

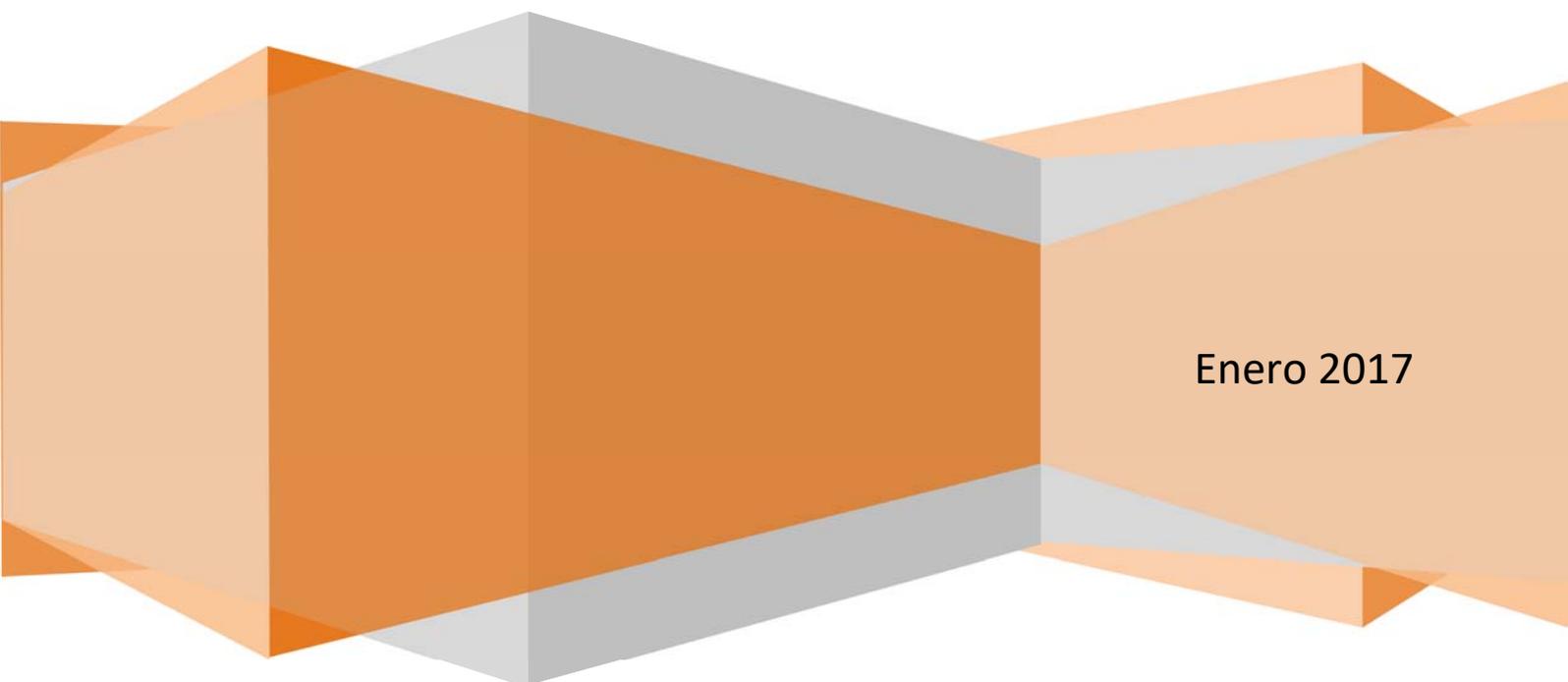
JUZGADO DE INSTRUCCIÓN Nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

INFORME PERICIAL

PROCEDIMIENTO ABREVIADO 004069/2013

César Mariñas Dávila

Ingeniero de Telecomunicaciones



Enero 2017

INFORME PERICIAL

JUZGADO DE INSTRUCCIÓN Nº 3 DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

DILIGENCIAS PREVIAS

PROCEDIIMIENTO ABREVIADO 004069/2013

Descripción del informe:

Dictamen sobre la corrección en la evaluación de riesgos de la línea 082 y, particularmente de la curva de A Grandeira en la que ocurrió el accidente del tren ALVIA, nº 150, procedente de Madrid, con destino O Ferrol, en Santiago de Compostela el día 24 de julio de 2013, dando respuesta a las cuestiones planteadas por la A.P.

Autor del Informe: CESAR MARIÑAS DAVILA

Titulación: INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Nº Colegiado: 13.912

Fecha: 26 de enero de 2017

INDICE

1. ANTECEDENTES

2. OBJETO DEL INFORME

3. CUESTIONES PRELIMINARES

3.1. Análisis de riesgos

3.1.1. Métodos para el análisis de riesgos

3.1.2. Objetivos de Seguridad y Criterios de Aceptación de Riesgos

3.2. Integración del Factor Humano en la Seguridad Ferroviaria

3.2.1. Análisis de la Fiabilidad Humana (HRA).

3.2.2. HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*)

3.3. Safety Case

4. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE LA A.P.

4.1. Marco normativo de seguridad ferroviaria aplicable

4.2. RD 810/2007, Reglamento sobre seguridad en la circulación de la RFIG

4.3. Método Común de Seguridad (MCS) para la evaluación y valoración del riesgo

4.3.1. Reglamento (CE) nº 352/2009 de la Comisión, de 24 de abril de 2009,

4.3.2. Cambios Significativos

4.4. Interoperabilidad (ETI) y Seguridad ferroviaria

4.5. Informe anual de la Autoridad Nacional de Seguridad Ferroviaria 2012

4.6. [P1]. Si ha existido y era normativa y técnicamente necesaria una evaluación integral del riesgo de la línea 082 que tuviera en cuenta la situación de peligro concretamente existente en la curva donde se produjo el accidente.

4.6.1. Normativa RAMS. (EN 50126, EN 50128 y EN 50129)

4.6.2. Sistema de Gestión de la Seguridad (SGS)

4.6.3. Procedimientos SGSC en ADIF

4.6.3.1. S.G.S.C. de la DSC de ADIF

4.6.3.2. S.G.S.C. de la DGOI de ADIF

4.6.4. Análisis de la documentación complementaria entregada por ADIF al Juzgado del 30 de septiembre de 2016 y 16 de enero 2017

4.6.4.1. Registro de Amenazas de la Aplicación Específica de la LAV Orense-Santiago

- 4.6.4.2. Análisis Preliminar de Riesgos LAV Orense-Santiago
- 4.6.4.3. Plan General de Seguridad de LAV Orense-Santiago
- 4.6.4.4. Conclusiones del análisis de los nuevos documentos remitidos
- 4.6.5. Conclusiones Finales
- 4.7. [P2]. 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
 - 4.7.1. Comentarios al Informe complementario de D. E. Castillo Ron del 27/09/2016 [Doc.4]
 - 4.7.2. Comentarios adicionales al Informe de Heijen–Catmur sobre Análisis de riesgos de la curva de Angrois [Doc.2]
 - 4.7.3. Comentarios adicionales al “Informe Complementario al Informe Pericial de 31 de diciembre de 2015 de Heijnen–Catmur sobre Análisis de riesgos de la curva de Angrois”. [Doc. 3]
 - 4.7.4. Comentarios al “Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la Zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013”, de D. Enrique Castillo Ron. [Doc. 1]
 - 4.7.4.1. Modelo utilizado
 - 4.7.4.2. Aplicación del modelo a la L082.
 - 4.7.4.3. Variables y estados del modelo
 - 4.7.4.4. Significado de los parámetros
 - 4.7.4.5. Análisis del tramo Orense-Santiago. Casos
 - 4.7.4.6. Comentarios a las conclusiones del análisis de E.C
 - 4.7.4.7. Adenda al informe complementario de E.C [Doc. 5]. Aceptabilidad del Riesgo
 - 4.7.4.8. Principio ALARP y DRA
 - 4.7.4.9. Conclusiones finales respecto al informe de E.C
 - 4.7.5. Conclusiones Finales
- 4.8. [P3] La corrección o no de la exportación de riesgos al maquinista o RENFE en los términos en que fue efectuada.
- 4.9. [P4]. Si es cierto que, como se alude por el informe HEIJNEN, existía un consenso técnico entre los expertos sobre la necesidad de protección de las transiciones significativas de velocidad mediante sistemas de control continuo o puntual, como se expresa en el FUNDAMENTO NOVENO H de la mentada resolución judicial
 - 4.9.1. Rangos de Velocidad para la determinación de las TSV
 - 4.9.2. Conclusiones

1. ANTECEDENTES

El 28 de enero de 2015 presentaba este perito en el juzgado de instrucción número 3 de Santiago de Compostela informe pericial final, requerido por el Magistrado Juez instructor de la causa en su Auto del 14 de agosto de 2013, *“Dictamen sobre las causas que han podido contribuir al descarrilamiento del tren ALVIA, nº 150, procedente de Madrid, con destino O Ferrol, en Santiago de Compostela el día 24 de julio de 2013, las circunstancias en que se produjo y las anomalías, deficiencias e irregularidades que guarden relación con aquel”*.

A su vez, el anterior informe ampliaba y actualiza el dictamen preliminar presentado el 24 de abril de 2014 como respuesta a lo dispuesto por el Magistrado-Juez en su auto dictado el 13 de febrero de 2014, donde se invitaba a los peritos que intervienen en la causa para que, *al margen del informe final que elaboren sobre las circunstancias y causas del accidente ferroviario de 24 de julio de 2013, adelanten dictamen acerca de las características de la línea 082, singularmente si responde a parámetros de alta velocidad, identidad o analogía de la infraestructura y vía entre tramos regulados por el RGC y PTO; las características del tren accidentado; el campo de aplicación de la norma de cambio de velocidad máxima; o la ventaja o ventajas que para la circulación conlleva la decisión de 23 de junio de 2012 de desconexión del ERTMS y su posible incidencia en la conducción.*

El anterior informe fue ratificado y sometido a la contradicción de las partes en sede judicial con fecha 10 de junio de 2015.

El presente informe completa las actuaciones anteriores en aquellas cuestiones concretas requeridas por el órgano instructor, que en algunos aspectos ya habían sido tratadas en parte en mis anteriores informes y que ahora se amplían manteniendo la coherencia con los mismos.

2. OBJETO Y ALCANCE DEL INFORME

El objeto del presente informe pericial es dar respuesta a las preguntas planteadas por el Magistrado-Juez del juzgado de instrucción número 3 de Santiago de Compostela, en su Auto del 1 de septiembre de 2016 dentro de las actuaciones del procedimiento abreviado 4069/2013, con el fin de auxiliar al órgano instructor respecto a la corrección en la evaluación de riesgos de la línea 082 y particularmente en la curva en la que ocurrió el accidente y al objeto poder evaluar la relevancia causal de tales hechos.

Las cuestiones concretas a las que dicho auto solicita respuesta son la siguientes,

- 1- Si ha existido y era normativa y técnicamente necesaria una evaluación integral del riesgo de 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 por el informe HEIJNEN, existía un consenso técnico entre los expertos sobre la necesidad de protección de las transiciones significativas de velocidad mediante sistemas de control continuo o puntual, como se expresa en el FUNDAMENTO NOVENO H de la mentada resolución judicial

Con la intención de cumplir este cometido se ha realizado este informe, que trata de aportar todas las evidencias que este perito ha podido encontrar a lo largo de este tiempo con las cuales poder fundamentar las conclusiones relacionadas con las cuestiones planteadas por el por la AP, así como en aquellos otros puntos, que, a mi entender, tuviesen alguna relación causal con el hecho central de estas actuaciones.

Ello no resulta una labor sencilla puesto que lo que se pide es, por un lado, analizar si acciones realizadas u omitidas estaban de acuerdo o no con la extensa normativa de seguridad ferroviaria europea, estatal y sectorial, y demás normas técnicas aplicables, y en qué circunstancias aplicaban. Por otro lado, se pide analizar y emitir juicio respecto, no a normas publicadas, sino más bien a normas no escritas, prácticas habituales, consensos técnicos o estado del arte de un sector. Respecto a este segundo caso, en la medida del inevitable cierto grado de subjetividad que supone pronunciarse respecto a estas cuestiones, este perito ha tratado de argumentar desde su razonamiento lógico y técnico con el fin de expresar cuál es su parecer en esas cuestiones y el porqué, aportando todo el rigor que le fuese posible para fundamentar sus conclusiones.

La estructura de este dictamen tiene relación con lo anteriormente expresado y se puede resumir de la siguiente forma,

Se incluye una introducción teórica de algunos puntos que serán desarrolladas con posterioridad, donde se introducen las definiciones o descripciones sucintas de conceptos principales utilizados a lo largo del informe, como algo preliminar antes de dar respuesta a las cuestiones concretas planteadas, objetivo principal del informe. Para ello inevitablemente se ha introducido un marco normativo de seguridad ferroviaria aplicable del que se han seleccionado aquellos puntos o artículos que a mi entender aplican o tienen relación con la causa, y sobre todo necesario para poder dar respuesta a la primera pregunta.

En cuanto a las cuestiones planteadas, dar respuesta a la segunda es sin duda lo que ha requerido más tiempo y esfuerzo en la medida de lo extenso y complejo de los trabajos presentados por los peritos, cuyo juicio crítico se requiere. He considerado necesario el esfuerzo de profundizar hasta un nivel de análisis suficiente que permitiese realizar una revisión crítica de sus trabajos con el mínimo rigor necesario. Especialmente me refiero al trabajo presentado por el Sr. Castillo basado en un complejo modelo estadístico bayesiano. Por otro lado, se justifica la extensión de este punto en que de alguna forma lo tratado en él recoge prácticamente todo el espectro de los puntos considerados más relevantes para la causa hasta la fecha. Además, se ha aprovechado las controversias sobre distintos aspectos expresadas por ambos peritos en sus informes, contrainformes y replicas, para incidir y emitir juicio crítico en aquellos puntos fundamentales, o en otras palabras, su dialéctica ha servido a modo de hilo conductor para tratar los puntos de mayor relevancia causal.

Se ha introducido igualmente en este informe el análisis de los documentos presentados por el ADIF con posterioridad al auto del 1 de septiembre en el que se requerían las presentes actuaciones, en la medida de su relevancia con respecto a la cuestión planteada. También se ha incluido un punto dedicado a las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI) y su aplicabilidad por considerarlo procedente y relevante.

No se han añadido anexos puesto que la metodología seguida, prácticamente basada en análisis de tipo documental, se ha basado en documentos que o bien constan ya en autos o son fácilmente accesibles a través de internet. La lista exhaustiva de documentos utilizados consta en mi informe pericial del 28 de enero de 2015, por lo que no se ha repetido en este.

Como el presente documento, en algunos puntos trata aspectos ya recogidos en mis anteriores informes periciales y que constan en autos, han sido inevitable algunas referencias a los mismos donde ciertos temas se desarrollaban extensamente por lo que no procedía su inclusión en el presente dictamen. Aun así, algunas cuestiones podrán resultar algo reiterativas respecto a lo afirmado en los anteriores fruto de la ratificación en lo ya expresado.

3. CUESTIONES PRELIMINARES

3.1. Análisis de riesgos

Conviene antes de pronunciarse sobre las cuestiones requeridas en este sentido, establecer con claridad algunos conceptos básicos relativos a al análisis y gestión de riesgos y concretamente a los riesgos ferroviarios.

Según se define en la norma CENELEC EN-50126, el concepto de riesgo como la combinación de dos elementos: la probabilidad de ocurrencia (frecuencia) de un suceso que conduzca a un peligro, y la consecuencia del peligro.

En primer lugar, es importante recalcar que el Riesgo es la variable medible en el Sistema de Gestión de la Seguridad, es decir la variable que ha de ser medida (evaluada) y controlada, a pesar de que su “medición” no sea una labor en absoluto fácil. Desgraciadamente y como es obvio, no existen instrumentos de medida para tal fin. Solamente contamos con herramientas como la Estadística para tratar de “medir” hacia atrás en el tiempo y los Modelos de Riesgos para medir hacia delante.

Con el fin de evitar malentendidos con algunos términos relativos a este tema, conviene explicitar las definiciones de algunos conceptos relevantes, de acuerdo a como se definen en la normativa europea de seguridad ferroviaria (Directiva 2004/49/CE y reglamento 352/2009/CE).

- «*riesgo*»: la frecuencia de ocurrencia de accidentes e incidentes que provoquen daño (causado por un peligro) y la gravedad del daño;
- «*análisis del riesgo*»: el uso sistemático de toda la información disponible para determinar los peligros y para estimar el riesgo;
- «*valoración del riesgo*»: (*Risk Evaluation*) el procedimiento basado en un análisis del riesgo para determinar si se ha alcanzado un grado de riesgo aceptable;
- «*evaluación del riesgo*»: (*Risk Assessment*) el proceso global que comprende un análisis del riesgo y una valoración del riesgo;

- «*estimación del riesgo*»: el proceso utilizado para proporcionar una medida del nivel de los riesgos analizados y que consta de las siguientes etapas: estimación de frecuencia, análisis de las consecuencias y su integración;

3.1.1. Métodos para el análisis de riesgos

Este es un asunto, que como posteriormente se comprobará ha sido objeto de discrepancias y numerosas críticas por parte de los peritos.

De forma general y atendiendo a los aspectos de cuantificación, se suelen considerar básicamente tres tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos:

1. Métodos cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados. Se puede utilizar si el riesgo es bajo.
2. Métodos semi-cuantitativos: introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso. (clasificación en función de escalas para calcular el nivel de riesgo)
3. Métodos cuantitativos: Asignan valores de ocurrencia a los diferentes riesgos identificados.

También se suelen clasificar como,

Métodos comparativos

Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en situaciones parecidas a las que se analizan. Principalmente existentes cuatro métodos:

- Manuales técnicos o códigos y normas de diseño
- Listas de comprobación o "*Safety check lists*"
- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgos o PHA

Métodos generalizados

Basados en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados pudiéndose destacar los más importantes:

- Análisis "*What if...?*"
- Análisis funcional de operabilidad, HAZOP
- Análisis de árbol de fallos, FTA
- Análisis de árbol de sucesos, ETA
- Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA

Se incluye a continuación una tabla resumen de los distintos métodos de identificación de peligros y análisis de riesgos, extraída de la Guía de Aplicación de la EN 50126, de CENELEC



Table E.1 – Failure and hazard analysis methods

Technique/Method	Hazard Identification	Hazard Analysis/Risk Assessment	Hazard Control/Proof of fulfilment of safety targets	Ref to IEC standard	Reference to more information
RRA Rapid Ranking Analysis; Hazard Ranking	For preliminary purposes	Useful for preliminary hazard analysis and for identifying and ranking hazards for further detailed analysis.	Possible for recording rational for not performing further detailed analysis for low ranking hazards		E.2
Structured What If Analysis	For preliminary purposes				E.3
HAZOP Hazard and Operational Analysis	Useful		Partially useful as supporting element.	61882	E.4
STD State Transition Diagram	Useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and state transition events	Sometimes useful in addition to other methods to visualise states and state transition events	Sometimes useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and state transition events	-	E.5
FMECA Failure Mode, Effects and Criticality Analysis	Highly Recommended	Useful for parallel structures in addition to ETA	Useful for single and parallel structures in addition to FTA and for causal analysis	60812	E.7
ETA Event Tree Analysis		Highly recommended for consequence analysis	Sometimes useful to visualise consequences of a (sub-) system failure	-	E.8
FTA Fault Tree Analysis			Highly recommended for multiple structures, causal analysis	61025	E.9
CCF Common Cause Analysis			Complementary and often solved with a FMECA. Also needed to justify AND-gates in FTA	-	-
Formal methods			Useful for analysing logics	-	E.11.1
Markov		Useful especially for modelling states and fault sequences (in particular when FTA is not applicable)	Useful especially for modelling states and fault sequences (in particular when FTA is not applicable)	61165	E.11.2
RBD Reliability Block Diagram	Useful as a support to HAZOP	Sometimes useful	Useful for non-repairable systems	61078	-
Risk Graph		Apply with caution. See chapter			E.10

3.1.2. Objetivos de Seguridad y Criterios de Aceptación de Riesgos

Tomando como referencia el informe de la Agencia Europea del Ferrocarril (ERA) *Risk Acceptance Criteria for Technical Systems and Operational Procedures*, del 22/1/2010, preparado por DNV, donde se describen los criterios de aceptación de riesgos de distintos sectores; se exponen a continuación algunos conceptos relevantes introducidos por la legislación europea en seguridad ferroviaria:

- CST (*Common Safety Targets*): Objetivos comunes de seguridad: Niveles de seguridad que deben, al menos, alcanzarse por las diferentes partes del sistema (tales como sistema convencional, alta velocidad, túneles o líneas de transporte) y el sistema como un todo, expresado como criterio de aceptación de riesgo (riesgos individuales relativos a pasajeros, personal laboral, usuarios pasos a nivel, etc. y sin perjuicio de la existencia de normas nacionales o internacionales.
- CSM (*Common Safety Methods*): **Métodos Comunes de Seguridad o MCS**. Son los métodos a desarrollar para describir cómo se evalúan los niveles de seguridad y el logro

de los objetivos de seguridad, así como el cumplimiento de otros requisitos de seguridad.

En general, los objetivos para los RAC (criterios de aceptación del riesgo) mayoritariamente aceptados en la industria nuclear, aeronáutico y marítimo son del tipo “basados en evidencias”, lo cuales se basan en evidencias históricas obtenidas de análisis de desempeños de seguridad anteriores, normalmente con un factor de mejora. Dichos esquemas basados en la evidencia suelen ir acompañados del requisito de demostrar que los riesgos se han gestionado hasta un nivel en el que son insignificantes, o a un nivel donde los beneficios de una mayor reducción del riesgo son muy superados por los recursos necesarios para Implementarlos.

Se utilizan varios métodos para derivar los límites de tolerancia de fallos peligrosos (aceptación de riesgos) que se basan en tres **principios** universalmente aceptados:

- **ALARP** (*As Low As Reasonably Possible*). Compromiso Entre Riesgo y Coste. “El riesgo social tiene que ser examinado cuando existe alguna posibilidad de una catástrofe con un gran número de bajas”. (utilizado en RU)
- **GAMAB** (*Globalment Au Moins Aussi Bon*). Intolerable Algo Peor que los Existente. “Todo nuevo sistema de transporte guiado debe ofrecer, por lo menos, un nivel de riesgo global tan bueno como el ofrecido por un sistema equivalente existente”. (utilizado en Francia)
- **MEM** (*Minimum Endogenous Mortality*). Mínima Mortalidad Endógena. “El Peligro debido a un nuevo sistema de transporte no aumentará significativamente la cifra de la mortalidad endógena mínima para un individuo”. (utilizado en Alemania)

Es la Autoridad Ferroviaria correspondiente la responsable de definir en cada caso el principio que se ha de adoptar y el nivel de tolerabilidad de un riesgo, así como los niveles que entran en las diferentes categorías de riesgo.

▪ **Principio ALARP.**

El riesgo residual debe ser tan bajo como sea razonablemente factible.

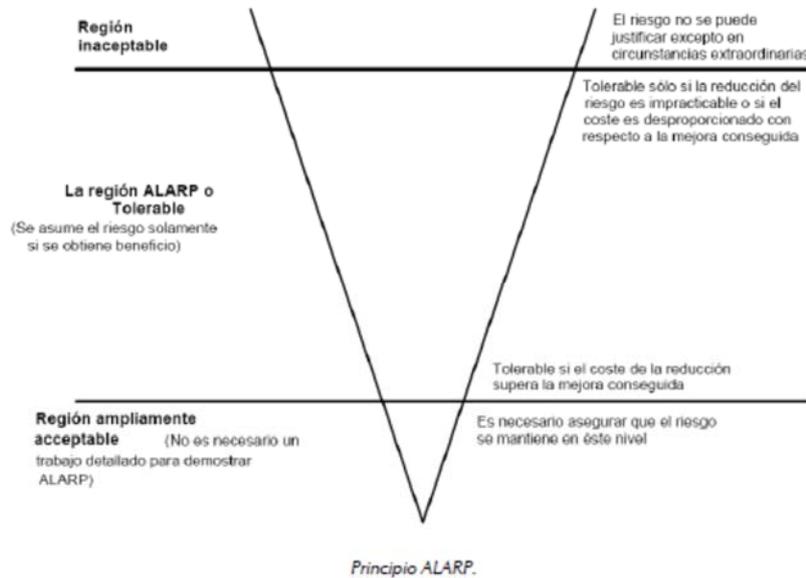
Según este principio el riesgo puede recaer en una de las tres regiones posibles,

1. El riesgo es despreciable y se puede aceptar sin medidas adicionales
2. El riesgo es mayor que lo comúnmente aceptado, pero cae debajo del límite superior de tolerabilidad
3. El riesgo es inaceptablemente alto

Cuando el riesgo es irrelevante, ALARP no requiere de ninguna medida adicional, pero si es mayor que lo aceptado (región 2 y 3) se deben establecer medidas para reducir el riesgo. Es necesaria también la determinación del riesgo residual, así como la valoración que permita decidir si la reducción de riesgo conseguida es compatible con el coste que supone dicha reducción.

El área entre los límites superior e inferior se denomina la región ALARP. Debe subrayarse que no es suficiente demostrar que los riesgos estén dentro de la región ALARP. Deben ser, además, tan reducidos como resulte razonablemente viable. Existen varias formas de demostrar el

ALARP. Puede ser suficiente demostrar que las mejores normas y prácticas actualmente disponibles estén siendo aplicadas.



▪ Principio GAMAB

Este principio exige, de modo implícito, que se haga algún progreso en el sistema nuevo proyectado. Como no considera riesgos concretos sino globales, deja al suministrador poder distribuir el reparto entre los diferentes riesgos inherentes al sistema y elegir la solución idónea.

GAMAB requiere de la determinación de los riesgos residuales del sistema considerado para compararlos con los del sistema de referencia, lo cual puede realizarse mediante un análisis de riesgo (utilizando FTA por ejemplo). El sistema será aceptable si en su conjunto no es peor que el sistema de referencia.

