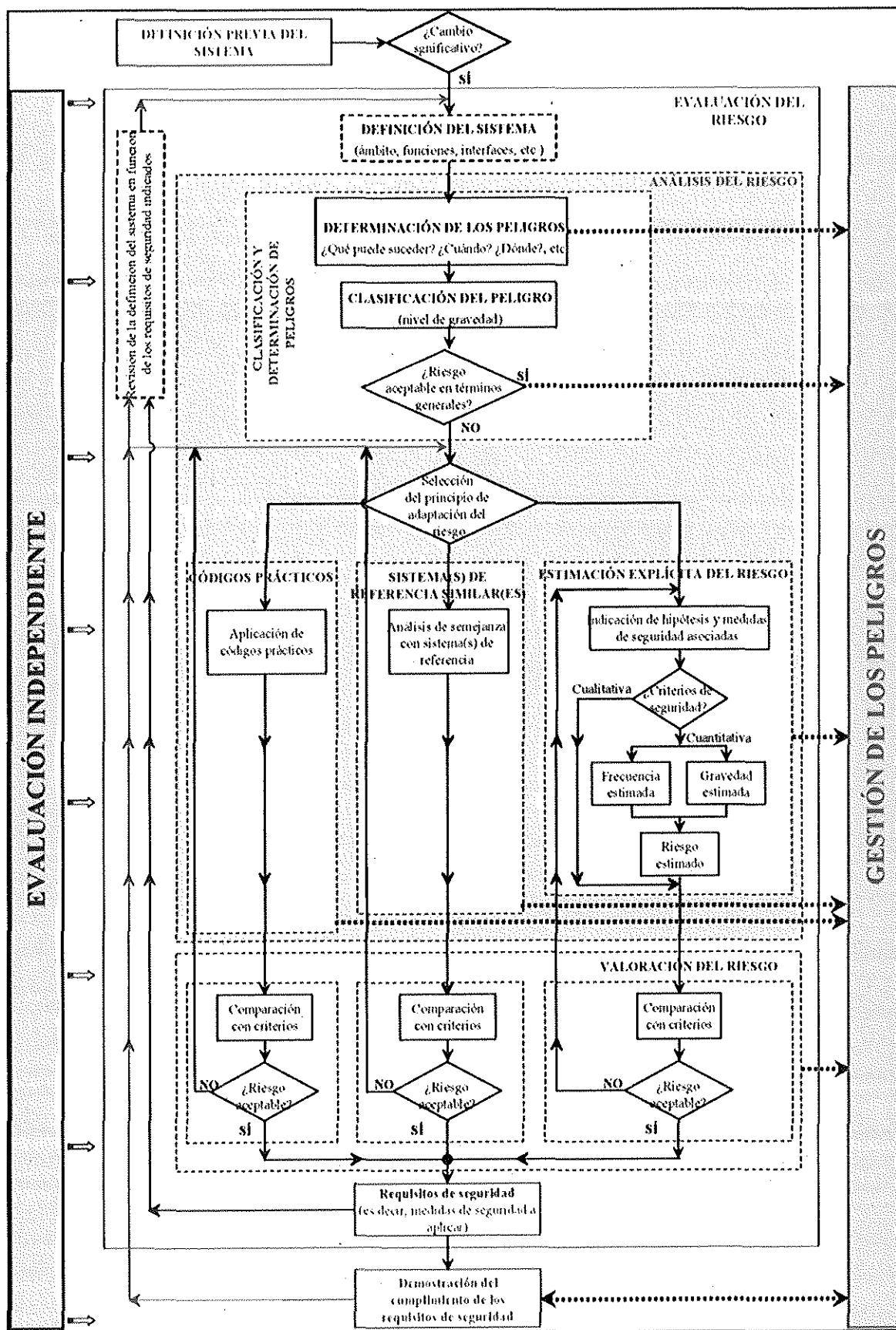
El proponente conservará la documentación adecuada para justificar su decisión”.

Una vez determinado si el cambio propuesto es significativo, en función de si repercute o no en la seguridad del subsistema, se someterá a éste al proceso de gestión del riesgo definido en el **Anexo I del Reglamento 352/2009**.

Continuando con el análisis, se considera oportuno mencionar la **Evaluación Independiente**, regulada en el artículo 6 de dicho Reglamento, en el que se enumeran los criterios que debe cumplir un organismo para realizar esta función (contenidos en su Anexo II), entre los que cabe destacar el *nivel de independencia, la integridad profesional y la competencia* exigidas para llevar a cabo dicha tarea.

Para terminar con este análisis, en el cuadro que figura a continuación se representa el flujograma con la metodología y los pasos a seguir para aplicar el **procedimiento de gestión de los riesgos** a un subsistema de naturaleza estructural genérico, que permita llevar a cabo la preceptiva **evaluación y valoración del riesgo** en el caso de que el **cambio** realizado se considere como **significativo** (en el caso que se aborda en este Informe el subsistema estructural, es decir, el Material Rodante, está obligado a ser sometido a dicho proceso ya que el cambio realizado para convertir los Alvia S130 en los Alvia S730 fue considerado por la RENFE Operadora y por el consorcio Talgo-Bombardier como **significativo**, por lo que, a estos vehículos ferroviarios se les sometió al proceso contenido en el Anexo I del *Reglamento 352/2009*). El cuadro siguiente figura como *Apéndice del Anexo I del Reglamento 352/2009*.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013



1.3. La norma UNE-EN 50126:1999 Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la Fiabilidad, la Disponibilidad, la Mantenibilidad y la Seguridad (en adelante norma *UNE-EN 50126*)

Para completar la legislación específica para la evaluación y valoración del riesgo en el sistema ferroviario, se considera apropiado hacer una breve exposición de las partes fundamentales que la norma *UNE-EN 50126* propone como metodología a seguir para estudiar y analizar los riesgos derivados de una modificación significativa de un sistema ferroviario.

No obstante, se debe comenzar por indicar que esta norma está protegida por los Derechos de autor de AENOR (Asociación Española de la Normalización y Certificación), y su reproducción está expresamente prohibida, por lo que la intención de este Perito Judicial no es, ni puede ser, su reproducción, sino enumerar sus principios fundamentales, su objeto, su campo de aplicación, su estructura y la metodología para su aplicación, todo ello de manera breve y concisa, proponiendo, a quien esté interesado en un conocimiento más profundo de esta norma, su adquisición a través del titular de los Derechos de autor, AENOR. También debe indicarse que aquellos fragmentos de texto extraídos de dicha norma y utilizados en este Informe, figuran entrecomillados y en letra cursiva.

Continuando con el análisis, ya se ha mencionado que esta norma no es de obligado cumplimiento y, por consiguiente, su aplicación es voluntaria tanto para los organismos ferroviarios como para la industria ferroviaria de los Estados miembros de la Unión Europea. No obstante, si una empresa u organismo ferroviario decide voluntariamente que la aplicación del *Reglamento 352/2009*, que como se ha visto en el punto 1.2 de este Informe, es de obligado cumplimiento, se lleve a cabo a través de lo establecido por la norma *UNE-EN 50126*, todo el **Proceso de gestión y valoración del riesgo** exigido por dicho Reglamento se ajustará y se aplicará según el contenido de dicha norma.

Como complemento a lo anterior, esta norma es considerada por la mayoría de los agentes que constituyen el sector ferroviario europeo como la **norma de referencia** a la hora de desarrollar e implantar los **procedimientos encaminados a la evaluación y el control de los riesgos** cuando se pretenda hacer una modificación significativa en un subsistema de naturaleza estructural del sistema ferroviario.

En el caso que se analiza en el presente Informe, dichos subsistemas lo constituyen los trenes Alvia S730 titularidad de la RENFE Operadora, que son el resultado de realizar un **Cambio Significativo** en los trenes Alvia S130, en el que el Consorcio Talgo-Bombardier figura como fabricante y responsable de llevarlo a cabo.

En la modificación de los trenes Alvia S130 para convertirlos en los Alvia S730 (ver el apartado 1.1. *Legislación a aplicar para la evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario* de este Informe), tanto la RENFE Operadora, como el consorcio Talgo-Bombardier, han establecido en sus respectivos documentos para la Gestión de la Seguridad, que la evaluación y valoración del riesgo realizada en dicha modificación se ajustará a la norma *UNE-EN 50126*.

A continuación se expondrán, de manera breve, los aspectos más significativos que la norma *UNE-EN 50126* propone para llevar a cabo *“la gestión de la Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (RAMS)”*, ya que en ésta no se aborda el proceso de evaluación y valoración del riesgo del sistema ferroviario de manera independiente, sino que su finalidad es *“desarrollar requisitos RAMS específicos para ferrocarriles y conseguir el cumplimiento de tales requisitos”* facilitando, de esta manera, *“la evaluación de las interacciones RAMS entre elementos de aplicaciones ferroviarias complejas”*.

Esta norma parte de la base de que *“los organismos ferroviarios y la industria ferroviaria disponen de políticas de nivel empresarial que se ocupan de la Calidad, el Rendimiento y la Seguridad”*, de manera que su aplicación es totalmente compatible con *“los requisitos de gestión de calidad contenidos en la serie ISO 9000 de Normas Internacionales”*.

Por otro lado, introduce *“el enlace existente entre la RAMS y la calidad de servicio correspondiente a una tarea”* (apartado 4.2 **RAMS Ferroviaria y calidad de servicio** de la norma) y, para ello, establece las siguientes características de la RAMS ferroviaria:

⇒ *“Es una característica del funcionamiento a largo plazo de un sistema y se consigue mediante la aplicación de conceptos establecidos de ingeniería, métodos, herramientas y técnicas durante todo el ciclo de vida del sistema.”*

⇒ Puede describirse como un indicador cualitativo y cuantitativo de hasta qué punto puede confiarse en que el sistema, o los subsistemas y componentes que lo forman, funcionen tal y como se especifica y, a la vez, estén disponibles y sean seguros.

Además, *“la finalidad de un sistema ferroviario es lograr un nivel definido de tráfico ferroviario en un tiempo dado y de forma segura”,* para lo cual, la RAMS ferroviaria:

⇒ *“Describe la confianza con la que el sistema puede garantizar el logro de dicha finalidad.*

⇒ *Ejerce una clara influencia sobre la calidad con la que se presta el servicio al cliente”.*

En esta norma también se describe la interrelación existente entre la Seguridad y la Disponibilidad en los sistemas ferroviarios, pero teniendo muy presentes tanto la Fiabilidad, como la Mantenibilidad, ya que si no se diseñan y realizan de manera adecuada estas dos últimas, no se podrán alcanzar los objetivos pretendidos para las dos primeras (apartado 4.3 Elementos RAMS Ferroviaria de la norma).

La interdependencia entre los cuatro elementos RAMS lo define esta Norma en dicho apartado 4.3, del que se extraen textualmente los dos párrafos siguientes:

⇒ *“La seguridad y la disponibilidad están interrelacionadas en el sentido de que un punto débil en una u otra, o la mala gestión de conflictos surgidos entre los requisitos de seguridad y disponibilidad puede impedir que se consiga un sistema fidedigno.*

⇒ *El logro de objetivos de seguridad y disponibilidad dentro del servicio sólo puede alcanzarse cumpliendo todos los requisitos de fiabilidad y mantenibilidad, y controlando el mantenimiento y las actividades de funcionamiento, en curso y a largo plazo, así como el entorno del sistema”.*

Continúa la Norma profundizando en la mencionada interdependencia entre los cuatro elementos RAMS estableciendo lo siguiente:

⇒ **La disponibilidad, como concepto técnico, está basada en el conocimiento de la fiabilidad** (posibles modos de fallo, probabilidad de ocurrencia de cada fallo y el efecto del fallo sobre la funcionalidad del sistema) **y en el conocimiento del funcionamiento y mantenimiento del sistema** (tiempo de detección, identificación y localización de los defectos).

- ⇒ La seguridad, como concepto técnico, está basada en el conocimiento de todos los posibles peligros que puedan darse en el sistema (posibles modos de fallo que pudieran conducir a un peligro), su probabilidad de ocurrencia, la gravedad y las consecuencias de cada uno de ellos (como por ejemplo, un peligro del que su resultado sea un accidente).
- ⇒ Establece que la seguridad de los sistemas ferroviarios también está fuertemente interrelacionada con los factores humanos, ya que las funciones de “operación” y “mantenimiento” (que tienen una alta componente humana) deben realizarse de manera que el funcionamiento del sistema, en su concepción más genérica, sea seguro en todo momento.

En las líneas anteriores queda patente la interdependencia existente entre los cuatro elementos RAMS, aunque no siempre tengan como resultado las mermas de la Seguridad, tal y como se precisa en el siguiente párrafo de la Norma, que textualmente dice: *“Todas los fallos afectan adversamente a la fiabilidad del sistema, mientras que sólo algunos fallos específicos tendrán un efecto adverso sobre la seguridad dentro de la aplicación en particular”*.

Como resumen de todo lo indicado hasta ahora, la norma UNE-EN 50126 establece lo siguiente: “Un sistema ferroviario fidedigno sólo puede materializarse teniendo en cuenta las interacciones de los elementos RAMS dentro de un sistema, así como la especificación y el logro de la combinación RAMS óptima para el sistema”.

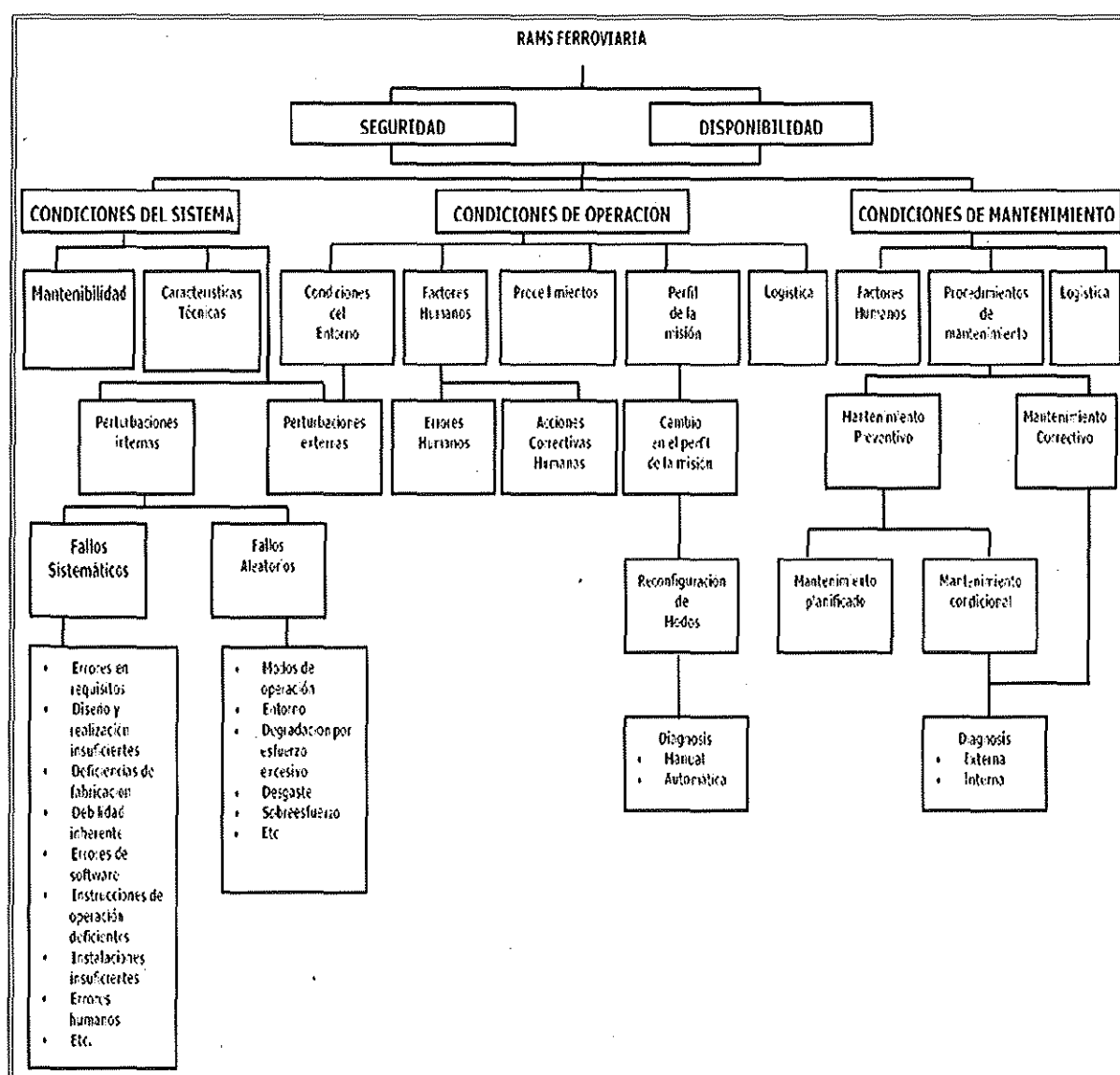
Continúa esta Norma, en su apartado 4.4 Factores que influyen en la RAMS Ferroviaria, definiendo *“un proceso que apoya la identificación de factores que influyen en la RAMS de sistemas ferroviarios, teniendo especialmente en cuenta la influencia de los factores humanos. Dichos factores, y sus efectos, son una entrada para la especificación de los requisitos RAMS para sistemas”*.

Respecto de la influencia de los factores humanos en la RAMS ferroviaria, este Perito Judicial considera adecuado reproducir textualmente lo contenido en el subapartado 4.4.2.4 de la norma UNE-EN 50126, en el que se establece que *“Los factores humanos pueden definirse como el impacto de las características, las esperanzas y los comportamientos humanos sobre*

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

un sistema. Estos factores abarcan los aspectos anatómicos, fisiológicos y psicológicos de los seres humanos. Los conceptos incluidos en los factores humanos se utilizan para permitir que las personas desempeñen su trabajo eficaz y eficientemente, prestando la debida atención a las necesidades humanas relacionadas con temas como la salud, la seguridad y la satisfacción en el trabajo”.

En el cuadro siguiente se representan de manera esquemática los “Factores que Influyen en la RAMS Ferroviaria” (este cuadro se corresponde con la Figura 5 de la norma UNE-EN 50126).



Una vez identificados los factores que influyen en los cuatro elementos RAMS, y establecidos sus efectos sobre éstos, es necesario definir los medios para alcanzar los requisitos de la

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

RAMS Ferroviaria (apartado 4.5 de la Norma) y, lógicamente, estarán relacionados *“con el control de los factores que influyen sobre la RAMS a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema. Un control eficaz exige el establecimiento de mecanismos y procedimientos dirigidos a evitar la introducción de fuentes de error durante la realización y el soporte del sistema. Tales defensas han de tener en cuenta tanto los fallos aleatorios como los sistemáticos”*.

Dichos medios para alcanzar los requisitos exigidos deben basarse en *“el concepto de tomar precauciones para reducir al mínimo la posibilidad de que suceda un deterioro como consecuencia de un error durante las fases del ciclo de vida.*

La precaución es una combinación de:

- a) **prevención:** que se ocupa de reducir la probabilidad del deterioro;*
- b) **protección:** que se ocupa de reducir la gravedad de las consecuencias del deterioro”.*

En la tabla siguiente se muestran y definen las Categoría de los fallos RAMS en función del efecto que dicho fallo provoca en la prestación del servicio ferroviario.