▪ Principio MEM

Está basado en que existen en nuestra sociedad tasas de mortalidad que dependen de la edad y el sexo. Parte de las muertes son causadas por los sistemas técnico por lo que MEM compara el riesgo debido a un sistema nuevo con los riesgos ya existentes (mortalidad natural). Es decir, le exige a sistema nuevo que no contribuya significativamente a la mortalidad causada por los sistemas técnicos existentes.

- El riesgo debido a "hechos tecnológicos" se denomina "mortalidad endógena", "R".
- De datos prácticos se admite que la mortalidad endógena mínima, $R_m = 2 \times 10^{-4}$ muertes/persona*año
- La Mortalidad endógena (R) debida a un sistema de transporte nuevo debe ser inferior o igual a la mortalidad endógena mínima. En la práctica suele utilizarse una cifra de $R_1 \leq 10^{-5}$ víctimas mortales / persona \times año

3.2. Integración del Factor Humano en la Seguridad Ferroviaria

En un sistema complejo, como lo es el ferroviario, el error humano es el que mayor contribución tiene en los accidentes e incidentes. Según los informes “*Railway Safety Performance in the European Union*” de 2010, 2011 y 2012 publicados por la ERA, podemos observar, que de entre los accidentes más graves ocurridos en la Comunidad Europea desde el 2006, la mayoría ha sido debidos a un error humano, incluyendo a personas ajenas al ferrocarril. Sin embargo, solo unos pocos tipos de error producen esta cantidad excesiva de número de accidentes (*Federal Railroad Administration, 2007*).

Es importante resaltar que la propia normativa de las RAMS lo señala explícitamente. Concretamente, la EN 50126, en su punto 4.4.2.3, establece que:

Un análisis de factores humanos, con respecto a su efecto sobre la RAMS del sistema, es inherente al “enfoque de sistemas” exigido por esta norma. Y añade en el Cap.4.4.2.5.: En consecuencia, el logro de la RAMS Ferroviaria exige un control más riguroso de los factores humanos a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema, que el requerido en otras numerosas aplicaciones industriales.”

El propio operador ferroviario RENFE (Metodología de la Investigación Técnica de Accidentes Ferroviarios, por M. Conde García), resalta que, “*A pesar del esfuerzo que se viene realizando en la modernización en las instalaciones de seguridad tanto de la infraestructura como de los trenes, el factor humano seguirá teniendo un carácter fundamental*”.

Recoge también la siguiente reflexión que tiene que ver con el enfoque cualitativo del estudio de accidentes relacionados con el error humano:

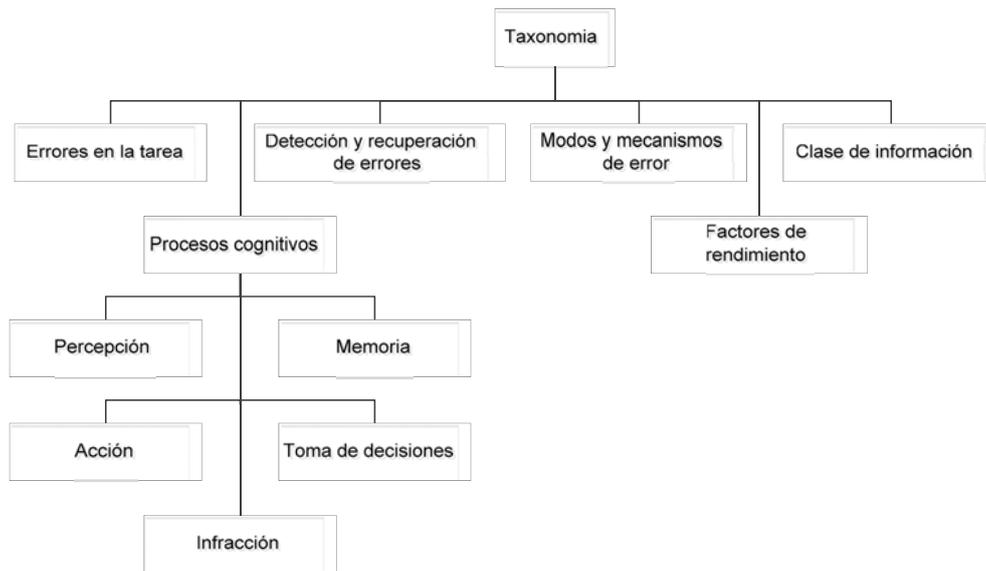
La experiencia en la investigación de los accidentes demuestra que los indicadores y precursores del error humano tienen casi siempre raíces cualitativas.

Los métodos cualitativos han sido vistos simplemente como un suplemento anecdótico, algunos investigadores, que hacen uso de los mismos, influidos por los criterios de validez de los métodos cuantitativos, desarrollan amplios procedimientos mediante los cuales intentan permanentemente justificar el tamaño de su muestra, el diseño del muestreo y los métodos analíticos (Winchester, 1996).

Los datos no-cuantificables, basados particularmente en experiencias y actitudes, pueden dar una visión holística, y derivar conocimientos y explicaciones causales.

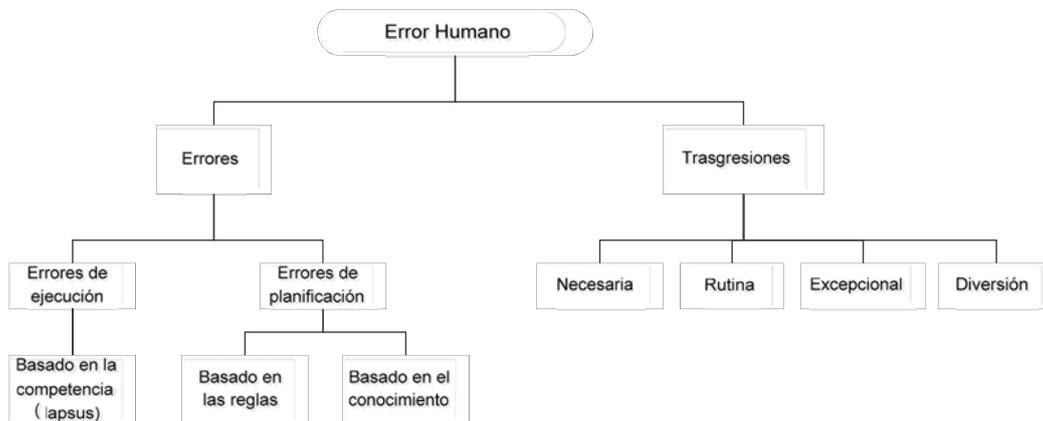
Para identificar los errores humanos, ya sea para valorar su riesgo o diseñar intervenciones que lo minimicen, se han utilizado tradicionalmente varias estrategias siendo una de las más utilizadas la del análisis de la tarea de los trabajadores mediante modelos cualitativos basados en taxonomía de errores. A partir del modelo de fallos latentes y activos desarrollado por J. Reason en la década de los 80 (que terminaría conociéndose como el modelo de “queso suizo”), se han desarrollado diferentes modelos taxonómicos aplicados al ferrocarril para el estudio de la accidentalidad.

El *Rail Safety and Standards Board* (RSSB) adoptó para el ferrocarril inglés el modelo taxonómico *Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors* (TRACer) utilizado en el sector aeronáutico y la industria química, que considera: errores en la tarea, procesos cognitivos (percepción, memoria, toma decisiones, acción o infracción), modos y mecanismos de error (IEM y PEM), clase de información, detección y recuperación de errores y factores de rendimiento.



Modelo taxonómico TRACER-rail aplicado al ferrocarril

Concretando lo expuesto anteriormente sobre la estrategia de Reason para el caso español, RENFE Operadora implantó el **Modelo Sistemático del Error (GEMS)** con el objetivo de conocer la situación psicofísica y formativa del trabajador y las causas que la originan.



Modelo GEMS (Conde-García, 2007)

Un claro ejemplo de aplicación de los modelos taxonómicos de error humano aplicados a un tipo concreto de accidente en el ferrocarril, es el estudio de los rebases indebidos de señal por parte de los maquinistas. El hecho de por qué un maquinista rebasa una señal en situación de parada con el peligro que ello conlleva (posible descarrilamiento o colisión) ha sido objeto de numerosos estudios en Reino Unido (RSSB, 2012; Stanton, 2011), profundizando en la comprensión de los factores humanos que intervienen en la conducción de tren.

De los resultados obtenidos en la aplicación de modelos taxonómicos al ferrocarril, se muestra que son los errores debidos a la falta de habilidad y toma de decisiones, seguidos de infracciones habituales, las principales causas de error humano, siendo la falta de atención (por disminución de la alerta o fatiga) el factor más significativo.

El proyecto **DETRA** ("Determinación del nivel de riesgo aceptado en el funcionamiento del ferrocarril en España para los diferentes subsistemas existentes") financiado por CEDEX, se desarrolló en colaboración con ADIF y RENFE para determinar el nivel de riesgo del sistema ferroviario español de fallos en su conjunto y para cada una de sus partes según el marco regulador nacional y europeo, obteniendo como principal conclusión que la mayor parte del riesgo del sistema (según la metodología para la obtención de los Valores Nacionales de Referencia) era aportado por el sistema de "Actuaciones de Terceros" y "Fallo Humano" con un 93,42 % y 6,5% respectivamente para el colectivo " la sociedad en su conjunto". Es decir, que incluyendo las actuaciones de personas ajenas al ferrocarril, un 99,92% del riesgo del sistema ferroviario en este colectivo es debido a factores humanos.

3.1.3. Análisis de la Fiabilidad Humana (HRA).

Para la obtener resultados validos en evaluación de riesgos es de suma importancia la correcta estimación de la contribución del elemento humano en el fallo del sistema. El modo de incorporar el factor humano es a través del análisis de la fiabilidad humana o (HRA).

HRA se utiliza en primer lugar para la identificación del peligro, y análisis de riesgo. Los puntos claves son:

1. Identificación de las tareas humanas claves en relación con el peligro, lo que puede ser realizado mediante un estudio HAZOP (*Hazard and Operability*) o mediante un Analisis FEMA (*Failure Model and Effects Analysis*). Además, se puede llevar a cabo un análisis de tareas funcionales de alto nivel.
2. Evaluación de Riesgo, incluyendo un análisis detallado de tareas, análisis del error humano y cuantificación de la fiabilidad humana consistente con el paso 2. Los errores potenciales se clasifican en términos de:
 - a. Causa supuesta del error humano
 - b. El potencial de la recuperación del error, por el operador o por otra persona
 - c. Las consecuencias potenciales del error

Quando se requiere cuantificación es necesario la utilización de alguna técnica para determinar la probabilidad del error humano (HEP), algunas de las más utilizadas suelen ser THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) y HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*)

3. Opciones de control del riesgo para i.e. reducir la frecuencia del fallo, mitigar sus efectos, etc.

3.1.4. HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique)

Es un método cuantitativo sencillo para evaluar la probabilidad del error humano (HEP) al realizar una tarea específica. Se basa en el principio de que en cualquier tarea realizada por una persona existe la posibilidad de fallo y que su probabilidad se puede ver afectada por uno o más condiciones productoras de error en diferentes grados.

Utiliza para ello una clasificación de 9 tipos de “*Generic Task Type*” (GTT - Tipos de Tareas Genéricas), cada una de las cuales tiene asignado un HEP nominal. Además, utiliza una clasificación de 38 tipos de “*Error Producing Condition*” (EPC - factores que incrementan la probabilidad de error) que pueden afectar a la fiabilidad de las tareas en un cierto factor establecido, el cual multiplica al HEP nominal.

Básicamente utiliza la siguiente metodología:

1. Identificar la tarea que el operario del sistema ha de realizar para completar en uno de los 9 tipos de tareas genéricas HEART.
2. Identificar los EPC relevantes para ese escenario/tarea que pueden influir negativamente en la realización de la tarea, obteniendo el multiplicador correspondiente.
3. Estimar el impacto de cada uno de los EPC aplicables en la tarea evaluada.
4. Calcular el impacto de cada EPC según la fórmula:

$$[(Multiplier - 1) \times Assessed Proportion of Effect] + 1$$

5. Calcular la probabilidad total de fallo en la tarea (HEP) como el sumatorio de todos los valores de fiabilidad humana nominales aplicables multiplicados cada uno por los valores de los impactos calculados

<i>Generic task</i>		<i>Proposed nominal human unreliability (5th–95th percentile boundaries)</i>
A	Totally unfamiliar, performed at speed with no real idea of likely consequences	0.55 (0.35–0.97)
B	Shift or restore system to a new or original state on a single attempt without supervision or procedures	0.26 (0.14–0.42)
C	Complex task requiring high level of comprehension and skill	0.16 (0.12–0.28)
D	Fairly simple task performed rapidly or given scant attention	0.09 (0.06–0.13)
E	Routine, highly practised, rapid task involving relatively low level of skill	0.02 (0.007–0.045)
F	Restore or shift a system to original or new state following procedures, with some checking	0.003 (0.0008–0.007)
G	Completely familiar, well-designed, highly practised, routine task occurring several times per hour, performed to highest possible standards by highly motivated, highly trained and experienced person, totally aware of implications of failure, with time to correct potential error, but without the benefit of significant job aids	0.0004 (0.00008–0.009)
H	Respond correctly to system command even when there is an augmented or automated supervisory system providing accurate interpretation of system stage	0.00002 (0.000006–0.00009)
M	Miscellaneous task for which no description can be found. (Nominal 5th to 95th percentile data spreads were chosen on the basis of experience suggesting log-normality)	0.03 (0.008–0.11)

Tabla de Tareas Genéricas de HEART

3.2. Safety Case

El Safety Case es la demostración documentada de que un producto, subsistema o sistema cumple los requisitos de seguridad especificados. Es decir, el Safety Case presenta los argumentos que justifican que un sistema es aceptablemente seguro en un contexto determinado.

El Safety Case es una herramienta de gestión para controlar la seguridad a lo largo del ciclo de vida incluyendo el diseño y los cambios en la operación del sistema. Por tanto, el Safety Case debe actualizarse:

- Para reflejar cambios en el diseño y/o la forma de operación con impacto en la seguridad.
- Para considerar nuevas amenazas identificadas.

(Tomado del Pliego de Condiciones del Proyecto Constructivo LAVOS de Adif)

En el folio 8.278 del expediente judicial se aporta a la causa el Safety Case Report de la Aplicación Especifica Orense-Santiago, que es el de mas alto nivel relacionado con la línea 082, de los existentes. Consolida los existentes Safety Case de Thales y de Dimetronic.

4. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE LA A.P.

4.1. Marco normativo de seguridad ferroviaria aplicable:

- Real Decreto 810/2007 del Ministerio de Fomento por el que se aprueba el Reglamento sobre seguridad en la circulación de la Red Ferroviaria de Interés General.
- Real Decreto 918/2010 del Ministerio de Fomento por el que se modifica el Real Decreto 810/2007 de acuerdo a la Directiva 2009/149/CE.
- Real Decreto 641/2011 del Ministerio de Fomento por el que se modifica el Real Decreto 810/2007.
- Directiva 2004/49/CE del 29 de abril de 2004. Directiva de seguridad ferroviaria.
- Directiva 2009/149/CE de la Comisión de 27 de noviembre de 2009 por la que se modifica la Directiva 2004/49/CE del Parlamento Europeo y del consejo en lo que se refiere a los indicadores comunes de seguridad y a los métodos comunes de cálculo de los costes de los accidentes.
- Directiva 2008/57/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la Interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la comunidad.
- Reglamento (CE) nº 352/2009 de la Comisión 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 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Reglamento (UE) nº 1158/2010 de la Comisión de 9 de diciembre de 2010 sobre un método común de seguridad para evaluar la conformidad con los requisitos para la obtención de un certificado de seguridad ferroviaria.
- Norma CENELEC EN-50126. Aplicaciones Ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS).
- Norma CENELEC EN-50129. Aplicaciones Ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización.

DSF y modificaciones	¿Transpuesta? (SI/NO)	Referencia legislativa	Fecha de entrada en vigor
Directiva 2004/49/CE	S	Real Decreto 810/2007	22/08/2007
Directiva 2008/57/CE	S	Real Decreto 1434/2010	07/11/2010
Directiva 2008/110/CE	S	Real Decreto 641/2011	11/05/2011
Directiva 2009/149/CE	S	Real Decreto 918/2010	06/08/2010
Directiva 2014/88/UE	NO (En proceso)	-	-

Estado de la transposición de la Directiva 2004/49. ANEXO B del Informe anual 2015 de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria

4.2. RD 810/2007, Reglamento sobre seguridad en la circulación de la RFIG

En el RD 810/2007 se dan las siguientes definiciones y otras puntualizaciones sobre algunos conceptos con relación a lo tratado en las presentes actuaciones.

En su Artículo 2 define,

i) **Métodos de seguridad:** los métodos que deben elaborarse para explicar cómo se evalúan los niveles de seguridad, la consecución de los objetivos de seguridad, así como el cumplimiento de cualesquiera otros requisitos de seguridad. Se distingue entre los métodos de seguridad nacionales (MS) y los métodos comunes de seguridad (MCS) que se establezcan por la Unión Europea, comunes a todos los Estados miembros.

k) **Objetivos de seguridad:** los niveles de seguridad que deben, al menos, alcanzar tanto las diversas partes del sistema ferroviario (sistema ferroviario convencional, sistema ferroviario de alta velocidad, túneles ferroviarios de gran longitud o líneas ferroviarias utilizadas exclusivamente para el transporte de mercancías) como el sistema ferroviario en su conjunto, expresados en criterios de aceptación de riesgo. Se distingue entre los objetivos de seguridad nacionales (OS) y los objetivos comunes de seguridad (OCS) que se establezcan por la Unión Europea, comunes a todos los Estados miembros.

En el TITULO II, Capítulo 1,

Artículo 9. Sistema de gestión de la seguridad del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias establecerá un sistema de gestión de la seguridad que garantice, en el ámbito de sus competencias, que el sistema ferroviario cumple, al menos, con los objetivos de seguridad (OS), es conforme con las normas de seguridad y se ajusta a los requisitos de seguridad fijados en las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI) y especificaciones técnicas de homologación (ETH), así como que se aplican los elementos pertinentes de los métodos de seguridad (MS).

Artículo 15. *Sistema de gestión de la seguridad de las empresas ferroviarias* [idéntico al anterior pero referido a las empresas ferroviarias]

Anexo II. (SGS). Punto 2. *Elementos básicos del sistema de gestión de la seguridad*

- a) iii: La existencia de procedimientos para satisfacer los estándares técnicos y operativos establecidos en las especificaciones técnicas de homologación y en cualquier otra norma nacional de seguridad que resulte aplicable y para llevar a cabo la evaluación de riesgos e implementar medidas de control siempre que tenga lugar algún cambio en las condiciones operativas o se utilice un nuevo tipo de material que suponga nuevos riesgos en la infraestructura ferroviaria o en los servicios.

Anexo V. *Contenido esencial del informe de investigación sobre accidentes e incidentes*

4. Conclusiones:

Causas directas e inmediatas del suceso, incluidos los factores coadyuvantes relacionados con las acciones de las personas implicadas o las condiciones del material rodante o de las instalaciones técnicas.

Causas subyacentes relacionadas con las cualificaciones del personal ferroviario y el mantenimiento del material rodante o de la infraestructura ferroviaria.

Causas relacionadas con las condiciones del marco normativo y la aplicación del sistema de gestión de la seguridad.

4.3. Método Común de Seguridad (MCS) para la evaluación y valoración del riesgo

4.3.1. Reglamento (CE) nº 352/2009 de la Comisión

La Directiva 2004/49/CE de seguridad ferroviaria asigna la tarea de definir un método común de seguridad (MCS) para la evaluación y la valoración del riesgo a la Agencia Ferroviaria Europea, y se desarrolla en el Reglamento (CE) nº 352/2009 de la Comisión, 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 del Parlamento Europeo y del Consejo (Diario Oficial de la Unión Europea L 108/4 de 29 de abril de 2009).

En el Anexo III, apartado 2, letra d) de la Directiva 2004/49/CE se dice que los SGS de las EF y AI contendrán “procedimientos y métodos para llevar a cabo la evaluación de riesgos y la implementación de las medidas de control de riesgo siempre que un cambio de las condiciones de operación o un nuevo material supongan nuevos riesgos en la infraestructura o en la operación”.

Es decir, el MCS para la evaluación y valoración del riesgo se aplicará a cualquier cambio del sistema ferroviario de un Estado miembro, según lo contemplado en el punto 2, letra d) del anexo III de la Directiva 2004/49/CE, que se considere significativo.

De acuerdo a la normativa MCS, si en un estado miembro no existe una norma nacional notificada para definir si un cambio es significativo o no, el proponente decidirá, basándose en el juicio de expertos, la importancia del cambio en función los siguientes criterios expuestos en el artículo 4 del MCS para la evaluación del riesgo: «consecuencias en caso de fallo, novedad utilizada para proceder al cambio, complejidad, supervisión y reversibilidad del cambio»: Si el cambio no es significativo, el MCS no tendrá que aplicarse, aunque la decisión habrá de documentarse para que la autoridad nacional de seguridad pueda llevar a cabo comprobaciones durante las inspecciones.

El proceso MCS armonizado concreta únicamente que requisitos deben cumplirse para el proceso de evaluación de riesgo sin especificar el modo de hacerlo.

4.3.2. Cambios Significativos

En el Reglamento 352/2009 se recogen los siguientes puntos, a mi entender relevantes para la contestación a las preguntas planteadas por el juez instructor.

Artículo 2.

1. El MCS para la evaluación y valoración del riesgo se aplicará a cualquier cambio del sistema ferroviario de un Estado miembro, según lo contemplado en el punto 2, letra d), del anexo III de la Directiva 2004/49/CE, que se considere significativo a tenor del artículo 4 del presente Reglamento. Dicho cambio podrá ser técnico, de explotación u organizativo...

2. Cuando los cambios significativos afecten a subsistemas de naturaleza estructural incluidos en el ámbito de aplicación de la Directiva 2008/57/CE, se aplicará el MCS para la evaluación y valoración del riesgo:

b) para garantizar la integración segura, en un sistema existente, de los subsistemas de naturaleza estructural a los que se aplican las ETI, en virtud del artículo 15, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE.

(artículo 15, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE). Estados miembros adoptarán todas las medidas apropiadas para que dichos subsistemas solo puedan entrar en servicio si son concebidos, construidos e instalados de modo que se cumplan los requisitos esenciales pertinentes cuando se integren en el sistema ferroviario. En concreto, comprobarán:

- la coherencia técnica de estos subsistemas con el sistema en que se integren,
- la integración segura de dichos subsistemas de conformidad con el artículo 4, apartado 3, y el artículo 6, apartado 3, de la Directiva 2004/49/CE.

4. Las disposiciones del presente Reglamento no se aplicarán a los sistemas y cambios que se encuentren en avanzado estado de desarrollo, a tenor de la definición del artículo 2, letra t), de la Directiva 2008/57/CE, en la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento.

(artículo 4, apartado 3, y el artículo 6, apartado 3, de la Directiva 2004/49/CE). Los Estados miembros velarán por que la responsabilidad de la explotación segura del sistema ferroviario y del control de riesgos creados en él corresponda a los administradores de la infraestructura y a las empresas ferroviarias, a quienes se obligará a aplicar las medidas necesarias de control de riesgos, en su caso cooperando mutuamente, a aplicar las reglas y normas nacionales de seguridad y a crear sistemas de gestión de la seguridad de conformidad con la presente Directiva.

Artículo 4. Cambios Significativos

1. Si en un Estado miembro no existe una norma nacional notificada para definir si un cambio es significativo o no, el proponente deberá considerar inicialmente el impacto potencial del cambio en cuestión para la seguridad del sistema ferroviario. Si el cambio propuesto no repercute en la seguridad, no será necesario aplicar el proceso de gestión del riesgo que se describe en el artículo 5.
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 fallo: hipótesis 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;
 - ...

Artículo 5.

1. El proceso de gestión del riesgo que se describe en el anexo I se aplicará:

a) a los cambios significativos especificados en el artículo 4, incluida la puesta en servicio de subsistemas de naturaleza estructural especificados en el artículo 2, apartado 2, letra b).