CATEGORÍAS DE FALLOS RAMS	
Categoría del fallo	Definición
SIGNIFICATIVO (FALLO INMOVILIZADOR)	Un fallo que: Impide el movimiento del tren o provoca un retraso en el servicio mayor que un periodo especificado y/o genera un coste superior a un nivel especificado
IMPORTANTE (FALLO DEL SERVICIO)	Un fallo que: ⇒ debe ser corregido para que el sistema logre su rendimiento especificado y ⇒ no provoca un retraso ni un coste que superen el umbral mínimo especificado para un fallo significativo
MENOR	Un fallo que: ⇒ no impide que un sistema logre su rendimiento especificado y ⇒ no cumple los criterios para ser considerada fallo Significativo ni importante

Tabla 1

Continuando con el estudio de la norma UNE-EN 50126, el apartado 4.6 lo dedica a definir y analizar el **Riesgo**, comenzando por establecer que *“el concepto de Riesgo consiste en la combinación de dos elementos:*

- ⇒ *La probabilidad de ocurrencia de un suceso o una combinación de sucesos que conduzcan a un peligro, o la frecuencia de tal ocurrencia.*
- ⇒ *La consecuencia del peligro”.*

El subapartado 4.6.2 lo titula específicamente **Análisis de Riesgos**, y dado que la encomienda del Juez Instructor de este Procedimiento abreviado para la elaboración del presente Informe gira en torno a la **evaluación integral del riesgo en la Línea 082** (ver el punto 0. Antecedentes del presenta Informe), se considera pertinente mostrar el enfoque que esta norma hace para llevar a cabo dicho análisis.

De esta manera, establece que *“El análisis de riesgos debe realizarse en diversas fases del ciclo de vida del sistema por la autoridad responsable de dicha fase y debe documentarse. La documentación debe contener, como mínimo:*

- a) la metodología del análisis;*
- b) los supuestos, las limitaciones y la justificación de la metodología;*
- c) los resultados de la identificación de peligros;*
- d) los resultados del cálculo de riesgos y sus niveles de confianza;*
- e) los resultados de los estudios de ponderación;*
- f) los datos, sus fuentes y sus niveles de confianza;*
- g) referencias”.*

A continuación la Norma muestra una serie de tablas, que se adjuntan a continuación, que facilitan, en términos cualitativos, el análisis y evaluación de una serie de variables para dar respuesta a los diferentes riesgos y para establecer, finalmente, las acciones a llevar a cabo en función del peligro que tenga asociado ese riesgo, ajustándose a lo preceptuado tanto por la *Directiva 2004/49/CE, de Seguridad Ferroviaria*, como al *Reglamento 352/2009, para la evaluación y valoración del riesgo del sector Ferroviario*.

FRECUENCIA CON QUE SE DAN SUCESOS DE PELIGRO	
Categoría	Descripción
FRECUENTE	Es probable que ocurra con frecuencia. El peligro se experimentará continuamente.
PROBABLE	Se dará varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra con frecuencia.
OCASIONAL	Es probable que se dé varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra varias veces.
REMOTO	Es probable que se dé alguna vez en el ciclo de vida del sistema. Puede razonablemente esperarse que el peligro ocurra.
IMPROBABLE	Es improbable, aunque posible que ocurra. Puede suponerse que el peligro ocurrirá excepcionalmente.
INCREÍBLE	Es extremadamente improbable que ocurra. Puede suponerse que el peligro pueda no ocurrir.

Tabla 2

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

NIVEL DE GRAVEDAD DEL PELIGRO		
Nivel de Gravedad	Consecuencia para las Personas o el Medio Ambiente	Consecuencia para el Servicio
CATASTRÓFICO	Víctimas mortales y / o múltiples heridas graves y / o daños importantes al medio ambiente.	
CRÍTICO	Una sola víctima mortal y / o herida grave y/o daños señalados al medio ambiente	Pérdida de un sistema principal
MÍNIMO	Heridas menores y / o peligro señalada al medio ambiente	Daño grave a sistema o sistemas
INSIGNIFICANTE	Posible herida menor	Daño menor al sistema

Tabla 3

MATRIZ DE FRECUENCIA - CONSECUENCIA				
Frecuencia de ocurrencia de un suceso amenazante	Niveles de Riesgo			
FRECUENTE				
PROBABLE				
OCASIONAL				
REMOTO				
IMPROBABLE				
INCREÍBLE				
	INSIGNIFICANTE	MÍNIMO	CRÍTICO	CATASTRÓFICO
	NIVELES DE GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS DEL PELIGRO			

Tabla 4

CATEGORÍAS CUALITATIVAS DE RIESGOS	
Categoría de Riesgo	Acciones que se han de tomar ante cada categoría
INTOLERABLE	Debe eliminarse
NO DESEABLE	Sólo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable y con el acuerdo de la Autoridad Ferroviaria o del Organismo Regulador de la Seguridad, según proceda
TOLERABLE	Aceptable con un control adecuado y con el acuerdo de la Autoridad Ferroviaria
INSIGNIFICANTE	Aceptable con/sin el acuerdo de la Autoridad Ferroviaria

Tabla 5

EJEMPLO TÍPICO DE EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DE RIESGOS				
Frecuencia con que ocurre un suceso de peligro (*)	Niveles de Riesgo			
FRECUENTE	No Deseable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
PROBABLE	Tolerable	No Deseable	Intolerable	Intolerable
OCASIONAL	Tolerable	No Deseable	No Deseable	Intolerable
REMOTO	Insignificante	Tolerable	No Deseable	No Deseable
IMPROBABLE	Insignificante	Insignificante	Tolerable	Tolerable
INCREÍBLE	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Insignificante	Mínimo	Crítico	Catastrófico
	NIVELES DE GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS DE UN PELIGRO			

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

Tabla 6

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Y como resumen y conclusión de la metodología descrita por esta Norma para realizar la evaluación y control del riesgo de un sistema ferroviario, se debe aplicar la siguiente tabla:

EVALUACIÓN DEL RIESGO	CONTROL/REDUCCIÓN DEL RIESGO
Intolerable	Debe eliminarse
No deseable	Sólo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable, y con el acuerdo de la Autoridad Ferroviaria
Tolerable	Aceptable con control adecuado y acuerdo de la Autoridad Ferroviaria
Insignificante	Aceptable sin acuerdo alguno

Tabla 7

En todas las tablas anteriores se hace una evaluación y valoración cualitativa de los peligros y los riesgos asociados a los sistemas ferroviarios que, para poder ser aplicada a un caso concreto, deberán cuantificarse para poder tomar las correspondientes decisiones y, en consecuencia, realizar las acciones que correspondan según dicha cuantificación.

A este respecto, en el subapartado 4.6.3.3 de la norma UNE-EN 50126, se establece textualmente lo siguiente: *"La aceptación de riesgos debería basarse en un principio generalmente aceptado. Hay unos cuantos principios disponibles que puede utilizarse. Algunos ejemplos son los siguientes (véase también el anexo D para más información sobre estos principios):*

⇒ *Tan Reducido Como Razonablemente Viable (Principio ALARP tal y como se practica en el Reino Unido).*

⇒ *Globalement Au Moins Aussi Bon (Principio GAMAB tal y como se practica en Francia). La formulación completa de este principio es:*

"Todo nuevo sistema de transporte guiado debe ofrecer un nivel de riesgo que sea, globalmente, al menos tan bueno como el que ofrezca cualquier sistema equivalente que exista".

⇒ *Mortalidad Endógena Mínima (Principio MEM tal y como se practica en Alemania).*

La Autoridad Ferroviaria debe ser responsable de definir el principio que se vaya a adoptar y el nivel de tolerabilidad de un riesgo, así como los niveles que se incluyan en cada categoría".

Para terminar con el análisis de la norma *UNE-EN 50126*, se muestra a continuación el índice de los apartados 5 y 6, en los que profundiza en la aplicación de dicha norma describiendo los pasos a seguir y la metodología a implantar para ello. Debe puntualizarse que la secuencia de implantación se realiza cualitativamente, no estableciendo en ningún momento valores cuantitativos a los parámetros y variables estudiadas.

ÍNDICE
(apartados 5 y 6 de la norma UNE-EN 50126)

5. GESTIÓN DE LA RAMS FERROVIARIA

5.1. Generalidades

5.2. Ciclo de vida del sistema

5.3. Aplicación de la presente norma

6. CICLO DE VIDA RAMS

6.1. Fase 1: Concepto

6.2. Fase 2: Definición del sistema y condiciones de aplicación

6.3. Fase 3: Análisis de riesgos

6.4. Fase 4: Requisitos del sistema

6.5. Fase 5: Distribución de los requisitos del sistema

6.6. Fase 6: Diseño e implementación

6.7. Fase 7: Fabricación

6.8. Fase 8: Instalación

6.9. Fase 9: Validación del sistema (incluidas la aceptación de seguridad y la puesta en servicio)

6.10. Fase 10: Aceptación del sistema

6.11. Fase 11: Funcionamiento y mantenimiento

6.12. Fase 12: Seguimiento de la ejecución

6.13. Fase 13: Modificación y realimentación

6.14. Fase 14: Retirada del servicio y eliminación

2. EL ANÁLISIS DE RIESGOS DEL TREN ALVIA S730

El análisis de riesgos, es decir, la **evaluación y valoración de los riesgos** de los trenes Alvia S730 como resultado de la modificación, considerada como **significativa**, de los trenes Alvia S130 es **preceptivo**, y deberá realizarse **previamente** a la obtención de las autorizaciones administrativas necesarias para que puedan circular por la red de infraestructuras ferroviarias del territorio nacional español (denominada Red Ferroviaria de Interés General, RFIG), ya que así lo establece el **Reglamento 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** (ver punto 1.2 del presente Informe).

Una vez establecida la obligatoriedad de realizar el análisis de riesgos de los trenes Alvia S730 y concretada la normativa a aplicar para realizar dicho análisis, desarrollada en el punto anterior, se considera de gran interés hacer referencia a los documentos específicos que se generaron para llevar a cabo dicho análisis y que abarcaron desde la Fase 1 hasta la Fase 10 del *Ciclo de Vida de Seguridad* de estos trenes (es decir, desde la "*Fase de Concepto*" hasta la de "*Aceptación del Sistema*"), de acuerdo con la norma UNE-EN 50126 (ver el punto 1.3 de este Informe). Dichos documentos son:

- ⇒ **Plan de Seguridad del tren S730 Híbrido:** su código de identificación es **ES-0192-000-r02**, de fecha 17 de agosto de 2011, y puede considerarse como el documento marco para establecer la metodología y acciones a realizar para evaluar y valorar los riesgos asociados a las *Modificaciones Significativas* de los subsistemas estructurales dentro del ámbito ferroviario. Fue elaborado por el Consorcio Talgo-Bombardier como fabricante y responsable de la modificación desarrollada en los trenes S130 (dicho documento figura en el Tomo 35 de los Autos de este procedimiento abreviado).

NOTA: este es su título textual, recordando que la denominación inicial de los trenes S730 era S730 Híbrido

- ⇒ **Dossier de Seguridad del tren S730:** de acuerdo con el *Plan de Seguridad del Tren S730 Híbrido*, y como complemento de este, figuran en el Tomo 35 de los Autos de este procedimiento abreviado los documentos **ES-0203-000-r03** y **ES-0203-000-r05**, de fechas 7 de mayo de 2012 y 20 de febrero de 2013, respectivamente, que se corresponden con dos versiones de este documento.

Estos documentos, como podrá observarse en los puntos 2.1 y 2.2 siguientes, demuestran la realización, y su correspondiente actualización, del Análisis de Registro de Peligros del Tren S730 Híbrido, también denominado "Hazard Log".

A continuación, y sin ánimo de hacer un estudio exhaustivo de cada uno de estos documentos, se mostrarán algunas las partes más significativas de ellos que permitan tener una visión más amplia de la gestión de los riesgos llevada a cabo en la modificación de los trenes Alvia S130 para convertirlos en los trenes Alvia S730.

2.1. Plan de Seguridad del Tren S730

En la Introducción, y como resumen de este documento, se establece literalmente lo siguiente: *"El Consorcio de Talgo-Bombardier se ha comprometido a aplicar en sus productos y servicios el nivel de Seguridad más elevado posible, con el fin de reducir los riesgos de daños a los viajeros, operadores, personal de mantenimiento, el público en general, el medio ambiente y cualquier otro que pudiera verse afectado por sus productos en una medida aceptable"*, y continúa diciendo en un párrafo posterior *"Los trenes S730 Híbrido son una modificación de los trenes S130 anteriormente homologados. Las actividades de seguridad en este proyecto cubrirán los cambios para asegurar que los nuevos riesgos son correctamente gestionados para ser tolerables"*.

Continúa el Plan de Seguridad abordando en su apartado 3 la **Gestión de la Seguridad**, indicando que *"...cubre principalmente la ingeniería de Seguridad y el proceso de prueba de la Seguridad de las fases 1 a 10, hasta la Aceptación del Sistema. Algunos aspectos de las fases posteriores a la Aceptación del Sistema ya están incluidos en el plan, pero las fases 11 a 14 tendrán que ser ampliadas en futuras revisiones del Plan de Seguridad"*. Y completa esta información adjuntando la *"Ilustración 4: Ciclos de Vida de Seguridad, de acuerdo con EN 50126"* (dicha ilustración, que se puede consultar en el documento del Plan en su página 15, es la adaptación a la modificación de los trenes Alvia S730 de la *Figura 8 Ciclo de vida del Sistema* de la norma UNE-EN 50126 analizada en el punto 1.3 de este Informe).

El Plan también establece un **Programa de actividades de Seguridad**, subapartado 3.2, de donde se extrae el siguiente texto: *"Dado que el tren S730 Híbrido se basa en el Tren S130*

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

introduciéndole la capacidad de circular en vías no electrificadas gracias a unos motores diésel, se seguirá el siguiente proceso:

*a) Se realizará un **Análisis Preliminar de Riesgos (APR)** estudiando los coches CET, las modificaciones en PH (las siglas PH representan las Cabezas Motrices del tren, de su denominación en inglés, Power Head) y en coches y sus interfaces (es decir, el Análisis Preliminar de Riesgos se realizará sobre todo el tren y sus interfaces. Este punto se explica en el apartado 3.3 del Plan).*

*b) Creación de un **"Registro de peligros"** del Tren S730 Híbrido. Se analizarán las justificaciones necesarias para controlar cada uno de los riesgos, con documentación para el tren S730 Híbrido (Este punto se explica en el apartado 3.4 del Plan).*

Las actividades de la Ingeniería de la Seguridad y comprobación de la Seguridad seguirán unos pasos concretos cuyos resultados están definidos de forma resumida en la Tabla 6" (esta tabla se muestra a continuación).

ACTIVIDADES CONCRETAS DE INGENIERÍA DE SEGURIDAD DEL TREN S730 HÍBRIDO		
Paso	Descripción de las actividades de ingeniería de seguridad para S730 Híbrido	Resultados, elementos que hay que entregar
1	Organización de la Gestión de Seguridad del Tren S730 Híbrido Definición de los alcances y las Responsabilidades relativas al aseguramiento de la Seguridad del Tren S730 Híbrido	Resultados incluidos en el Plan de Seguridad S730 Híbrido [D1] (Preliminar)
2	Identificación de los cambios o modificaciones realizadas en la S730 Híbrido Basándose en las modificaciones realizadas, se identificarán los cambios relevantes (componentes, materiales, diseño (Hardware y Software), sistemas, etc.) Análisis de los cambios para valorar el impacto sobre la Seguridad El Análisis Preliminar de Riesgos reflejará el resultado de este estudio	Plan de Seguridad S730 Híbrido [D1] APR [D4] incluye el impacto en la seguridad debido a las modificaciones
3	Análisis de Riesgos Tren S730 Híbrido: Se analizará el riesgo de cada peligro, determinando las medidas necesarias para llevar cada riesgo a un nivel tolerable	Realización del "Registro de Peligros de la S730 Híbrido" [D2] con el riesgo tolerable para cada peligro o con las acciones definidas
4	Modificación, Validación, actualización o creación de los Estudios de Seguridad Detallados Se validarán los Estudios de Seguridad realizados para la S130, modificándolos si es preciso	Los estudios pueden ser entregados
5	Dossier de Seguridad S730 Híbrido Basándose en los resultados y las conclusiones extraídas de las modificaciones de los Estudios de Seguridad detallados y en el estado de los peligros del "Análisis y Registro de Peligros S730 Híbrido" se definirán las conclusiones del Dossier de Seguridad de la S730 Híbrido	Dossier de Seguridad S730 Híbrido [D3] (Preliminar)
6	Planificación de las pruebas de validación e identificación de los requisitos de operación y mantenimiento Basándose en los requisitos contractuales, en las necesidades identificadas en los estudios de seguridad realizados o modificados en el Registro de Peligros S730 Híbrido	Planes de Pruebas de Validación

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

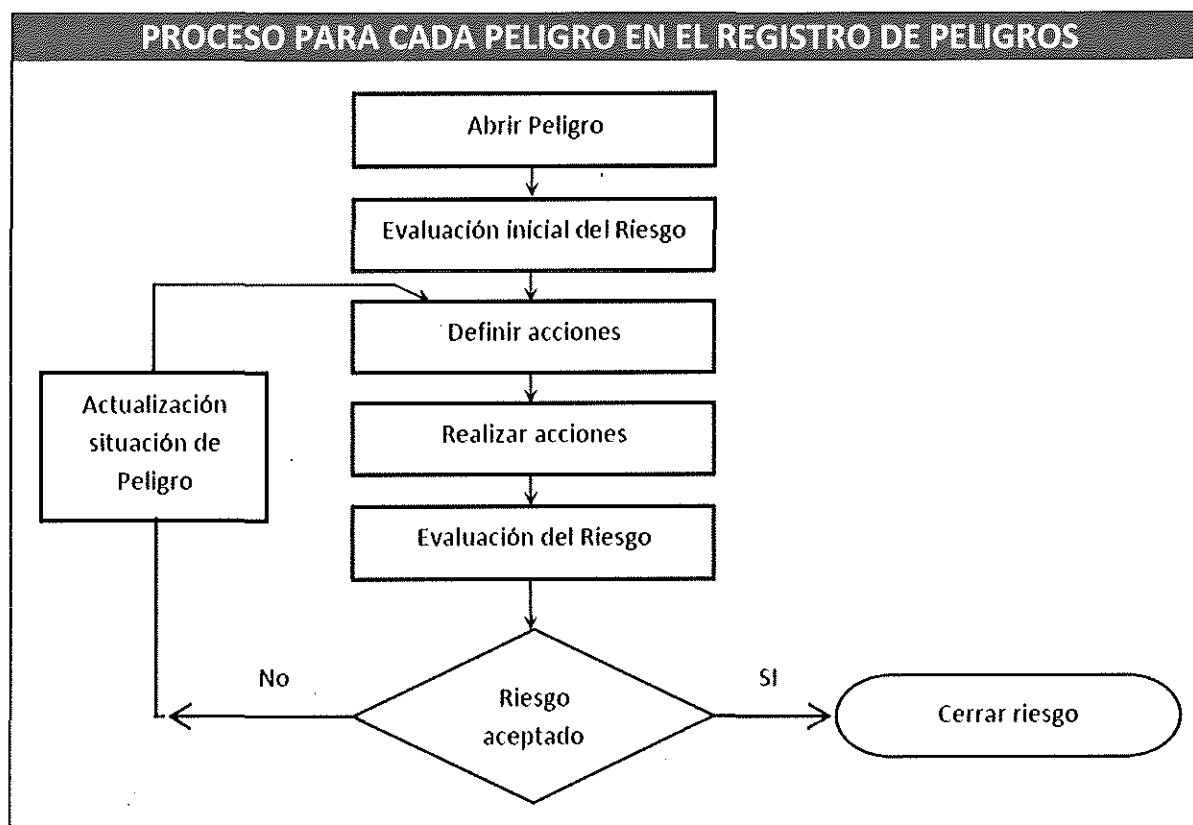
ACTIVIDADES CONCRETAS DE INGENIERÍA DE SEGURIDAD DEL TREN S730 HÍBRIDO		
Paso	Descripción de las actividades de ingeniería de seguridad para S730 Híbrido	Resultados, elementos que hay que entregar
7	Actualización de todos los documentos (HL, estudios, etc..) con las acciones definidas en la fase de diseño Basado en la información sobre el diseño final. Actualización de la evaluación de riesgos	
8	Realización de las pruebas de validación Se completarán las claves que queden pendientes	Informes de pruebas
9	Actualización de todos los documentos (HL, estudios, etc..) con los resultados de las Pruebas de Validación y referencias a los Manuales de Operación y Mantenimiento Todos los peligros deberán estar cerrados Verificación de los requerimientos de operación y mantenimientos relativos a la seguridad	
10	Dossier de Seguridad Tren S730 Híbrido Finalización del Dossier de Seguridad, con todas las pruebas de validación y los requisitos de operación y mantenimientos relativos a la seguridad	Dossier de Seguridad del Tren S730 Híbrido [D3]: Estado final
11	Presentación final del Dossier de Seguridad del Tren S730 Híbrido Dossier de seguridad completo con los informes, registros de peligros y documentación de apoyo	Dossier de Seguridad del Tren S730 Híbrido

El mencionado *Análisis Preliminar de Riesgos* lo considera primordial en este proceso, indicando que *“La identificación de riesgos es fundamental en el proceso de evaluación de peligros. Los riesgos deben ser identificados sistemáticamente y se debe realizar una evaluación preliminar de ellos al principio del proyecto”*.

El siguiente subapartado a destacar es el 3.4, denominada **Registro de Peligros**, y lo define como *“El documento central en la gestión de riesgos propios del proyecto es el Hazard Log, que es un registro en el que se recogen las amenazas identificadas en los siguientes análisis de Seguridad:*

- ⇒ *Análisis Preliminar de Riesgos (APR): Partiendo de un listado exhaustivo de **accidentes potenciales**, se realizará un análisis deductivo de las posibles causas hasta encontrar la amenaza de bajo nivel que puede ocasionar el accidente.*
- ⇒ *Partiendo de las funciones realizadas por el sistema, se realizará un análisis inductivo de los posibles modos de fallo en el diseño para detectar cuáles de ellos pueden ser críticos para la Seguridad”*.

A continuación el Plan establece la metodología para realizar el *Registro de Peligros* para aplicar a los trenes Alvia S730 en su fabricación y en el gráfico siguiente se ilustra un diagrama de flujo con los pasos a seguir para evaluar y valorar cada uno de los peligros identificados (el diagrama siguiente se ha extraído del Plan de Seguridad del tren S730).



El *Plan de Seguridad del tren S730* se completa siguiendo lo establecido en la norma *UNE-EN 50126*, es decir, adaptando de manera específica las tablas que figuran en esta Norma referentes a la *Categorías de fallos*, *Frecuencias de los peligros*, *Nivel de gravedad de los peligros*, etc. (estas tablas figuran en el punto 1.3 del presente Informe y están numeradas desde la tabla 1 hasta la 6).

2.2. Dossier de Seguridad del tren S730

Seguendo lo indicado por el *Plan de Seguridad del Tren S730 Híbrido* debe elaborarse un documento denominado **Dossier de Seguridad del Tren S730**, del que existen dos versiones de los años 2012 y 2013, y en el que se profundiza sobre el marco establecido por el propio Plan, de tal manera que la estructura de éste y la de los Dosieres son muy similares.

Este documento comienza en su Introducción indicando que “*Los trenes S730 están formados por trenes S130 a los cuales se les ha substituido los coches Extremo por coches CET (Coche Extremo Técnico). Tal y como se dijo en el Plan de Seguridad del tren S730 el Dossier de Seguridad del S730 se basa fundamentalmente en el Dossier de Seguridad del S130, el cual es válido y formará parte del presente Dossier de Seguridad y además identificará, justificará*

y validará las modificaciones y variaciones existentes relevantes para la seguridad entre ambos proyectos.

En esta fase del proyecto, el propósito del Dossier de seguridad es demostrar que existe la seguridad necesaria para permitir la autorización de circulación del Tren S730.

La versión final del Dossier de Seguridad del tren S730 cumplirá los requisitos formales de un "Caso de Seguridad", de acuerdo con la norma EN-50126 y dará soporte a la operación comercial de los trenes en el servicio al viajero siendo la prueba documentada de la Seguridad de los trenes S730".

Para materializar el análisis de los riesgos, el *Dossier de Seguridad* se complementa con los documentos denominados **Análisis y Registro de Peligros del tren S730 (Hazard Log)** del que también existen dos versiones de fechas 25 de mayo de 2012 y 20 de febrero de 2013, siendo sus códigos de identificación **ES-0202-000-r5** y **ES-0202-000-r6**, respectivamente, (ambos figuran en el Tomo 35 de los Autos de este procedimiento abreviado), y se corresponden con la *Fase 9*, denominada "*Validación del sistema. Aceptación de Seguridad*", del ya mencionado *Ciclo de Vida de Seguridad*, establecido por la norma UNE-EN 50126.

De conformidad con el programa de actividades definidas en el Plan de Seguridad y el Dossier de Seguridad, el Registro de Peligros recoge la "*Actualización de todos los documentos (HL, estudios, etc..) con los resultados de las Pruebas de Validación y referencias a los Manuales de Operación y Mantenimiento*".

Con el objeto de proporcionar una visión de la estructura y contenido del Registro de Peligros, a continuación se hará una breve descripción de la metodología empleada para el tratamiento de los Riesgos del tren Alvia S730, es decir, para su identificación inicial y su posterior evaluación y valoración que permita, finalmente, establecer si dicho Riesgo es o no aceptable.

A este respecto, se considera de sumo interés recordar que el **Concepto de Riesgo**, según la norma UNE-EN 50126, consiste en la combinación de dos elementos:

- ⇒ la probabilidad de ocurrencia de un suceso que conduzca a un PELIGRO
- ⇒ la consecuencia de dicho PELIGRO

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Para continuar con la descripción de la metodología seguida en el *Análisis y Registro de Peligros del tren S730*, se ha extraído de este documento la tabla siguiente, denominada "*Matriz de Riesgos*", que recoge una combinación de la *Frecuencia de ocurrencia de un Peligro*, sus *Consecuencias* y el *Nivel de aceptación* de éste, que constituyen la evaluación y valoración de los Riesgos.

MATRIZ DE RIESGOS						
Frecuencia		Nivel de riesgo				Grado de peligro aproximado por año
Frecuente	A	2	1	1	1	10...100 veces al año
Probable	B	3	2	1	1	1...10 veces al año
Ocasional	C	3	2	2	1	Una vez cada 1...10 años
Remoto	D	4	3	2	2	Una vez cada 10...1.000 años
Improbable	E	4	4	3	3	Una vez cada 1.000...100.000 años
Increíble	F	4	4	4	4	Menos de una vez cada 100.000 años
		C1	C2	C3	C4	
		Insignificantes	Marginales	Críticos	Catastróficos	
		Gravedad				

No obstante, antes de someter cada Peligro a los criterios establecidos en la Matriz anterior, es necesario realizar un proceso de *identificación inicial de los Riesgos* que puedan darse en la conversión de los trenes S130 a los S730 (esta identificación inicial está incluida en el ya mencionado *Análisis Preliminar de Riesgos*).

El resultado de esta identificación, según la información que figura en el documento *Análisis y Registro de Peligros del tren S730*, estableció en 115 el número de Riesgos que se deberían tratar (*Riesgos abiertos*), entre los que figuran los relacionados con las instalaciones, los dispositivos eléctricos y sus sistemas de protección, con los posibles incendios que se puedan producir, con los diferentes sistemas de freno del tren, con las calidades de los materiales utilizados, etc. (para ampliar esta información se puede consultar la tabla Excel contenida en cualquiera de los dos documentos de *Análisis y Registro de Peligros del tren S730*, que figuran en el tomo 35 de Autos).

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

En consecuencia, y a fecha de 20 de febrero de 2013 en la que se redactó la segunda versión de dichos documentos, el resumen de los Riesgos identificados y tratados en la evaluación y valoración de los Peligros en la modificación de los trenes Alvia S730 se muestra en la tabla siguiente:

NÚMERO DE RIESGOS	ESTADO ACTUAL
Abiertos	0
Cerrados	103
Eliminados	12
TOTAL	115

La información contenida en esta tabla debe entenderse de la siguiente manera:

- ⇒ **Riesgos abiertos:** es el resultado de la identificación inicial de Riesgos.
- ⇒ **Riesgos eliminados:** en una primera evaluación se eliminan aquellos Riesgos que están duplicados o ya contenidos en otro registro.
- ⇒ **Riesgos cerrados:** aquellos que una vez evaluados y valorados, estableciendo las acciones específicas correspondientes a implantar que permitan alcanzar un nivel de Riesgo Tolerable o Despreciable, según la tabla que se muestra a continuación.

Nivel de riesgo	
1	Riesgo intolerable
2	Riesgo no deseable
3	Riesgo tolerable
4	Riesgo despreciable

Para que un Riesgo detectado, *Abierto*, pueda alcanzar un Nivel de Riesgo Aceptable, *Tolerable* o *Despreciable* (en la tabla anterior), deben planificarse y preverse la realización de una serie de acciones encaminadas a:

- ⇒ *Mejorar las prestaciones de los subsistemas, dispositivos o elementos del tren a través del diseño y ensayo de éstos.*
- ⇒ *Alcanzar unas especificaciones técnicas más exigentes a través cambios en los procesos de fabricación y puesta en servicio.*
- ⇒ *Redefinir las acciones de operación y mantenimiento de manera que, por ejemplo, se disminuya la frecuencia de ocurrencia del Peligro.*

Las acciones indicadas deben interpretarse de manera orientativa, ya que, en la práctica, cada Riesgo debe ser evaluado y valorado de modo independiente, y las acciones que se proponga llevar a cabo para alcanzar el estado de aceptable han de ser contrastadas de manera que se asegure que el Riesgo Abierto pueda convertirse en Cerrado.

Es decir, en ningún caso podrá finalizarse un “Análisis y Registro de Peligros” en los subsistemas estructurales del sector ferroviario mientras haya un Riesgo que no esté Cerrado, es decir, que su Nivel de Riesgo sea Intolerable o No Deseable.

Por último, indicar que los documentos analizados en este punto, el “Dosier de Seguridad” y el “Análisis y Registro de Peligros”, son documentos “vivos”, por lo que deben ser revisados y actualizados continuamente, de manera que si se detecta un nuevo Riesgo, **deberá evaluarse y valorarse de nuevo estableciendo, de ser el caso, las nuevas acciones que permitan reconducirlo a un Nivel de Riesgo tolerable o despreciable**. Esta metodología de actuación también se aplicará a aquellos Riesgos ya analizados en los que se haya detectado que ha variado su estado de riesgo debido a cualquier cambio normativo, técnico/tecnológico, etc.

3. LA SEGURIDAD DE LOS TRENES ALVIA S730

Además del análisis de riesgos realizado en los trenes Alvia S730, tratado en el punto 2 de este Informe, para que estos trenes puedan circular por la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) es preceptivo someterles a la evaluación y verificación del cumplimiento de una serie de requisitos en materia de seguridad que les permitan obtener las autorizaciones administrativas exigidas para ello.

Las autorizaciones administrativas mencionadas se corresponden con la *Autorización de Puesta en Servicio* y la *Autorización de Circulación*, otorgadas por la Dirección General de Ferrocarriles y por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), respectivamente, y los procedimientos para la obtención de éstas ya fueron analizados en profundidad por este Perito Judicial en los apartados 5, 6 y 7 del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015, incorporado en esa fecha a las Diligencias Previas del presente procedimiento judicial.

De los procedimientos para la obtención de las autorizaciones administrativas indicadas, pueden extraerse, de la totalidad de las actuaciones llevadas a cabo, los siguientes hitos como más significativos:

- ⇒ El procedimiento lo inicia el interesado y titular de los trenes, RENFE Operadora, en coordinación con el fabricante de los vehículos ferroviarios y responsable de la modificación, el Consorcio Talgo-Bombardier.
- ⇒ La fecha de inicio es febrero de 2010 y, tras un largo proceso de validación del cumplimiento todas las condiciones y requisitos técnicos exigidos por la legislación de aplicación en esa fecha, finaliza la 1ª Fase en junio de 2012 otorgando el ADIF las primeras 6 Autorizaciones de Circulación Comercial, de un total de 15, a los trenes Alvia de la serie 730.
- ⇒ El proceso de validación se desarrolla en dos fases:
 - **1ª Fase:** se realiza la validación del cumplimiento de cada uno de los requisitos técnicos contenidos en las normas NTC-MA 001 y NTC-MA 007, que permiten circular a estos trenes hasta una velocidad máxima de 240 km/h (ver el apartado 6 del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015, y más concretamente, el apartado 6.2 donde se enumeran las características validadas conforme a lo exigido en la NTC-MA 001).

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

- **2ª Fase:** se realiza la validación del cumplimiento de cada uno de los requisitos técnicos contenidos en la norma NTC-MA 009, que permiten circular a estos trenes hasta una velocidad máxima de 250 km/h (ver apartado 6.4 del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015).

Debe recordarse que la 1ª Fase de autorización no presentó problemas significativos en las pruebas y validaciones realizadas y exigidas en las normas NTC-MA 001 y NTC-MA 007, tal y como se desprende del análisis de la información recogida en las *"Fichas de cumplimiento"* elaboradas y presentadas por Patentes TALGO en las que el resultado de dichas validaciones y pruebas es satisfactorio en todas ellas (ver el apartado 6.2 del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015).

Por otro lado, en la 2ª Fase de autorización las pruebas y validaciones realizadas presentan algunas *"particularidades"* sobre las que el Perito Judicial que suscribe el presente Informe considera conveniente profundizar, a través del análisis de las *"Fichas de cumplimiento"* que presentaron inicialmente alguna *"No conformidad"* con la norma NTC-MA 009 que regula las **"Prescripciones técnicas de material rodante de alta velocidad"**, a la cual se ajustó esta 2ª Fase de autorización. Las *"Fichas de cumplimiento"* indicadas fueron elaboradas por INECO para el procedimiento de Autorización de Circulación de los trenes Alvia S730, y se corresponden con un total de 67 características, siendo éstas las exigidas para ser evaluadas, según la NTC-MA 009, para obtener dicha autorización, una vez realizada la modificación en los trenes Alvia S130 convirtiéndolos en los S730.

No obstante, antes de comenzar con dicho análisis hay un aspecto que este Perito Judicial considera de una gran relevancia, y es que el **tren accidentado en la curva de Angrois el 24 de julio de 2013, la Unidad Autopropulsada 730.012, nunca obtuvo la Autorización de Circulación para poder circular a la velocidad máxima de 250 km/h**, ya que la primera unidad en obtener dicha autorización fue la 730.022 con fecha de 6 de agosto de 2013 (la unidad accidentada ya no estaba operativa), y las siguientes unidades en obtenerla fueron la 730.011, 013, 014, 015, 016, 017, 018, 020 y 021, en una fecha muy posterior, el 23 de diciembre de 2014.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

La única autorización de que disponían los trenes S730 (las 15 unidades del lote, cuyas numeraciones van desde la 011 a la 025) reguladas por la norma NTC-MA 009 en la fecha del accidente era la Autorización de Puesta en Servicio, otorgada por la Dirección General de Ferrocarriles el 15 de julio de 2013, unos días antes del fatídico accidente (ver el apartado 6.4. del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015), pero dicha autorización, aunque necesaria, **no es suficiente para poder circular a la velocidad máxima de 250 km/h**, ya que también se exige la Autorización de Circulación otorgada por el ADIF (ver el apartado 5.1. del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015, en donde se analiza la *Orden FOM/233/2006*).

Es decir, de lo indicado se puede concluir que el tren **Alvia 730.012 accidentado nunca llegó a estar habilitado para circular a la velocidad de 250 km/h**, aunque, tanto esta unidad como el resto del lote, habían sido modificadas para poder circular a dicha velocidad, por lo que deberían cumplir con los preceptos recogidos en la NTC-MA 009.

Aclarada esta circunstancia, se abordará el análisis de las *"Fichas de cumplimiento"* exigidas por la NTC-MA 009 para que los trenes Alvia S730 puedan circular a la velocidad máxima de 250 km/h por la RFIG.

Para ello, conviene comenzar por tener en cuenta todo lo incluido en el apartado 6.4. *Fin del Procedimiento de Autorización de Puesta en Servicio (2ª Fase)*, del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015, en el que se hace un análisis cronológico de la tramitación que RENFE Operadora realiza, simultáneamente, frente al *Coordinador del Transporte Ferroviario de la Dirección General de Ferrocarriles* y al *Director de Seguridad en la Circulación de ADIF*, como organismos administrativos competentes para otorgar las Autorizaciones de Puesta en Servicio y de Circulación Comercial, respectivamente, que permitan **incrementar la velocidad máxima de circulación de los trenes Alvia S730 de los 240 km/h hasta los 250 km/h en las líneas de ancho 1.435 mm (ancho UIC) que dispongan de ERTMS/ETCS nivel 1 y STM-LZB** (ver la resolución de 15 de julio de 2013, emitida por la Dirección General de Ferrocarriles, que figura como Anexo XVIII del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015).

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

De la tramitación simultánea indicada, que se inicia con la solicitud de RENFE Operadora el 26 de abril de 2013 para obtener las mencionadas autorizaciones, cabe destacar el siguiente párrafo, extraído literalmente de este documento:

“Una vez finalizados los ensayos y pruebas necesarias para la homologación del vehículo serie 730 según norma NTC-MA 009, procedemos a enviarle un CD adjunto las fichas de cumplimiento de características realizadas por INECO respecto a la evaluación de las características NTC-MA 009 necesarias para que la serie 730 pueda circular a la velocidad máxima de 250 km/h”.

De las 67 *Fichas de cumplimiento* elaboradas por INECO, la mayoría de ellas no presentan ningún problema respecto a las exigencias establecidas por la NTC-MA 009, y la “Valoración de la característica” es ACEPTABLE o CUMPLE, según el caso.

En 2 de ellas la “Valoración de la característica” es ACEPTABLE CON LIMITACIONES y NO CUMPLE, que se corresponden con las características **5.1. Compatibilidad con sistemas de mando y control. Prescripciones de la ETI de Control, Mando y Señalización y 6.2.1.1. Frenado y tracción. Tracción. Prestaciones de tracción**, respectivamente (ambas Fichas de Cumplimiento se adjuntan como Anexo I y Anexo II de este Informe).

No obstante, en las argumentaciones realizadas por RENFE Operadora respecto a la Valoración de estas características fueron aceptadas tanto por la Dirección de Ferrocarriles como por el ADIF, no poniendo ningún impedimento a la concesión de las respectivas autorizaciones administrativas (ver el apartado *6.4. Fin del Procedimiento de Autorización de Puesta en Servicio (2ª Fase)*, del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015 de este Perito Judicial).