Artículo 10. Entrada en vigor

2. El presente Reglamento será aplicable a partir del 1 de julio de 2012.

No obstante, se aplicará a partir del 19 de julio de 2010:

a) a todos los cambios significativos que afecten a vehículos, tal como se definen en el artículo 2, letra c), de la Directiva 2008/57/CE;

b) a todos los cambios significativos relativos a subsistemas estructurales cuando así lo exija el artículo 15, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE [1] o una ETI.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

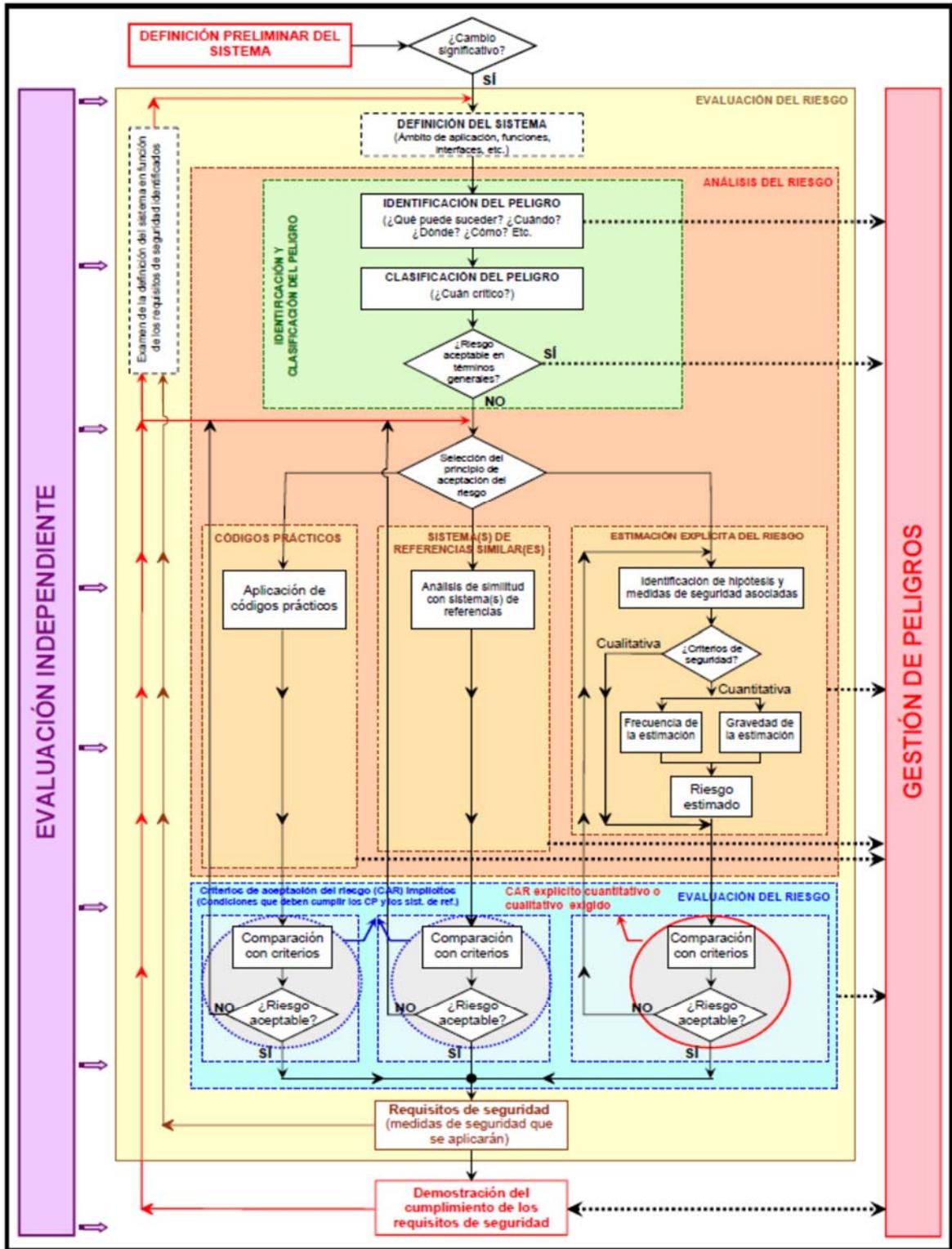
Anexo I, 2.5.4. Cuando los peligros se deriven de un fallo de sistemas técnicos no cubiertos por los códigos prácticos o el uso de un sistema de referencia, se aplicará al diseño del sistema técnico el siguiente criterio de aceptación del riesgo:

En el caso de los sistemas técnicos en que resulte verosímil que un fallo funcional pueda tener consecuencias catastróficas, el riesgo asociado no deberá reducirse más si la tasa de ocurrencia de dicho fallo es igual o inferior a 10⁻⁹ por hora de explotación

[1] Directiva 2008/57/CE. Art.15, aptdo1. Procedimiento de entrada en servicio.

...los Estados miembros adoptarán todas las medidas apropiadas para que dichos subsistemas solo puedan entrar en servicio si son concebidos, construidos e instalados de modo que se cumplan los requisitos esenciales pertinentes cuando se integren en el sistema ferroviario. En concreto, comprobarán:

- la coherencia técnica de estos subsistemas con el sistema en que se integren,
- la integración segura de dichos subsistemas de conformidad con el artículo 4, apartado 3, y el artículo 6, apartado 3, de la Directiva 2004/49/CE



Proceso de gestión de riesgo y evaluación independiente (Reglamento 352/2009/CE)

4.4. Interoperabilidad (ETIs) y Seguridad Ferroviaria

Se intenta aclarar en este apartado algunas cuestiones respecto a la interoperabilidad, concepto este extensamente citado en toda la normativa ferroviaria europea e intrínsecamente relacionado con la seguridad, y que a mi entender se ha malinterpretado en más de una ocasión en estas actuaciones.

Su relevancia para la causa estriba en la aplicabilidad y cumplimiento de las directivas específicas que regulan las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, y por ende de algunos aspectos relevantes en ellas recogidas.

En general, el concepto de interoperabilidad es la capacidad de dos o más sistemas de diferente origen para cooperar dentro de unos límites definidos. (GSM, ILS, ERTMS, etc.). En el sector ferroviario es el resultado del proceso de homogenización de los requisitos ferroviarios de los estados miembros de la UE dentro del proceso de liberalización del mercado. Las ETIs son elaboradas por la Agencia Europea del Ferrocarril (ERA) e incluyen requisitos relacionados con la normativa CENELEC en materia de RAMS, como se verá a continuación.

Es importante recalcar que interoperabilidad y seguridad han sido los dos referentes fundamentales sobre los que se ha construido el nuevo modelo ferroviario europeo. Ambos conceptos están íntimamente relacionados y son difícilmente divisibles cuando hablamos de una gestión integral de la seguridad.

Las Directivas Europeas de Interoperabilidad y Seguridad establecen los principios comunes para la gestión, regulación y supervisión de la interoperabilidad y seguridad ferroviaria y tienen por objeto permitir la circulación de vehículos ferroviarios de forma segura por las distintas redes de la Unión Europea.

- La Directiva de Seguridad 2004/49/CE establece las condiciones y criterios comunes de los sistemas ferroviarios europeos en materia de seguridad ferroviaria. En España, la transposición al marco jurídico nacional se realiza a través del Real Decreto 810/2007.
- La Directiva de Interoperabilidad para los Sistemas Ferroviarios 2008/57/CE (Texto Refundido – Derogación 96/48/CE Alta Velocidad y 2001/16/CE Convencional) establece las condiciones de seguridad de los sistemas ferroviarios europeos. Las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI) identifican los requisitos esenciales a satisfacer por los distintos Subsistemas (tanto los de naturaleza estructural como funcional) y sus Componentes Característicos.
- Decisión de la Comisión 2006/860/CE de 7 de noviembre de 2006, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema «control-mando y señalización» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y por la que se modifica el anexo A de la Decisión 2006/679/CE sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema de control-mando y señalización del sistema ferroviario transeuropeo convencional
- En España, la transposición al marco jurídico nacional de la anterior directiva se realiza a través del Real Decreto 1434/2008 y establece las condiciones que deben cumplirse para lograr en la REFIG la interoperabilidad del sistema ferroviario de modos compatibles con disposiciones sobre seguridad (Directiva 2004/49/CE y 2009/149/CE). Dichas condiciones se

refieren al proyecto, construcción, entrada en servicio, rehabilitación, renovación, explotación y mantenimiento de los elementos de dicho sistema, entre otros.

En la mencionada Directiva 2008/57/CE sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario, refiriéndose al Sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, se incluye el siguiente texto que estimo clarificador respecto a la consideración de la línea L082 y sus interfaces;

Las líneas de alta velocidad incluyen: ...las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad, de carácter específico debido a dificultades topográficas, de relieve o de entorno urbano, cuya velocidad deberá ajustarse caso por caso. Esta categoría incluye también las líneas de interconexión entre las redes de gran velocidad y convencionales, los tramos de estación, el acceso a las terminales, almacenes, etc., que son recorridos a velocidad convencional por material rodante de «alta velocidad».

2.3. Control-mando y señalización. 2.3.1. Seguridad.

Las instalaciones y operaciones de control-mando y señalización que se utilicen deberán permitir una circulación de los trenes que presente el nivel de seguridad que corresponda a los objetivos fijados para la red. Los sistemas de control-mando y señalización deberán seguir permitiendo la circulación en condiciones plenamente seguras de los trenes autorizados a circular en situaciones degradadas definidas.

Por otro lado, de la Decisión de la Comisión (2006/860/CE) de 7 de noviembre de 2006, sobre la ETI relativa al subsistema «control-mando y señalización», se extrae el siguiente requerimiento, que también ha sido discutido en estas actuaciones y que será tenido en cuenta en otros apartados de este informe

4.2.1. Características de seguridad de control-mando relevantes para la interoperabilidad.
...Para la parte relacionada con la seguridad de un conjunto instalado a bordo, así como de un conjunto instalado en tierra, el requisito de seguridad para ETCS, niveles 1 o 2, es: tasa de peligro tolerable (THR) de 10^{-9} /hora (para averías aleatorias), que se corresponde con el nivel 4 de integridad de la seguridad

Por si quedaba alguna duda respecto a la necesidad del cumplimiento de las ETI de la línea en cuestión, ya en el propio proyecto constructivo de la L082 de ADIF se declaraba que,

La Línea de Alta Velocidad Madrid–Galicia, prevista para tráfico exclusivo de viajeros, está encuadrada en el Corredor Ferroviario Norte–Noroeste, dentro de la Red de Altas Prestaciones del Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte y se construirá conforme al Real Decreto 1191/2000, de 23 de junio, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de Alta Velocidad. Esta línea se concibe como una línea interoperable integrada en red transeuropea de Alta Velocidad, y como tal debe seguir las Directrices y Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad. Se trata de una línea de vía doble banalizada, ancho 1435 mm, dotada de un sistema de alimentación de 2 x 25 kV en corriente alterna.

Redundando en lo anterior, en la descripción del proyecto Modificado se establecía que:

la funcionalidad ERTMS/ETCS niveles 1 y 2 cumplirá con los requisitos de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (TSI), en particular la Especificación de Requisitos Funcionales del Sistema ETCS, versión 5.0, la Especificación de Requisitos del Sistema ERTMS/ETCS Clase 1 (SUBSET-026), versión 2.3.0d, SUBSET 108, versión 1.2.0

Así mismo, en el Manual de Gestión de Seguridad en la Circulación de ADIF, en la parte de Introducción, Presentación y Objetivos se hace mención al Artículo 9 del **RD 810/2007**, de 22 de junio.

El ERTMS/ETCS se define como un sistema interoperable de control de trenes compuesto por el subsistema del tren y el subsistema de la vía cuya base es la Directiva 96/48/CE.

La Agencia de Ferrocarril Europea es clara cuando se refiere a estos conceptos:

... El Sistema de Protección Automático (ATP) es el tipo más avanzado de sistemas de protección de trenes. Se considera que es la medida técnica más eficaz que los administradores de infraestructuras pueden implementar para reducir el riesgo de colisiones y descarrilamientos en las líneas del ferrocarril.

... Las ETI incluyen un requisito esencial de seguridad, destinado a garantizar que las especificaciones de interfaz proporcionan parte de la protección de seguridad de los sistemas técnicos. Aunque el objetivo final de las ETI es ayudar a garantizar la interoperabilidad técnica, algunas especificaciones se refieren a sistemas técnicos críticos para la seguridad, proporcionando así requisitos reglamentarios específicos para la seguridad.

Para concluir esta lista de argumentos, el propio documento “Definición del Sistema de LAV Orense-Santiago” (UTE), parte del Plan General de Seguridad de la LAV082, en su apartado 7 de descripción de la Relación con los Elementos de entorno, concretamente en el apto 7.6 de “relación material rodante-subsistema de señalización/ERTMS” declara que:

El subsistema de Señalización asume de esta forma que el material rodante que circula por estas líneas va a cumplir dichas ETI,...

Los subsistemas de Señalización y ETCS tienen en cuenta dichas ETI, las especificaciones UNISIG y los parámetros en ellas contemplados para poder realizar de forma correcta la funcionalidad del subsistema.

Conclusión

Ha quedado más que evidenciada la relación intrínseca de la Interoperabilidad con la seguridad ferroviaria, así como la aplicabilidad de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETIs) en lo relativo a la línea ferroviaria y tren, objeto de estas actuaciones.

4.5. Informe anual de la Autoridad Nacional de Seguridad Ferroviaria 2012

Se emite este informe anual en cumplimiento del artº 18 Directiva 49/2004. Se corresponde con actuaciones hasta 31 de diciembre de 2011 y por tanto anterior al accidente de Angrois, así como de la creación de la Agencia Española de Seguridad Ferroviaria, por lo que en estas fechas

era la Dirección General de Ferrocarriles la que ejercía como ANS española. Se plasman a continuación algunos párrafos extraídos de este informe anual de la ANS en relación con algunos de los puntos tratados a lo largo de este informe pericial, en especial lo referido a MCS y cambios significativos.

3. RESULTADOS DE RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Destinatarios: Empresas ferroviarias (Pag.36)

-Implantar las medidas necesarias para que las comunicaciones con el personal de conducción en cabina se realicen de forma reglamentaria, con el fin de evitar posibles distracciones, especialmente cuando se circula en condiciones degradadas

H. INFORME SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS MCS SOBRE EVALUACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS (Pág.45-46)

En España, a fecha 10 de diciembre de 2008, la Dirección General de Ferrocarriles aprobó la Resolución circular 10/2008, tratándose de un documento legal de carácter interno basado en los borradores existentes hasta esa fecha del Reglamento (CE) nº 352/2009.

La citada resolución regulaba el procedimiento para la autorización de puesta de servicio de material rodante ya autorizado, que sufre modificaciones, introduciendo los conceptos más importantes del Método Común de Seguridad para evaluación y análisis de riesgos.

A mediados de 2010, con la entrada en vigor de parte del Reglamento (CE) nº 352/2009, se inicia la redacción de una nueva resolución circular con el objetivo de modificar la R.C. (10/2008) ya existente, adaptándola al Reglamento de MCS para Evaluación de Riesgos. El documento, indicado a continuación, se publicó el 25 de febrero de 2011:

- *Resolución Circular 1/2011 sobre el procedimiento de validación de vehículos ferroviarios modificados, conforme a lo dispuesto en la Orden FOM/233/2006, de 31 de enero, de material rodante*

En general, se han considerado como modificaciones no significativas, aquellas correspondientes a cambios técnicos y de operación de pequeña o media envergadura, que en la mayoría de los casos no implicaron la paralización del vehículo más allá de uno o dos días, como los cambios de versión del software del tren. Por el contrario, en las que se han considerado significativas ha sido necesaria la participación tanto de los contratistas principales, como de subcontratistas y de organismos de evaluación y certificación (por ejemplo, en la puesta en servicio de equipos ERTMS-ETCS en vehículos en operación).

...

En cuanto a cambios de otra índole que en este periodo se han detectado y que podrían haber sido objeto de aplicación del Reglamento (CE) nº 352/2009 podríamos citar:

➤ *Cambios relativos a la organización:*

- *Introducción de cambios organizativos en la estructura de seguridad de la empresa ferroviaria.*

➤ *Cambios relativos a las operaciones:*

- *Ampliación del ámbito de operación, debido al inicio de la explotación de nuevas líneas.*
- *Incorporación de nuevos trenes a la explotación.*
- *Entrada en vigor de nueva reglamentación o a la modificación de la existente.*
- *Cambios en la asignación del personal de conducción, debido a traslados y concursos*

4.6. [1] Si ha existido y era normativa y técnicamente necesaria una evaluación integral del riesgo de la línea 082 que tuviera en cuenta la situación de peligro concretamente existente en la curva donde se produjo el accidente.

4.6.1. Normativa RAMS. (EN 50126, EN 50128 y EN 50129)

En relación a la causa y en primer lugar, conviene señalar la incuestionable referencia del “Proyecto constructivo de las Instalaciones de Señalización, Telecomunicaciones Fijas, Control de Tráfico Centralizado, Protección y Seguridad y Sistemas de Protección del Tren, para el tramo Ourense-Santiago de Compostela, del corredor Norte-Noroeste de Alta Velocidad” (TIFSA); al cumplimiento de los requisitos RAMS, tal y como se recoge y desarrolla en las 42 páginas dedicadas a tal fin del anexo de su Pliego de Condiciones (Documento nº 1, Anejo nº 20. RAMS). En él, se exige la gestión de los procesos RAMS según la normativa UNE EN-50126 a todas las entidades participantes en cualquier fase de fabricación, constructiva y de ingeniería de los elementos del sistema propuesto.

Por tanto, no se puede cuestionar la aplicabilidad de la normativa RAMS a la línea 082.

La norma CENELEC EN-50126 define los términos de las RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety*), sus interacciones y un proceso basado en el ciclo de vida del sistema para la gestión de las RAMS. Es decir, un proceso sistemático para especificar los requerimientos RAMS y demostrar que dichos requerimientos se alcanzan según lo especificado.

Según establece esta norma, en su apartado 4.6.2.1,

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.

La norma, define en su aptdo. 4.6.2.2 las categorías típicas en términos cualitativos de la probabilidad o frecuencia de un suceso peligroso. La “cuantificación” de cada categoría deberá definirse por la Autoridad Ferroviaria pertinente (El administrador de la infraestructura ferroviaria o el operador ferroviario según lo establecido en la Directiva EU)

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.

NOTA. En opinión de este perito, en la versión española de la norma, esta clasificación puede inducir a errores debido a la traducción de algunos términos de la norma original. Concretamente la traducción inmediata del término “*improbable*” del inglés, como improbable en español induce a error en el sentido que en la norma española esta categoría se refiere una frecuencia improbable, cuando debería ser muy improbable (*Very unlikely*, del original) de la norma original. Las descripciones de Ocasional y Remoto tampoco son muy respetuosas con el original.

Se podría utilizar, por ejemplo, la tabla de la norma IEC-61508 de Seguridad Funcional (a la que se hace referencia en la EN 50126) para cuantificar estas categorías

Category	Definition	Range (failures per year)
Frequent	Many times in system lifetime	$> 10^{-3}$
Probable	Several times in system lifetime	10^{-3} to 10^{-4}
Occasional	Once in system lifetime	10^{-4} to 10^{-5}
Remote	Unlikely in system lifetime	10^{-5} to 10^{-6}
Improbable	Very unlikely to occur	10^{-6} to 10^{-7}
Incredible	Cannot believe that it could occur	$< 10^{-7}$

Igualmente, para establecer el impacto probable, la norma define en apto.4.6.2.3. los niveles típicos de gravedad de los peligros y consecuencias para todos los sistemas ferroviarios son,

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.	
Critico	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

La **evaluación de riesgos** se debe realizar combinando la frecuencia con que ocurre un suceso peligroso con la gravedad de sus consecuencias, a fin de establecer el nivel de riesgo generado por el suceso amenazante. Se utiliza para ellos la conocida matriz de “frecuencia– consecuencia” (pto. 4.6.3.2).

Evaluación de Riesgos EN 50126				
Severidad	Insignificante	Marginal	Crítico	Catastrófico
Probabilidad				
Frecuente	No deseable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	No deseable	Intolerable	Intolerable
Ocasional	Tolerable	No deseable	No deseable	Intolerable
Remoto	Insignificante	Tolerable	No deseable	No deseable
Improbable	Insignificante	Insignificante	Tolerable	Tolerable
Increible	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante

La **aceptación de riesgos** debería basarse en un principio generalmente aceptado, tales como ALARP, GAMAB, MEM, etc. (pto..4.6.3.3)

En la siguiente tabla se definen categorías cualitativas de riesgo, así como las acciones que han de tomarse ante cada categoría. 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.

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

Para cumplir con la norma EN-50126 no basta solamente con el análisis de riesgos, los documentos del Sistema de Gestión de Seguridad que se consideran claves y que por tanto se deben contemplar en un SGS basado en la RAMS (EN50126), son los siguientes:

- Definición del Sistema: Define el sistema a nivel de diagrama de bloques.
- Plan de Seguridad: Describe "Quien hace que y cuando".
- Hazard Log (Registro de Amenazas): Contiene todos los peligros (amenazas) conocidos y su historia.
- Análisis de Riesgos: Contiene los análisis de riesgo realizados para cada amenaza
- Requerimientos de Seguridad: Requisitos de seguridad del sistema
- Safety Case (Caso de Seguridad): Es el documento que demuestra que el sistema es seguro.

Como también se recoge en la EN-50126, en la definición de sistema hay que incluir todos los interfaces del subsistema con sus sistemas vecinos, lo cual no es nada obvio y es de suma importancia en la detección de los peligros. Los peligros están principalmente en las fronteras de los sistemas.

En cuanto a la gestión de las RAMS para un proyecto a lo largo del tiempo, la normativa CENELEC establece una representación del Ciclo de Vida en V para los sistemas. Este ciclo de vida es una secuencia de fases, cada una de las cuales conteniendo las tareas que abarcan la vida completa de un sistema (desde su concepción inicial hasta su eliminación). La parte izquierda o descendente de la V contiene los procesos relacionados con el Desarrollo y la derecha ascendente con los relacionados con la Explotación. El Ciclo de Vida en V indica que las actividades de aceptación están relacionadas intrínsecamente con las actividades de desarrollo (validación horizontal), lo que permite comprobar en todo momento del proyecto que lo realmente diseñado e implementado cumple en relación a sus requisitos de seguridad.

La EN-50126, cuando desarrolla los objetivos y requisitos de la **Fase 2** (Definición del sistema y condiciones de aplicación) del Ciclo de Vida, establece lo siguiente;

6.2.1 Objetivos. Los objetivos de esta fase son los de:

- a) definir el perfil de la misión del sistema;
- b) definir la frontera del sistema;

...

6.2.3 Requisitos

6.2.3.1 El Requisito 1 de esta fase debe ser el de definir:

- b) la frontera del sistema, incluidas:
 - las interfaces con el entorno físico;
 - las interfaces con otros sistemas tecnológicos;
 - las interfaces con seres humanos;
 - las interfaces con otros Organismos Ferroviarios

6.2.3.2 El requisito 2 de esta fase debe ser el de realizar:

- b) la identificación preliminar de peligros para:
 - identificar subsistemas asociados con peligros identificados;
 - identificar los tipos de acontecimientos que dan lugar a accidentes que necesiten tenerse en cuenta, incluidos los fallos de componentes, los defectos de procedimiento, el error humano y los fallos de mecanismos dependientes;
 - definir los criterios iniciales de tolerabilidad de riesgos.

6.2.3.4 El requisito 4 de esta fase debe ser el de establecer el Plan de Seguridad correspondiente al sistema. Dicho Plan de Seguridad debe acordarse por la Autoridad Ferroviaria y por la industria ferroviaria para el sistema de que se trate, y debe ponerse en práctica, examinarse y mantenerse durante todo el ciclo de vida del sistema. El Plan de Seguridad debería incluir:

...

- f) los procesos de análisis de seguridad, ingeniería y evaluación que hayan de aplicarse durante el ciclo de vida, incluidos los procesos destinados a:
 - garantizar un nivel adecuado de independencia del personal en las tareas, en proporción con el riesgo del sistema;
 - la identificación y análisis de peligros;
 - la evaluación de riesgos y la gestión actual de riesgos;
 - los criterios de tolerabilidad de riesgos;
 - el establecimiento y revisión actual de la idoneidad de los requisitos de seguridad;
 - el diseño del sistema;
 - verificación y validación;
 - la evaluación de seguridad encaminada a lograr la adecuación entre los requisitos del sistema y su realización;

- la auditoría de seguridad, a fin de lograr la adecuación del proceso de gestión y el plan de seguridad;
- la evaluación de seguridad encaminada a lograr la adecuación entre los análisis de seguridad de subsistemas y sistemas.

...

h) un proceso para elaborar Casos de Seguridad del sistema.

i) un proceso para la aprobación de seguridad del sistema;

j) un proceso para la aprobación de seguridad de modificaciones del sistema;

...

6.2.4.1 Los resultados de esta fase deben documentarse, así como cualesquiera supuestos y justificaciones realizadas durante la fase.

De la misma forma en el modelo de Ciclo de Vida recogido en EN 50126, su **Fase 3** se refiere al Análisis de Riesgos:

Lifecycle Phase	Phase related general tasks	Phase related RAM tasks	Phase related Safety tasks
1. Concept	<ul style="list-style-type: none"> • Establish Scope and Purpose ... • Define Railway Project Concept • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Review Previously Achieved RAM Performance • Consider RAM Implications 	<ul style="list-style-type: none"> • Review Previously Achieved Safety Performance • Consider Safety Implications • ... • ...
2. System Definition ...	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ...
3. Risk Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Undertake Project related Risk analysis 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Perform System Hazard & Safety Risk Analysis • Set-up Hazard Log • Perform Risk Assessment
...

6.3.3 Requisitos

6.3.3.1 El requisito 1 de esta fase debe ser el de:

a) identificar de forma sistemática y dar prioridad a todos los peligros que puedan razonablemente preverse y estén asociados al sistema en su entorno de aplicación, incluidos los peligros derivadas de:

- el normal funcionamiento del sistema;
- las condiciones defectuosas del sistema;
- el funcionamiento de emergencia del sistema;
- el uso incorrecto del sistema;
- las interfaces del sistema;
- la funcionalidad del sistema;
- cuestiones relacionadas con el funcionamiento, el mantenimiento y el soporte del sistema
- factores relacionados con la eliminación del sistema;
- factores humanos; ...

b) identificar la secuencia de acontecimientos que conduzcan a los peligros;

c) evaluar la frecuencia con que sucede cada peligro (tabla 2);

d) evaluar la probable gravedad de las consecuencias de cada peligro (tabla 3);

e) evaluar el riesgo que para el sistema supone cada peligro.