Para terminar con el análisis de “*Fichas de cumplimiento*”, se considera importante aclarar la correspondiente a la característica **3.2.3.1. Solicitaciones. Cargas por eje**, en la que se evalúa la Carga por eje de los trenes Alvia S730 (esta Ficha se adjunta como Anexo III de este Informe), que aun siendo su Valoración de ACEPTABLE, ha suscitado algunos interrogantes que deben ser aclarados.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Para ello y de manera resumida, se indicarán una serie de aspectos técnicos con el objeto de aclarar todas las dudas surgidas relacionadas con el peso de los trenes Alvia S730 y con la Carga por eje:

- ⇒ En el apartado 4. **LOS TRENES ALVIA S730** del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015, este Perito estableció que **El peso en tara es de 364,3 toneladas**, para estos trenes. Dicho dato fue extraído del Informe IF-0265 de TALGO: “Análisis del frenado del tren 730.012 en el accidente de a Grandeira”, de fecha 11 de febrero de 2014 (posterior al accidente), por lo que no podían corresponder a la unidad accidentada, la 730.012 (este análisis del frenado figura como Anexo IV del presente Informe).
- ⇒ En el Informe IF-0265 se emplean los datos de **Peso medio por rueda en vacío y Carga estática por eje** de la unidad 730.011, y en su Anexo 1 denominado **Peso del tren en tara**, se adjunta una tabla con dichos datos, que se reproducen a continuación:

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

CARGA EN VACÍO Y ESTÁTICA POR RUEDA Y POR EJE DEL TREN ALVIA 730.011					
EJE	RUEDA	CARGA EN VACÍO (kg)		CARGA ESTÁTICA (kg)	
		POR RUEDA	POR EJE	POR RUEDA	POR EJE
Eje 5*	Izquierda	8.951	18.152	9.067	18.390
	Derecha	9.201		9.323	
Eje 6*	Izquierda	9.481	18.507	9.597	18.745
	Derecha	9.026		9.148	
Eje 7	Izquierda	8.573	17.334	9.461	18.810
	Derecha	8.761		9.349	
Eje 8	Izquierda	7.073	14.491	8.218	16.533
	Derecha	7.418		8.315	
Eje 9	Izquierda	7.403	14.793	8.228	16.400
	Derecha	7.390		8.172	
Eje 10	Izquierda	6.958	13.986	7.968	15.971
	Derecha	7.028		8.003	
Eje 11	Izquierda	7.368	14.781	8.856	17.801
	Derecha	7.413		8.945	
Eje 12	Izquierda	7.123	14.556	8.611	17.576
	Derecha	7.433		8.965	
Eje 13	Izquierda	7.050	14.408	8.538	17.428
	Derecha	7.358		8.890	
Eje 14	Izquierda	7.128	14.418	8.616	17.438
	Derecha	7.290		8.822	
Eje 15	Izquierda	7.020	14.370	8.508	17.390
	Derecha	7.350		8.882	
Eje 16	Izquierda	8.365	16.993	9.264	18.769
	Derecha	8.628		9.505	
Eje 17**	Izquierda	9.019	18.652	9.141	18.889
	Derecha	9.633		9.748	
Eje 18**	Izquierda	8.796	18.086	8.918	18.323
	Derecha	9.290		9.405	
TOTALES		223.527		248.463	
PESO EN TARA DE LA CABEZAS MOTRICES (kg)					
Cabeza Motriz 1 (Ejes del 1 al 4)			70.383	70.383	
Cabeza Motriz 1 (Ejes del 19 al 22)			70.388	70.388	
TOTALES		364.298		389.234	
(*) Estos ejes forman parte del Bogie del Coche Extremo Técnico (CET).					
(**) Estos ejes forman parte del Bogie del Coche Extremo Técnico (CET).					

NOTA: los valores de carga estática que figuran en color rojo corresponden con los ejes en los que se supera el valor máximo de 18 tn más un 4%, es decir, 18,72 tn que establece la ETI del Material Rodante de alta velocidad, Decisión 2008/232/CE, superando dicho valor máximo en 0,025 tn (25 kg) para el eje 6; 0,090 tn (90 kg) para el eje 16; 0,049 tn (49 kg); 0,169 tn (169 kg) para el eje 17.

- ⇒ Siendo, según estos datos, la **Carga en vacío o tara del tren completo de 364,298 Tn** y la **Carga estática del tren completo de 389,234 Tn**.
- ⇒ A la vista de la información del párrafo anterior, que deriva de los datos proporcionados por TALGO, la rotulación que figura en la Cabeza Motriz de la unidad 730.012, que todavía permanece almacenada en las proximidades de Padrón, indicando que la tara de esta unidad es de 391 Tn es errónea, ya que ese dato solo podría corresponder con la Carga estática del tren (también cabe puntualizar que la diferencia de menos de 2 tn en el valor de Carga estática entre las unidades 012, accidentada, y la 011 es totalmente normal, al

llevar a cabo una modificación de estas características y, por otro lado, el valor rotulado de 391 tn no incluye valores decimales, por lo que, es muy probable que no fuese un valor exacto).

⇒ Por otro lado, pero también relacionado con la Masa del tren S730, en el **Expediente de Modificación de los trenes S130 para convertirlos en los trenes S130 Híbridos**, se adjuntan los siguientes Anexos (ver apartado 6.2. Tramitación del Procedimiento de Autorización de Puesta en Servicio, del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015 de este Perito):

- *ANEXO 1. Relación de números UIC de los coches y cabezas motrices objeto de la modificación.*
- *ANEXO 2. DTT (Documento Técnico del Tren) de los trenes S130.*
- *ANEXO 3. DTT de los trenes S130 Híbridos.*
- *ANEXO 4. Planning General de Fabricación de los trenes.*
- *ANEXO 5. Plan de Pruebas del Proyecto.*
- *ANEXO 6. Informe de TIFSA con la relación de características NTC a reabrir.*

⇒ En el DTT de los trenes S130 Híbridos, en su apartado 2.9.- MASAS, se establecía lo siguiente:

- *La masa total en plena carga del Tren S/130H según UNE-EN 50215 será como máximo 40 toneladas superior a la del tren S130.*
- *La carga máxima por eje de cada coche CET y la del eje adyacente sobre el que se apoya será de 18 t/eje, teniendo en cuenta las tolerancias consideradas en la ETI de Material Rodante.*

⇒ Estas dos exigencias “iniciales”, recogida en el DTT de los trenes S130 Híbridos, son anteriores a la modificación realizada en los trenes S130 para convertirlos en los S730, pero, una vez hecha la modificación se comprueba que no se consiguió ninguna de ellas.

⇒ Advertida esta circunstancia por el responsable de la modificación, el Consorcio Talgo-Bombardier elabora un informe denominado “**Estudio comparativo del daño sobre la vía ejercido por el tren S730 y un tren de referencia según ETI**” (cuyo código es ES-0363-000-r0, que se adjunta como Anexo V del presente Informe), para justificar los efectos sobre la vía y así poder cumplir con las exigencias de la norma NTC-MA 009 y de la Decisión

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

2008/232/CE, especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad (ETI del Material Rodante de alta velocidad), que limitan el peso por eje de estos trenes a un máximo de 18 tn + 4%.

- ⇒ El Estudio comparativo indicado es aceptado por INECO, y así lo hace constar en la Ficha de cumplimiento de la característica 3.2.3.1. Solicitaciones. Cargas por eje, que se adjunta como Anexo III de este Informe.
- ⇒ Como última aclaración respecto de la limitación del peso por eje de los trenes S730, indicar que en la ETI del Material Rodante de alta velocidad, Decisión 2008/232/CE, en su apartado 4.2.3.2 Carga estática por eje, establece que “La carga estática nominal por eje (P_o) sobre la vía cumplirá los siguientes requisitos, a fin de limitar las fuerzas ejercidas por el tren sobre la vía”.

Tabla 1. Carga estática por eje

Tabla 2. Carga Estática por Eje					
Velocidad máxima de servicio V [km/h]					
	190≤V≤200	200<V≤230	230<V<250	V=250	V>250
Clase 1				≤ 18 t	≤ 17 t
Clase 2 Coches arrastrados y vehículos motores	≤ 22,5 t		≤ 18 t	n. a.	n. a.
Clase 2 Unidades acopladas	≤ 20 t	≤ 18 t		n. a.	n. a.
Clase 2 Coches arrastrados por locomotora	≤ 18 t			n. a.	n. a.

NOTA: t = 1 tonelada = 1.000 kg.

Es decir, que según la ETI de Material Rodante, la limitación de la carga estática nominal por eje tiene por objeto limitar los efectos sobre la vía, no sobre la seguridad de los viajeros.

No obstante, conviene puntualizar el hecho de que un tren, cuanto más pesado sea, más perjudiciales podrán ser los efectos sobre los viajeros, una vez que dicho tren descarrile, pero esta circunstancia se sale fuera de la encomienda recaída sobre este Perito Judicial en la elaboración de los Informes Periciales solicitados, ya que, tal y como se refleja en los párrafos 3º y 4º de los Antecedentes de este Informe, el ámbito de los estudios y análisis solicitados por el Juez Instructor del presente procedimiento se circunscribe, única y exclusivamente, hasta el momento del descarrile del tren Alvia 730.012, no incluyendo, en ningún caso, el análisis de las circunstancias posteriores a dicho momento.

4. COMPORTAMIENTO DEL TREN ALVIA S/730 EN LA CURVA DE ANGROIS

Para abordar este punto se recurrirá a la información proporcionada por el *Centro de Investigación en Tecnologías Ferroviarias, CITEF*, y contenida en el informe pericial solicitado por este Perito denominado **Simulación dinámica de la marcha del tren Alvia 730 y 130, últimos metros recorridos antes de su descarrilamiento**, en el accidente ocurrido el pasado **24 de julio de 2013 en la curva de Angrois en las proximidades de la estación de Santiago de Compostela**, que fue entregado en su versión definitiva el 10 de julio de 2015 a los autos del presente procedimiento abreviado (ver los Antecedentes de este Informe).

Sin ánimo de hacer un análisis minucioso de dicho informe al figurar en Autos, el Perito Judicial que elabora el presente Informe mostrará las **Conclusiones finales** y la **Tabla resumen** contenidas para indicar, según los datos proporcionados por el CITEF, cuál sería el comportamiento de ambos trenes en la curva del accidente.

Conclusiones finales.

Conforme a los tres tipos de análisis realizados y con los modelos desarrollados, a modo de resumen los resultados obtenidos han sido (la Tabla resumen es la siguiente):

		Estudio Estático	Estudio Cuasiestático	Estudio Dinámico Accidente
Simulaciones Modelo S730	Velocidad límite de vuelco (km/h)	168	156	---
	Vehículo descarrila	---	SI	SI
	Mecanismo de descarrilamiento	---	Vuelco	Vuelco
Simulaciones Modelo S130	Velocidad límite de vuelco (km/h)	188	168	
	Vehículo descarrila	---	SI	SI
	Mecanismo de descarrilamiento	---	Vuelco	Vuelco

El modelo desarrollado del tren S730 descarrila por vuelco en un punto de la curva estudiada muy similar al real, si bien no es posible garantizar que sea exactamente el mismo al tratarse siempre de modelos matemáticos y recorrer, debido a la velocidad del tren, un número de metros importante en cada segundo (aproximadamente 50 metros por segundo). Cabe recordar también que el modelo simulado tiene un número de coches inferior al de la composición real.

En caso de someter el modelo desarrollado del tren S130 a las mismas condiciones del accidente, este también descarrila por vuelco, aunque recorre algunos metros más dentro de la zona de curva circular.

INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730

JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

Teniendo en cuenta que la velocidad máxima para circular por la curva de Angrois era, y sigue siendo, de 80 km/h, puede establecerse que el modelo simulado de los trenes S730 podrían tomar dicha curva, según los datos del estudio del CITEF, podría "tomar la curva" a más de 70 km/h por encima de la velocidad máxima.

Por último, y a la vista de los datos consignados en el informe de simulación proporcionado por el CITEF, el comportamiento del modelo simulado de los trenes S130 en la curva de Angrois sería mejor que el de los S730 aunque, según los datos del registrador de velocidades Teloc (ver el apartado *Resumen y Conclusiones* del Informe Pericial de 2 de febrero de 2015), la velocidad en la que se produjo el descarrile del tren Alvia S730.012 fue de 179 km/h, por lo que ambos trenes simulados descarrilarían.

5. CONCLUSIONES DEL PRESENTE INFORME

Teniendo en cuenta todo lo indicado en el presente Informe, y a modo de resumen, se puede concluir, respecto al Material Rodante Ferroviario que se accidentó el pasado 24 de julio de 2013 en la curva de Angrois, el tren Alvia 730.012, lo siguiente:

- ⇒ Las Autorizaciones Administrativas exigidas para circular por la Red Ferroviaria de Interés General, RFIG, es decir las Autorizaciones de Puesta en Servicio y de Circulación se ajustaron a la legislación vigente y de aplicación en el momento en que fueron otorgadas por los organismos ferroviarios competentes para ello, la Dirección General de Ferrocarriles y el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF, respectivamente.
- ⇒ Respecto del **Análisis de Riesgos**, indicar lo siguiente:
 - Para los trenes Alvia S730, obtenidos como **Modificación Significativa de los trenes Alvia S130**, sí que era normativa y técnicamente preceptivo dicho análisis.
 - Que dicho análisis se realizó en la forma y empleando los procedimientos establecidos por las normas reguladoras, vigentes en aquel momento, aplicables a los subsistemas estructurales en el ámbito ferroviario.
- ⇒ **No se ha entrado a valorar** los informes de los Sres. Heijnen y Catmur y del Sr. Catillo Ron, incorporados a los Autos del procedimiento, al no estar referidos al ámbito que por razón de materia corresponde a este Perito Judicial, siendo dicho ámbito el encargado a otros perito Judiciales de la causa.
- ⇒ **No se ha entrado a valorar** la existencia o no de un consenso técnico entre los expertos sobre la necesidad de protección de las transacciones significativas de velocidad mediante sistema de control continuo o puntual, por la misma razón que la indicada en el párrafo anterior.
- ⇒ Por último, y como **conclusión final del presente Informe**, este perito Judicial se ratifica en que la causa del descarrile del tren Alvia 730.012 el pasado 24 de julio de 2013 en la curva de Angrois, fue el exceso de velocidad de entrada en dicha curva, no obstante, a este respecto, se considera de sumo interés plantear el interrogante de **Cómo es posible que una Línea como la 082 entre Ourense y Santiago de Compostela en la que las velocidades a las que está autorizado que circulen los trenes se sitúan entre los 200 y los 220 km/h**, según las autorizaciones mencionadas al inicio de este punto, haya sido

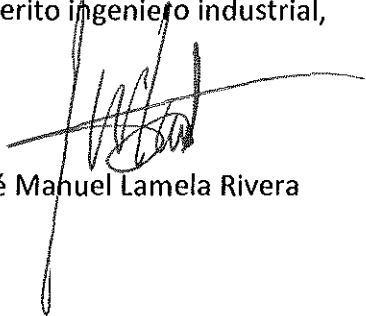
INFORME PERICIAL: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
PROCEDIMIENTO ABREVIADO 4069/2013

concebida **NO** disponiendo de un segundo nivel de protección que cubra la posibilidad de que el maquinista, por los motivos que sean, no atienda en tiempo a la necesidad de frenado y se enfrente a dicha curva a una velocidad muy superior a la máxima permitida, tal y como se produjo en aquel fatídico día.

Este Informe Pericial se ha elaborado con la premisa de honradez profesional y personal, procurando desempeñarlo bien y fielmente, no proponiéndose otro fin más que descubrir y declarar la verdad, tal y como se comprometió este Perito Judicial el día en que aceptó el cargo ante el Magistrado-Juez del Juzgado de Instrucción nº 3 de Santiago de Compostela el 18 de noviembre de 2013.

Santiago de Compostela, 7 de febrero de 2017

El perito ingeniero industrial,


José Manuel Lamela Rivera

ANEXO I

Característica 5.1. Compatibilidad con sistemas de mando y control. Prescripciones de la ETI de Control, Mando y Señalización

S-730

FICHA DE CUMPLIMIENTO DE LA CARACTERÍSTICA PARA EL PROCESO DE AUTORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN POR VÍAS RFIG SEGÚN LA N.T.C. MA 009 DE 2007.

Apartado-Característica a evaluar de la N.T.C. MA 009:

5.1. Compatibilidad con sistemas de mando y control. Prescripciones de la ETI de Control, Mando y Señalización.

Exigencia de la norma:

Los vehículos destinados a ser interoperables, deberán respetar las prescripciones contenidas en la ETI de Control Mando y Señalización, completándose cuando proceda con el resto del capítulo.

Documentación estudiada:

Se ha revisado la documentación justificativa indicada en la ficha de documentación versión: 1.0

Valoración de la característica:

ACEPTABLE CON LIMITACIONES

Observaciones a la aceptación:

Cada tren S-730 se ha configurado a partir de un tren S-130 existente (serie de referencia que actualmente dispone de la autorización de circulación para su explotación ferroviaria), sustituyendo los coches extremos actuales por vehículos CET (coche extremo técnico) de nueva fabricación.

En cuanto a las modificaciones realizadas en el tren S-730 según se especifica en el Expediente de Modificación de los trenes S130 para convertirlos en trenes S130 híbridos, ref. EM-0004-000, versión 01, de fecha 30/06/10, y como resultado de las evaluaciones adicionales realizadas, se puede concluir que el grado de cumplimiento de los requisitos de la presente característica para el tren S-730 es el mismo que para el tren S130.

Para la versión 3.1.0.1 del equipo embarcado, la supervisión ASFA se realiza como una funcionalidad más del STM EBICAB, por tanto no actúa como sistema independiente.

La aceptación se limita a la circulación del equipo con versión de software 3.1.0.1 al amparo del STM LZB en la línea Madrid-Sevilla, en STM-EBICAB cuando sea preciso el uso del modo STM EBICAB en modo ASFA y ETCS nivel 1 en las líneas Madrid-Valladolid, Madrid-Barcelona, Madrid - Levante y Orense- Santiago.

Quedan pendientes de verificar las transiciones desde STM LZB a STM EBICAB ATP ATP y viceversa.

Queda pendiente la aceptación de nivel 2 de ERTMS/ETCS.

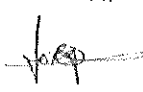
Los riesgos exportados son tolerables, de conocimiento y aceptados por el operador y el gestor de Infraestructura. Los manuales referenciados a continuación contemplan y cierran los riesgos que afectan a la conducción y al mantenimiento.

INECO	
Preparado	Aprobado
Fecha y firma: 14/03/13 	Fecha y firma: 15/03/13 
Merino Montes, Jorge	Gallego Velarde, Fco. Javier

ineco

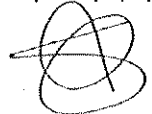
Para la evaluación de la característica se ha empleado la siguiente documentación adicional:

- EBI Cab 2000 con ETCS, LZB-STM ES y STM EBICAB900TBS Aplicación genérica Dossier de Seguridad. Versión del sistema 3.1.0.1, 3NGG514496.SNV, revisión 05 de fecha 06/09/11.
- Informe de pruebas complementarias de nivel 1 en campo para el equipo S-130 en la línea Madrid-Levante versión 4 de fecha 14/12/2010.
- Nota de seguimiento de los resultados de pruebas complementarias N1. Tren S-130 en la línea Madrid-Levante. versión 2 y fecha 13/01/2011.
- Acta reunión Pcomplementarias_101221_v2
- Acta reunión Pcomplementarias_101214_v1
- Informe confirmación de cambio de HW o SW, 3NGM004536, versión 01 de fecha 21/11/11.
- Procedimiento de Activación / Desactivación de Nivel 2 de operación ERTMS, 3NGM004536, revisión 1.0.0.0 de fecha 17/11/11.
- Peso freno y parámetros para definir las curvas de frenado del Talgo 250 (S/130 de Renfe), IF-0075 versión 04 de fecha 18/02/2009.
- Manual de Conducción del STM EBICAB 900 TBS en trenes RENFE S-130 y S-730, 3NGG510770.BER, versión 2.2 de fecha 12/07/11.
- EBI Cab 2000 Sistema ETCS embarcado R3 en trenes S-130/S-730 Manual del Conductor, 3NGM004445, versión 8.1 de fecha 12/08/11.
- Manual de Conducción S730, MC-730-000 Edición 0, Revisión 2 y fecha 01/03/2012
- STM LZB ES Manual de Conducción del STM LZB ES en trenes RENFE S-130 y S-730, 3NGM004068, versión 2.0 de fecha 12/07/11.
- N.T.M. 1301.114.04: NORMA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO SISTEMA EBICAB 2000 PARA S-130, Revisión: 2 - 20 de Febrero 2012 TREN AVE S/130.001 a 045.
- Condiciones de aplicación del Sistema ETCS Embarcado R3 EBI Cab 2000, 3NGM4408D0601, revisión 0.6.0.1 de fecha 18/08/11.
- Aclaraciones sobre la documentación del sistema EBI Cab 2000 HSP250 (letter with clarifications on system documentation of SR3101_es, 20/04/12)
- TFR-041243-SF_ISG-1069 IFR-061086-MT-ISC-628 120314_BT answer.
- Memo_HSP250_120215 (Answers to Questions of 3NGM004408D0601) de fecha 15/02/2012.
- Correo electrónico de asunto: "Re:S130 - Respuesta a los puntos pendientes para la autorización de la versión 3.1.0.1 del ETCS 1/4" enviado por Bombardier el 28/03/2012.
- TFR-041243-SF_ISG-1067 IFR-061086-MT-ISC-626 120112_BT answer_120327.
- TFR-041243-SF_ISG-1070 IFR-061086-MT-ISC-629 120409_answer.
- TFR-041243-SF_ISG-1071 IFR-061086-MT-ISC-630_Respuesta BT 21.05.1012.
- Fe de erratas MC S130 y S730 de fecha 21/05/2012.
- Carta con asunto: S130. Documentación de Mantenimiento para los equipos ETCS y STM-LZB de Bombardier, emitida por Talgo, con referencia CABT250-CTB-RENFE-201 y fecha 3 de abril de 2012.
- Informe Pruebas Complementarias Línea Madrid-Valladolid S130- EVC BOMBARDIER, referencia TFR-041243-SF_ISG-902 IFR-061086-MT-ISC-462 y fecha 17 de junio de 2009.
- EBI Cab 2000 HSP250, Observations from Complementary Tests Madrid-Valladolid, referencia 3NGM004450D2100_Observations MAD-VALL_en y fecha 20/07/2009.
- Informe de respuesta a comentarios de Bombardier sobre pruebas complementarias en la línea Madrid - Valladolid, TFR-041243-SF_ISG-923 IFR-061086-MT-ISC-483 090731, de fecha 31 de julio de 2009.
- Informe Pruebas Complementarias Línea Madrid-Lérida S130- EVC BOMBARDIER, referencia TFR-041243-SF_ISG-911 IFR-061086-MT-ISC-471 y fecha 2 de julio de 2009.
- EBI Cab 2000 HSP250, Observations from Complementary Tests Madrid-Lérida, referencia 3NGM004455D2100_Observations MAD-LER_en y fecha 21/07/2009.