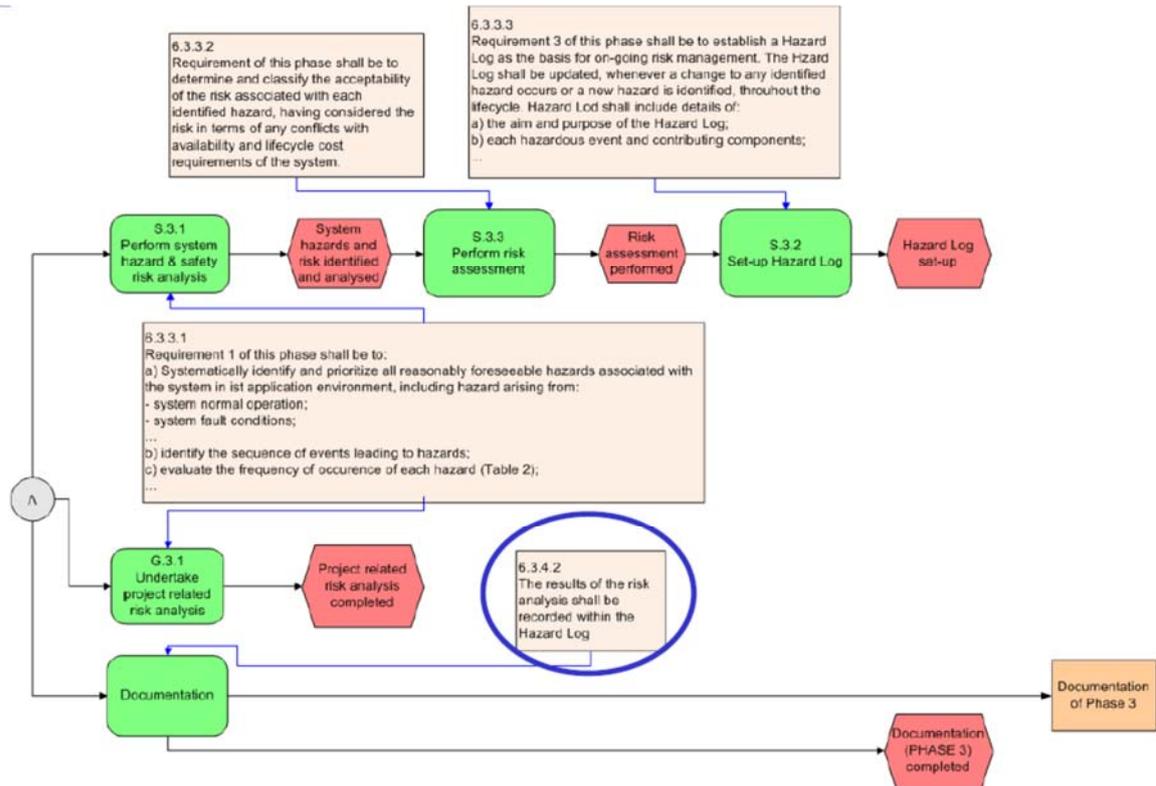
6.3.3.2 El requisito 2 de esta fase debe ser el de determinar y clasificar la aceptabilidad del riesgo asociado a cada peligro identificada, habiendo considerado el riesgo desde el punto de vista de cualesquiera conflictos con los requisitos de disponibilidad y coste del ciclo de vida del sistema.

6.3.3.3 El requisito 3 de esta fase debe ser el de establecer un Registro de Peligros como base para la gestión de los riesgos según estos se produzcan. El Registro de Peligros debe ser actualizado en

cuanto se produzca un cambio que afecte a cualquier peligro identificada, o cuando se identifique una nueva, durante la totalidad del ciclo de vida. El Registro de Peligros debe incluir detalles de:

... f) las medidas adoptadas para reducir los riesgos a un nivel tolerable o eliminar el riesgo correspondiente a cada suceso de peligro; ...

6.3.4.2 Los resultados del análisis de riesgos deben quedar recogidos en el Registro de Peligros.



En relación a la Fase 6 de Diseño e Implementación,

6.6.3.5 El requisito 5 de esta fase debe ser el de:

a) elaborar un Caso de Seguridad genérico para el sistema, que justifique que el sistema, tal y como está diseñado, e independientemente de la aplicación, cumpla los requisitos de seguridad.

b) elaborar un Caso de Seguridad de Aplicación, si procede en esta fase, para el sistema. El Caso de Seguridad de Aplicación se realiza basándose en el Caso Genérico de Seguridad, justificando que el diseño del sistema y su realización física, incluidas las fases de instalación y pruebas, para una clase específica de aplicación, cumplen los requisitos de seguridad.

4.6.2. Sistema de Gestión de la Seguridad (SGS)

El SGS se define como el conjunto de medidas establecidas en el seno de su organización por un administrador de la infraestructura o una empresa ferroviaria para garantizar la gestión de sus operaciones en condiciones de seguridad.

La Directiva 2004/49/CE de Seguridad Ferroviaria establece y desarrolla en su Artículo 9 y Anexo III como debe ser el SGS que tanto los administradores de la infraestructura como las empresas ferroviarias deben establecer, para que el sistema ferroviario pueda cumplir al menos con los OCS, sea conforme a las normas nacionales de seguridad, se ajuste a los requisitos de seguridad fijados por las ETI, así como que se apliquen los elementos pertinentes de los MCS.

4.6.3. Procedimientos SGSC en ADIF

4.6.3.1. S.G.S.C. de la Dirección de Seguridad en la Circulación de ADIF

El 28 de agosto de 2013, ADIF remitió, a requerimiento de este juzgado, una serie de documentos, anteriormente incorporados a autos, entre los que se encuentran los anexos,

- Anexo 7, conteniendo en Manual de Sistema de Gestión de la Seguridad en la Circulación de la Dirección de Seguridad de la Circulación. Rev.3 del 1/7/2010
- Anexo 8, conteniendo 31 Procedimientos del Manual del Sistema de Gestión de la Seguridad en la Circulación de la DSC.

Se exponen a continuación algunos párrafos recogidos de los distintos procedimientos que conforman el Sistema de Gestión de la Seguridad en la Circulación de ADIF donde se tratan algunos de los conceptos que se quieren recalcar, por considerarlos relevantes.

- Manual del Sistema de Gestión de Seguridad en la Circulación de la DSC de ADIF (1/7/2010), se afirma que:

Título I, Cap.2, punto1. Métodos de Seguridad (MS). *Hasta que la Agencia Ferroviaria Europea adopte el procedimiento definitorio de los MS comunes europeos, para la RFIG se considerarán MS de Adif, los siguientes: 1.1, 1.2,...*

Por otro lado, se recoge en la página 22 del Manual SGSC (Titulo II, Cap.1) que,

La Agencia Europea de Ferrocarriles, en virtud del Artículo 7.3 de la Directiva de Seguridad 49/2004 de 29 de abril, especificará antes del 30/4/2009 la primera serie de "Objetivos Comunes de Seguridad"...

Sin embargo, anteriores a esta fecha del manual del SGSC son los documentos de la ERA relativos al MCS, (6/1/2009):

- GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE LA COMISIÓN 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 (3) (a) DE LA DIRECTIVA DE SEGURIDAD FERROVIARIA
- Colección de ejemplos de evaluaciones de riesgos y de posibles herramientas de apoyo al Reglamento MCS

Puede concluirse, por tanto, que el Manual de SGSC de la DSC de ADIF, de fecha 1/7/2010, no está actualizado en lo relativo al MCS y que además presenta algunas incoherencias en lo referente a los MCS como se verá posteriormente.

En otro orden de cosas, se afirma también en Capítulo 4 del Título I del citado Manual que, *Los procesos de mejora del SGSC deben de tener en cuenta el artículo 4 de la Directiva, que obliga a mejorar constantemente la seguridad ferroviaria "cuando eso es razonablemente factible".*

En cuanto a los objetivos cuantitativos, se establecen los siguientes:

- ✓ Alcanzar un índice de frecuencia (accidentes de tren asignados a Adif / 1.000.000 Km-tren) de 0,14 en el horizonte del Contrato Programa Adif-Estado 2007-2010.

En el Capítulo 3 del Título II se definen los Procedimientos para asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos y operativos. En el punto 12, Evaluación y Gestión de Riesgos. SGSC/EGR, se afirma que,

La evaluación de riesgos representa uno de los más importantes Métodos Comunes de Seguridad (MCS), siendo, igualmente, el método proactivo de identificación de riesgos más efectivo. Por ello, se hace necesario establecer como método de gestión la Evaluación de Riesgos de Accidentes, haciendo de él uno de los principales elementos de la política preventiva de los mismos.

El Procedimiento de "Evaluación y gestión de riesgos" tiene como objetivo establecer prioridades en la eliminación y control de los riesgos, además de unificar criterios, por lo que es necesario disponer de una metodología única para su evaluación. Por ello, se ha tomado como referencia técnica el método recogido en la NTP 330 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

- Procedimiento de Elaboración planes anuales de seguridad:
 - 1. El Adif establecerá un SGSC que garantice, en el ámbito de sus competencias, que el sistema ferroviario cumple, al menos, con los objetivos de seguridad (OS), es conforme con las normas de seguridad y se ajusta a los requisitos de seguridad fijados en las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI) y especificaciones técnicas de homologación (ETH), así como que se aplican los elementos pertinentes de los métodos de seguridad {MS}.*
- Procedimiento de Inspección en condiciones de circulación
 - 1.-OBJETO...los dispositivos y elementos de seguridad en servicio..., Tomando especial atención a cuantas peculiaridades puedan observarse tanto en la vía y sus inmediaciones, como en las instalaciones (aparatos de vía, señalización, electrificación, etc.)*
 - Llama la atención, como ya señalaba en mi dictamen anterior, que el formulario de inspección definido en este procedimiento y en actualmente en uso, no se diferencie entre ASFA, ERTMS, LZB, etc.; ni tampoco que no se anotase nada en ellos en las inspecciones que se realizaron mientras los S730 circulaban con el ETCS desconectado en la L082.
- Procedimiento de Órganos de participación en la Gestión de la SC
 - 4. COMISIÓN GENERAL DE SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN*
 - c) Velar por el cumplimiento de los Métodos Comunes de Seguridad (MCS) y la consecución de los Objetivos Comunes de seguridad (OCS).*
- Procedimiento de Autorizaciones de cambios en instalaciones de seguridad. 12/12/2011, Rev.2 (ff-3421):
 - Este procedimiento es de aplicación a la realización de modificaciones en todo equipamiento en servicio con afección a la seguridad en la Red Ferroviaria de Interés General (REFIG) administrada por ADIF, tales como enclavamientos, elementos de señalización en campo, bloqueos, sistemas de protección de tren, pasos a nivel, detectores que repercuten en la*

señalización, así como cualquier otro componente que pueda afectar a la seguridad en la circulación.

2.3.-Antecedentes- REGLAMENTO DE LA COMISIÓN: La Comisión Europea establece que todos los cambios significativos relativos a subsistemas estructurales que constituyen el sistema ferroviario, cuando así lo exija el artículo 15-1 de la Directiva 2008/57/CE o una ETI, quedan regulados por el Reglamento (CE) nº 352/2009 de la Comisión relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo

3.- AMBITO DE APLICACIÓN.....tales como enclavamientos, elementos de señalización en campo, bloqueos, sistemas de protección de tren, pasos a nivel, detectores que repercuten en la señalización, así como cualquier otro componente que pueda afectar a la seguridad en la circulación

5.- PROCESO DE AUTORIZACIÓN DE CAMBIO. En este apartado se describe el procedimiento a seguir para la emisión de una Autorización de Cambio, incluyendo los actores implicados, y la documentación y registros que se generan durante la aplicación del proceso.

4.6.3.2. S.G.S.C. de la DGOI de ADIF

Lo conforma los manuales y procedimientos normativos del Sistema de Gestión de la Seguridad editados por la Dirección General de Operaciones e Ingeniería de ADIF. El Manual del Sistema de Gestión de Seguridad en la Circulación de la DGOI Rev.0 (DGOI-M-SGS-01) es de fecha marzo de 2012.

En este punto quisiera expresar mi extrañeza al constatar la existencia dentro de ADIF, de dos Sistemas de Gestión de la Seguridad en la Circulación diferentes y en vigor. Otro aspecto a resaltar es que este sistema normativo de gestión de la seguridad en la circulación de la DGOI de ADIF, no consta que fuese remitido al juzgado, a diferencia del más antiguo SGS de la DSC de ADIF remitido en agosto de 2013, desconociendo este perito la razón para ello.

Este SGSC de la DGOI aparenta tener en cuenta las directivas europeas relativas a las ETI, ETH, MCS, etc. En concreto, recoge los Reales Decretos RD 810/2007, de 22 de junio, RD 918/2010, de 16 de julio, (por el que se modifica el Real Decreto 810/2007) y el Reglamento 1169/2010 sobre un método común de seguridad para evaluar la conformidad con los requisitos para la obtención de una autorización de seguridad ferroviaria; así como el Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, sobre interoperabilidad.

Con el fin de clarificar ideas respecto al marco normativo relativo al sistema de gestión de la seguridad de la circulación de ADIF considero precedente incluir las siguientes aclaraciones organizativas provenientes del propio ADIF.

De la Dirección de Seguridad y Recursos Humanos depende la Jefatura de Gabinete de Seguridad en la Circulación, que es el departamento responsable de liderar el SGSC de la DGOI. Asimismo, las siete Direcciones de Operaciones, en su ámbito y a los efectos del SGSC, tienen las mismas competencias y responsabilidades que se atribuyen a la organización central

La responsabilidad global de la Gestión de la Seguridad en la Circulación recae en la Dirección de Seguridad en la Circulación y ésta se apoya en las áreas de la Gestión de la Seguridad en la Circulación de la Dirección General de Operación e Ingeniería y de la Dirección General de Explotación de Infraestructura

Son algunas de las *RESPONSABILIDADES DE SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN DE LA DGOI*:

- Realizar análisis de Riesgos de seguridad en la circulación en las actividades de la DGOI, con objeto de detectar, analizar y controlar las situaciones de riesgo asociadas a las mismas.
- Proponer e implantar cuantas medidas correctoras, preventivas y de mejora se consideren convenientes para el adecuado control de los riesgos asociados a las actividades de seguridad en la circulación de las áreas de actividad de la DGOI.

POLÍTICA DE SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN

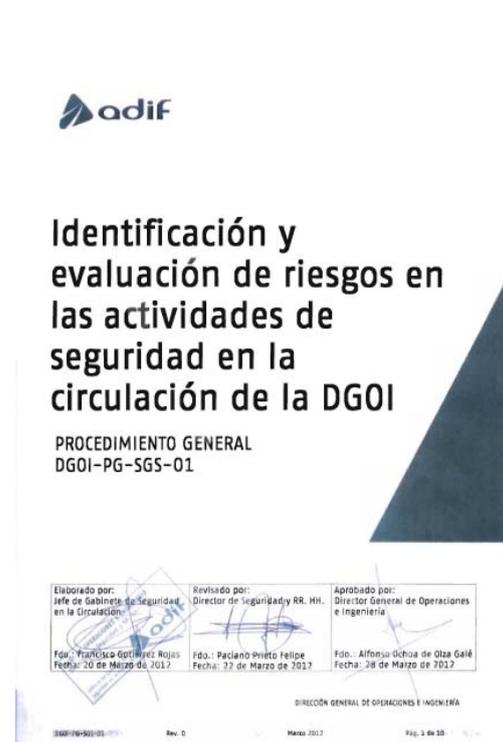
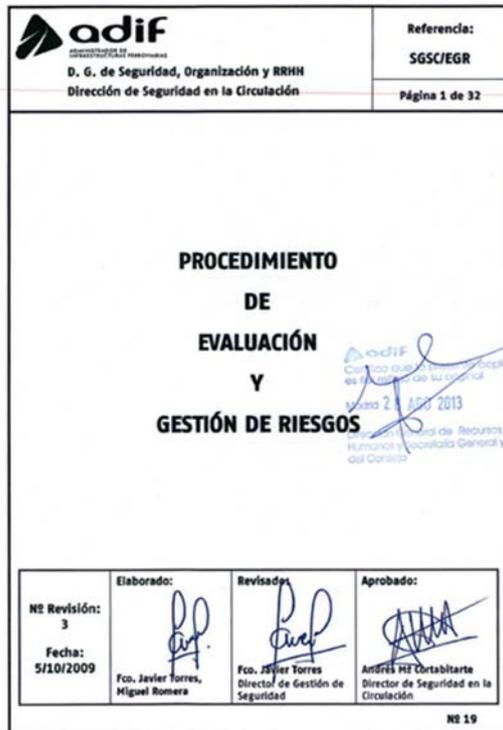
Declaración fundamental de la Dirección General de Operaciones e Ingeniería

La D.G. de Operaciones e Ingeniería, como responsable de la gestión del tráfico ferroviario y del mantenimiento de la infraestructura y sus instalaciones, declara como principal valor y referente para toda su actividad la mejora continua de los niveles de seguridad de la circulación en la Red Ferroviaria de Interés General (REFIG) gestionada por el ADIF y la evitación del fallo humano y técnico de sus instalaciones, haciendo de ello su principal objetivo.

Volviendo al hecho comentado al principio de este apartado, relativo a la existencia en ADIF de dos SGS de la Circulación diferentes (el de la D.G. de Seguridad, Organización y RRHH. Dirección de Seguridad en la Circulación, y el de la D.G de Operaciones e Ingeniería), conviene reseñar lo siguiente.

Aparentemente ambos procedimientos se hallan en vigor puesto que el de la DGOI (posterior al de la DSC) hace referencia al SGSC de ADIF (DSC) pero no declara que este lo anule, sustituya o actualice. Puesto que proceden de dos direcciones generales diferentes, podría pensarse que su ámbito de aplicación, que estaría delimitado por las competencias de cada una de ellas, fuese distinto. Sin embargo, al margen de aspectos competenciales u organizativos internos de ADIF, de los que este perito se declara desconocedor, y leyendo el ámbito de aplicación descrito en las propias normas de estos dos SGSC, aparentemente coinciden. En otras palabras, para el caso del análisis de riesgos que nos atañe, no queda claro cuál de las dos normas debería aplicarse.

Concretamente y como consecuencia de la existencia de estos dos SGSC, existen dos documentos de procedimientos diferentes de análisis y valoración de riesgos relacionados con la seguridad de la circulación: por un lado, el procedimiento "Identificación y evaluación de riesgos en las actividades de seguridad en la circulación de la DGOI" Rev. 0, del 20/3/2012, que incorpora los MCS, y por otro, el "Procedimiento de Evaluación y Gestión de Riesgo de la DSC" Rev.3 (SGSC/EGR) del 5/10/2009. (Introduce el concepto de "nivel de deficiencia" en la evaluación del riesgo como un factor de ponderación de la probabilidad de ocurrencia, concepto este más que cuestionable).



Concluyendo,

- Hasta donde alcanza el conocimiento de este perito, ambos manuales de procedimientos de evaluación de riesgos en la circulación, cuyo alcance es aparentemente el mismo, estarían en vigor, lo cual de ser así resultaría manifiestamente incoherente. Más aún, si como dice en su punto.2, Campo de Aplicación del Procedimiento de Evaluación de Riesgos de la DSC, *“Por ello el presente procedimiento será de común utilización para todas las áreas de Adif que deban evaluar riesgos relacionados con la seguridad en la circulación.”* Por otro lado, en el Pto.7 (Documentación de Referencia), del procedimiento de la DGOI se hace mención al SGSC de la DSC de ADIF y al Procedimiento nº 19 de la SGSC de DSC sobre Evaluación y Gestión de Riesgos (SGSC/EGR).

Cabe destacar finalmente en relación a este hecho, tal y como también recogía el Sr. Castillo en su informe, que ADIF estableciera lo siguiente: *“Es imprescindible que el método para la evaluación de riesgos sea aceptado y único para todos, con el objetivo de que la comparación y clasificación sea homogénea y posible, estableciendo que este será de común utilización para todas las áreas de Adif que deban evaluar riesgos relacionados con la seguridad en la circulación.”*. Todo lo cual es aparentemente incongruente.

- Queda constatada la existencia de algunas contradicciones dentro del SGSC de la DSC en cuanto al reconocimiento y aplicación de las Directiva comunitarias de seguridad y más concretamente el Reglamento nº 352/2009 en cuanto a la utilización de un MCS para el análisis de riesgos. El SGSC de la DGOI declara adoptar las disposiciones necesarias en conformidad con las ETI, ETH y normas de seguridad nacionales y comunitarias.

4.6.4. Análisis de la documentación complementaria entregada por ADIF al Juzgado el 30 de septiembre de 2016 y el 16 de enero de 2017.

El 3 de octubre de 2016, ADIF presentó en este juzgado una serie de documentos relacionados con el Dossier de Seguridad de la LAV 082, omitidos por error, que serán analizados a continuación. Además de estos, fueron requeridos por este juzgado, a solicitud de este perito, otros documentos referenciados, cuyo análisis también se incluye en este apartado en la medida que pudiesen tener relación con lo referido en el FUNDAMENTO NOVENO F del Auto de la AP de fecha 26/05/2016, y relevancia para la causa.

Básicamente se trata de dos grupos de documentos de diferente ámbito:

- Un grupo de documentos relativos a la seguridad del suministro de la UTE LAVOS, a los que se remiten los Casos de Seguridad de la LAV 082, omitidos por error por ADIF cuando se aportó dicho Dossier de Seguridad.
- Nuevos documentos editados por ADIF relativos a los Cambios Significativos de Velocidad y Transiciones Significativas de Velocidad. (relevantes para la dar respuesta a la pregunta nº 4)

Documentos relativos a la Aplicación Específica del Sistema LAV ORENSE -SANTIAGO remitidos:

DOCUEMENTO	REFERENCIA	Ver.
Análisis Preliminar De Riesgos de la Aplicación Específica de la LAV Orense-Santiago (UTE)	LAVOS-SEGU-INF-Apr_03	03
Análisis Preliminar De Riesgos de la Aplicación Específica de la LAV Orense-Santiago. Anejo A: Trazabilidad Funciones de Seguridad - Requisitos de Seguridad	LAVOS-SEGU-INF-AnejApr_03	03
Registro Amenazas de la A.E. del Sistema LAV Orense-Santiago (UTE)	LAVOS-SEGU-INF-HazLog_01	03B03
Hazard Log de la A.E. del Sistema LAV Orense-Santiago (UTE)	LAVOS-SEGU-INF-HazLog_01	01
Hazard Log de la A.E de suministro de DSA para LAV Orense-Santiago	LAVOS-SEGD-INF-HazLog_11	11
Hazard Log de la A.E. de suministro de THALES para LAV Orense-Santiago	LAVOS-SEGR-INF-HazLog_08	08
Registro de Amenazas de la A.E. de suministro de THALES: LAVOS (ERTMS, Eurobalizas, CLC, Gestor ETCS, PLEs, Focos LED, Contador Ejes, CVs)	5AA-10045-A5AA-VMZZD	08
Hazard Log de la A.E de suministro de Dimetronic para la Estación de SANTIAGO	LAVOS-SEGD-INF-HazLog_SC_03	03
Hazard Log de la A.E de suministro de Dimetronic para la Estación de ORENSE	LAVOS-SEGD-INF-HazLog_ORENSE_02	02

Antes de nada, conviene señalar que el ámbito de aplicación de todos los documentos anteriormente citados es exclusivo para las instalaciones suministradas por la UTE O-S (Siemens y Thales) recogidas en el Contrato de: “Instalaciones de Señalización, Telecomunicaciones Fijas, Control de Tráfico Centralizado, Protección y Seguridad y Sistemas de Protección del Tren para el Tramo Ourense-Santiago del Corredor Norte-Noroeste de Alta Velocidad, Fase 1.”

Se exponen a continuación algunos comentarios fruto del análisis realizado a los siguientes documentos.

4.6.4.1. Registro de Amenazas de la Aplicación Específica de la LAV O-S

En primer lugar, conviene hacer algunas observaciones respecto al objeto y alcance de este documento de la UTE:

- Su objetivo es controlar los diferentes registros de amenazas (ó Hazard Logs) de todos los tramos del proyecto, cubriendo todos los subsistemas detallados en Plan General de Seguridad de la Aplicación Específica de la LAV OS.
- Se trata del registro de las amenazas comunes de THALES y SIEMENS (Invensys Dimetronic Signals), por tanto, quedan excluidos de su alcance el análisis de riesgos derivados de situaciones que no son responsabilidad de la UTE AVE ORENSE-SANTIAGO.
- Los REUs o requisitos (riesgos) exportados de la UTE, identifican un requisito de Thales o Siemens con su propia codificación, o bien especifican un requisito propio de la UTE.
- Los criterios de aceptación de riesgos son los establecidos en el Plan General de Seguridad de la Aplicación Especifica LAV ORENSE-SANTIAGO . [1]

Riesgos exportados por la UTE al maquinista (realmente a ADIF), REU-3 y REU-4 (equivalentes a los riesgos exportados de Dimetronic RE2 y RE9, respectivamente):

- REU-3 (RE2): Los trenes que circulan al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF.
- REU-4 (RE9): El sistema de ayuda a la conducción ASFA no proporciona supervisión a bordo y por lo tanto el maquinista debe seguir indicaciones mostradas por la señalización lateral.

UTE AVE Orense - Santiago		REGISTRO DE AMENAZAS DE LA APLICACIÓN ESPECÍFICA DEL SISTEMA LAV ORENSE-SANTIAGO			
RIESGOS EXPORTADOS					
Cod UTE	Cod Orig Thales	Cod Orig Siemens	ALCANCE	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	Comentarios
REU-3	...	RE2	Maquinista (ASFA via)	Los trenes que circulen al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF. <u>Riesgo exportado al maquinista.</u>	Cuadro de velocidades máximas por infraestructura
REU-4	...	RE9	Maquinista	El sistema de ayuda a la conducción ASFA no proporciona supervisión a bordo y por lo tanto el maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral. <u>Riesgo exportado al maquinista.</u>	

[1] Este documento al que se hace referencia reiterada en otros documentos remitidos por ADIF en esta fecha, no constaba entre ellos, por lo que este perito solicitó a ADIF su remisión a través del juzgado. Fue entregado el día 16/01/2017. (LAVOS-SEGU-PRO-PlaGenSeg)

4.6.4.2. Análisis Preliminar de Riesgos LAV Orense-Santiago

En general y de acuerdo a las RAMS ferroviarias, un análisis preliminar de riesgos es una pieza fundamental y clave para la seguridad del sistema.

Uno de los documentos del dossier de seguridad entregado en esta fecha fue el “Análisis Preliminar de Riesgos LAV Orense-Santiago” ver.02 y ver.03 del 10/08/2011, elaborado por la UTE LAV OS. Considero por tanto importante clarificar cual es el alcance de dicho documento y sobre todo su relevancia en relación a la causa.

En este caso concreto, el objetivo del Análisis Preliminar de Riesgos es identificar, clasificar y asignar riesgos, en una fase anterior al diseño, a todas las posibles situaciones que, individualmente o en combinación con otras, podrían potencialmente causar un accidente. Dentro de este análisis se justificará el SIL asignado a las funciones de seguridad de cada componente y se determinarán los requisitos generales de seguridad que deberá cubrir el suministro de la UTE AVE O-S.

Es decir, el APR se utiliza para identificar y categorizar los peligros en función de sus riesgos asociados, para lo cual se propone la utilización de la matriz de riesgo (frecuencia-alcance) de la norma CENELEC EN 50126.