INECO	
Preparado	Aprobado
Fecha y firma: 19/03/13 	Fecha y firma: 13/03/13 
Merino Montes, Jorge	Gallego Velarde, Fco. Javier

ineco

- Informe de respuesta a comentarios de Bombardier sobre pruebas complementarias en la línea Madrid – Lérica, TFR-041243-SF_ISG-922 IFR-061086-MT-ISG-482 090731, de fecha 31 de julio de 2009.
- Correo electrónico de Bombardier de justificación de incidencia de asunto "RE: s-130. Revisión del análisis JRU. Incidencias pendientes de pruebas complementarias" del 10/08/2009.
- Acta de reunión 04/08/2009 "Análisis de resultados de pruebas complementarias Nivel 1" asistentes: RENFE, Tísa y Bombardier.
- Informe Pruebas complementarias en vía del tren S-130 (EVC Bombardier) en la línea Lérica-Barcelona, referencia TFR-041243-SF_ISG-955 IFR-061086-MT-ISG-514 091105 y fecha 05/11/2009.
- EBI Cab 2000 HSP250, Observations from Complementary Tests Lérica-Barcelona, referencia 3NGM004465D2100_Observations LER-BAR_en y fecha 14/01/2010.
- Informe resumen de las incidencias y puntos abiertos de las pruebas complementarias en el By-Pass de Vallecas y en las líneas de Córdoba-Málaga y Lérica-Barcelona, TFR-041243-SF_ISG-1033 IFR-061086-MT-ISG-953, de fecha 03/08/2010.
- Informe Pruebas Integración N1_730_Orense-Santiago_v1 de fecha 02/03/2012.
- Anejo al Informe N1_730_Orense-Santiago_v1 de fecha 08/03/2012.
- Correo electrónico de Renfe de Incidencias Pruebas Complementarias S-730 Orense-Santiago del 29/05/2012.
- Acta reunión Pcomplementarias_120305_v1 de fecha 05/03/2012.
- Carta de envío de documentación a la Dirección de Seguridad en la Circulación de RENFE, r.f. DTIT/GIT/CA nº 254/09 del 07/08/2009.
- Memo_HSP250_1203268Functional Changes between SR 3.1.0.1 and 2.2.0.1
- Listado Pruebas Tren N1_s-130_730_v3.
- Proceso de homologación equipos ETCS en trenes S-130 y S-730. Análisis de los riesgos exportados y condiciones de aplicación en la versión 3.1.0.1, INF_1300_118_01_MIT Edición 1 y fecha 30/04/2012.
- Carta de la Dirección de Seguridad en la Circulación de ADIF con asunto "Aceptación de los riesgos exportados por el equipo ETCS de Bombardier versión 3.1.0.1 para los trenes de la serie 130" con código DSC-JGCH-12061-ACL y fecha de emisión 29 de mayo de 2012.
- Análisis de riesgos exportados al Gestor de la Infraestructura por el ETCS de Bombardier "N1+STM LZB + STM Ebicab-Asfa" para los trenes S-130 versión 3.1 de mayo 2012.
- TFR-041243-SF_ISG-1070 IFR-061086-MT-ISG-629 120409 de fecha 09/04/12.
- TFR-041243-SF_ISG-1070 IFR-061086-MT-ISG-629 120409_answer.
- S-130: Ficha 3, Característica 5.1, NTC MA009 de fecha 05/06/12.
- S-130: Ficha 3, Característica 5.1.2.2, NTC MA001 de fecha 05/06/12.
- IFR-10538-MT-ISG-315 de fecha 26/10/12.
- S/730 – ISG 315 25.10.2012 – Respuesta Bombardier.
- IFR-10538-MT-ISG-320 de fecha 17/12/12.
- IFR-10538-MT-ISG-337 de fecha 11/03/13.

INECO	
Preparado	Aprobado
Fecha y firma: 19/6/13	Fecha y firma: 19/6/13
	
Morino Montes, Jorge	Gallego Velardo, Fco. Javier

ANEXO II

Característica 6.2.1.1. Frenado y tracción. Tracción.

Prestaciones de tracción

S-730

FICHA DE CUMPLIMIENTO DE LA CARACTERÍSTICA PARA EL PROCESO DE AUTORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN POR VÍAS RFIG SEGÚN LA N.T.C. MA 009 DE 2007.

Apartado-Característica a evaluar de la N.T.C. MA 009:

6.2.1.1. Frenado y tracción. Tracción. Prestaciones de tracción.

Exigencia de la norma:

Las prestaciones de tracción cumplirán las prescripciones establecidas en la ETI del subsistema material rodante (ver cuadro de la norma)

De 0 a 40 km/h $\geq 48 \text{ cm/s}^2$

De 0 a 120 km/h $\geq 32 \text{ cm/s}^2$

De 0 a 160 km/h $\geq 17 \text{ cm/s}^2$

Documentación estudiada:

Se ha revisado la documentación justificativa indicada en la ficha de documentación versión: 3.0

Valoración de la característica:

NO CUMPLE

Observaciones a la aceptación:

Cada tren S-730 se ha configurado a partir de un tren S-130 existente (serie de referencia que actualmente dispone de la autorización de circulación para su explotación ferroviaria), sustituyendo los coches extremos actuales por los vehículos CET (coche extremo técnico) de nueva fabricación.

En cuanto a las modificaciones realizadas en el tren S-730, según se especifica en el Expediente de Modificación de los trenes S130 para convertirlos en trenes S130 híbridos, ref.EM-0004-000, versión 01, de fecha 30/06/10, y como resultado de las evaluaciones adicionales realizadas, se puede concluir que se ve afectado el grado de cumplimiento de los requisitos de la presente característica para el tren S-730.

La presente característica no cumple los requisitos establecidos en la NTC MA 009, debido a que la aceleración media presentada por BOMBARDIER en el tramo de 0 a 40 Km/h es inferior al valor mínimo requerido por la NTC.

La NTC requiere en este tramo de velocidad al menos una aceleración media de 48 cm/s^2 , sin embargo el valor de aceleración presentado por BOMBARDIER es de $47,1 \text{ cm/s}^2$.

En el caso de los otros dos tramos que exige la NTC, de 0 a 120 Km/h y de 0 a 160 Km/h, los valores presentados por BOMBARDIER están por encima del límite exigido.

Las aceleraciones medias presentadas por BOMBARDIER para la evaluación de la presente característica, han sido deducidas por un software de simulación que en condiciones de vía recta nivelada, obtiene los valores de aceleración en base a la curva de resistencia al avance obtenida en las pruebas del S730 y la curva teórica del esfuerzo de tracción.

INECO	
Preparado	Aprobado
Fecha y firma: 19/03/2013	Fecha y firma: 14/03/2013
Mariana Vergás, María Victoria	Marcos Gómez, Eduardo

ANEXO III

Característica 3.2.3.1. Solicitaciones. Cargas por eje

S-730

FICHA DE CUMPLIMIENTO DE LA CARACTERÍSTICA PARA EL PROCESO DE AUTORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN POR VÍAS RFIG SEGÚN LA N.T.C. MA 009 DE 2007.

Apartado- Característica a evaluar de la N.T.C. MA 009:

3.2.3.1. Solicitaciones. Cargas por eje.

Exigencia de la norma:

Las cargas por eje serán conforme a la ETI de material rodante. (Ver cuadro de la norma)

Velocidad máx. servicio	Carga estática
>250 km/h	=<17 Tm/eje
=250 km/h	=<18 Tm/eje

Documentación estudiada:

Se ha revisado la documentación justificativa indicada en la ficha de documentación versión: 0.0

Valoración de la característica:

ACEPTABLE

Observaciones a la aceptación:

Cada tren S-730 se ha configurado a partir de un tren S-130 existente (serie de referencia que actualmente dispone de la autorización de circulación para su explotación ferroviaria), sustituyendo los coches extremos actuales por los vehículos CET (coche extremo técnico) de nueva fabricación.

En cuanto a las modificaciones realizadas en el tren S-730, según se especifica en el Expediente de Modificación de los trenes S130 para convertirlos en trenes S130 híbridos, ref.EM-0004-000, versión 01, de fecha 30/06/10, y como resultado de las evaluaciones adicionales realizadas, se puede concluir que el grado de cumplimiento de los requisitos de la presente característica para el tren S-730 es el mismo que para el tren S-130, no viéndose afectada por tanto la valoración original.

Los resultados de la prueba de pesado realizada sobre los bogies de los coches CET y rodales adyacentes (lado turista y preferente) de la unidad S730-17, pone de manifiesto la existencia de ejes que superan los límites de carga por eje y de desequilibrio de carga entre ruedas. La carga máxima por eje es 18.927 kg. El desequilibrio máximo para la diferencia entre ruedas es de 6.7%.

No obstante, la documentación enviada por TALGO pone de manifiesto que el efecto generado sobre la vía por el tren S730, es menor que el producido por el tren de referencia ETI de 9 bogies y 18 t de carga estática por eje, por lo que la presente característica se considera aceptable.

INECO	
Preparado	Aprobado
Fecha y firma: 11/02/13	Fecha y firma: 11/02/13
	
Río Alonso, Eduardo del	Gallego Velardo, Fco. Javier

ANEXO IV

Análisis del frenado del tren 730.012 en el accidente de a Grandeira

	INFORME				PAGINA 1 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

ANÁLISIS DEL FRENADO DEL TREN S730.012 EN EL ACCIDENTE DE A GRANDEIRA



PROYECTO:

PRODUCTO Y GRUPO CONSTRUCTIVO:

SUBTIPO DE DOCUMENTO 1:

SUBTIPO DE DOCUMENTO 2:

Realizado	PCG/REM	Comprobado	REM	Aprobado	JSD
Fecha	11/02/2014	Fecha	11/02/2014	Fecha	11/02/14
Firma		Firma		Firma	

	INFORME				PAGINA 2 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

HOJA DE CONTROL DE DISTRIBUCION Y VERSIONES

DEPARTAMENTO EMISOR:	O.T. - IME
----------------------	------------

DEPARTAMENTOS RECEPTORES		DEPARTAMENTOS RECEPTORES	
DESARROLLO DE CLIENTES		FABRICACION	
DESARROLLO DE CUENTA		ING. FABRICACION. LAS MATAS II	
DESARROLLO DE NEGOCIO		ING. FABRICACIÓN RIVABELLOSA	
DIRECCION I+D+i		PUESTA EN SERVICIO	
O.T. y DIRECCION DE PROYECTOS	X	CONTROL DE CALIDAD LAS MATAS II	
COORDINADOR PROYECTOS		ENSAYOS	
COMPRAS		INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	
MAQUINAS AUXILIARES		MANTENIMIENTO LAS MATAS I	
JEFATURA PROYECTOS MAQUINAS AUX.		MANTENIMIENTO FUENCARRAL	
		MANTENIMIENTO STA. CATALINA	
TALGO GmbH		MANTENIMIENTO BARCELONA	
TALGO Inc		MANTENIMIENTO MALAGA	
TALGO KAZAJSTAN		MANTENIMIENTO RODADURA LAS MATAS II	

Edición	Fecha	Apartado modificado	Descripción modificación

	INFORME				PAGINA 3 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

CONTENIDO

1. OBJETO	4
2. ALCANCE	4
3. REFERENCIAS	4
3.1. Documentos	4
3.2. Normas	4
4. Acrónimos	4
5. DESARROLLO.....	4
5.1. Perfil de vía	4
5.2. Condiciones del tren	5
5.2.1. Estado de carga del tren	5
5.2.2. Diámetros de rueda.....	6
5.3. Disparo del frenado	6
5.4. Comportamiento real del tren basado en datos DDS y del registrador	6
5.4.1. Datos diagnóstico	6
5.4.2. Velocidad del tren durante el accidente	7
5.5. Prestaciones teóricas y normativas	7
5.6. Análisis de resultados	9
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	10
ANEXOS	11
Anexo 1: Peso del tren en tara (extracto de [4])	11
Anexo 2: Diámetros de rueda del tren S730.12 (extracto de [5])	12

	INFORME				PAGINA 4 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

1. OBJETO

El objetivo de este documento es comparar las prestaciones de frenado teóricas de los trenes de la serie 730 de Renfe con las obtenidas por el tren S730.012 en el accidente del 24.07.2013.

2. ALCANCE

El alcance de este estudio se limita a la comparativa de la frenada previa al descarrilamiento, considerando las características de la vía y el estado del tren en el momento de la incidencia. Se han utilizado para el estudio los datos de diagnóstico almacenados en las motrices así como los datos del registrador jurídico.

3. REFERENCIAS

3.1. Documentos

- [1] ORENSE-SANTIAGO-V5_(L082)
- [2] 2 5 2_ESQUEMA FUNCIONAL_Tramo
- [3] CA-0181-r0 (F055 - Resistencia al avance S130H)
- [4] PF-0373-001-r2 (F055 - Pruebas dinámicas freno Tren Talgo 250 Híbrido) INFORME
- [5] Presentación2 DIAMETROS 110913

3.2. Normas

- [6] Especificación Técnica de Interoperabilidad Material Rodante (2008).
- [7] EN14531-6 (2010): Aplicaciones ferroviarias. Método para el cálculo de las distancias de parada, distancias de ralentización y frenado de inmovilización. Parte 6: Cálculo paso a paso para composiciones de tren o vehículos aislados
- [8] EN 15734-2 (2011): Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de frenado para los trenes de alta velocidad. Parte 2: Métodos de ensayo
- [9] UIC 541-3(ed. 7, 2010): Frenos. Frenos de disco y su aplicación. Condiciones generales para la aceptación de guarniciones de freno

4. ACRÓNIMOS

CET Coche extremo técnico
ETI Especificación Técnica de Interoperabilidad
PK Punto Kilométrico
MVB Multifunction Vehicle Bus
WTB Wired Train Bus
TCMS Train Control Management System

5. DESARROLLO

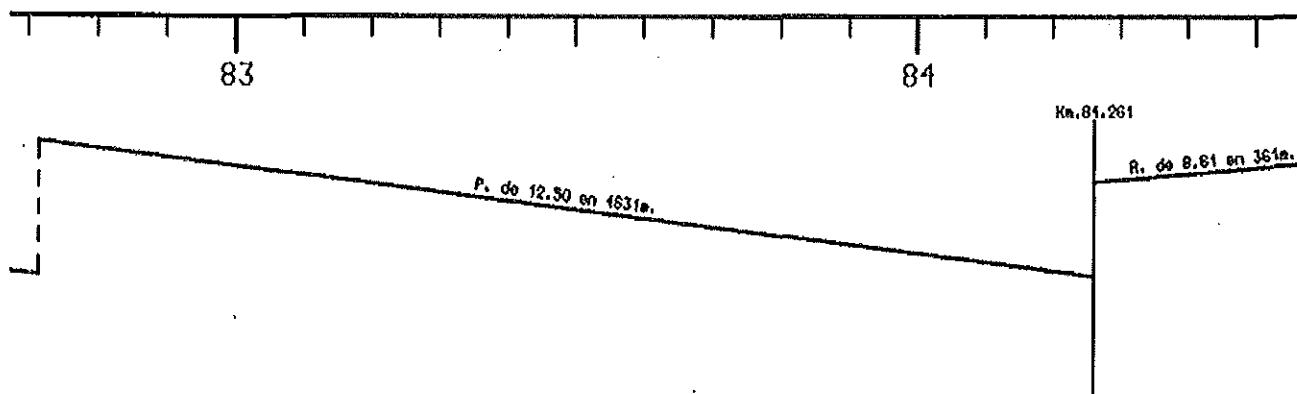
Se analizan los parámetros relevantes para el frenado del tren en las condiciones del accidente (perfil de vía, peso del tren y diámetro de rueda) para poder comparar posteriormente las prestaciones alcanzadas con las "teóricas" y normativas que debe cumplir el tren.

5.1. Perfil de vía

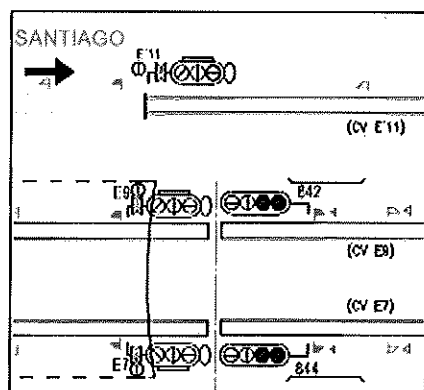
Es especialmente relevante definir adecuadamente la altimetría de la vía en la zona de estudio, dada la determinante influencia que la pendiente tiene en las prestaciones de frenado del tren.

	INFORME				PAGINA 5 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

Se toma como referencia el perfil de vía definido en [1], y se modela para el cálculo el tramo entre el PK 83,0 y el PK 84,5. La altimetría de la zona queda descrita en la siguiente imagen:



Además, es relevante la posición de las balizas de ASFA, porque se pueden conocer datos de la velocidad del tren a su paso por las mismas. Tomando también como referencia [1], en la zona existe una baliza de pie de señal (E7) y la baliza previa (E'7), ubicadas como se muestra en la siguiente tabla:



Baliza	PK
E'7 previa	83,876
E7 pie de señal	84,171

5.2. Condiciones del tren

Los parámetros específicos, afectados por las condiciones de circulación del tren en el momento del estudio son:

- Estado de carga
- Diámetro de rueda

A continuación se resumen las consideraciones realizadas para cada caso

5.2.1. Estado de carga del tren

El peso del tren en tara, 364.3t, se toma de las pesadas realizadas y registradas en el documento [4], cuyos resultados se muestran en el anexo 1.

El estado de carga considerado es el siguiente:

- Depósitos de agua y residuos = 1.050 kg. El tren salió del taller con los depósitos de agua llenos (2.100 kg = 20x105 litros) y de residuos vacíos. El agua disponible garantiza más de 2 viajes completos. Asumiremos que el tren del accidente había vaciado ya el 50% del agua sin aumentar el peso en los depósitos de residuos (hipótesis conservadora para este estudio, ya que a menor peso, mejores deben ser las prestaciones del tren).