La aplicación de la normativa RAMS CENELEC (que aplica y cumple el Sistema de Gestión de Seguridad de la UTE, como así declara explícitamente el Plan General de Seguridad), emplea la siguiente metodología de arriba-abajo (Top-Down) para realizar el ARP (a nivel UTE):

1. Se clasifican los posibles accidentes que pueden ocurrir en una explotación ferroviaria.
2. Se identifican las Situaciones de Peligro (SP) que pueden tener como consecuencia cada uno de los accidentes antes clasificados.
3. Se analiza cada Situación de Peligro para determinar los posibles escenarios que pueden conducir a cada una de ellas.
4. Se detectan las amenazas que pueden ser origen de los escenarios de las situaciones de peligro. A estas amenazas se les asigna una severidad y una frecuencia de ocurrencia inicial. De esta manera se determina la frecuencia objetivo para que el nivel de riesgo resultante sea "Despreciable".
5. Para cada uno de las amenazas se establece un Requisito de Seguridad de alto nivel (Requisitos UTE) que es necesario cumplir para garantizar que se evita la ocurrencia del escenario y por tanto la Situación de Peligro y el posible accidente.
6. Se identifican los componentes a los que son aplicables los Requisitos de Seguridad identificados y se determina el SIL de su función.

Como salidas del APR se obtiene:

- Requisitos de Seguridad.
- Asignación del SIL de los componentes que integran los subsistemas.
- Creación del Hazard Log.

En primer lugar, para circunscribir correctamente el objeto y alcance de este documento, cabe recordar que es un documento del dossier de seguridad del "Subsistema Control-Mando y Señalización" de la L082, y más concretamente según se extrae del propio documento,

- Se trata de Análisis Preliminar de Riesgos de la Aplicación Específica de la LAV Orense-Santiago, de la "UTE ORENSE-SANTIAGO" (Dimetronic y Thales) y por tanto exclusivo para las instalaciones suministradas por la misma.
- Cubre los sistemas de Señalización y ERTMS N1 detallados en el Plan General de Seguridad de la Aplicación Específica de la LAV Orense-Santiago.

- Su objetivo es identificar, clasificar y asignar riesgos, en una fase anterior al diseño, a todas las posibles situaciones que, individualmente o en combinación de otras, podrían potencialmente causar un accidente.
- Solamente se consideran tres tipos de accidentes potenciales: Colisión, Descarrilo y Atropello.
- Se justifican los SIL asignados a las funciones de seguridad de cada componente determinando los requisitos de seguridad que deberá cumplir el suministro de la UTE.
- Excluye el resto de amenazas de subsistemas del sistema ferroviario que no sean suministrados por la UTE.

Por otro lado, en este documento se declara que los criterios de evaluación y aceptación de riesgos adoptados para su realización es lo establecido en las normas CENELEC 50126. Declara igualmente que como base para este Análisis Preliminar de Riesgos se han utilizado algunos análisis realizados para anteriores LAV, como es el caso de la LAV Lérida- Barcelona. Se ha adoptado una metodología Top-Down cuyo objetivo es evitar el accidente.

Se observa que para cada tipo de accidentes considerados (Colisión, Descarrilo o Atropello) en el documento, se identifican 8 situaciones de peligro (SP). De ellas, la situación de peligro mas relevante para esta causa es la **SP6**, que se corresponde con “El tren circula a una velocidad excesiva”.

5	SP5	Colisión con un objeto fijo en la vía.
6	SP6	El tren circula a una velocidad excesiva.
7	SP7	Descarrilamiento de un vagón de mercancías de alta velocidad.

Para cada SP se analizan los posibles escenarios que pueden conducir a ellas identificándose un total de 12 escenarios peligrosos a cada uno de los cuales se le asigna una severidad y frecuencia de ocurrencia objetivo (después de aplicar las medidas mitigadoras por parte de la UTE), para que el riesgo resultante se reduzca a un nivel aceptable. El escenario relevante para la causa es el ESC-6, que a su vez se divide en dos escenarios secundarios, siendo el más relevante el ESC 6-2: “Un tren circula a velocidad excesiva por una zona de vía con limitaciones permanentes o temporales”.

7	ESC-6	Esc 6-1	Un tren circula a una velocidad excesiva al paso por un desvío.
8	ESC-6	Esc 6-2	Un tren circula a velocidad excesiva al paso por una zona de vía con limitaciones permanentes o temporales.

Para cada escenario secundario se establece un Función de Seguridad (FSx) de alto nivel del Sistema Ferroviario para evitar que se dé el escenario y por ende la situación de peligro. Para cada una de ellas, se establecen las funciones principales que debe realizar cada uno de los Subsistemas de Seguridad suministrados por la UTE ORSAN (funciones de seguridad a nivel de subsistema): FSSx: Señalización (incluye ASFA y CDS) y FSRx: ERTMS N1. Partiendo de ellas se identifican funciones de seguridad secundarias a nivel de componente que permiten garantizar la función de seguridad del sistema correspondiente: FEx: Señalización y FRx: ERTMS N1.

A estas funciones de seguridad a nivel de componente se les asigna un **SIL** (Nivel de Integridad de Seguridad) dependiendo de la severidad que supone su fallo.

Una vez establecido lo anterior, se detectan y exponen las amenazas generadas por el incumplimiento de las funciones de seguridad de estos componentes: AME SEN x: Señalización y AME ERT x: ERTMS N1.

Finalmente se determinan los Requisitos Generales de Seguridad que se deben cumplir para garantizar que se evite la materialización de las amenazas y que se realizan adecuadamente las funciones de seguridad: RGE_x : Requisito General de Seguridad para Señalización y SPx-RGR-x: Requisito General de Seguridad para ERTMS N1.

De todo lo anterior y centrándonos en lo que puede tener mayor relevancia causal con el accidente de Angrois, de todas las Funciones de Seguridad consideradas en el APR, la más relevante es **FS8**: “Incluir sistemas de protección automáticos para garantizar que sean respetadas las limitaciones de velocidad temporales y permanentes”; y más concretamente la Función de Seguridad del Subsistema ERTMS N1, **FSR8**: “El subsistema ERTMS N1, como sistema de protección automático, asegura que se respete la velocidad en cada momento en cada tramo”.

Como se puede observar en la Tabla 31 de la pág.30, todas las Funciones de Seguridad a nivel de componente que contempla FSR8, tienen asignado un Nivel de Integridad de Seguridad de SIL4.

Den.	Descripción
FS8	Incluir sistemas de protección automáticos para garantizar que sean respetadas la limitaciones de velocidad temporales y permanentes.

Den.	Descripción	SIL
FSR8	El Subsistema ERTMS N1, como sistema de protección automático, asegura que se respeta la velocidad en cada momento en cada tramo.	SIL4
FR03	Enviar las restricciones de velocidad permanentes, según las rutas establecidas por el Enclavamiento	SIL4

Cabe reseñar a este respecto lo afirmado en la página 17 de este documento donde se recogen las funciones de seguridad del subsistema de señalización: *“El ASFA realiza funciones de respaldo al maquinista por lo que un eventual fallo en estas funciones no repercute directamente en la seguridad del sistema ferroviario, y no es aplicable un SIL determinado”*. Se puede constatar igualmente este hecho en la Tabla 42 de la pag.37, donde se muestran las Funciones de Seguridad de ASFA Vía (FE15 y FE16).

Den.	Descripción	SIL	Componente
FE15	Enviar a la baliza información relativa al aspecto presentado por la señal	N/A	Interfaz ASFA
FE16	Enviar al equipo embarcado el código correspondiente al aspecto de la señal asociada	N/A	Baliza ASFA

Por otro lado, en la Tabla 46 (5.2.2) se ve que la Función de Seguridad de las Balizas de ERTMS, FR12: *“La Baliza enviara únicamente el mensaje recibido del CLC en cada momento. En caso de no recibir ningún mensaje enviara el mensaje por defecto”*, tiene un SIL-4. Cabe resaltar lo dicho en este apartado respecto a que la función de las Eurobalizas es transmitir su mensaje grabado previamente (fijas) o procedente del CLC (conmutables), y que esta función es SIL-0 puesto que un fallo no lleva a una situación de peligro (no así, el caso de que el telegrama enviado fuese erróneo, lo que si daría lugar a una situación de peligro por lo que la generación de telegramas y el CLC son considerados como SIL4).

Den.	Descripción	SIL	Componente
FR12	La Baliza enviará únicamente el mensaje recibido del CLC en cada momento. En caso de no recibir ningún mensaje enviará el telegrama por defecto.	SIL4	Balizas C.

ANEJO A. TRAZABILIDAD REQUISITOS DE SEGURIDAD – FUNCIONES DE SEGURIDAD

UTE AVE Orense - Santiago											
ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS DE LA APLICACIÓN ESPECÍFICA LAV ORENSE - SANTIAGO											
CONSECUENCIA		SITUACIÓN DE PELIGRO		ESCENARIO		GRAVEDAD		RIESGO OBJETIVO		FUNCION DE SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO	
ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN	Severidad	Frecuencia	ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN
2	DESCARRILO	SP6	El tren circula a una velocidad excesiva.	SP6-1	Un tren circula a velocidad excesiva al pasar por un desvío	Catastrófica	Increible	Despreciable	F57	Informar de las condiciones bajo las que debe circular un tren al pasar por un desvío.	SIL4
				SP6-2	Un tren circula a velocidad excesiva al pasar por una zona de vía con limitaciones permanentes o temporales.	Catastrófica	Increible	Despreciable	F58	Incluir sistemas de protección automática para garantizar que sean respetadas las limitaciones de velocidad temporales y permanentes.	SIL4
				SP7-1	Un tren circula por un aparato de vía cuyo estado no garantiza la seguridad.	Catastrófica	Increible	Despreciable	F59	Asegurar todos los elementos que componen cada ruta antes de autorizar su circulación.	SIL4

UTE AVE Orense - Santiago									
ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS DE LA APLICACIÓN ESPECÍFICA LAV ORENSE - SANTIAGO									
FUNCIONES DE SEGURIDAD (Señalización y ERTMS)									
FUNCION DE SEGURIDAD		FUNCION DE SEGURIDAD DE SUBSISTEMAS				FUNCION DE SEGURIDAD DE COMPONENTES			
ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN	SIL	SUBSISTEMA	ID	DESCRIPCIÓN	SIL	COMPONENTE
F58	Incluir sistemas de protección automática para garantizar que sean respetadas las limitaciones de velocidad temporales y permanentes.	F58	El Subsistema ERTMS N1, como sistema de protección automático, asegura que se respete la velocidad en cada momento en cada tramo.	SIL4	ERTMS N1	FR05	Enviar informaciones de linking a las balizas según las rutas establecidas por el Enclavamiento.	SIL4	CLC
						FR06	Enviar información de FALLO a las balizas cuando no se recibe información del Enclavamiento.	SIL4	CLC
						FR07	Enviar información de aspectos y condiciones entre los elementos frontera.	SIL4	CLC
						FR08	Recibir información de aspectos y condiciones entre los elementos frontera.	SIL4	CLC
						FR09	Enviar por parte del CLC_M información del estado de señalización a sus CLCs relacionados.	SIL4	CLC
						FR10	Envío de información de estado de LTV's al Gestor ERTMS.	SIL4	CLC
						FR11	Recibir las ordenes de imposición / anulación de LTV's desde los puestos de operador.	SIL4	GR
						FR12	La Baliza enviará únicamente el mensaje recibido del CLC en cada momento. En caso de no recibir ningún mensaje enviará el telegrama por defecto.	SIL4	Balizas C.

UTE AVE Orense - Santiago											
ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS DE LA APLICACIÓN ESPECÍFICA LAV ORENSE - SANTIAGO											
CONSECUENCIA		SITUACIÓN DE PELIGRO		ESCENARIO		GRAVEDAD		RIESGO OBJETIVO		FUNCION DE SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO	
ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN	Severidad	Frecuencia	ID	DESCRIPCIÓN	ID	DESCRIPCIÓN
2	DESCARRILO	SP6	El tren circula a una velocidad excesiva.	SP6-1	Un tren circula a velocidad excesiva al pasar por un desvío	Catastrófica	Increible	Despreciable	F57	Informar de las condiciones bajo las que debe circular un tren al pasar por un desvío.	SIL4
				SP6-2	Un tren circula a velocidad excesiva al pasar por una zona de vía con limitaciones permanentes o temporales.	Catastrófica	Increible	Despreciable	F58	Incluir sistemas de protección automática para garantizar que sean respetadas las limitaciones de velocidad temporales y permanentes.	SIL4
				SP7-1	Un tren circula por un aparato de vía cuyo estado no garantiza la seguridad.	Catastrófica	Increible	Despreciable	F59	Asegurar todos los elementos que componen cada ruta antes de autorizar su circulación.	SIL4

4.6.4.3. Plan General de Seguridad de LAV Orense-Santiago. [V.02, 10/08/11]

El juzgado de instrucción nº 3 de Santiago de Compostela requirió a ADIF, a petición de este perito, la siguiente documentación, “Plan General de Seguridad del tramo de LAV Orense-Santiago (LAVOS-SEGU-PRO-PlanGenSeg), que fue entrega en dicho juzgado el día 16 de enero de 2017.

La razón para la solicitud de dicho documento es su referencia en otros documentos anteriormente analizados relacionados con el Sistema de Gestión de la Seguridad, concretamente en el “Análisis Preliminar de Riesgos de la LAV O-S”, ya comentado en este informe.

Así mismo, ADIF, considerando que podrían ser de interés, ha añadido a la remisión de este documento otros dos referenciados en el mismo, que no habían sido remitidos anteriormente, y que son: (i) Definición del Sistema de LAV Orense-Santiago, y (ii) Hitos del Plan de Obra Relacionados con la Seguridad.

Se expone a continuación algún comentario respecto a estos documentos en aquellos puntos de que he considerado más relevantes para la causa.

En primer lugar, es importante resaltar de nuevo el hecho evidente de que se trata de un documento generado por la "UTE AVE Orense-Santiago", no por ADIF, y que se circunscribe al alcance del suministro de la misma (básicamente, el sub-sistema de Control Mando y Señalización).

Su objeto es establecer la sistemática de gestión de riesgos y control de integridad de los sistemas y productos objeto del Proyecto, e incluye las directrices generales para realizar los trabajos contratados a la UTE, en materia de seguridad, para la aplicación específica del sistema suministrado: Señalización, Sistemas de Protección de Tren, Control de Tráfico Centralizado, Telecomunicaciones Fijas, Detectores Auxiliares, Energía y Edificación y Obra Civil asociada.

Por tanto, su ámbito de aplicación es exclusivo para las instalaciones suministradas por la UTE ORENSE-SANTIAGO, en el marco del Contrato del Suministro y Ejecución del Proyecto Constructivo y Proyecto Modificado de LAV Ourense-Santiago.

El plan considera los requisitos de gestión y control que emanan del conjunto de normas de la serie EN 50126, EN 50128, EN 50129 y EN 50159

Este plan establece asimismo las directrices para la vinculación entre la UTE ORENSE-SANTIAGO y ADIF, con el objeto último de que aquellos riesgos que no puedan tutelarse mediante la implantación de medidas técnicas, se transmitan adecuadamente al explotador. El vehículo principal para el conocimiento mutuo de estas situaciones es el registro de amenazas, o "Hazard Log".

La definición del sistema en función de su interfaces externas, se encuentra recogida en el documento también entregado "Definición del Sistema de LAV O-S", donde se expone el listado y la especificación de los interfaces externos considerados, que son: Sistemas de Señalización Externos, Operadores y Agentes de vía, Energía, Desvíos, Maquinista, Material rodante, Personal de mantenimiento, Medio Ambiente, CRC, Subsistemas de protección de tren embarcados (ASFA y ERTMS), Sistema de Detectores Auxiliares (elementos externos al suministro).

Se considera dentro del sistema la división en estos dos subsistemas: señalización y ERTMS.

En la Política de Seguridad (5.1.2) de la UTE declara que su objetivo *es Alcanzar un nivel de integridad de seguridad de SIL 4 para las funciones de seguridad del sistema suministrado cuyo incumplimiento pueda conllevar un riesgo intolerable*. Para alcanzar este objetivo la UTE propone, ente otros:

"Comunicar a ADIF aquellos riesgos residuales que puedan derivarse de la imposibilidad por parte del sistema suministrado de controlar totalmente un requisito de seguridad, en el caso de que esto sucediera."

También afirma que la sistemática de Gestión de Seguridad de la UTE O-S consiste esencialmente en un proceso de gestión de riesgos con realimentación continua, y que su estructura comprende, entre otros los siguientes elementos: Identificación de amenazas, Evaluación de riesgos, Análisis, valoración y mitigación de las amenazas identificadas (inclusión en el Hazard Log de la UTE), Exportación a ADIF de Riesgos Residuales.

En el capítulo de Análisis de Riesgo, este PGS propone la utilización de las tablas de riesgo de la EN 50126, y como criterio de aceptación de riesgos en caso de que se precise aceptar un riesgo normalmente de tipo Tolerable, se utilizará el criterio ALARP.

Finalmente, en cuanto a la Validación y Puesta en Servicio y Explotación, este PGS declara que,

“La seguridad del suministro de la UTE ORENSE-SANTIAGO se justificará mediante la realización del Dossier de Seguridad de LAV Orense-Santiago que incluirá un Safety Case de Aplicación Específica”. “La UTE ORENSE-SANTIAGO transmitirá a ADIF los Riesgos Residuales y posibles Restricciones de Servicio a las que pudieran dar lugar, identificados y documentados, a través del Hazard Log. Para la puesta en servicio y explotación se esperará la respuesta de ADIF, en cuanto a la aceptación de estos Riesgos Residuales y Restricciones de Servicio, que se cerrarán cuando ADIF así lo indique”.

El conjunto de documentos que compondrán el Dossier de Seguridad se incluyen en el documento *Hitos del Plan de Obra Relacionados con la Seguridad*, (remitido también por ADIF junto con este documento).

Estructura del Safety Case de Aplicación LAV Orense-Santiago.



Cada uno de los Safety Case definidos incluye dentro de su ámbito de justificación los interfaces Internos y externos al sistema, subsistema o componente al que se refiere. Por otra parte, los Safety Case de mayor nivel recogen los riesgos residuales de los de menor nivel.

4.6.4.4. Conclusiones del análisis de los nuevos documentos remitidos

En primer lugar, como resumen y conclusiones del análisis de este documento de Análisis Preliminar de Riesgos de la LAV082,

- Es evidente que se trata de un Análisis de Riesgos Preliminar realizado por la UTE LAVOS, es decir Thales y Dimetronic (actualmente Siemens), y que se ciñe exclusivamente al alcance de su suministro en relación a los sistemas de Señalización y ERTMS N1. No se puede, por tanto, considerar el mismo como un Análisis Preliminar Integral del sistema LAV82, sino solamente de una parte o subsistema del mismo, además de carácter preliminar al diseño (se debe realizar en la fase 2 del Ciclo de vida: Definición del sistema y condiciones de aplicación. Su cometido se recoge en 6.2.3.2. de la EN-50126). El cometido, alcance, circunstancias y fases de aplicación del Análisis de Riesgos de una aplicación ferroviaria (sistema, subsistema o componente) a lo largo de su ciclo de vida se desarrolla en la normativa RAMS y ya ha sido explicado en este informe.
- Este Análisis Preliminar de Riesgos de la UTE LAVOS identifica de forma clara y explícita: una situación de peligro (SP6) de un tren que circula a velocidad excesiva, un escenario de accidente (ESC 6-2) en el que un tren circula a una velocidad excesiva por una zona con limitaciones permanentes o temporales; una de las Funciones de Seguridad de alto nivel del

sistema ferroviarias (FS8), que es la de incluir sistemas de protección automáticos para asegurar que se respetan las limitaciones de velocidad, junto con una función de seguridad de subsistema (FSR8) que identifica al ERTMS N1 como sistema de protección automático capaz de asegurar que se respete la velocidad en cada momento en cada tramo. En el cuadro de la tabla anterior se evidencia además que el objetivo del riesgo para este escenario ha de ser “despreciable” (frecuencia “Increíble”), para lo cual se debe adoptar la función de seguridad de un sistema de protección automático SIL4 como el ERTMS.

- Además, es un documento de carácter genérico que como en el mismo se explica, es la adaptación (mínima) para la LAV082 de un APR de la Aplicación Específica del tramo La Pobra de Mortornes - Barcelona Sants, anteriormente ejecutada.

En segundo lugar, se puede extraer una conclusión más general de la revisión de todos estos documentos, y es la siguiente,

- Ha quedado constatado que tanto los documentos remitidos por ADIF el 30/9/2016 como los posteriores del 16/1/2017, se trata de documentos relacionado con la Seguridad de la LAV082, pero del ámbito de la UTE O-S, y no de ADIF, y por lo tanto ceñidos exclusivamente al alcance del suministro de las empresas de la UTE en relación a los subsistemas de Señalización y ERTMS.

Todos estos documentos de la UTE presentados por ADIF relativos a la seguridad, unidos a los otros ya conocidos que constaban en el expediente judicial, redundan en la demostración del estricto cumplimiento de los requisitos RAMS ferroviarios exigidos a los adjudicatarios del contrato. Sin embargo, como ya se ha expresado en otras ocasiones, estos altos niveles de exigencia en la demostración de la seguridad de los componentes o subsistemas suministrados, cumplidos por cada una de las partes que componen el sistema completo (en este caso nos estamos refiriendo al sistema nueva línea ferroviaria L082), no son suficientes para demostrar la seguridad del sistema completo si no se realiza también el consiguiente análisis a un nivel superior, donde por supuesto se analicen las interacciones entre sus partes y todos los interfaces internos y externos del sistema. Como ya hemos dicho reiteradamente, la seguridad requiere de una visión holística.

En este sentido incluyo el siguiente párrafo recogido en la Monografía del CEDEX, “Análisis de riesgos MCS”, relativo a las amenazas cruzadas y seguridad de los interfaces del sistema

...Las relaciones o Amenazas Cruzadas (posible incidencia de un amenaza en otro subsistema),... esta reacción entre amenazas constituye uno de los estudios importantes a destacar ya que, según se indica en la Recomendación de la Comisión del 29 de marzo de 2011 para la Puesta en Servicio de los Subsistemas Estructurales, la compatibilidad técnica y, por consiguiente, los aspectos de seguridad de los interfaces entre los subsistemas, constituye uno de los puntos críticos a la hora de la integración de los diferentes subsistemas ente sí y con el tren y dan lugar a situaciones de riesgo que pueden escapar a un tratamiento conjunto.

De la normativa de seguridad también se desprende que, como consecuencia de la aplicación de la Directiva 91/440/CEE del Consejo, de 29 de julio de 1991 sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, y del artículo 9, apartado 2, de la Directiva 2004/49/CE, debe prestarse especial atención a la gestión del riesgo en las interfaces entre los agentes implicados en su aplicación.

Finalmente,

No consta que exista un Safety Case de la Línea AV Orense-Santiago de mayor nivel jerárquico que englobe a este SC de Aplicación Específica LAVOS.

4.6.5. Conclusiones Finales de este punto

La Directiva 2004/49/CE de seguridad ferroviaria, en su artículo 9, exige a las AI (ADIF) y a las EF (RENFE) el establecimiento de un Sistema de Gestión de la Seguridad (SGS) que cumpla con los requisitos del anexo III, punto 2.d), e incluir “ Procedimientos y métodos para llevar a cabo la evaluación de riesgo y para aplicar las medidas de control de riesgo siempre que un cambio de las condiciones de funcionamiento o un nuevo material suponga nuevos riesgos en la infraestructura o en los servicios”.

Dicha directiva, en sus Artículos 10 y 11, exigen que la Autoridad Nacional de Seguridad de cada estado miembro, que debe ser independiente de las AI y EF, (la DGF, a fecha del accidente), debe verificar que dichos SGS cumplen con los requisitos de la directiva comunitaria (artículo 9, Anexo III), para poder expedir la correspondiente autorización y certificado de seguridad.

Por otro lado, el Reglamento CE 352/2009, que recoge un Método Común de Seguridad (MCS) para la evaluación y valoración del riesgo que aplica a los cambios significativos en el sistema ferroviario, se encontraba en vigor a la fecha de la puesta en servicio de la LAV082 [Artículo 10, apartado 2 b)], puesto que en mi opinión no es aplicable la excepción recogida en su artículo 2, apartado 4 de “proyecto en avanzado estado de desarrollo”, que de ser así, debería ser convenientemente justificada y notificada a la Comisión, de lo cual no hay ninguna constancia.

La ERA constata con total claridad en su documento ERA/GUI/02-2008/SAF, que en la aplicación del Artículo 2 de los reglamentos MCS,

El MCS se aplica a todo el sistema ferroviario, y comprende la evaluación de los siguientes cambios en los sistemas ferroviarios, si de la evaluación se desprende que son significativos con arreglo a la aplicación del Artículo 4:

- (a) construcción de nuevas líneas o cambios de líneas existentes,
- (b) introducción de sistemas técnicos nuevos y/o modificados;
- (c) cambios operativos (tales como normas operativas y procedimientos de mantenimiento nuevos o modificados);

Por lo tanto, considero que la puesta en servicio de una nueva línea de alta velocidad debe considerarse un cambio significativo del sistema ferroviario. De igual forma, considero que el cambio del Proyecto Constructivo inicialmente adjudicado por el Proyecto Modificado finalmente ejecutado, supuso igualmente un cambio significativo. En cualquier caso y de acuerdo a la normativa, de haber considerado que tal cambio no fuese significativo, el proponente debería haberlo demostrado y evidenciado documentalmente, de lo cual no hay constancia.

Consecuentemente, en ambos casos debería haberse realizado el análisis de riesgos pertinente, no teniendo constancia, en ninguno de los dos casos, que tal análisis de riesgos fuese realizado y documentado convenientemente por el ADIF.

Es conclusión, respecto a la pregunta de si era normativamente necesario la realización de un análisis de riesgo del sistema Línea de AV Orense-Santiago, o si se prefiere, un análisis integral de la misma, ha quedado constatado a lo largo de mis informes, mi convencimiento de que así es. Según se ha explicado anteriormente, de acuerdo con la normativa de seguridad ferroviaria europea 2004/49/CE, se debe realizar un análisis de riesgos cuando cambian las condiciones de operación o nuevo material que suponga nuevos riesgos en las infraestructuras, como es a mi juicio una nueva línea de alta velocidad.