	INFORME				PAGINA 6 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

- Depósitos de Gas-Oil al 25% (se encontraba activo el aviso de nivel de Gas-Oil bajo): 924 kg
- Ocupación: 220 personas, a razón de 80 kg/pax

Así, se obtiene una masa total del tren de 383,9 toneladas.

5.2.2. Diámetros de rueda

Respecto al diámetro de rueda: En el último torneado (24/07 por la mañana) los diámetros de rueda medidos se muestran en el anexo 2, que es un extracto del documento [5].

Con esos datos, se obtienen las siguientes medias por tipo de vehículo:

Vehículo	Diámetro medio (mm)	Vida residual	% respecto a rueda nueva
Motrices (mm)	993,21	81%	98,3%
CET (mm)	975,33	61%	96,6%
Coches (mm)	866,72	52%	96,3%
Media tren			97.1%

5.3. Disparo del frenado

Se ha utilizado la información del Teloc que sincroniza en el mismo registro la información del tren junto con la lectura de las balizas del ASFA. De este modo se aprecia que desde la lectura de la baliza previa del PK 83,876, hasta la aplicación del frenado de emergencia por el maquinista transcurren 2,42". Teniendo en cuenta que se circulaba a velocidad constante, de 199.76 km/h según el Teloc, supone recorrer una distancia de 134 m. Por lo tanto el PK donde se produjo el disparo del frenado rápido por el maquinista es el PK 84,010.

5.4. Comportamiento real del tren basado en datos DDS y del registrador

5.4.1. Datos diagnosis

Se extraen de la diagnosis los datos más relevantes de los 2 eventos que marcan el entorno temporal del accidente, desde la aplicación del freno rápido por el maquinista hasta el comienzo del descarrilamiento:

PH	Descripción	Hora inicio (PH 45)
45	Freno rápido mando maquinista	20:41:01(*)
45	Salto de pantógrafo (DCU1)	20:41:09
(*) : Corresponde a la hora 20:40:59 del Registrador Jurídico		

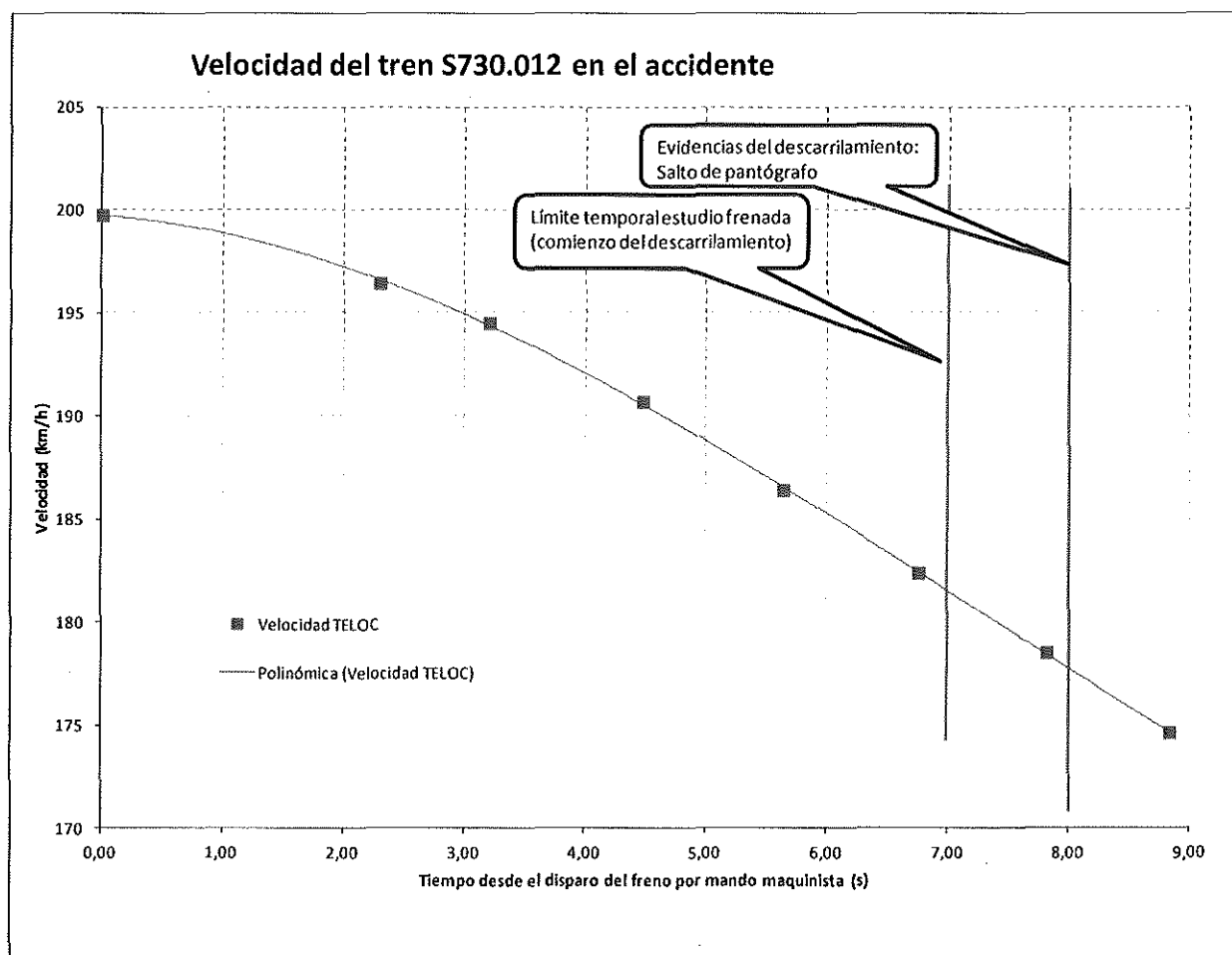
A partir del instante 20:41:09, se suceden eventos que evidencian el descarrilamiento: Apertura del lazo de emergencia, detección salto de pantógrafos (presumiblemente por rotura de la línea de alta al descarrilar el CET de cabeza), baja tensión de catenaria, fallos de sensores de velocidad etc... Además, ya en el segundo 20:41:10 se evidencian diferencias de velocidad de hasta 22 km/h para la velocidad de vehículo de la motriz 45, por lo que se considera que ninguna velocidad es válida más allá de 20:41:09.

Para el alcance de este informe, comparativa de prestaciones de frenado en condiciones normales, debe considerarse como máximo hasta el segundo 20:41:08, ya que posteriormente no hay garantía de que los ejes de todos los vehículos estuvieran en contacto con el carril.

	INFORME				PAGINA 7 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

5.4.2. Velocidad del tren durante el accidente

En el siguiente gráfico se muestra la curva de velocidad registrada por el Teloc y el entorno temporal que se analizará en cuanto a prestaciones de frenado.



5.5. Prestaciones teóricas y normativas

Las prestaciones de frenado mínimas que debe cumplir la S730, en llano y carga normal (de forma simplificadas equiparable a plena carga), son las indicadas en la Especificación Técnica de Interoperabilidad [6] para los casos A (con carril seco y según el sistema de freno de la serie S730 un módulo freno reostático desactivado) y B (además de las condiciones del caso A se debe considerar un distribuidor de freno aislado, baja adherencia rueda/carril y coeficiente de fricción disco/guarnición reducido por la humedad):

	Tiempo equivalente aplicación (s)	Deceleración mínima por tramo de velocidad (m/s ²)	
		230 a 170 km/h	170 a 0 km/h
Caso A	3	1.05	1.2
Caso B	3	0.8	0.9

	INFORME				PAGINA 8 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

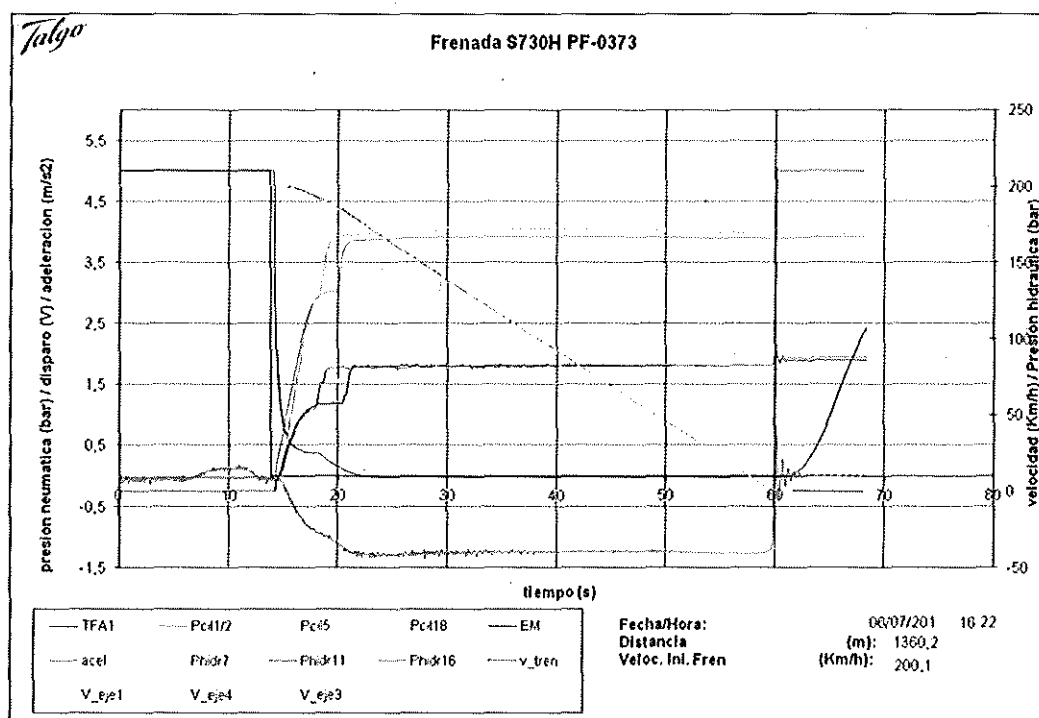
En las condiciones del accidente las condiciones eran de carril seco y todos los equipos de freno en servicio, por lo que son comparables al caso A.

Para la comparación de las prestaciones obtenidas por el tren, se ha extraído del informe de las pruebas de homologación [4] las frenadas realizada en las condiciones más comparables.

En el entorno de los 200 km/h se utilizaron para la homologación 4 registros realizados el 6/7/2011:

Identificación registro	100	102	104	106
Velocidad inicial	197.9	197.8	201.2	200.13
Hora	13:09	13:32	14:53	16:22

Se ha escogido el registro 106 con velocidad inicial más cercana a la velocidad de incidencia, que se muestra en la siguiente imagen.



Para la comparativa, a partir de las prestaciones registradas de velocidad:

- Se han calculado las deceleraciones y fuerzas de frenado instantáneas obtenidas en el ensayo.
- Se han corregido las desviaciones entre el tren de ensayo y el tren del accidente por diámetro de rueda y estado de carga.
- Se ha corregido el efecto del trazado: pasando de una pendiente de 1 mm/m al perfil variable del accidente (pasando de pendiente de 12,5 a rampa de 8,6 en el PK 84.2). PK de inicio de frenada 84,01
- Se ha construido la curva de evolución de la velocidad con las nuevas fuerzas de frenado y deceleraciones para las condiciones de carga del accidente y perfil de vía.

De igual modo, para trasladar los requisitos normativos a la frenada en estudio, se han corregido las deceleraciones por efecto del trazado.

El método de cálculo utilizado ha seguido los requisitos indicados en la EN-14531-6.

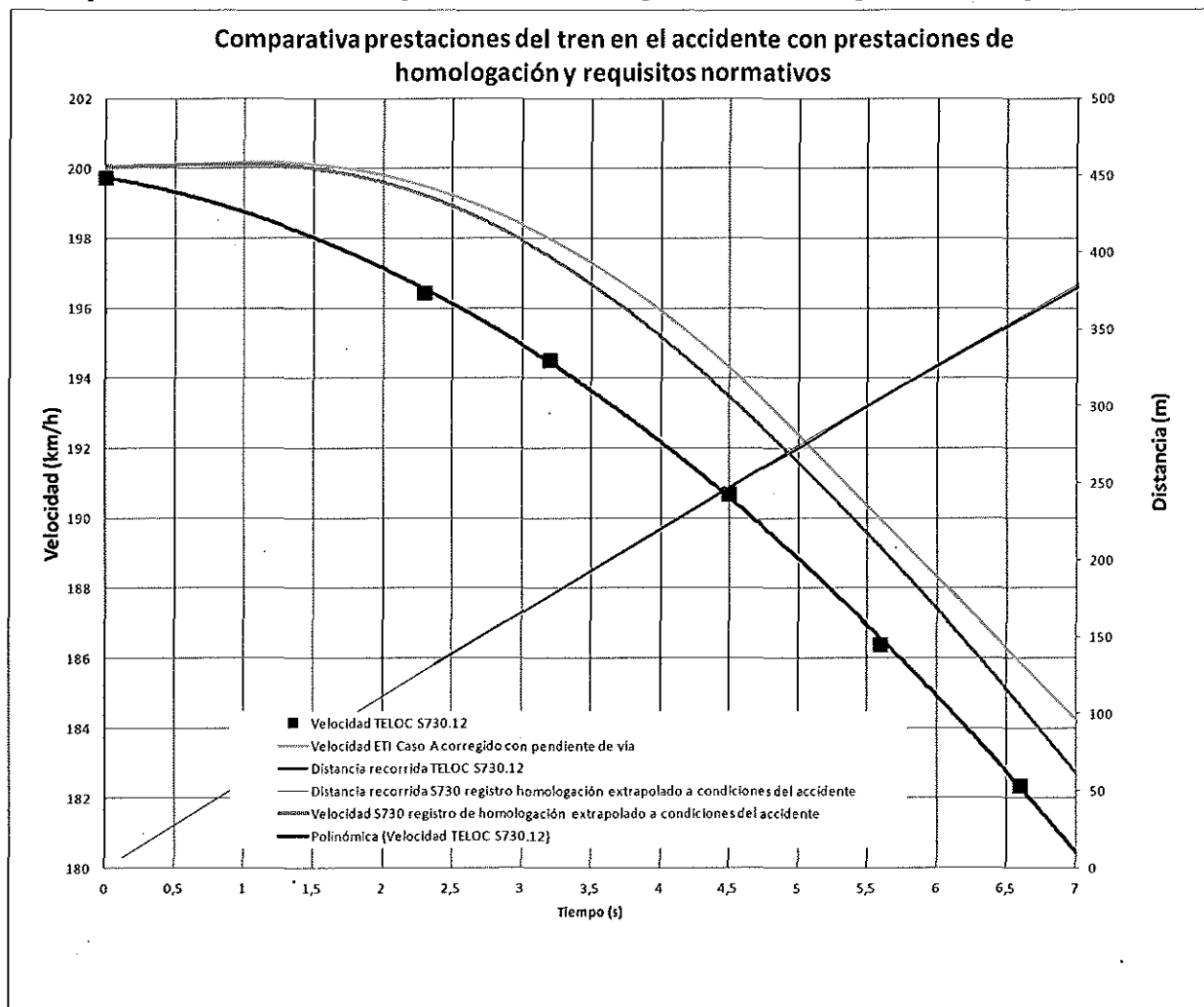
En la siguiente gráfica se muestra:

- La evolución de la velocidad del tren S730.012 durante el accidente.

	INFORME				PAGINA 9 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

- La evolución de la velocidad del tren durante la homologación extrapolada a las condiciones del accidente (tren y vía).
- La evolución mínima de la velocidad según la normativa ETI[6] caso A teniendo en cuenta las pendientes del tramo de estudio.

Para el análisis de los resultados, se han superpuesto las curvas desde el disparo del freno rápido por el maquinista hasta el límite temporal de estudio definido en §5.4.2 (7" después) de forma que se puede comprobar visualmente si el comportamiento obtenido por el tren se corresponde con el esperado:



5.6. Análisis de resultados

De la gráfica se extraen las siguientes conclusiones:

- Durante el tiempo de establecimiento del esfuerzo de frenado, el comportamiento del tren (curva negra) fue ligeramente mejor que el del ensayo de homologación (curva azul), en parte porque el freno eléctrico estaba aplicado parcialmente.
- Durante los 7 segundos analizados, la evolución de la velocidad del tren del accidente es aproximadamente 2 km/h inferior a la evolución de la velocidad del tren durante los ensayos de homologación.

	INFORME				PAGINA 10 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha recopilado la información relevante del estado del tren (estado de carga y diámetro de rueda) y de la vía que determinan las condiciones de frenado del tren.

Por otra parte se ha analizado la información disponible en el registrador para determinar la velocidad del tren S730.012, y la base de datos de eventos de diagnóstico de las motrices (DDS) para reconstruir el entorno durante la frenada de emergencia previa al descarrilamiento.

Por último, se han trasladado los resultados de las pruebas de homologación y los requisitos normativos a las condiciones del accidente para comparar las prestaciones.

De este estudio se deduce que las prestaciones de frenado del tren S730.012 durante la frenada de emergencia previa al descarrilamiento han sido correctas.

	INFORME				PAGINA 11 / 12
	IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión	

ANEXOS

Anexo 1: Peso del tren en tara (extracto de [4])

Eje	Rueda	Masa (kg)
1	Izq	70383
	Dcha	
2	Izq	
	Dcha	
3	Izq	
	Dcha	
4	Izq	
	Dcha	
5	Izq	8951
	Dcha	9201
6	Izq	9481
	Dcha	9026
7	Izq	8573
	Dcha	8761
8	Izq	7073
	Dcha	7418
9	Izq	7403
	Dcha	7390
10	Izq	6958
	Dcha	7028
11	Izq	7368
	Dcha	7413
12	Izq	7123
	Dcha	7433
13	Izq	7050
	Dcha	7358
14	Izq	7128
	Dcha	7290
15	Izq	7020
	Dcha	7350
16	Izq	8365
	Dcha	8628
17	Izq	9019
	Dcha	9633
18	Izq	8796
	Dcha	9290
19	Izq	70388
	Dcha	
20	Izq	
	Dcha	
21	Izq	
	Dcha	
22	Izq	
	Dcha	

		INFORME			PAGINA 12 / 12
IF-0265 Código	ZIF Tipo	000 Idioma y parte	03 Versión		

Anexo 2: Diametros de rueda del tren S730.12 (extracto de ISI)



PARAMETROS DE RODADURA

730.012

Datos correspondientes a la visita a Taller del día 24,07,2013

Numeración UIC	Tipo Vehículo	Bogie	Pos.	Eje/Rodal	Nº Rueda Izq	G	Qr	Ø	Nº Rueda Dcha.	G	Qr	Ø
96719 730 046-0	Cabeza Motriz 1	BG130-100	1	Z130-088	65462-232	30.0	10.9	979.3	65450-250	30.0	11.0	979.4
			2	Z130-083	65450-253	29.9	10.8	982.3	65462-230	30.0	11.0	982.1
		BG130-156	3	Z130-272	065448-242	29.2	9.0	1010.0	065448-218	28.8	8.4	1010.0
			4	Z130-372	65448-226	29.0	8.9	1010.0	65448-239	29.2	9.2	1010.0
90717 730 122-9	Coche CET Preferente	BG730-007	5	Z130-418	56922-024	28.2	10.0	983.5	56922-066	28.1	10.3	983.5
			6	Z130-415	56922-032	28.5	10.5	986.4	56922-033	28.9	10.6	986.6
90717 730 123-7	Coche Preferente		7	RRH0590	69613-02	29.6	10.0	863.0	69805-10	28.6	10.0	861.4
90717 730 124-5	Coche Accesible Preferente		8	RRH0373	65357-225	29.1	10.3	845.9	65357-039	28.6	10.0	845.6
90717 730 125-2	Coche Cafeteria-Bar		9	RRH0297	65357-157	27.7	8.9	866.3	65357-224	29.3	9.8	866.5
			10	RRH0242	65357-230	29.5	10.0	869.9	65357-215	30.2	10.6	872.2
90717 730 126-0	Coche Turista		11	RRH0047	65357-021	29.3	10.1	870.3	65357-218	29.9	10.5	869.9
90717 730 127-8	Coche Turista		12	RRH0077	65357-216	28.2	9.0	876.6	65357-142	28.1	8.6	876.6
90717 730 128-6	Coche Turista		13	RRH0060	65357-101	28.0	8.9	875.1	65357-040	27.9	8.6	874.9
90717 730 129-4	Coche Turista		14	RRH0034	65521-124	31.7	10.2	880.0	65520-189	31.1	10.0	880.0
90717 730 130-2	Coche Turista		15	RRH0132	65357-118	28.6	9.0	873.1	65357-231	27.8	8.0	873.7
90717 730 131-0	Coche Turista		16	RRH0018	65357-131	30.0	10.4	846.1	65357-214	31.0	10.7	847.2
90717 730 132-8	Coche CET Turista	BG730-012	17	Z130-408	65094-209	29.7	10.8	966.5	65094-210	29.6	10.5	966.6
			18	Z130-407	65093-127	29.9	10.8	964.7	65094-174	29.8	10.8	964.8
96719 730 045-2	Cabeza Motriz 2	BG130-006	19	Z130-114	30841-057	29.5	9.6	1010.0	R30841-047	29.0	9.2	1010.0
			20	Z130-283	30841-067	29.4	9.3	1010.0	35399-035	29.4	9.8	1010.0
		BG130-159	21	Z130-004	65448-263	31.7	11.0	973.4	65448-262	31.7	10.9	973.4
			22	Z130-003	65450-234	29.5	10.9	970.6	65450-241	30.2	10.9	970.9

NUEVO INFORME PERICIAL
EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL TREN ALVIA S/730 EN LA CURVA DE ANGROIS
DE LA LÍNEA 082

ANEXO V

**Estudio comparativo del daño sobre la vía ejercido por
el tren S730 y un tren de referencia según ETI**

ANEXO V

Estudio comparativo del daño sobre la vía ejercido por el tren S730 y un tren de referencia según ETI

<i>Talgo</i>	ESTUDIO				PAGINA 1 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

ESTUDIO COMPARATIVO DEL DAÑO SOBRE LA VÍA EJERCIDO POR UN TREN S730 Y UN TREN DE REFERENCIA SEGÚN ETI



PROYECTO: F055

PRODUCTO Y GRUPO CONSTRUCTIVO:

SUBTIPO DE DOCUMENTO 1:

SUBTIPO DE DOCUMENTO 2:

Realizado	LGM	Comprobado	JCMP	Aprobado	VRG
Fecha	02/03/2012	Fecha	02/03/12	Fecha	02/03/2011
Firma			Firma		

	ESTUDIO				PAGINA 2 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

HOJA DE CONTROL DE DISTRIBUCION Y VERSIONES

DEPARTAMENTO EMISOR:	RODADURA
----------------------	----------

DEPARTAMENTOS RECEPTORES		DEPARTAMENTOS RECEPTORES	
DESARROLLO DE CLIENTES		FABRICACION	
DESARROLLO DE CUENTA		ING. FABRICACION. LAS MATAS II	
DESARROLLO DE NEGOCIO		ING. FABRICACIÓN RIVABELLOSA	
DIRECCION I+D+i	X	PUESTA EN SERVICIO	
O.T. y DIRECCION DE PROYECTOS	X	CONTROL DE CALIDAD LAS MATAS II	
COORDINADOR PROYECTOS	X	ENSAYOS	
COMPRAS		INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	
MAQUINAS AUXILIARES		MANTENIMIENTO LAS MATAS I	
JEFATURA PROYECTOS MAQUINAS AUX.		MANTENIMIENTO FUENCARRAL	
		MANTENIMIENTO STA. CATALINA	
TALGO GmbH		MANTENIMIENTO BARCELONA	
TALGO Inc		MANTENIMIENTO MALAGA	
TALGO KAZAJSTAN		MANTENIMIENTO RODADURA LAS MATAS II	

<u>Edición</u>	<u>Fecha</u>	<u>Apartado modificado</u>	<u>Descripción modificación</u>
0	02/03/2012		Primera edición del documento

	ESTUDIO				PAGINA 3 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

INDICE

1.- OBJETO.....	4
2.- ALCANCE.....	4
3.- REFERENCIAS.....	4
4.- DEFINICIONES.....	4
5.- NORMATIVA APLICABLE.....	4
6.- INTRODUCCIÓN.....	5
7.- ANÁLISIS DEL DEFECTO DE LA CARGA ESTÁTICA SOBRE LA VÍA.....	6
7.1.- Cálculo de los desplazamientos verticales de la vía y momentos flectores.....	6
7.2.- Cálculo de los parámetros de daño a la vía.....	9
7.2.1. Fatiga en las uniones soldadas.....	9
7.2.2. Defectos ovalados subsuperficiales (taches ovales).....	11
7.2.3. Asentamiento del balasto.....	12
8.- ANÁLISIS DE LAS CARGAS DINÁMICAS VERTICALES CON RELACIÓN A LA FATIGA DE VÍA.....	13
8.1.- Resultados para el bogie.....	13
8.2.- Resultados para el rodal.....	15
9.- ANEXOS.....	17
Anexo I. Registro de pesada del tren S730-11 (30-05-2011).....	17
Anexo II. Extracto de la ETI.....	18

	ESTUDIO				PAGINA 4 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

1.- OBJETO

El objetivo de este documento es estudiar el daño que ejerce sobre la vía el paso de un tren Talgo Híbrido (S730).

Para ello se analizan los siguientes puntos:

- Comparación entre los parámetros de daños sobre la vía que producen los ejes remolcados de un tren S730 con los de un tren que tenga 9 bogies convencionales (18 ejes) remolcados que cumpliera el requisito de carga estática máxima por eje dado por la Especificación Técnica de Interoperabilidad de Material Rodante.
- Evaluación de las cargas dinámicas verticales de las ruedas sobre la vía, en base a los resultados de las pruebas para la certificación dinámica a 250 Km/h.

2.- ALCANCE

- F055: Tren Talgo Híbrido (S730).

3.- REFERENCIAS

- [1] VERA, C "Ferrocarriles. Capítulo 3. Aplicación del método de los elementos finitos al cálculo del comportamiento de vía". Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] AEA Technology, "Introduction to Railway Vehicle Dynamics", Course Notes, 8-10 November 1999.
- [3] PF-0345-005-r0 (F055 - Resultados de los ensayos dinámicos - Certificación S730)
- [4] PF-0102-003-r0 (S-130 RENFE - CERTIFICACION A 250 km/h - Resultado ensayos dinámicos)

4.- DEFINICIONES

CET: Coche Extremo Técnico.

5.- NORMATIVA APLICABLE

- [5] UIC 518, "Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour – Safety – Track fatigue – Ride quality". (2005).
- [6] Especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema Material Rodante (2008).

	ESTUDIO				PAGINA 5 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

6.- INTRODUCCIÓN

El tren de alta velocidad S730 está compuesto por 11 coches, lleva dos bogies (4 ejes) y 10 rodales (10 ejes), en total 14 ejes. En la siguiente figura se muestra la composición del S730:

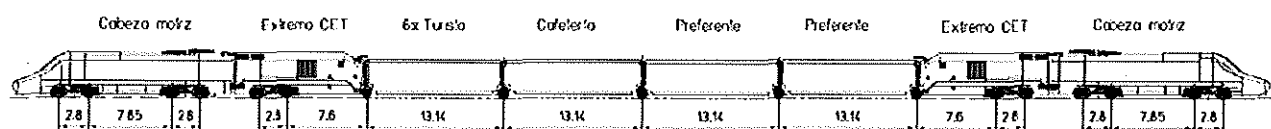


Figura 1: Composición del tren S730

La numeración se inicia en el extremo preferente. El eje 5 corresponde al primer eje del bogie del CET del extremo preferente. En la siguiente tabla se recogen las cargas estáticas por rueda medidas en la composición S730-11 medidas el 30-05-2011. Ver Anexo I.

Eje	Rueda	Carga estática por rueda [T]	Carga estática por eje [T]
5	I	9.067	18.4
	D	9.323	
6	I	9.597	18.7
	D	9.148	
7	I	9.461	18.8
	D	9.349	
8	I	8.218	16.5
	D	8.315	
9	I	8.228	16.4
	D	8.172	
10	I	7.968	16.0
	D	8.003	
11	I	8.856	17.8
	D	8.945	
12	I	8.611	17.6
	D	8.965	
13	I	8.538	17.4
	D	8.89	
14	I	8.616	17.4
	D	8.822	
15	I	8.508	17.4
	D	8.882	
16	I	9.264	18.8

	ESTUDIO				PAGINA 6 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

	D	9.505	
17	I	9.141	18.9
	D	9.748	
18	I	8.918	18.3
	D	9.405	

La especificación técnica de interoperabilidad (ETI) de 2008 relativa al subsistema material rodante [5] en el punto 4.2.3.2 especifica que la carga estática máxima por eje (P_0) será de 18Tm.

Algunos ejes del tren S730 están más cargados, pero el hecho de contar con un menor número de ejes, con relación a los trenes convencionales con bogies, los hacen menos agresivos a la vía.

Para demostrar este efecto, en el capítulo 7 del presente informe se calculan y comparan los principales parámetros de daño a la vía, debidos a la carga estática desplazándose longitudinalmente sobre la vía, correspondientes al Talgo 250 Híbrido, Serie 730, y un tren de referencia ETI con 18 ejes (9 bogies) y carga estática por eje de 18Tm.

Nótese que el vehículo de comparación es equivalente al S730, pues se trata de la configuración que tienen los coches de pasajeros que circulan actualmente por las líneas de alta velocidad en España. En este sentido se están comparando vehículos que cumplen funciones similares.

En lo que respecta a las cargas dinámicas, en el punto 4.2.3.4.3 de la citada ETI, se indica que la carga vertical máxima por rueda no debe ser mayor a 180kN, valor que coincide con lo estipulado en la UIC 518. En el Anexo II se incluye una copia de los puntos 4.2.3.2 y 4.2.3.4.3 de la especificación ETI.

En el capítulo 8 se analiza el nivel de daño en la vía producido por un eje Talgo de una composición S730 a 275 km/h, de acuerdo con la UIC 518, basándose en los resultados de las pruebas dinámicas realizadas para la certificación del comportamiento dinámico a 250 km/h, referencias [3] y [4].

7.- ANÁLISIS DEL DEFECTO DE LA CARGA ESTÁTICA SOBRE LA VÍA

7.1.- Cálculo de los desplazamientos verticales de la vía y momentos flectores

Se ha utilizado el método de elementos finitos y el programa de ordenador presentado en la referencia [1], para calcular los desplazamientos verticales de la vía y momentos flectores en el carril, producidos por el paso de todos los ejes del Talgo S730, y de un bogie de un tren de referencia ETI, con 18Tm de carga estática por eje. En el capítulo 8 se discute teóricamente la comparación de los efectos dinámicos.

Las condiciones del cálculo para el caso de mayor carga por eje del tren S730 son las siguientes:

	Talgo S730	Tren de referencia ETI
Carga de cálculo por eje	18.58 Tm (carga media bogies)	18Tm
Carga por rueda	9.29Tm (91135N)	8,5Tm (83300 N)
Velocidad de circulación	69,4 m/s	69,4 m/s

Talgo	ESTUDIO				PAGINA 7 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

Las características de la vía considerada en los cálculos son:

Carril	UIC-60
Área de la sección	7866 mm ²
Momento de inercia	3055 cm ⁴
Módulo de resistencia a la flexión	335,5 cm ³
Módulo de elasticidad (acero)	2,1·10 ¹¹ N/m ²
Módulo de vía	5760·10 ³ Kg/m ²
Distancia entre traviesas	0,6 m

En la siguiente se muestra el modelo de elementos finitos empleado, incluyendo los nodos más representativos del modelo con su respectiva numeración. La viga horizontal representa uno de los carriles. Los muelles representan el apoyo de las traviesas sobre el balasto. Cada uno de los tramos de carril entre traviesas ha sido dividido en seis elementos de 0,1 metros de longitud. La longitud total estudiada de carril tiene 10,2 metros y está dividida en 102 elementos.

La rigidez de los muelles es igual al producto del módulo de vía por la distancia entre traviesas. En este caso dicho producto es 33,87 KN/mm.

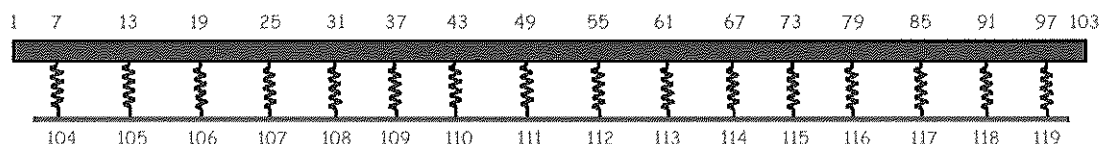


Figura 2: Modelo de elementos finitos empleado

La Figura 3 muestra, en función del tiempo, el desplazamiento de un punto del carril sobre una traviesa, en concreto el desplazamiento vertical del nodo 55, cuando pasa un eje del Talgo S730, con la carga media de los bogies: 18,58Tm. Un gráfico similar se muestra en la Figura 4 para el paso de un bogie del tren de referencia ETI.

	ESTUDIO				PAGINA 8 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

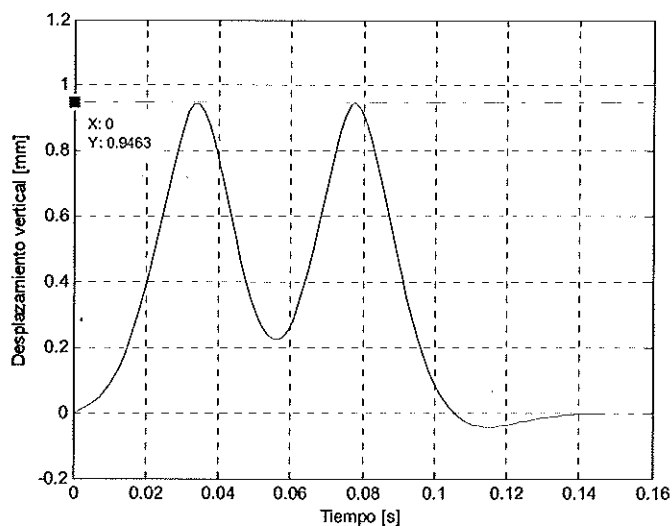


Figura 3: Desplazamiento vertical producido por el paso de un eje de un tren Talgo S730

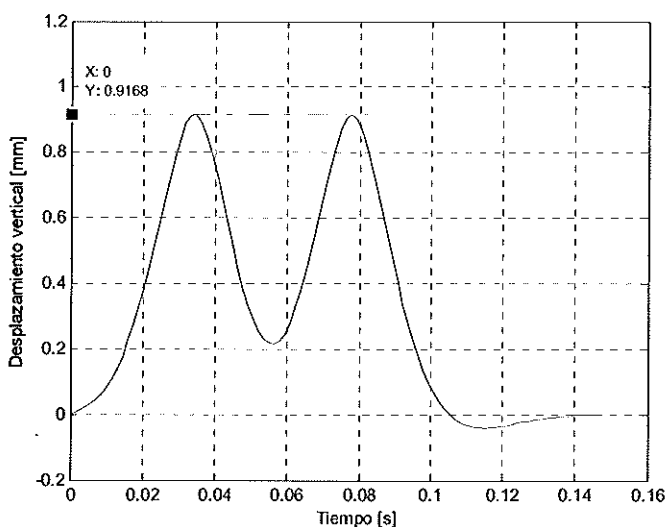


Figura 4: Desplazamiento vertical producido por el paso de un bogie de un tren de referencia ETI

En la Figura 5 se muestra el momento flector, en función del tiempo, en un punto del carril ubicado al centro entre dos traviesas, en concreto el nodo 52, producido por el paso del eje del Talgo S730, con 18,58Tm de carga. En la Figura 6 se incluye dicho momento flector cuando pasa un bogie del tren de referencia ETI.

	ESTUDIO				PAGINA 9 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

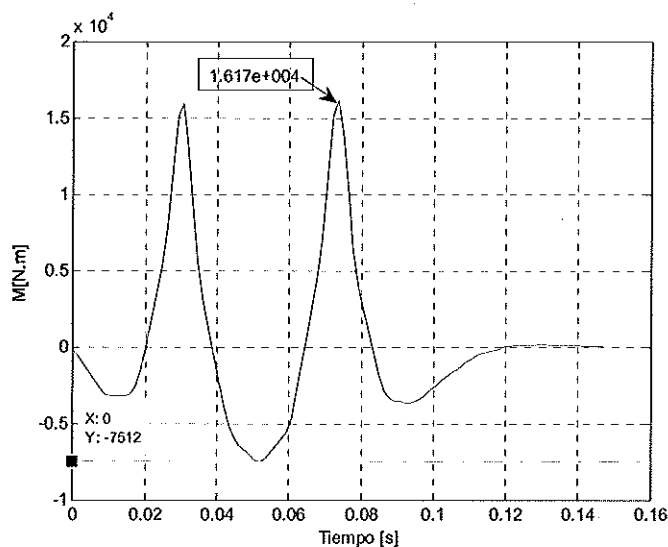


Figura 5: Momento flector producido por el paso de un eje de un tren Talgo S730

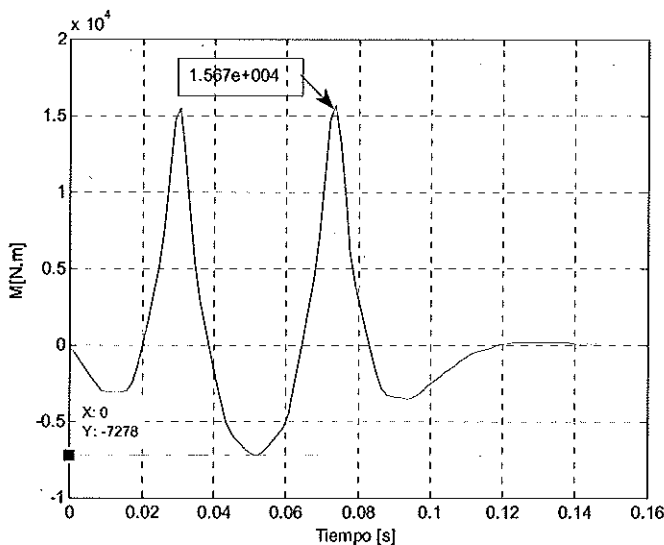


Figura 6: Momento flector producido por el paso de un bogie de un tren de referencia ETI

7.2.- Cálculo de los parámetros de daño a la vía

En la referencia [2] se detallan diversas formas en las cuales los ejes remolcados de vehículos ferroviarios dañan las vías y se definen los respectivos parámetros de daño. Dichos parámetros se resumen a continuación y se utilizan para comparar el Talgo Serie 730 con el tren de referencia ETI.

7.2.1. Fatiga en las uniones soldadas

Este daño se debe a fatiga clásica, a consecuencia de los esfuerzos cíclicos que se producen cuando los ejes pasan sobre la vía.

Parámetro de daño = $\sigma^9 \cdot N$

- σ : rango de esfuerzo por flexión en la base del carril
- N: número de ejes

Este documento y su contenido son propiedad de Patentes Talgo S.L. o sus filiales. Este documento contiene información confidencial privada. La reproducción, distribución, utilización o comunicación de este documento o parte de él, sin autorización expresa, está estrictamente prohibida. Aquellos que contravengan esta disposición se considerarán responsables del pago de los daños causados.