De la misma forma, se puede considerar como cambio significativo la desconexión del ERMTS en los trenes S130/S730 al cambiar las condiciones de explotación en el sistema vía tren. De acuerdo al RD 819/2007, tal decisión afectaría a los subsistemas estructurales de control-mando y señalización, explotación y gestión del tráfico y material rodante.

En relación a la necesidad técnica de la realización de dicho análisis de riesgo, el convencimiento de este perito es todavía mayor. Ha quedado constatado el nivel de exigencia, podría calificarse de exhaustivo, en la demostración de la seguridad de todos los suministros analizados (subsistemas y componentes) que formaban parte del subsistema de Control-Mando y Señalización de la línea 082, o si se prefiere de esa aplicación específica. Siendo esto así, se echa entonces especialmente de menos un análisis de riesgos del sistema completo (la aplicación específica de la nueva línea ferroviaria) donde se tengan en cuenta las fronteras, interfaces e interacciones de los distintos sub-sistemas y/o componentes, algo que evidentemente no lo puede hacer ninguno de los suministradores aisladamente sino el propio licitante, ADIF. En otras palabras, es evidente que para demostrar la seguridad del sistema no basta con asegurar la de sus partes y por tanto, el riesgo del sistema no se puede obtener como la simple agregación de los elementos que lo conforman, sino que requiere de una aproximación integral o de sistema para tener también en cuenta las interacciones de sus constituyentes.

Pero incluso, aun circunscribiéndonos al ámbito de la Aplicación Específica de CM&S de Orense-Santiago, (la única de la que existe constancia del dossier de seguridad de acuerdo a las RAMS, en relación a la línea), se debe subrayar lo siguiente. La gestión de los interfaces entre los subsistemas es vital, y forma parte del sistema dentro del cual interaccionan, de igual forma que los propios subsistemas que lo componen. Su inclusión es esencial en la definición del sistema cuya seguridad se quiere gestionar, y por tanto deben de gestionados dentro del análisis de riesgos del propio sistema. Además, son de distinta índole, tanto físicos (por ejemplo, el interfaz de la nueva línea de AV O-S con el trazado antiguo a la entrada de Santiago, señalización de vía con el tren, etc.), como lógicos (por ejemplo, entre la línea topológica de los que diseñan el subsistema la señalización y la curva real del subsistema de infraestructura, o entre estos y el factor humano, etc.), e incluso con la organización y la operación. Por tanto, su correcta gestión desde el punto de vista de la seguridad es vital.

En lo relativo a si el análisis de riesgos debería tener en cuenta concretamente el peligro de la curva de Angrois, cabe la siguiente reflexión. Desde los comienzos del ferrocarril, uno de los peligros más evidentes y por lo tanto más fácilmente identificables siempre ha sido, junto al de colisión, el de descarrilamiento. Dentro de este último, el descarrilamiento como consecuencia de una velocidad inadecuada en una curva es de los más evidentes.

Constatando lo anterior, se ha evidenciado también que este peligro estaba claramente identificado como tal en el Análisis Preliminar de Riesgos del suministro de UTE LAVOS, anteriormente comentado, que como ya se ha señalado se trata de un documento bastante genérico. Si el escenario de peligro (ESC 6-2) concreto y genérico identificado en el APR, lo aplicamos al caso específico de la L082 y a la curva de Angrois, teniendo en cuenta su casuística harto explicada, y a sus requerimientos de disminución significativa de velocidad sin el amparo de un sistema de control continuo de velocidad; entonces el peligro se evidencia con mucha más claridad.

Se puede inferir por tanto, que de haberse realizado un análisis integral de la línea, el peligro concreto de la curva de Angrois y su riesgo asociado hubiese resultado más que evidente.

4.7. [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

Se ha tratado de realizar en este apartado una revisión crítica de los todos los informes periciales relacionados con el análisis de riesgos que constan en autos, realizados por los peritos Sres. Heijen y Catmur (en adelante, H-C), como peritos de parte de la aseguradora QBE, y del informe y adendas del perito D. Enrique Castillo Ron (en adelante, E.C) que actúa auxiliando al perito judicial Sr. Carballeira.

Como consecuencia de su acto de ratificación del 18/10/2016, tanto los peritos H-C como E.C, presentaron con anterioridad a dicho acto, otros informes complementarios a los presentados previamente a modo de aclaraciones y adendas, en los que realizaban un análisis crítico de lo expuesto hasta el momento por los otros peritos.

A la vista de estos documentos, se puede constatar que su contenido es realmente sustancioso, tanto en lo referente a los datos aportados, como en argumentaciones, cálculos realizados y conclusiones extraídas, fruto de la experiencia y conocimientos que todos ellos acreditan. Por todo esto, no he considerado correcto emitir un dictamen sobre sus trabajos sin profundizar hasta un nivel de análisis suficiente que permitiese realizar una revisión crítica de sus trabajos con el mínimo rigor necesario.

Sin duda esto ha supuesto un esfuerzo e inversión en tiempo notable y con un resultado un tanto extenso, que no ha tenido otro fin que el de tratar de fundamentar y argumentar convenientemente todas las conclusiones emitidas en este informe.

Concretamente, se han analizado los siguientes documentos de dichos peritos:

1. "Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la Zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013". E. Castillo, 1/12/2014.
2. "Informe Pericial: Factores y circunstancias que dieron lugar a la producción del accidente". F. Heijnen y J. R. Catmur, 31/01/2015.
3. "Informe Complementario al Informe Pericial de 31 de diciembre de 2015: Factores y Circunstancias que Dieron Lugar a la Producción del Accidente De 24 De Julio De 2013". F. Heijnen y J. R. Catmur, 30/06/2016
4. "Informe complementario al Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la Zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013 presentado por Enrique Castillo en diciembre de 2014". E. Castillo, 27/09/2016.
5. "Adenda al Informe complementario al Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013 presentado por Enrique Castillo en diciembre de 2014". E. Castillo, 12/10/2016.

Se exponen a continuación mis comentarios críticos a aquellos puntos que he considerado más relevantes de cada uno de los documentos presentados por H-J y EC en relación a la evaluación, valoración y aceptabilidad del riesgo que nos atañe.

Se ha incidido especialmente en aquellos puntos en los que los citados peritos discrepan entre ellos. Por esta razón se ha comenzado por el informe complementario de E. Castillo del 27/09/2016, cronológicamente el último entregado, utilizándolo a modo de hilo conductor puesto que en él se recogen la mayor parte de los puntos en los que se ha centrado la controversia (con los peritos H-J) y otros puntos que he considerado igualmente relevantes para la causa. Además de ello, se incluyen algunos comentarios adicionales a los demás documentos presentados y un más exhaustivo análisis del informe pericial del Sr. Castillo Ron.

Par tratar de estructurar lo expuesto en este apartado, se ha mantenido la denominación dada por sus autores a los puntos y apartados contemplados en sus informes.

4.7.1. Comentarios al Informe complementario de D. E. Castillo Ron del 27/09/2016 [Doc.4]

Es este *“Informe complementario al Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la Zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013 presentado por Enrique Castillo en diciembre de 2014”*, una contestación crítica del perito E.C al informe presentado previamente por los peritos H-C del 31/12/2105, y al informe complementario de los mismos autores. Así mismo, en ese documento el perito E.C expone también sus conclusiones respecto a las preguntas formuladas en el auto de la AP del 26 de mayo de 2016, razón del presente informe.

Se mantiene la denominación de los apartados dada por los peritos en sus informes (en cursiva).

Deficiencias del informe pericial de 31 de diciembre de 2015 de los peritos Frans Heijnen y James Roger Catmur

[2.1.] Estadísticas de siniestralidad en Europa.

Es cierto, como afirma E.C, que la tasa de descarrilamientos en España es más alta que en otros países europeos citados, pero dado que se encuentra dentro del mismo orden de magnitud, esta diferencia no es significativa para el resultado final (existen otras variables mucho más determinantes, como se evidenciará más adelante). Es igualmente cierto que los últimos años muestran una tendencia a la baja en la siniestralidad total pero no así en el de accidentes significativos por descarrilamientos. Las cifras dadas por H-C en su informe son una media extraída del número de descarrilamientos entre el 2006 y 2012.

Sí parece bastante más relevante y por tanto un aspecto a resaltar, lo que realmente se tiene en consideración dentro de las cifras de descarrilamientos. (Se debe recordar que la normativa ferroviaria europea define como “Descarrilamiento”, todo caso en que se salga de los raíles al menos una rueda de un tren). Contabilizados como tales están todo tipo de ellos, fuese cual fuese su origen y sus circunstancias. Es decir, no distinguen en que se hayan producido, por ejemplo, por el mal estado de una rueda del tren, una rotura de vía, material suelto, un fallo en el cambio de agujas, en un tren de mercancías o un tren de alta velocidad; o debido a un exceso de velocidad en curva como es el caso con el del accidente del Alvia en Angrois.

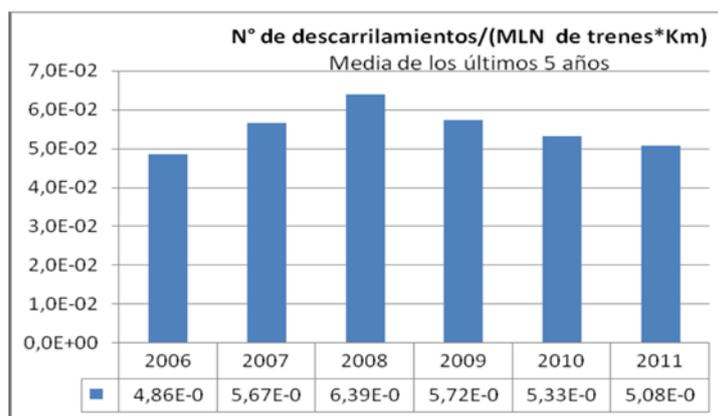
El problema radica realmente en la taxonomía empleada para clasificar los accidentes y en el tipo de información que se puede extraer de unas cifras estadísticas tan generales (tales como son las simples medias aritméticas empleadas), que son una especie de cajón de sastre y de las que, por tanto, deberían extraerse conclusiones con extremo cuidado. Por ello, lo que parecería

tener más sentido es, en vez de considerar el número de descarrilamientos sin más, tener en cuenta solamente el número de ellos con alguna víctima mortal (tal y como hace el profesor Evans del ICL, en sus análisis).

Otro aspecto a tener en cuenta es la diferencia de criterios y procedimientos adoptados por cada país para recoger y clasificar sus datos, así como su variación a lo largo del tiempo.

Es cierto, como critica E.C, que no queda muy claro en lo expuesto por H-C en lo referente a las conclusiones que extraen estos peritos respecto al estudio de reducción del riesgo que supone TPWS y ERTMS (del 86% y adicionalmente del 90%). Es decir, el único dato que se asume de este estudio es el de que la utilización de ERTMS reduce el riesgo en un 98,6% (no especifican si es el riesgo global o específico de descarrilamiento por sobre velocidad). Lo que resulta más difícil de comprender es su razonamiento posterior al aplicar este porcentaje de mejora (98,6%) a la tasa de descarrilamiento en España. Las cifras correspondientes a España ya incorporan el hecho de la utilización de ASFA (equivalente al TPWS inglés) en una parte significativa de la RFIG y de ERTMS en la red de alta velocidad.

Se exponen a continuación las cifras de accidentes por descarrilamiento obtenidas del Informe anual de 2012 de la Autoridad Nacional de Seguridad Ferroviaria de España



Accidentes	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Descarrilamientos	98	96	73	69	65	48
Colisiones	36	31	36	37	34	26
Sobre personas	80	77	55	30	32	31
En pasos a nivel	33	42	41	29	21	20
Otros	2	1	0	2	0	0
TOTAL	249	247	205	167	152	125

Accidentes significativos	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Descarrilamientos	9	12	15	7	7	7
Colisiones	4	4	4	3	3	4
Sobre personas	51	63	43	22	24	23
En pasos a nivel	13	19	18	19	11	8
Otros	0	0	0	0	0	0
TOTAL	77	98	80	51	45	42

Informe anual 2012 de la ANSF

En conclusión, el razonamiento seguido por H-C en este apartado es un tanto confuso y más que cuestionable, y no lo comparto en absoluto.

[2.2]. Riesgos asociados a los casos 1, 2 y 3

El caso 1 (ERTMS operativo en toda la línea según proyecto original) que analizan H-C es el más sencillo en la medida que se considera la línea protegida en su totalidad. En los casos 2 y 3, el análisis de posibles sucesos generadores de riesgos que puedan producirse en la línea, que han utilizado es correcto (del tipo árbol de fallos), y en mi opinión es el más apropiado puesto que facilita una visión de conjunto de los riesgos con los peligros, así como su interrelación.

De cualquier modo, entiendo que lo verdaderamente relevante para la causa es la relativización entre los riesgos obtenidos para los casos 2 y 3 en relación al caso 1, es decir los riesgos relativos respecto al primero y no tanto su valor absoluto.

[2.2.1]. Caso 1

El TPWS (*Train Protection & Warning System*) es el sistema inglés equivalente al ASFA. Por tanto, no es un sistema de control de velocidad continuo y el factor reductor de este es obviamente diferente (inferior) al que se debe aplicar al ERTMS.

Estoy de acuerdo con las apreciaciones críticas de E.C expresadas en su adenda relativas a todo lo que no se ha tenido en cuenta para manejar y analizar estas cifras. Por mi parte además resaltaría el hecho de que la tasa de descarrilamiento tenida en cuenta por H-C no distingue entre las diferentes causas y circunstancias de los mismos (i.e. un accidente como el ocurrido en Eschede, Alemania en 1988 con 101 víctimas mortales o el de Angrois con 80 víctimas, cuentan como uno, exactamente igual que un descarrilamiento de un vagón de mercancías por talonamiento en un cambio de agujas, sin heridos).

Resumiendo, el problema radica en no tener en cuenta la casuística, utilizar cifras totalmente genéricas o agregadas y aplicar un tratamiento estadístico excesivamente simplista.

Por otro lado, no se entiende bien lo que quiere expresar E.C cuando cuestiona los resultados de H-C cuando dice:

“De hecho, como se verá posteriormente, el factor que les sale posteriormente al comparar las probabilidades de descarrilamiento en la curva con ASFA y con ERTMS es de

$$8,6 \times 10^{-10} / 1,4 \times 10^{-3} = 0,000000614$$

lo que quiere decir, muchísimo menor. Por tanto, posteriormente están diciendo que el ERTMS mejora el ASFA muchísimo más que lo aquí supuesto, por lo que hay una incongruencia, que necesita explicación.

En consecuencia, el valor de $8,63 \times 10^{-10}$ obtenido mediante estos cálculos para el Caso 1 es claramente no fiable”.

A la conclusión que llegan H-C a partir de estas dos cifras, que según sus cálculos representan las probabilidades de descarrilamiento para el caso 1 (todo con ERTMS) y del caso 3 (solo ASFA, como el día del accidente), es que el riesgo de este último supuesto es aproximadamente 1 millón de veces ($1,6 \times 10^6$) mayor que el primero, lo cual resulta perfectamente coherente.

No se aprecia por tanto donde está la incongruencia a la que se refiere E.C.

[2.2.2]. Caso 2

Coincido con E.C en que el método aplicado por H-C basado en cadenas de errores (árbol de fallos) que puedan conducir al descarrilamiento, aplicados al lugar de la curva estudiada, es más adecuado.

En este Caso 2, los peritos H-C proponen dos métodos o aproximaciones diferentes para la estimación de la HEP (Human Error Probability) o probabilidad de que el maquinista cometiese un error:

(i) Probabilidad de omisión de una señal con pre-anuncio, y (ii) Valor de la fiabilidad humana (RARA / HEART)

E.C en su adenda discrepa de H-C en cuanto al valor tomado para la probabilidad de omisión de una señal por parte del maquinista, obtenido tras un análisis RARA/HEART, (H-C toman un valor de 0,0004 y E.C sostiene que debería ser 0,0001 sin ofrecer mayores explicaciones). De cualquier forma, esta discrepancia, menor de medio orden de magnitud, no es muy relevante habida cuenta de otras consideraciones como las que se describirán a continuación.

En primer lugar y de acuerdo a lo anteriormente expuesto, en el análisis de H-C se ha obviado una parte muy significativa del análisis HEART puesto que han considerado que “no hay EPCs aplicables”. Esta suposición quiere decir que solamente han considerado la probabilidad “nominal” (la de mejor escenario) de error del maquinista ante la tarea genérica (en este caso la omisión de una señal con preanuncio), y no han considerado la aplicación de ningún EPC (como las relativas a distracción, cansancio, estrés, etc.), los cuales pueden afectar al resultado obtenido de forma muy significativa.

La correcta evaluación de los EPCs requiere de un análisis de expertos para evaluar cuales están presentes y en qué proporción afectan, por lo que quizás sea esta la parte más discutida del método HEART.

En segundo lugar, H-C han tomado un valor de HEART de 0,0004 (4×10^{-4}) como probabilidad genérica de error de dicha tarea:

Respuesta correcta a las instrucciones (del sistema) cuando existe un sistema de supervisión automatizada o específico indicando una correcta representación del estado (del sistema) (HEART).	0,0004
--	--------

Sin embargo, como se puede constatar en la tabla de Tareas Genéricas del método HEART, realmente se están refiriendo al tipo de tarea genérica “H” cuya probabilidad asociada es de 0,00002 (2×10^{-5}), y no la que han tomado estos peritos que es el valor de la tarea “G”, por lo que, teniendo en cuenta lo anterior, sus cálculos resultarían erróneos en un factor de 20 veces.

G	Completely familiar, well-designed, highly practised, routine task occurring several times per hour, performed to highest possible standards by highly motivated, highly trained and experienced person, totally aware of implications of failure, with time to correct potential error, but without the benefit of significant job aids	0.0004 (0.00008–0.0009)
H	Respond correctly to system command even when there is an augmented or automated supervisory system providing accurate interpretation of system stage	0.00002 (0.000006–0.00009)

Por lo tanto, rehaciendo los cálculos de H-C con este valor de HEP genérico, se obtiene que,

El riesgo total de descarrilamiento en la curva en el Caso 2 (ERTMS + ASFA) es $4,7 \times 10^{-6}$, que es un valor significativamente menor que el obtenido por los peritos H-C ($9,4 \times 10^{-5}$).

Según lo anterior y aplicando sus cálculos reflejados en la página 43 de su informe, en el Caso 2 (si el ERTMS y ASFA hubiesen estado en funcionamiento), el riesgo de descarrilamiento en la curva sería 76 veces superior a la tasa histórica de descarrilamiento en España (y no unas 1.500 veces, obtenido según sus cálculos).

Por otro lado, además del método HEART anteriormente considerado, los peritos H-C proponían en su informe otro método de estimación para el cálculo del HEP (de Probabilidad de omisión de una señal con pre-aviso), mediante el cual asumían un valor de 1×10^{-4} para dicha probabilidad de error; cifra obtenida de diversos estudios llevados a cabo en diferentes países, según los autores.

Pues bien, en consonancia con lo demostrado en los párrafos anteriores para el cálculo mediante el método HEART, y en línea de lo que recomendaba el perito E.C en su informe, parece encajar mejor dicho valor que el asumido por H-C (4×10^{-4}), puesto que en este caso nos encontramos ante una discrepancia de 5 veces (en lugar de 20) entre los valores calculados. (E.C sostiene que el valor obtenido por H-C debería ser corregido a la baja en un factor de 10 al menos. Según mis consideraciones anteriores, este factor ha resultado ser de 20).

Existen además de las anteriores, otras incorrecciones en el informe del H-C, señaladas en este apartado del informe complementario de E.C.

Los peritos H-C aportan una tabla con las probabilidades relativas a los comportamientos que pueden darse ante el caso de omisión de la señal (Fuente LRM v5). Afirman que el *“El comportamiento 'exceso de velocidad' no podría darse en la medida en que el sistema ERTMS causaría un frenado automático”*. Discrepo respecto a esta asunción puesto que, de acuerdo a lo que expresa dicha tabla, el *“Exceso de Velocidad”* es la situación en la que el *“tren frena algo, pero continua a alta velocidad”*. Pues bien, esta situación podría darse después de la transición de ETCS-N1 a ASFA, pues una vez producida dicha transición, el sistema ERTMS obviamente ya no actúa y por tanto si sería factible esta situación.

Teniendo en cuenta la anterior consideración, habría que corregir los cálculos de H-C para añadir el 23,6% de la probabilidad relativa de este comportamiento, obteniéndose entonces un valor para la probabilidad de este escenario de $0,0004 \times 0,236 = 9,4 \times 10^{-5}$.

Manteniendo inalterables el resto de las suposiciones, el riesgo total de descarrilamiento obtenido resultaría:

$2,48 \times 10^{-5}$ (frenar y acelerar) + $6,92 \times 10^{-5}$ (mantener velocidad) + $9,40 \times 10^{-5}$ (exceso de velocidad) = $1,8 \times 10^{-4}$, prácticamente el doble que el obtenido por ellos.

Aplicando conjuntamente las dos correcciones anteriormente señaladas (el valor de HEP para la tarea genérica y el escenario de exceso de velocidad), el resultado que se obtiene para la probabilidad de descarrilamiento para el Caso 2 es $9,3 \times 10^{-6}$, (un orden de magnitud menor que la obtenida por H-J)

Respecto a la última conclusión que expone E.C en su adenda correspondiente a este Caso 2, conviene realizar algunas aclaraciones,

“Sin embargo, en caso de que el maquinista vaya distraído, no tienen en cuenta el efecto en la recuperación de la atención de las tres señales de atención previas a la señal de avanzada, de ésta misma señal y ni siquiera el del libro horario, que disminuirían aún más la probabilidad de descarrilamiento en la curva. Tampoco consideran el caso de que la señal de avanzada no esté en verde, lo que conduciría al frenado del tren. Consideramos pues que esta probabilidad está sobrevalorada en al menos un factor de 10.”

Las pantallas de distancia previas a la señal luminosa E'7 son obviamente relativas a la señal y por tanto no tienen que ver con ninguna indicación de limitación velocidad, ni tampoco tienen nada que ver con la infraestructura (curva).

En relación a considerar que la señal pueda no estar en verde (lo cual no ocurre en la mayor parte del tiempo) es importante reseñar lo siguiente: si no está en verde (en anuncio de parada o precaución) se debería tener en cuenta que de no reconocer debidamente por parte del maquinista dicha circunstancia en el panel de ASFA y proceder a la reducción de velocidad, el sistema ASFA actuaría produciendo un frenado de emergencia, evitándose así el riesgo del exceso de velocidad en la curva. Es más, una señal en verde (como se encuentra habitualmente E'7) en la circunstancia de un lapsus del maquinista, produce un efecto contraproducente en él por ser indicativa de vía libre y por tanto de dar un mensaje del tipo “todo está bien, continúe”, por lo que en consecuencia no se puede considerar la señal como un signo de alerta para recuperar la atención. Además, hay que volver a insistir en que el estado de la señal E'7 y sus pantallas asociadas, nada tiene que ver respecto a la velocidad máxima permitida por infraestructura, ni tienen ninguna relación con la curva.

En base a lo anterior, considero errónea esta argumentación y la conclusión consiguiente del perito E.C.

[2.2.3.] Caso 3

Vuelve el perito E.C a discrepar respecto al valor tomado por los peritos H-C como probabilidad de error del maquinista (3×10^{-3} , que es 7 veces y media más alta a la tomada para el caso 2).

Respecto a sus afirmaciones:

“Este valor está muy inflado y es claramente incorrecto, ya que los cálculos realizados serían muy similares si se utiliza el mismo modelo (que descarrila a una velocidad doble de la establecida para la curva, que hay esas posibles cadenas de errores y que la probabilidad de omisión es la misma) para evaluar otras muchas curvas de la red convencional española en la que también se circula con ASFA. De ser correcta esta probabilidad de descarrilamiento en curvas de la red convencional, en España tendríamos descarrilamientos todos los días, lo que no es cierto. En consecuencia, hay que descartar la validez de esta probabilidad tan alta.”

Al margen de que este valor de $1,41 \times 10^{-3}$ para la probabilidad de descarrilamiento en la curva pueda considerarse o no excesivamente alto o inflado (sobre lo que se discutirá en otros apartados), conviene puntualizar que su aseveración de que con esta probabilidad existirían descarrilamientos todo los días, no es válida puesto que en muy pocos lugares de la RFIG se dan unas características similares a esta curva en cuanto a lo significativo de la reducción de velocidad exigida, así como al valor absoluto de la velocidad máxima permitida, y además sin señales de limitación de velocidad en la vía. Por tanto, este argumento esgrimido por E.C no descarta la validez de la alta probabilidad calculada por H-J.

“Hay que señalar que no tienen en cuenta que si la señal avanzada está en anuncio de parada o precaución, el sistema ASFA hubiera parado el tren. La consideración de esta posibilidad en las secuencias de eventos hubiera producido una reducción en la probabilidad de descarrilamiento en la curva, que no han tenido en cuenta.

Si además se tiene en cuenta una probabilidad de error de 0,0001 y los efectos de llamada de atención de las tres señales previas a la avanzada, de ésta misma señal y especialmente del libro horario, debería reducirse esta probabilidad al menos 100 veces”.

Si bien es muy cierta su puntualización de que con la señal en anuncio de parada o de precaución el sistema ASFA hubiese parado el tren, y que su consideración en la secuencia de eventos hubiese producido una reducción de la probabilidad de descarrilamiento; no es menos cierto que esta asunción debería ser tomada de igual forma en los otros dos casos y por lo tanto, esta circunstancia no influye en la relación de probabilidades de riesgo entre los diferentes casos estudiados, como sostiene E.C.

Si se considerase una probabilidad de error del maquinista de 0,0001 como propugna E.C en vez del 0,003 considerado por H-C, entonces la probabilidad de descarrilamiento se reduciría en un factor de 30.

Se infiere de su afirmación que, la consideración adicional de que las pantallas previas de la señal avanzada E'7, el aspecto de la misma, así como el libro horario, deberían reducir entonces la probabilidad de error en un factor de 30 (100 veces, si se tiene en cuenta todo lo anterior), lo cual es cuando menos discutible. Estamos en el mismo caso que en lo señalado anteriormente relativo a el estado de la señal E'7. Esta reducción de probabilidad del riesgo, si se asumiese, sería aplicable de igual forma a los otros dos casos.