	ESTUDIO				PAGINA 10 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

El esfuerzo máximo en la base del carril será el momento flector máximo entre el módulo de resistencia a la flexión. Este esfuerzo es de tracción.

El esfuerzo mínimo será el momento flector mínimo entre el módulo de resistencia a la flexión. Este esfuerzo es de compresión.

El rango de esfuerzo es la diferencia algebraica entre el esfuerzo máximo y el esfuerzo mínimo.

El módulo de resistencia a la flexión es $335,5\text{cm}^3$.

Eje	Carga estática por eje [Tm]	Momento flector máximo [N/m]	Momento flector mínimo [N/m]	Esfuerzo Máximo [MN/m ²]	Esfuerzo Mínimo [MN/m ²]	Rango de Esfuerzo [MN/m ²]	Parámetro daño [MN ⁹ /m ¹⁸ ·eje]
5	18.390	16008	-7158	47.7	-21.3	69.1	3.6E+16
6	18.745	16317	-7296	48.6	-21.7	70.4	4.2E+16
7	18.810	16553	-3816	49.3	-11.4	60.7	1.1E+16
8	16.533	14548	-3354	43.4	-10.0	53.4	3.5E+15
9	16.400	14432	-3327	43.0	-9.9	52.9	3.3E+15
10	15.971	14054	-3240	41.9	-9.7	51.5	2.6E+15
11	17.801	15664	-3612	46.7	-10.8	57.5	6.8E+15
12	17.576	15466	-3566	46.1	-10.6	56.7	6.1E+15
13	17.428	15337	-3536	45.7	-10.5	56.3	5.6E+15
14	17.438	15346	-3538	45.7	-10.5	56.3	5.7E+15
15	17.390	15303	-3528	45.6	-10.5	56.1	5.5E+15
16	18.769	16517	-3808	49.2	-11.4	60.6	1.1E+16
17	18.889	16442	-7352	49.0	-21.9	70.9	4.5E+16
18	18.323	15950	-7132	47.5	-21.3	68.8	3.5E+16
						Parámetro daño	2.2E+17
ETI	18.0	15669	-7278	46.7	-21.7	68.4	3.3E+16
						Número de ejes	18
						Parámetro daño	5.9E+17

El cociente entre los parámetros de daño es $2.2/5.9=0.37$. El tren Talgo S730 produce el 37% de daño que el tren de referencia ETI.

	ESTUDIO				PAGINA 11 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

7.2.2. Defectos ovalados subsuperficiales (taches ovales)

Se refiere a los defectos de forma ovalada que se producen en el interior del carril, debajo de la superficie de la cabeza de los carriles a consecuencia de los esfuerzos de contacto.

Parámetro de daño = $P^3 \cdot N$

- P : fuerza por rueda
- N: número de ejes

Para el caso de los trenes en comparación este parámetro de daño es:

Eje	Carga estática por eje [T]	Carga estática por rueda [kN]	Parámetro daño [kN ³ ·eje]
5	18.390	90.2	7.3E+05
6	18.745	91.9	7.8E+05
7	18.810	92.3	7.9E+05
8	16.533	81.1	5.3E+05
9	16.400	80.4	5.2E+05
10	15.971	78.3	4.8E+05
11	17.801	87.3	6.7E+05
12	17.576	86.2	6.4E+05
13	17.428	85.5	6.2E+05
14	17.438	85.5	6.3E+05
15	17.390	85.3	6.2E+05
16	18.769	92.1	7.8E+05
17	18.889	92.7	8.0E+05
18	18.323	89.9	7.3E+05
		Parámetro daño	9.31E+06
ETI	18.0	88.3	6.9E+05
		Número de ejes	18
		Parámetro daño	1.2E+07

El cociente entre los parámetros de daño es $9.31/12=0.77$. El tren Talgo S730 produce el 77% de daño que el tren de referencia ETI.

	ESTUDIO				PAGINA 12 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

7.2.3. Asentamiento del balasto

Parámetro de daño = $A^5 \cdot N$

- A: carga máxima transmitida al balasto
- N: número de ejes

La carga máxima transmitida hacia el balasto será igual al producto del desplazamiento máximo de la vía por la rigidez que el balasto ofrece al apoyo de las traviesas.

La rigidez del balasto tiene un valor de 33.87MN/m.

Para el caso de los trenes en comparación este parámetro de daño es:

Eje	Carga estática por eje [T]	Desplazamiento máximo [mm]	Carga Balasto [kN]	Parámetro daño [kN ⁵ ·eje]
5	18.390	0.93671	31.7	3.2E+07
6	18.745	0.95479	32.3	3.5E+07
7	18.810	0.99278	33.6	4.3E+07
8	16.533	0.87255	29.6	2.3E+07
9	16.400	0.86558	29.3	2.2E+07
10	15.971	0.84288	28.5	1.9E+07
11	17.801	0.93947	31.8	3.3E+07
12	17.576	0.92760	31.4	3.1E+07
13	17.428	0.91984	31.2	2.9E+07
14	17.438	0.92036	31.2	2.9E+07
15	17.390	0.91783	31.1	2.9E+07
16	18.769	0.99061	33.6	4.3E+07
17	18.889	0.96207	32.6	3.7E+07
18	18.323	0.93329	31.6	3.2E+07
			Parámetro daño	4.4E+08
ETI	18.0	0.9168	31.1	2.9E+07
			Número de ejes	18
			Parámetro daño	5.2E+08

El cociente entre los parámetros de daño es $4.4/5.2=0.84$. El tren Talgo S730 produce el 84% de daño que el tren de referencia ETI.

	ESTUDIO				PAGINA 13 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

8.- ANÁLISIS DE LAS CARGAS DINÁMICAS VERTICALES CON RELACIÓN A LA FATIGA DE VÍA

Para justificar el cumplimiento a fatiga de vía del bogie del CET se incluyen los datos correspondientes a la certificación del mismo, extraídos del informe de homologación: PF-0345-005-r0 [3]. El resultado de carga vertical dinámica se extrapola para el caso de un eje más pesado 18.9Tm.

No es posible comparar los resultados obtenidos en el bogie del CET del S730 con los obtenidos en un rodal. El comportamiento dinámico del bogie es diferente al comportamiento dinámico del rodal. Por tanto, es necesario utilizar los datos de la certificación dinámica del tren S130.

El estudio de la fatiga de vía de los rodales está basado en los resultados obtenidos en las pruebas para la certificación del comportamiento dinámico del tren S130 recogidos en el documento PF-0102-003-r0 [4].

La ficha UIC 518 [5] aborda el estudio de la fatiga de vía en el punto 10.1.1.2 que se transcribe a continuación:

10.1.1.2 Fatiga de vía

Los valores límites para la carga sobre la vía son consecuentes con los métodos de medida y análisis presentados en esta ficha.

1.- Fuerza Vertical Q_{lim}

- Área de aplicación:

Máxima carga estática por rueda: 112,5 kN

- Ley de variación

$$Q_{lim} = 90 + Q0$$

Q_{lim} y $Q0$ expresado en kN, $Q0$ es la carga estática por rueda

- Límites:

Para $V_{lim} \leq 160$ km/h $Q_{lim} \leq 200$ kN

Para 160 km/h $< V_{lim} \leq 200$ km/h $Q_{lim} \leq 190$ kN

Para 200 km/h $< V_{lim} \leq 250$ km/h $Q_{lim} \leq 180$ kN

Para 250 km/h $< V_{lim} \leq 300$ km/h $Q_{lim} \leq 170$ kN

Para $V_{lim} > 300$ km/h $Q_{lim} \leq 160$ kN

Donde V_{lim} es el límite de la velocidad de operación

El valor límite será elegido entre el más pequeño de los valores obtenidos aplicando la ley de variación y la limitación debido a la velocidad.

- El filtro de las medidas: frecuencia de corte 20 Hz

8.1.- Resultados para el bogie

En el informe de certificación del coche CET del tren S730 [3] se indica la carga por eje que se consideró en el ensayo.

- $Q5 = 180.4$ kN (carga eje 5)
 - $Q51 = 91.5$ kN (carga eje 5 rueda derecha)
 - $Q52 = 88.9$ kN (carga eje 5 rueda izquierda)

	ESTUDIO				PAGINA 14 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

- Q6= 183.9kN (carga eje 6)
 - Q61= 89.7kN (carga eje 6 rueda derecha)
 - Q62= 94.2kN (carga eje 6 rueda izquierda)

Las siguientes tablas recogen los resultados de la certificación del CET del tren S730 en la vía de ancho UIC circulando en cabeza.

En las rectas la velocidad de circulación es 275km/h. En curvas el valor de la aceleración no compensada es 1,2m/s².

CABEZA			Q dinámica	Q estático	Límite
RECTAS	Eje 5	Q51	119	91.5	180
		Q52	129.3	88.9	178.9
	Eje 6	Q61	117.2	89.7	179.7
		Q62	121.8	94.2	180
CURVAS	Eje 5	Q5	162.6	180.4	178.9
	Eje 6	Q6	156.5	183.9	179.7

El eje más cargado es el segundo eje del bogie, por tanto su comportamiento es el del eje 6.

En rectas, hacemos el valor medio de carga dinámica para el eje 6: 119,50kN, el valor de carga media por rueda es 91.95kN.

Por tanto, si el valor de carga por eje es 18.9Tm, el valor medio de carga por rueda sería 92.7kN. La carga dinámica suponiendo linealidad en los resultados sería **120.47kN**.

En curvas realizamos la misma operación, resultando para una carga por eje de 189kN una carga dinámica de **160.84kN**.

En ambos casos el valor de la carga dinámica está por debajo de los límites.

8.2.- Resultados para el rodal

Para obtener una estimación de la carga dinámica de un rodal cuya carga por eje es 18.8Tm (carga máxima de un rodal del tren S730) se han analizado los dos ejes instrumentados del S130 en sus dos estados de carga, vacío y plena carga tanto en recta como en curva y posteriormente se ha realizado una gráfica de evolución de la carga dinámica con el peso por eje obteniéndose una regresión lineal ajustada por mínimos cuadrados y particularizando el valor de 92,214kN (18.8 Tm/eje).

CIRCULACIONES EN RECTA A 275 km/h

		Q_{din}	Peso por rueda
Eje 5 (extremo)	vacío	103,5 KN	81,97 KN
	carga	106,5 KN	84,80 KN
Eje 9 (intermedio)	vacío	91,0 KN	67,92 KN
	carga	105,5 KN	77,65 KN

Con los cuatro datos anteriores de peso por rueda se ha realizado una regresión lineal con ajuste por mínimos cuadrados.

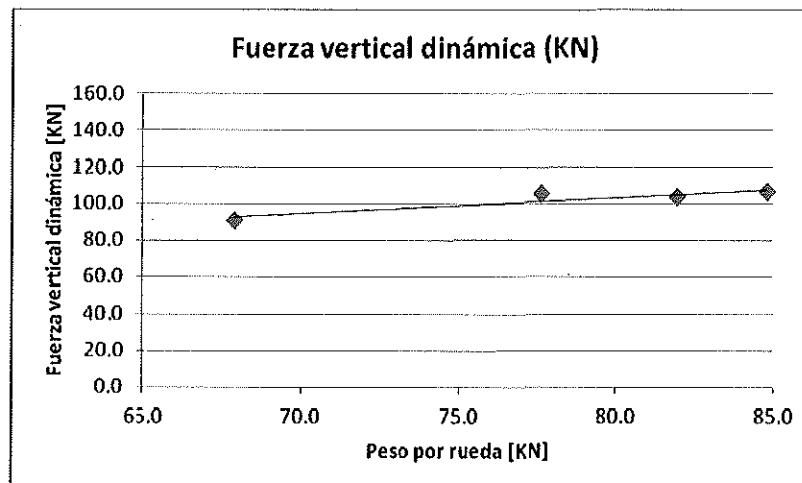


Figura 7: Relación peso por rueda y carga dinámica en recta

La ecuación de la recta de regresión obtenida es:

$$Q_{Din} = 0,8935 \cdot Q_{Est} + 31,8560$$

con Q_{Din} y Q_{Est} en kN

Luego para la máxima carga estática medida por eje, 18.8 Tm, se obtiene un peso por rueda de 92.21kN. El valor de la fuerza vertical dinámica que evalúa la fatiga de vía es:

$$Q_{Din} = 114.25kN$$

	ESTUDIO				PAGINA 16 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

Inferior a los 180kN que fija la UIC-518 [5].

CIRCULACIONES EN CURVA CON ACELERACIÓN LATERAL MÁXIMA DE 1,2 m/s²

		Q_{din}	Peso por rueda
Eje 5 (extremo)	vacío	140 KN	81,97 KN
	carga	142 KN	84,80 KN
Eje 9 (intermedio)	vacío	120 KN	67,92 KN
	carga	139 KN	77,65 KN

Con los cuatro datos anteriores de peso por rueda se ha realizado una regresión lineal con ajuste por mínimos cuadrados.

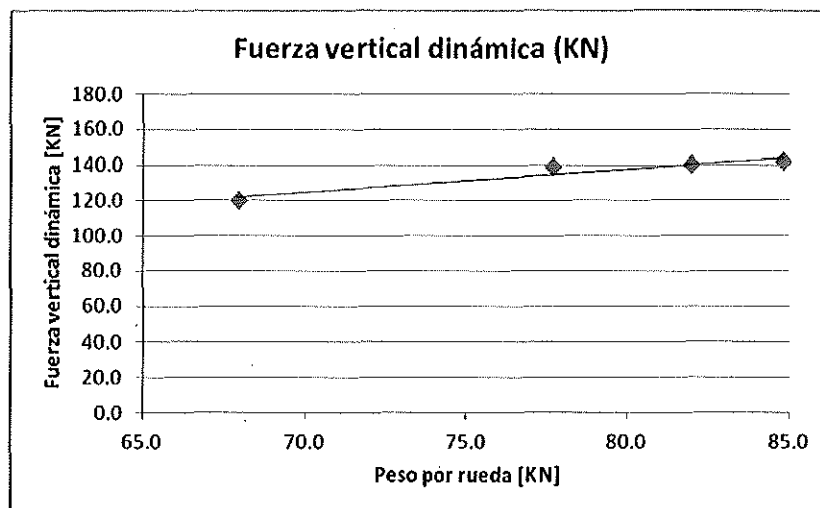


Figura 8: Relación peso por rueda y carga dinámica en curva

La ecuación de la recta de regresión obtenida es:

$$Q_{Din} = 1,3260 \cdot Q_{Est} + 31,7077$$

con Q_{Din} y Q_{Est} en kN

Luego para la máxima carga estática medida por eje, 18,8Tm, se obtiene un peso por rueda de 92,14kN. El valor de la fuerza vertical dinámica que evalúa la fatiga de vía es:

$$Q_{Din} = 153,98kN$$

Inferior a los 180kN que fija la UIC-518 [5].

	ESTUDIO				PAGINA 17 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

9.- CONCLUSIONES

Considerando el efecto de la carga estática, se han usado tres criterios para comparar el daño que un tren Talgo S730 ejerce sobre la vía, en comparación con un tren de referencia ETI, de 9 bogies, y 18Tm de carga estática por eje. En ellos el daño producido por el Talgo resulta menor. Las fracciones de daño producido por el Talgo S730, con relación al tren de referencia ETI, son:

Fatiga en las uniones soldadas	37%
Defectos ovalados subsuperficiales (Taches ovaes)	77%
Asentamiento del balasto	84%

Se concluye por lo tanto, que un tren Talgo S730, de 14 ejes es menos agresivo a la vía que un tren, de 18 ejes, 9 bogies, con carga estática de 18Tm por eje.

Desde el punto de vista de fatiga de vía por fuerza dinámica vertical, en base a los datos obtenidos en los ensayos de certificación dinámica, se ha comprobado que el Talgo S730 cumple la ficha UIC 518 y la especificación ETI de material rodante.

Bogie (Eje 18.9Tm)	Valor Q dinámica estimado (kN)
Recta	120.47kN
Curva	160.84kN

Rodal (Eje 18.8Tm)	Valor Q dinámica estimado (kN)
Recta	114.25kN
Curva	153.98kN

Para ambos casos el valor de carga dinámica estimado es inferior a 180kN, valor límite establecido en la ficha UIC-518 [5].

9.- ANEXOS

Anexo I. Registro de pesada del tren S730-11 (30-05-2011)



Pesado
S730-11b-Carga está

	ESTUDIO				PAGINA 18 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

Anexo II. Extracto de la ETI

4.2.3.2 Carga estática por eje

La carga estática nominal por eje (Po) sobre la vía cumplirá los siguientes requisitos, a fin de limitar las fuerzas ejercidas por el tren sobre la vía. Las mediciones se efectuarán en las siguientes condiciones normales de carga: con la carga útil normal, la dotación del tren, todos los materiales necesarios para el servicio (como lubricantes, refrigerantes, equipamiento para alimentación, medio limpiador para la cisterna de los retretes, etc.) y dos terceras partes de consumibles (por ejemplo, combustible, arena, alimentos, etc.).

Se aplicará la siguiente definición de carga útil normal, en función del tipo de vehículo o del área de que se trate:

- Áreas de asiento para viajeros, incluidos los asientos de los coches-restaurante: número de asientos multiplicado por 80 kg (los taburetes (altos y bajos) y los elementos de apoyo no están clasificados como asientos).
- Áreas de ocupación temporal (como vestíbulos, pasillos o aseos): no se tendrá en cuenta ninguna carga útil de viajeros.
- Otros compartimientos no accesibles a los viajeros que contengan equipajes o mercancías: máxima carga útil en servicio comercial.

Los diferentes tipos de vehículos se definen en el apartado 4.2.1.2.

La carga estática nominal por eje Po será la especificada en la tabla 1 (1 tonelada (t) = 1 000 kg).

Tabla 1
Carga estática por eje

	Velocidad máxima de servicio V [km/h]				
	190≤V≤200	200<V≤230	230<V<250	V=250	V>250
Clase 1				≤ 18 t	≤ 17 t
Clase 2 Locomotoras y vehículos motores	≤ 22,5 t		≤ 18 t	n. a.	n. a.
Clase 2 Unidades acopladas	≤ 20 t	≤ 18 t		n. a.	n. a.
Clase 2 Coches arrastrados por locomotora	≤ 18 t			n. a.	n. a.

La carga estática máxima total de los ejes del tren (masa total del tren) no será superior a:

(la suma de todas las cargas estáticas nominales de los ejes del tren) x 1,02

La masa total del tren no será superior a 1 000 t.

La carga estática máxima individual de un eje no será superior a:

(la carga estática nominal individual del eje) x 1,04

La diferencia de carga estática por rueda entre ruedas del mismo bogie o mecanismo de rodadura no será superior al 6 % de la carga media por rueda de ese bogie o mecanismo de rodadura. Está permitido centrar la caja del coche con respecto a los ejes longitudinales de los bogies antes de iniciar el proceso de pesaje.

La carga estática individual por eje no será inferior a 5 t. Este valor cumple el requisito especificado en los apartados 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3 del anexo A, apéndice 1, de la ETI «Control-mando y señalización» de 2006.

	ESTUDIO				PAGINA 19 de 19
	ES-0363 Código	ZES Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

4.2.3.4.3 Valores límite de esfuerzo sobre la vía

El contenido de frecuencia, los métodos de medición y las condiciones aplicables a los parámetros especificados en los puntos a), b) y c) siguientes se definen en la norma EN 14363:2005 (puntos 5.5.1, 5.5.2 y los apartados correspondientes de los puntos 5.3.2, 5.5.3, 5.5.4, 5.5.5 y 5.6).

a) Carga dinámica vertical de las ruedas

El esfuerzo vertical máximo que ejercen las ruedas sobre los raíles (carga dinámica de las ruedas, Q) no será superior al valor indicado en la tabla 2 para la gama de velocidades del vehículo:

Tabla 2
Carga dinámica de las ruedas

V (km/h)	Q (kN)
$190 < V \leq 250$	180
$250 < V \leq 300$	170
$V > 300$	160