En mi opinión, parece más razonable considerar para este Caso 3 una probabilidad de error del maquinista, no de 0,0001 como sostiene E.C; si no la de 0,0004 considerada en el Caso 2.

En este supuesto, la probabilidad total resultante se reduciría en 25 veces y no en 100 como afirma E.C.

En lo que respecta al Caso 3 del informe de H-C, quisiera señalar lo siguiente,

Nos encontramos otra vez con unas circunstancias similares a las del Caso 2. En primer lugar, de nuevo los valores de las probabilidades de error genéricas tomadas de HEART no se corresponde con las de la tabla de tareas HEART.

Tarea completamente familiar, bien diseñada, muy practicada, tarea rutinaria que ocurre varias veces por hora, realizada con los más altos estándares posibles por una persona muy motivada, altamente capacitada y experimentada, totalmente consciente de las consecuencias del fallo, con tiempo para corregir posibles errores, pero sin el beneficio de ayudas significativas en el trabajo. (HEART)	0,003
---	-------

Se puede comprobar en dicha tabla de fiabilidad humana de HEART que la tarea genérica considerada en este caso se corresponde con la “G”, y por tanto le corresponde un valor de HEP de **0,0004**; y no de **0,003** como han asumido los peritos H-J. Como resultado de lo anterior, todos los cálculos realizados, y por ende el resultado final obtenido, están errados en un factor de 7,5.

Por lo tanto, tomando el valor correcto de HEP dado por la metodología HEART, la probabilidad total del descarrilamiento para este caso 3 es aproximadamente **1,87 x 10⁻⁴**, es decir una probabilidad 7,5 veces menor que la calculada por H-J.

Adicionalmente, los mismos comentarios explicados anteriormente relativos a la no inclusión de las EPCs en el Caso 2, serían igualmente aplicables a este caso.

En conclusión

Aplicando todas las correcciones descritas en los párrafos anteriores y asumiendo la tasa media histórica de descarrilamientos por km-tren en España como $6,21 \times 10^{-8}$, la tabla comparativa con **la tasa media de descarrilamientos** entre los tres casos estudiados en el informe de los peritos H-C, corregida con las premisas anteriores, quedaría de la siguiente forma:

	Probabilidad de descarrilamiento en la Curva	N _D
Caso 1 (ERTMS) Según proyecto original	$8,6 \times 10^{-10}$	0.014
Caso 2 (ERTMS + ASFA) Nominal de L082	$9,3 \times 10^{-6}$	150
Caso 3 (ASFA) Como día del accidente	$1,9 \times 10^{-4}$	3.050

Según se puede observar en la tabla, para el Caso 3, que se corresponde con el estado de la línea y tren el día del accidente, el riesgo de descarrilamiento en la curva resultaría ser aproximadamente 3.000 veces mayor que la tasa histórica, 200 veces mayor que si estuviese conectado el ERTMS y 220.000 veces superior a el caso de que toda la línea estuviese equipada con ERTMS operativo.

Igualmente, con las mismas consideraciones anteriores se obtiene la tabla con los valores modificados y la relación N_{THR} , entre la probabilidad de descarrilamiento en la curva y la Tasa de Peligro Tolerable (THR), asumiendo para la misma el valor de 10^{-9} fallos/hora explotación, que es la que especifica el reglamento MCS para sistemas técnicos de seguridad cuyos fallos puedan tener consecuencias catastróficas (SIL 4).

	Probabilidad de descarrilamiento en la Curva	N _{THR}
Caso 1 (ERTMS)	$8,6 \times 10^{-10}$	0,14
Caso 2 (ERTMS + ASFA)	$9,3 \times 10^{-6}$	1.540
Caso 3 (ASFA)	$1,9 \times 10^{-4}$	31.500

Hay que resaltar que el valor corregido del riesgo obtenido para el Caso 3 ($1,9 \times 10^{-4}$), correspondiente al estado de la línea el 24 de julio de 2013, es casi un orden de magnitud menor que el obtenido por H-J, de $1,41 \times 10^{-3}$ descarrilamientos en la curva por tren.

A pesar de esta diferencia, es obvio que este valor de la frecuencia del riesgo de un descarrilamiento cada 5.000 circulaciones, continúa teniendo un valor muy alto y por lo tanto el riesgo no debe ser tolerable.

[3. Contestación al informe complementario realizado por los peritos Frans Heijnen y James Roger Catmur]

[3.1.] Probabilidad de accidente corregida de conformidad con los parámetros indicados por el Auto de la Audiencia Provincial de La Coruña

Estoy totalmente de acuerdo en lo expresado por E.C en este apartado y considero muy importante lo que en él se matiza en cuanto a la interpretación y confiabilidad de los datos calculados.

En resumen, viene a insistir el perito en la falta de datos con la que se encuentra cualquier analista a la hora de poder hacer cualquier tipo de estimación estadística de algo, como el accidente en la curva de Angrois, de lo que no existen datos (obviamente solamente ocurrió un accidente). En mi opinión, E.C se queda incluso corto cuando expresa que

“Estadísticamente, la estimación de la frecuencia de un suceso cuando hay sólo un caso registrado se traduce en que toda estimación conduce a intervalos de confianza muy amplios, lo que lleva a una cierta confusión.”,

Realmente, en un enfoque meramente estadístico, llevar el caso al límite con un espacio muestral de un único suceso, simplemente carecería de sentido. Nos encontramos en una zona de la ciencia estadística, la que estudia sucesos raros y de la que sin duda el Sr. Castillo es un reconocido especialista, de las más complejas y controvertidas de esta disciplina y la que puede ofrecer resultados menos concluyentes. No se debe olvidar que, en estadística, tan importante o más que los resultados obtenidos es la confiabilidad de los mismos.

Como es obvio, dicha reflexión debe aplicarse tanto al informe de H-C como al del propio E.C y redundante en lo ya expresado a lo largo de este informe en cuanto a cómo deberían ser interpretados los datos y conclusiones estadísticas que se han derivado de ellos.

También concuerdo con lo afirmado por E.C en este apartado de su informe en el sentido de que el riesgo de la línea debe ser evaluado independientemente del número de trenes que por ella circulan, es decir, debe evaluarse el riesgo que ella presenta por viaje. Obviamente la probabilidad de accidente en un tiempo determinado será directamente proporcional al número de trenes que por ella circulen en dicho intervalo de tiempo.

En cambio, lo que no puedo compartir es la afirmación que realiza E.C en el apartado 3.1.1 de su documento

“Además, el razonamiento anteriormente ya utilizado de que esos cálculos con las mismas hipótesis dan cifras análogas para la red convencional española, que también circula con ASFA (sin ERTMS), y de que de ser ciertos implicarían más de un descarrilamiento cada día ponen de manifiesto que es incorrecta y conducen a la afirmación claramente exagerada y enormemente sorprendente de que cabría esperar un accidente por año en dicho lugar”

La argumentación, que ya ha aparecido más de una vez a lo largo de este procedimiento, de que (a pesar de ser cierto que en la mayor parte la RFIG española se circula bajo ASFA y no bajo ERTMS), aceptar aquella cifra de probabilidad de descarrilamiento implicaría que ocurriese un descarrilamiento al día, no se sostiene.

Dicho argumento tiene un claro sesgo habida cuenta que los cálculos realizados en el Caso 3 para obtener dicha probabilidad se corresponden con las circunstancias de que un maquinista, sin anuncio de señal adhoc correspondiente, cometa un error al realizar una tarea repetitiva justamente en el punto donde existe un peligro de una curva que exige una reducción muy significativa de velocidad, y circulando a 200 km/h. Obviamente no se pueden extrapolar datos obtenidos con esta casuística específica (aunque estos fuesen erróneos o cuestionables), a la generalidad de toda una red ferroviaria de más de 12.000 kilómetros donde existe una enorme variedad de circunstancias (red convencional, de alta velocidad, todo tipo de trenes, de vías, de velocidades, de circunstancias de entorno, etc.). En otras palabras, que es obvio que en toda la red ferroviaria española no se reproducen unas circunstancias similares a las expuestas, cada 80 kilómetros de vía.

Por otro lado, en el *apartado 3.1.2*, también llama la atención algunos aspectos que se afirman en él:

“Sin embargo, nada se dice sobre si el sistema ERTMS actuó para proteger, mediante frenado automático, alguno de los trenes que circularon por A Grandeira bajo protección del ERTMS antes de producirse el accidente.

Parece lógico suponer que en caso de que este sistema hubiera actuado así, debería tenerse constancia de ello, dada la gravedad de lo que podría haber ocurrido en caso de fallo del ERTMS o en caso de no existir esa protección, como sucede con los trenes que circulan con ASFA por dicho lugar”.

Simplemente, no se entiende a que se refiere el perito, habida cuenta que, como es más que conocido, la curva de A Grandeira nunca estuvo protegida por el sistema ERTMS.

Considero también relevante en este punto resaltar lo siguiente. El perito E.C afirma que,

*Quiere esto decir que prácticamente la totalidad del riesgo tiene lugar en la curva (8,215 x10⁻⁶) y sólo una parte muy pequeña corresponde al resto de la línea 082 (véase la figura 1).
Obsérvese que en este caso el hecho de que la limitación de velocidad no esté protegida por el sistema ASFA Digital hace que la probabilidad de accidente quede dominada por este riesgo.*

Como se puede observar de forma muy evidente en la figura 2.15 de su informe pericial, y de acuerdo a lo que afirma, (que por supuesto comparto), que circulando bajo ASFA digital todo el trayecto como sucedía el día del accidente, todo el riesgo aparece de forma abrupta y más que significativa en el punto de la curva, donde de repente el riesgo se dispara en dos órdenes de magnitud.

El perito E.C afirma no obstante que, la probabilidad “acumulada” a lo largo de toda la línea resulta ser de $8,22 \times 10^{-6}$. Quisiera resaltar, al margen de lo discutible de dicho valor, que lo que verdaderamente debería llamar la atención es el hecho en sí de este abrupto y significativo salto del valor del riesgo en un punto determinado. Es el hecho en sí y no tanto su cuantificación media a lo largo de la línea, lo que resulta realmente relevante al identificar y evidenciar con claridad un peligro, ya que no debería perderse de vista cual es el fin de la evaluación y gestión de riesgos y que la identificación previa del peligro que lo genera es la condición sine que non, obviamente.

[3.2.] Comparación del riesgo de la curva en relación con el riesgo medio de la red ferroviaria española.

Coincido con la afirmación que hacen H-C en este apartado de su informe complementario de, que para comparar objetivamente y de forma precisa el nivel de seguridad de un determinado peligro, no basta con compararlo con una sola tasa de siniestralidad, sino que se deben utilizar distintas tasas puesto que ninguna da una visión completa de la situación. A lo que añadiría, que consecuentemente las discusiones respecto a si se debe o no comparar la probabilidad de accidente en la curva con las tasas media de siniestralidad, tasas absolutas con tasas medias, pueden resultar un tanto estériles y pueden desviar el foco atención de otros aspectos más relevantes para esta causa, si bien es cierto que a veces resulta difícil tener claro que no sé están comparando peras con manzanas.

Coincido igualmente con la réplica de E.C a H-C recogida en este apartado 3.2 respecto a que

“es un error comparar el riesgo de la curva con el riesgo medio de la red ferroviaria española, ya que esto significa comparar dos cosas completamente diferentes: (a) el primero, que es un riesgo puntual, al paso por la curva, y (b) el segundo, que es el riesgo medio de todos los puntos de la red.”

Es este punto un aspecto controvertido y de índole conceptual; si bien no es necesariamente un error comparar ambos tipos de riesgos, sin duda es más que cuestionable.

Pudiese parecer razonable lo planteado por E.C en cuanto a repartir o “diluir” el riesgo a lo largo de toda la línea, si realmente con lo que se va a comparar es este con el riesgo por kilómetro de toda la red ferroviaria española. Esto sería así si se tuviese totalmente claro que lo que se ha calculado realmente es el riesgo total de la línea y no el riesgo puntual de una zona (1 km).

Es claro también que el modelo bayesiano-markoviano propuesto por E.C, va acumulando el valor del riesgo según se va avanzando por la línea, y que por tanto, se trata de un riesgo agregado para toda ella. Por ende, para calcular el riesgo por km habría que dividir este por la longitud total de la línea. Este planteamiento, que puede ser una buena aproximación si los riesgos estuviesen más o menos distribuidos uniformemente a lo largo de toda la línea, falla cuando, como es el caso, el riesgo se halla claramente concentrado en algún punto concreto. Para estos casos, parece aconsejable realizar análisis de riesgos puntuales y no agregados.

Por otro lado, este argumento presenta otra seria debilidad; si se diluye un riesgo puntual (y reseñable) en toda la línea puede darse el caso de que el riesgo medio obtenido podría ser aceptable no siéndolo en absoluto el riesgo de ese peligro puntual (que insisto, es lo que se intenta detectar y gestionar). Por ejemplo, si se hubiese licitado la misma línea, pero en dos partes y fuese la mitad de su longitud con el mismo riesgo en la curva, el riesgo de esta línea sería entonces el doble; si llevamos esto al límite llegamos a un resultado paradójico.

Concluyendo,

El tomar esta disyuntiva en un sentido u otro implica que el resultado obtenido varía en casi dos órdenes de magnitud (85 veces), lo cual es a todas luces significativo. Con el fin de identificar con claridad los peligros (y sus riesgos asociados), así como para poder comparar con más facilidad los resultados con diferentes tasas expresadas en “algo” por km; lo más razonable es considerar para el análisis un punto determinado (1 km) de vía.

[3.2.2.] Verificación de las estimaciones del Sr. Castillo

Se pueden encontrar en este apartado, en el que discrepan de forma cruzada los peritos H-C y E.C, algunos errores e incoherencias a mi entender.

Por un lado, E.C parece confundir accidentes con número de víctimas (producidas en accidentes mortales), puesto que la tabla del RSSB de donde obtiene los datos representa el número de “víctimas mortales x km”, (no del número de accidentes), y lo que el perito obtiene sin embargo es una tasa de accidentes/km x viajero.

Por otro lado, resulta difícil de aceptar lo acertado de multiplicar el dato de siniestralidad que obtiene del referido informe del RSSB, por un factor corrector de 17,2 (que obtiene de dividir los datos de número de víctimas mortales en accidentes españoles por el mismo dato en Reino Unido, el cual obtiene de una tabla [fig. 2 de su adenda] que recoge una estadística de Eurostat de accidentes entre 2007 y 2011).

Si bien este dato puede ser una referencia, no debe de considerarse en absoluto como una cifra precisa puesto que tomar datos estadísticos de víctimas (producidas por cualquier tipo de accidente ferroviario, incluidos arrollamientos en la vía que son los que producen más víctimas mortales), y solamente de estos 5 años considerados, no tienen suficiente significación estadística. Es decir, lo mismo se podía haber considerado el doble o la mitad, por lo que no tiene mucho sentido otorgarle fiabilidad a un dato obtenido con tales salvedades, y mucho menos aún, considerarlo con 3 cifras significativas ($0,774 \times 10^{-9}$).

Por otra parte, la relación entre el número de descarrilamientos en España y en UK, tomando datos de 2007 a 2012, es de 2,8 (Fuente Profesor A. W. Evans, del Imperial College, London)

A modo de ejemplo, según cifras publicadas por EUROSTAT (*Railway safety statistics 2014*), el número de víctimas mortales en accidentes ferroviarios en el año 2014 de España y UK fueron respectivamente 27 y 24, cifras similares y desde luego totalmente alejadas de la 17 veces consideradas por E.C para el factor corrector aplicado.

En conclusión, la tasa de accidentalidad de $0,774 \times 10^{-9}$ asumida por E.C carece de suficiente fundamento

Añado a continuación las cifras de VRS (Valores de referencia nacionales) y OCS (Objetivos comunes de seguridad) para España relativos a riesgo de los pasajeros como una referencia más a considerar, según constan en las Decisiones de la Comisión sobre los objetivos comunes de seguridad,

Valores de referencia nacionales. VRN de los riesgos para los viajeros	VRN 1.1 ($\times 10^{-9}$) (*)	VRN 1.2 ($\times 10^{-9}$) (**)
210/409/UE. Primera serie OCS	40,90	0,391
2012/226 /UE. Segunda serie OCS	29,20	0,27

(*) VRN 1.1 expresado como: número anual de viajeros muertos y heridos graves ponderados (MHGP) resultante de accidentes significativos/número anual de unidades tren-km de viajeros. Por tren-km de viajeros se entiende aquí la unidad de tráfico correspondiente únicamente a los trenes de pasajeros. (**) VRN 1.2 expresado como: número anual de viajeros MHGP resultante de accidentes significativos/número anual de unidades viajero-km

2. Valores atribuidos a la primera serie de OCS

Tipo de riesgo	Valor del OCS ($\times 10^{-9}$)		Unidades de medida
Riesgos para los pasajeros	OCS 1.1	250,0	Número anual de viajeros MHGP resultante de accidentes significativos/número anual de unidades tren-km de viajeros
	OCS 1.2	2,01	Número anual de viajeros MHGP resultante de accidentes significativos/número anual de unidades viajero-km

2. Valores asignados a la segunda serie de objetivos comunes de seguridad

Tipo de riesgo	Valor OCS ($\times 10^{-6}$)		Unidades de medida
Riesgos para los viajeros	OCS 1.1	0,17	Número anual de viajeros MHGP resultante de accidentes significativos/número anual de trenes de viajeros-km
	OCS 1.2	0,00165	Número anual de viajeros MHGP resultante de accidentes significativos/número anual de viajeros-km

Table 4: Fatalities by type of accident, 2014

	Collisions	Derailments	Accidents involving level-crossings	Accidents to persons caused by rolling stock in motion	Fires in rolling stock	Others	Total
EU-28	3	1	294	701	2	5	1.006
Belgium	0	0	11	11	0	0	22
Bulgaria	0	1	6	16	0	0	23
Czech Republic	0	0	23	6	0	0	29
Denmark	0	0	6	7	0	1	14
Germany	0	0	51	120	0	1	172
Estonia	0	0	5	8	0	0	13
Ireland	0	0	0	1	0	0	1
Greece	0	0	5	4	0	0	9
Spain	1	0	8	18	0	0	27
France	1	0	26	37	0	2	66
Croatia	0	0	7	12	0	0	19
Italy	0	0	8	56	2	0	66
Cyprus*	-	-	-	-	-	-	-
Latvia	0	0	4	11	0	0	15
Lithuania	0	0	3	7	0	0	10
Luxembourg	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	0	0	19	88	0	1	108
Malta*	-	-	-	-	-	-	-
Netherlands	0	0	9	0	0	0	9
Austria	0	0	12	12	0	0	24
Poland	1	0	42	164	0	0	207
Portugal	0	0	4	15	0	0	19
Romania	0	0	20	76	0	0	96
Slovenia	0	0	3	0	0	0	3
Slovakia	0	0	0	0	0	0	0
Finland	0	0	2	3	0	0	5
Sweden	0	0	10	15	0	0	25
United Kingdom	0	0	10	14	0	0	24

Considero además mucho más significativo el hecho de que tipos de accidente son los que producen víctimas y constatar que, como se puede ver en esta tabla de Eurostat que se incluye a título de ejemplo ilustrativo, las víctimas por descarrilamientos son una parte muy poco

significativa del total de las víctimas mortales (solamente un 0,3% en 2014) de accidentes ferroviarios.

En conclusión,

utilizar estadísticas de accidentalidad generales en análisis de riesgos como el que estamos considerando puede llevar a extraer conclusiones totalmente sesgadas o erróneas si no se manejan con el cuidado y el rigor necesarios.

[3.2.5.] Comparación del riesgo de la curva (esto es, en 1 km de vía) con las tasas de siniestralidad de la red ferroviaria española

En el apartado 3.2.2 del informe complementario de H-C, se introduce una tabla comparativa de la probabilidad de accidentalidad (estimada en el informe de E.C) particularizada para un accidente con 79 muertos, 200 viajeros y 1 km. Además de no terminar de ver cuál es el fundamento ni el significado de lo que esta recoge, parece un tanto artificiosa por mezclar magnitudes de diferente índole.

A la vista de dicha tabla, lo que en mi opinión si queda bastante en evidencia es que, si el resultado obtenido para el mismo parámetro estudiado (i.e. cuantas veces es más insegura la curva respecto al resto de la red ferroviaria española), en función de cual sea la tasa de partida que haya sido tomado en consideración, pueda variar entre 90 y 14.117, es que evidentemente el análisis realizado no puede ser fiable.

Por otro lado, coincido con E.C en que no tiene sentido comparar riesgos específicos de una curva con las tasas de siniestralidad de la red ferroviaria española y que sería más riguroso comparar esta con tasas en las demás curvas de la red española.

En mi opinión, podemos llegar a conclusiones paradójicas con cualquiera de estos dos planteamientos opuestos defendidos por los peritos. Como ya se ha tratado anteriormente en el apartado 3.2, por un lado, no parece lógico dividir el riesgo de la curva entre la longitud de la línea si todo el riesgo se concentra fundamentalmente en este punto. Por otro lado, si quiere comparar el riesgo de la línea con una tasa global de toda la red ferroviaria donde todo está "diluido", parecería lógico comparar tasas por km de línea. La incoherencia se evidencia cuando llevamos este argumento un poco al límite; si la línea fuese de una longitud de 10 veces mayor o diez veces menor, el riesgo resultante sería diez veces mayor o diez veces menor, sin más.

No tiene ningún sentido que la longitud de una línea (conteniendo el mismo punto de peligro), sea lo que determine si esta es o no peligrosa.

La conclusión es que todas estas estadísticas pueden ser una referencia más pero no determinantes para decidir sobre el riesgo.

[3.2.6.] Comparación del riesgo de la línea 082 (esto es, en los 86,6 km de línea) con las tasas de siniestralidad de la red ferroviaria española

Se continúa evidenciando en este apartado la cierta confusión que se genera por el manejo de tasas de siniestralidad de distinta índole por parte de los peritos, y que la utilización de unas u otras apoyan en mayor o menor medida el sentido de la argumentación propuesta por cada uno de ellos.

Más en concreto y en cuanto a la siniestralidad se refiere, algunas veces utilizan tasas de accidentes agregadas (que incluyen colisiones, descarrilamientos, arrollamientos en vía, pasos a nivel, etc., en los que por cierto los descarrilamientos son minoría), otras veces manejan tasas de colisiones y descarrilamientos y/o de solamente descarrilamientos (en número de ellos), etc. Por otro lado, se han utilizado también tasas de accidentes (generales o desglosados por tipo) con víctimas mortales (contabilizados como número de accidentes, no de víctimas), y en último lugar se han manejado también tasas referidas al número de víctimas.

En cuanto a la relación entre el número de víctimas de accidentes y el número de accidentes con víctimas cabe resaltar el hecho de que, aunque la media sea aproximadamente de **4** víctimas mortales por accidente grave (colisiones y descarrilamientos), la varianza es grande y presenta unos resultados un tanto llamativos.

Como declara el Prof. *A.W. Evans*, “la distribución de víctimas en colisiones y descarrilamientos es sesgada: la mayor parte de los accidentes tienen un número de víctimas pequeño, sin embargo, hay unos pocos que concentran un gran número de ellas.”

A título ilustrativo, en EU27+NO+CH, entre 1980-2012 se produjeron un total de 422 accidentes fatales causando un total de 1.942 víctimas mortales, de ellos hubo 11 con más de 30 víctimas cada uno, totalizando 579 víctimas; es decir el 2,6% de accidentes causaron el 30% de total de víctimas. (Solamente el ocurrido el 3/06/1998 en *Eschede*, Alemania, en el que descarriló un tren a 200 km/h debido a una rueda en mal estado, causó 101 muertos. Es obvio que descarrilar a esta velocidad puede causar muchas víctimas).

Tomando en consideración las cifras aportadas por el estudio “*FATAL TRAIN ACCIDENTS ON EUROPE’S RAILWAYS: 1980-2012*”, del Profesor *A. W. Evans* del *Imperial College*, se puede observar en la tabla siguiente que el porcentaje de colisiones y descarrilamientos con víctimas mortales por exceso de velocidad suponen aproximadamente un 11 % del total (un 15% si no se consideran los debidos a causas desconocidas)

Broad cause	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2012	Total
Signal passed at danger	12	8	11	12	43
Overspeeding	4	5	2	8	19
Signalling or dispatching error	7	2	5	6	20
Other operational error	3	1	2	5	11
Rolling stock failure	1	0	3	4	8
Infrastructure, track or points failure	1	3	4	6	14
External to railway	2	1	4	0	7
Total excluding unknown	30	20	31	41	122
Unknown	22	11	10	5	48
Total including unknown	52	31	41	46	170

Table 6: Number of fatal train collisions and derailments by broad cause: Rest of EU27 and CH: 1990-2012

Unas de las conclusiones que se puede extraer de lo anterior es que los ratios de accidentalidad y de víctimas utilizados por los peritos H-C no han sido manejados con el rigor necesario en este

y el anterior apartado y de ahí la disparidad de los valores obtenidos en función de cuáles de ellos se hayan considerado.

Como condición necesaria para que una comparación tenga valor ha de asegurarse previamente que se comparan elementos de la misma índole, lo cual no ha quedado suficientemente constatado en este caso.

A pesar de todas las disquisiciones y discusiones cruzadas entre los peritos recogidas en estos dos últimos apartados en relación a, las tasas de accidentalidad, que magnitudes se deben aplicar y de su validez, etc. en lo que si coincidimos plenamente tanto H-C, E.C, como el perito que suscribe, es en el hecho de que en la L082 estamos ante una línea nueva y moderna (y de alta velocidad, añadido) y que por tanto debería ser más segura que la red histórica y no simplemente mantener el mismo nivel de seguridad que las líneas más antiguas.

[3.3.] Deficiencias detectadas en la estimación de la probabilidad de accidente de la curva y su aceptabilidad técnica en el informe del Sr. Castillo Ron

En el apartado del informe complementario de H-C (aptdo. IV) al que se refiere E.C, reiteraban su afirmación de lo incorrecto de la estimación del riesgo calculado por E.C ($8,22 \times 10^{-6}$), en base a una serie de deficiencias, según ellos.

En primer lugar, los peritos H-J planteaban dudas en cuanto a la procedencia de los valores asumidos por E.C para algunos parámetros críticos ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \lambda, \eta$), ante lo que E.C afirmaba,

“Hay que decir que, en todo análisis probabilista de riesgos, es necesario a menudo hacer uso del sentido común y la experiencia para fijar ciertos parámetros del modelo, ya que no hay datos disponibles para estimarlos. Por tanto, se trata de un problema sin solución”.

Justifica E.C los cuestionamientos de H-J en base a su experiencia de aplicar su metodología de análisis probabilísticos de seguridad en la central nuclear de Garoña, con riesgos más difíciles de predecir. Sin duda, predecir los posibles fallos catastróficos multicausales en un central nuclear se antoja bastante más difícil que prever que un tren pueda descarrilar o colisionar, por lo que es posible que ambas experiencias no sean directamente extrapolables.

También se ponen en cuestión los valores de probabilidad que toman H-C en cuanto a la probabilidad de error del maquinista (HEP). Pues bien, este aspecto, ya tratado en otros apartados, si me parece de mucha mayor relevancia puesto que, lo considero un factor de índole nuclear en esta causa.

Por ello, llama la atención el que este aspecto fundamental haya tenido un tratamiento tan simplificado o reduccionista, echándose de menos por tanto la opinión experta en el Factor Humano.

Como ha quedado claramente constatado en apartados anteriores, las discrepancias encontradas relativas a que valores de HEP deberían ser considerados, hacían que el resultado final del cálculo de riesgo variase de una forma determinante.

Si ambos peritos coinciden en lo subjetivo o impreciso de la estimación de muchas de las variables de partida, carece de sentido discutir en profundidad respecto a otros aspectos menos relevantes y con mucha menor incidencia en el resultado final.

Puede llamar la atención que el argumento dado por E.C para justificar la idoneidad de los valores elegidos para algunos parámetros que utiliza en su modelo de redes bayesianas ($\gamma_1, \gamma_2,$

$\gamma_3, \lambda, \eta, Y, \pi...$), y cuya utilización H-C ponen en cuestión (Figura 4), es que se haya hecho un estudio de sensibilidad de los mismos. Pues bien, se pueden observar en las gráficas que aporta E.C, que la sensibilidad de la probabilidad de accidente respecto a muchas de estas variables apenas es significativa. Dicho de una forma más coloquial, si para una variable principal cuyo valor de partida es determinante en el resultado final, se cuestiona si puede valer X o 10 X; no tiene mucho sentido discutir sobre si otras variables secundarias puedan valer 0,13 o 0,16.

[3.3.3.] Apartado 2.5 (datos no utilizados)

Coincidiendo con lo expresado por H-C, en que tampoco he sido capaz de ver en que o como han sido utilizados algunos de los parámetros citados en el estudio de E.C.

[3.3.5.] Apartado 2.7.4 (Caso D y curva de Angrois)

Convengo con los peritos H-C y discrepo con lo argumentado por E.C respecto a este apartado. En el caso D de su informe, E.C afirmaba que se estima

"la probabilidad de accidente en una zona con cambio de velocidad máxima, considerando que ello supone un anuncio y una toma de decisión correspondientes con el libro horario y un anuncio y una toma de decisión en la señal de cambio de velocidad máxima" en $9,76 \times 10^{-5}$.

Es evidente que en la curva de Angrois no existía señal de anuncio ni de cambio de velocidad, de acuerdo con lo que manifiesta H-C. E.C contra argumenta diciendo que el primer anuncio se refiere al libro horario y que, en el segundo caso se refiere al anuncio relativo a las tres señales de advertencia y a 2 señales luminosa que pueden estar en anuncio de parada o precaución, en cuyo caso ASFA protegería contra el error.

No puedo estar de acuerdo con lo anterior porque, en primer lugar, las tres señales referidas son las pantallas de proximidad de la señal avanzada y no son un anuncio de cambio de velocidad. En segundo lugar, la señal E`7 en otra indicación que no sea la de vía libre, es una situación atípica por lo que tampoco puede ser tomada como un anuncio de cambio de velocidad. Es más, el aspecto de esta señal, la mayor parte del tiempo en verde indicando vía libre, puede interpretarse que da un mensaje contradictorio con el hecho de estar alerta respecto a un cambio de velocidad.

Por tanto, las consideraciones tomadas por E.C en este apartado son erróneas.

[3.3.6.] Discrepancias en Apartado 2.8.10. [Contraste de la probabilidad]

En el apartado 2.8.10 del informe del perito E.C, realiza el autor un contraste de la probabilidad de accidente calculada para la línea mediante el cálculo de la significación estadística. Sin entrar en mayores detalles matemáticos, conviene al menos realizar las siguientes puntualizaciones:

Se suele utilizar en estadística la distribución de Poisson para representar la ocurrencia de accidentes (entonces la variable de Poisson sería en número de accidentes año). Si queremos convertir una tasa de probabilidad de ocurrencia de accidente en la línea analizada (frecuencia de accidente), en probabilidad de que tal suceso ocurra dentro de un intervalo determinado de tiempo (o antes de un tiempo τ_0 , como es el caso del primer accidente,), se puede utilizar la fórmula exponencial,

$$F(\tau_0) = P(\tau \leq \tau_0) = 1 - e^{-\lambda\tau_0}$$

Donde λ representa el número de accidentes al año y τ el tiempo, medido en años, hasta que ocurre el mismo. τ_0

Por otro lado, se puede utilizar el nivel de significación (α) para contrastar la validez de los datos obtenidos en un experimento, o mejor dicho, para evaluar si son compatibles con la realidad observada. Se suelen utilizar típicamente valores (subjetivos) del 5% o del 1% de significación para considerar aceptable la probabilidad estimada.

Según el cálculo de E.C, resulta que $\lambda = 8,22 \times 10^{-6} \times 13 \times 365 = 0,039$ accidentes/año, (considerando 13 viajes diarios).

Se discute en este apartado entre E.C y H-C, respecto al número de trenes que circulan al día por la L082 que han de ser considerados para realizar los cálculos estadísticos y sobre la fiabilidad de los resultados.

En mi opinión, el número de trenes a considerar son los que circulaban en las mismas condiciones que el del tren del accidente, por lo que no debiera de tenerse en cuenta las circulaciones de los trenes S121 de CAF bajo supervisión del ERTMS, como ya se ha explicado.

Corrigiendo el cálculo de E.C con 4 circulaciones al día (o si se prefiere con los 1,85 como se indicaba en el auto de la AP), el resultado que se obtiene es que $\lambda = 0,012$ (para 4 viajes), o $\lambda = 0,0055$ (1,8 viajes); por lo que resulta que $\alpha = 0,019$ para un tiempo τ considerado de 1,6 años.

Considerando 1,85 viajes en vez de 4 y cuestionando el tiempo de 1,6 años (realmente los trenes S130/S730 circularon por la L082 con el ERTMS desconectado menos de un año), el valor de α todavía disminuye más. En concreto, considerando 1,85 viajes al día y un periodo de 1 año, entonces, $\alpha = 0,005$, es decir 0,5%, y por tanto, según el planteamiento hecho en este apartado para intentar validar sus resultados (más que cuestionable), debería de rechazarse la hipótesis nula H_0 frente a H_1 . ($P_A > 8,22 \times 10^{-6}$).

Conclusión

- Los cálculos realizados en este apartado por E.C son erróneos y por lo tanto no validan el resultado teórico obtenido como probabilidad de accidente.
- Aunque se diesen por buenos los cálculos realizados en su informe, tampoco refrendarían nada respecto a la realidad observada de un accidente en 1,6 años (o un 1 año, da igual).
- El valor de significación estadística obtenido, indicaría en todo caso, que la probabilidad de accidente es mayor que el valor calculado de $8,22 \times 10^{-6}$ accidentes/año.

Finalmente, llama también la atención lo expresado por E.C en el último párrafo de este apartado de su informe comentario cuando afirma que *“sería bueno conocer la frecuencia con que actúa el ERTMS para corregir este error en los trenes que han circulado por allí y en otros lugares con condiciones semejantes”*, refiriéndose a la curva de Angrois, habida cuenta de la no existencia de ERTMS en ese tramo.

Conclusiones (de la ampliación del informe pericial de E.C)

Expongo a continuación mis comentarios críticos a las conclusiones a las que llega el perito E.C en el apartado 4 (*Ratificación del Informe de este perito de diciembre de 2014*) del documento de ampliación de su informe pericial. Afirma este perito al principio de este apartado que,

Sin embargo, aún en ese caso considero que el riesgo de descarrilamiento en la curva de Angrois y el riesgo medio de la línea 082 son similares a los del resto de las curvas de la red convencional y al de las líneas ferroviarias convencionales en España, respectivamente, es decir, no superiores a los de éstas y muy lejos de las estimaciones de los peritos Heijnen y Catmur, que considero totalmente erróneas y desproporcionadas

Como se ha señalado anteriormente, aun en el caso de que se aceptase que las tasas de riesgos obtenidas fuesen similares a la de las líneas convencionales de España, no considero valido este argumento como criterio de aceptación del riesgo puesto que estamos ante una línea nueva y de alta velocidad y que por lo tanto el nivel de seguridad exigible debería de ser mayor que el de la media de las líneas convencionales.

Comentarios a sus conclusiones:

1. Puesto que la reducción de la velocidad estaba indicada en el libro horario, ha recibido instrucción para ello y, además disponía de suficiente experiencia en la línea como para conocer sus características y la peligrosidad de la curva de A Grandeira en caso de circular a una velocidad elevada, el maquinista obviamente debería haber reducido la velocidad tal como está establecido.

2. La llamada telefónica que se produjo en las cercanías de la curva donde se produjo el accidente fue muy probablemente la causa de la distracción del maquinista, tal como se deduce de las grabaciones registradas. Las condiciones para permitir o prohibir este tipo de llamadas y su duración deberían ser revisadas, tal como ya se ha hecho.

Desconozco como puede extraer el perito E.C estas conclusiones 1, 2 y 3 de su estudio estadístico, ni en que basa sus valoraciones y recomendaciones.

4. Cuantificar con precisión las probabilidades de accidente es prácticamente imposible, ya que habría que conocer muy bien los valores de muchos parámetros, lo que resulta imposible.

Por tanto, los valores numéricos resultantes de este trabajo deben ser considerados sólo en términos relativos, es decir, sólo para comparar diferentes situaciones o hipótesis y, en todo caso, como órdenes de magnitud.

Absolutamente de acuerdo con lo expresado, como mucho deben de considerarse ordenes de magnitud. La incertidumbre en la que hay que desenvolverse, no permite una precisión mayor.

5. Si el día del accidente hubiese estado operativo el sistema ERTMS para cubrir el cambio de velocidad máxima en la zona de A Grandeira, es probable que el accidente no se hubiera producido por la misma causa.

No se entiende lo que quiere expresar en este párrafo. Como es obvio y manifiesto el ERTMS no protegía el punto del cambio significativo de velocidad porque si así fuese, no es correcto decir que “es probable que el accidente no se hubiera producido por la misma causa”, simplemente no se habría producido. Si a lo que se refiere el perito es a que estuviese conectado el ERTMS el día del accidente, entonces totalmente de acuerdo.

1. De acuerdo
2. Critica a la normativa europea. Coincido en que no recoge el caso específico de exceso de velocidad (solamente considera rebases de señales y arrollamientos de personas)

3. *“Sin embargo, la seguridad, aunque mermada, no parece ser inferior a la correspondiente a otras líneas convencionales”. “Con un diseño de la línea con ERTMS hasta el PK 85 o, mejor todavía, hasta la estación de Santiago, hubiera sido poco probable la ocurrencia de un accidente por la misma causa”.*

No concuerdo en que la seguridad no resultaba inferior a otras líneas convencionales en tales condiciones. Aunque así fuese y la seguridad resultase igual, resultaría a mi entender igualmente inaceptable para una línea nueva y de alta velocidad. Desde luego incumpliría el principio ALARP y el GAMAB. El término de “poco probable” respecto a la posibilidad del accidente con ERTMS hasta el PK85 o hasta la estación de Santiago es inapropiado y manifiestamente desproporcionado si hablamos de un sistema con requerimientos SIL4. Más bien debería decir, asumiendo obviamente que el riesgo cero no existe, “extremadamente improbable” o alguna expresión equivalente.

Es falso que la protección de ASFA digital aporte, como afirma E.C, una protección análoga a ERTMS/ETCS N1. Esta es claramente inferior, como se evidenciaba en mi informe pericial.

4. Igualmente que en el punto anterior, lo afirmado aquí es incorrecto. No sé entiendo muy bien a que se refiere E.C, respecto al ASFA analógico previsto en el proyecto inicial. No resultan muy coherentes las afirmaciones mantenidas en este punto; confunde conceptos y no parece demostrar tener las cosas suficientemente claras en los que a los sistemas ERTMS y ASFA se refiere.
5. Redundando en lo anterior, se vuelve a evidenciar un cierto desconocimiento de lo relativo a la protección automática de trenes y en particular del ERTMS Nivel STM. Lo que hace aquí E.C es un planteamiento teórico especulativo e irrealizable en la práctica. Los problemas de transición de un sistema a otro se produjeron en la Eurocabina de Bombardier debido a las características particulares de su sistema STM-Ebicab900 y al darse unas circunstancias muy particulares (como se explica detalladamente en mi informe pericial)
6. *“El estudio realizado revela que tras el sistema de supervisión automático, mantener un nivel alto de atención del maquinista es lo más importante para aumentar la seguridad frente a rebases indebidos de señales luminosas y excesos de velocidad.”*

Contra los rebases indebidos protege el sistema ASFA (es su principal cometido), contra los excesos de velocidad no.

7. (Se comenta en el apartado posterior correspondiente a mi análisis del informe de E.C.)
8. En contra de lo afirmado y como ya se ha argumentado anteriormente, no se puede considerar como válida la tasa calculada de $8,22 \times 10^{-6}$, y por tanto tampoco ha quedado validada.
9. Obviamente el sistema ERTMS, como nada en la vida, no es infalible, pero si es muy seguro. La tasa prevista de fallo tomada en consideración por E.C es errónea y contradice su propia naturaleza de función de seguridad con un nivel de seguridad intrínseca máximo SIL4 (tasa de fallo exigida menor de 10^{-9}).
10. Vuelve a errar el perito en su comparativa de ERTMS y ASFA al equiparar los niveles de seguridad de un sistema SIL4 con otro que ni siquiera se le aplica ningún valor de SIL (realmente ASFA no realiza una función de seguridad). A pesar de extraer conclusiones

y ofrecer recomendaciones en este campo de los ATP, se vuelve a evidenciar que no es el tema que mejor domina.

11. Es reiterativa respecto a lo afirmado en otras conclusiones salvo en la última frase, que comparto totalmente, “que la seguridad de la línea el día del accidente estaba por debajo de los límites de una línea de alta velocidad”.
12. No hay accidentes anteriores que se puedan considerar similares a este en los informes de CIAF. En el informe del CIAF de este accidente si se propone las mediadas referidas por E.C.

4.7.2. Comentarios adicionales al Informe de Heijen–Catmur sobre Análisis de riesgos de la curva de Angrois [Doc.2]

Se comentan a continuación aquellos puntos del informe de los peritos F. Heijnen y J.R. Catmur presentado el 9 de febrero de 2015 (ff-21.863) que he considerado relevantes y que no hayan sido tratados en el informe pericial complementario anteriormente comentado. Se han señalado especialmente aquellos aspectos en los que pueda discrepar o considerar erróneos.

En el Caso 1 considerado (ERTMS cubriendo toda la línea 082 de acuerdo al proyecto original), el modelo utilizado para calcular la probabilidad de accidente es más que discutible al considerarlo un tanto reduccionista.

Realmente lo que hacen los peritos es considerar una tasa genérica de accidentes por descarrilamiento en España obtenidos de la base de datos ERAIL de la Agencia Europea del Ferrocarril, la cual se nutre desde el 2004 del reporte de los ICS (Indicadores Comunes de Seguridad) de las autoridades ferroviarias de seguridad de cada estado miembro.

Simplemente se ha hallado la media aritmética de los siete años comprendidos entre 2006 y 2012, de la variable “número de descarrilamientos / km-tren” en España, obteniendo así la tasa de,

$$62,1 \times 10^{-9} \text{ descarrilamientos/km-tren.}$$

Según su razonamiento, la probabilidad de descarrilamiento en 1 km de vía en España es entonces $6,21 \times 10^{-10}$ por tren, y por lo tanto, como la curva de A Granderia es de 1 km (aproximadamente), infieren que la probabilidad de descarrilamiento en dicha curva es dicha cifra sin más.

Este razonamiento es claramente reduccionista en base a los siguientes aspectos:

- Considera todos los km de la red RFIG idénticos a efectos de riesgo (no distingue entre recta, curva, circunstancias de la infraestructura ni de la superestructura, ni tampoco entre red convencional, alta velocidad, etc.)
- No distinguen entre un material rodante u otro, (ya sea un tren de mercancías, o un tren de alta velocidad)
- No se distingue entre las posibles causas de descarrilamiento (estado de la vía, señalización, aparatos de vía, estado del material rodante, exceso de velocidad, objetos caídos en la vía, etc.)
- Desde el punto de vista estadístico es poco significativo puesto que el espacio muestral es pequeño (número de años considerados) y la dispersión de los datos bastante amplia.

Por tanto, con toda esta casuística posible y no considerada, la utilización de cifras tan genéricas como las señaladas, ofrecen escasa fiabilidad o certidumbre para el resultado obtenido de cualquier cálculo basado en ellas. Cualquier deducción o conclusión que se pueda extraer a partir de ellas ha de tomarse por tanto con la mayor de las reservas.

Es obvio que la tasa de descarrilamientos a causa del exceso de velocidad será una cifra menor que la anteriormente considerada que engloba todas las posibles causas.

Se debe insistir en que todos los valores manejados con anterioridad respecto a tasas y probabilidades de descarrilamientos engloban todas sus posibles causas, una de las cuales es el exceso de velocidad. Es decir que los descarrilamientos debidos a, fallos del material rodante, mal estado de las vías, aparatos de vía, etc., también están incluidos y en cuyos casos la utilización del ERMTS no protegería ante dichas circunstancias. En otras palabras, si solamente se considerasen las cifras correspondientes a descarrilamientos por exceso de velocidad, las cifras comparativas aumentarían significativamente respecto al efecto de la utilización o no de ERTMS (si se comparase con la tasa de descarrilamientos debidos exclusivamente al exceso de velocidad).

(Recordemos que de la tabla de estudio sobre accidentalidad del Profesor A. W. Evans, se puede extraer que el porcentaje de colisiones y descarrilamientos con víctimas mortales por exceso de velocidad suponían aproximadamente un 11 % del total ellos (un 15% si no se consideran los debidos a causas desconocidas)

4.7.3. Comentarios adicionales al “Informe Complementario al Informe Pericial de 31 de diciembre de 2015 de Heijnen–Catmur sobre Análisis de riesgos de la curva de Angrois”. [Doc. 3]

En este documento los peritos H-C han tratado de dar respuesta a las preguntas planteadas por la Audiencia Provincial de A Coruña en su auto del 26 de mayo de 2016, y complementa su anterior informe pericial del 31 de enero de 2015.

Corrigen en este informe complementario los cálculos de probabilidad de accidente para los 3 casos estudiados en su informe pericial del 31 de enero de 2015, ajustando el número de trenes por día que circulaban por la curva de A Grandeira en condiciones equivalentes las del tren accidentado, de acuerdo con lo expresado en el auto de la AP.

Para ello, toman una tasa de viajes diarios del S730 de 1,85 viajes/día, en vez de los 4 trenes/día que habían considerado en su informe, llegando a calcular un riesgo de descarrilamiento en la curva (caso 3) de $1,41 \times 10^{-3}$, concluyendo que la probabilidad de que se produjese un accidente de un tren Alvia era de un descarrilamiento al año, aproximadamente.

En relación a este punto considero importante señalar lo siguiente,

Se entiende que si lo que realmente se quiere considerar es el número de trenes que circulaban cada día por esa vía en condiciones similares al tren accidentado, lo correcto sería tener en cuenta solamente los trenes S130/S730 de Talgo-Bombardier, puesto que los S121 de CAF que también circulaban por la línea, a diferencia de los anteriores, lo hacían en condiciones diferentes. Estos trenes si utilizaban el sistema ERTMS hasta el punto de transición y a partir de aquí el sistema ASFA digital TBS independiente.

Como ya explicaba en mi informe pericial anterior (pag.56), estos trenes circulan con ERTMS (Ansaldo) y sistema ASFA digital TBS (Dimetronic) conectados de forma simultanea (lo cual no es posible con el sistema embarcado Ebicab2000 de Bombardier de los trenes Alvia).

En otras palabras, los trenes S121 circulando por la L082 en condiciones normales se puede equiparar al caso 2 (ERTMS + ASFA), aunque con algunas salvedades, pero no al caso 3 (solo ASFA como el día del accidente). Es decir, deberían considerarse solamente las circulaciones de los S130 y S730 para el cálculo del Caso 3 y las de todos los trenes (S130/730 + S121) para los cálculos del Caso 2.

De cualquier forma, quisiera destacar que, en mi opinión, la discusión anterior es de índole secundaria puesto que realmente la variable principal a calcular es la del riesgo o probabilidad de descarrilamiento en la curva, por tren. Subordinado a este riesgo por tren, simplemente con una división por el número de trenes diarios (cualquiera que sea el que se considere) nos dará una tasa descarrilamiento en el tiempo.

También quiero subrayar que la afirmación de los peritos H-C,

“Interesa destacar que esta nueva estimación de la probabilidad de accidente en las condiciones existentes cuando este se produjo coincide con la realidad observada. Es decir, se ha producido un descarrilamiento durante el primer año de funcionamiento de la línea desde que se desconectó el ERTMS”.

debe de ser tomada con especial cuidado. El que su estimación del riesgo sea de un descarrilamiento cada año y se haya producido un accidente en el primer año de funcionamiento no demuestra nada desde el punto de vista de la estadística. En lugar de utilizar el término “coincide”, sería más apropiado usar el de “es compatible” con la realidad observada. El que no se hubiese producido ningún accidente el primer año también sería igual de compatible con la probabilidad calculada.

En el apartado 3.2.2. realizan H-C una comparativa del riesgo calculado por E.C para la L082 con distintas tasas de siniestralidad en España. El perito que subscribe no entiende muy bien cual es planteamiento básico de dicha comparativa puesto que compara probabilidades teóricas de una línea o de la curva (1 km de línea) particularizada para un tren de 200 viajeros y un accidente con 79 muertos, con distintas tasas de siniestralidad. No se entiende el sentido de comparar el resultado del accidente (79 víctimas) con tasas de siniestralidad. Es obvio que si se incorpora el resultado del accidente de Angrois, la accidentabilidad de la línea que resultaría sería mucho más alta que la del resto de la red, dada la magnitud del mismo. En resumen, considero que el planteamiento de particularizar las tasas con el resultado del accidente no es correcto.

El punto relevante y controvertido de lo discutido en este apartado es, si la probabilidad de accidente calculada por E.C debe de considerarse como puntual (aplicable a 1 km), o debe dividirse por la longitud total de la línea. Desde luego que para una evaluación de riesgos parece más razonable calcular las probabilidades de ocurrencia por km y no para toda una línea. Es obvio que los peligros no se reparten uniformemente a lo largo de una línea, sino que son puntuales. De cualquier forma, como lo que se cuestiona fundamentalmente es el valor de la probabilidad de accidente calculado por E.C, en más de un orden de magnitud, la discusión anterior resulta menos determinante.

4.7.4. Comentarios al “Informe Sobre la Seguridad y Señalización en la Zona de la Bifurcación de A Grandeira el día 24 de julio de 2013”, de D. Enrique Castillo Ron. [Doc. 1]

Se exponen seguidamente los comentarios al informe pericial de Sr. Castillo que he considerado pertinentes y relevantes, señalando especialmente todos aquellos aspectos en los que pueda discrepar o considerar erróneos.

He considerado importante el tratar de evidenciar y acotar la incertidumbre de los resultados obtenidos, lo cual en la inferencia estadística resulta de la misma importancia que el resultado en sí.

Ya en la propia introducción de su informe realiza el perito E.C una serie de afirmaciones relativas a la incertidumbre, con las que concuerdo totalmente, y que van en esa misma dirección.

4.7.4.1. Modelo utilizado

El modelo usado por E.C en su estudio se basa en una red bayesiana (o red causal probabilística), herramienta estadística que suele utilizarse cuando existen un gran número de variables que mantienen relaciones complejas entre ellas. Es un modelo gráfico en el que cada nodo representa una variable aleatoria (cada una de las cuales puede asumir distintos niveles o estados) y que permite representar las relaciones de dependencia entre un conjunto de ellas, las cuales suelen ser interpretadas como relaciones causa-efecto.

Cada nodo representa una variable aleatoria que tiene asociada una función de probabilidad condicional (probabilidad de ocurrencia de cada estado de la variable condicionado a los posibles valores de las variables que determinan el valor de la variable). Los arcos son dirigidos y representan dependencia condicional entre las variables.

El modelo se denomina markoviano porque la probabilidad del estado de cada una de las variables en un instante determinado depende de sus estados de los instantes anteriores (como mucho de dos instantes).

Las redes bayesianas tienen la ventaja de poder representar tanto el aspecto cualitativo (que aportan los grafos), como su aspecto cuantitativo (probabilidades condicionadas) de un problema.[1]

La “solidez” del modelo se sustenta en dos pilares fundamentales:

- La estructura del grafo o de la red.
- Obtención probabilidades de cada nodo, (conocida la estructura del grafo),

[1] El teorema de Bayes $[p(A \cap B) = p(A|B) \times p(B) = p(B|A) \times p(A)]$ es la regla básica de actualización de creencias en una red bayesiana. La regla de Bayes es una herramienta de cálculo útil cuando tenemos que actualizar probabilidades asociadas a un modelo del que recibimos evidencias sobre alguna de las variables implicadas.

4.7.4.2. Aplicación del modelo a la L082.

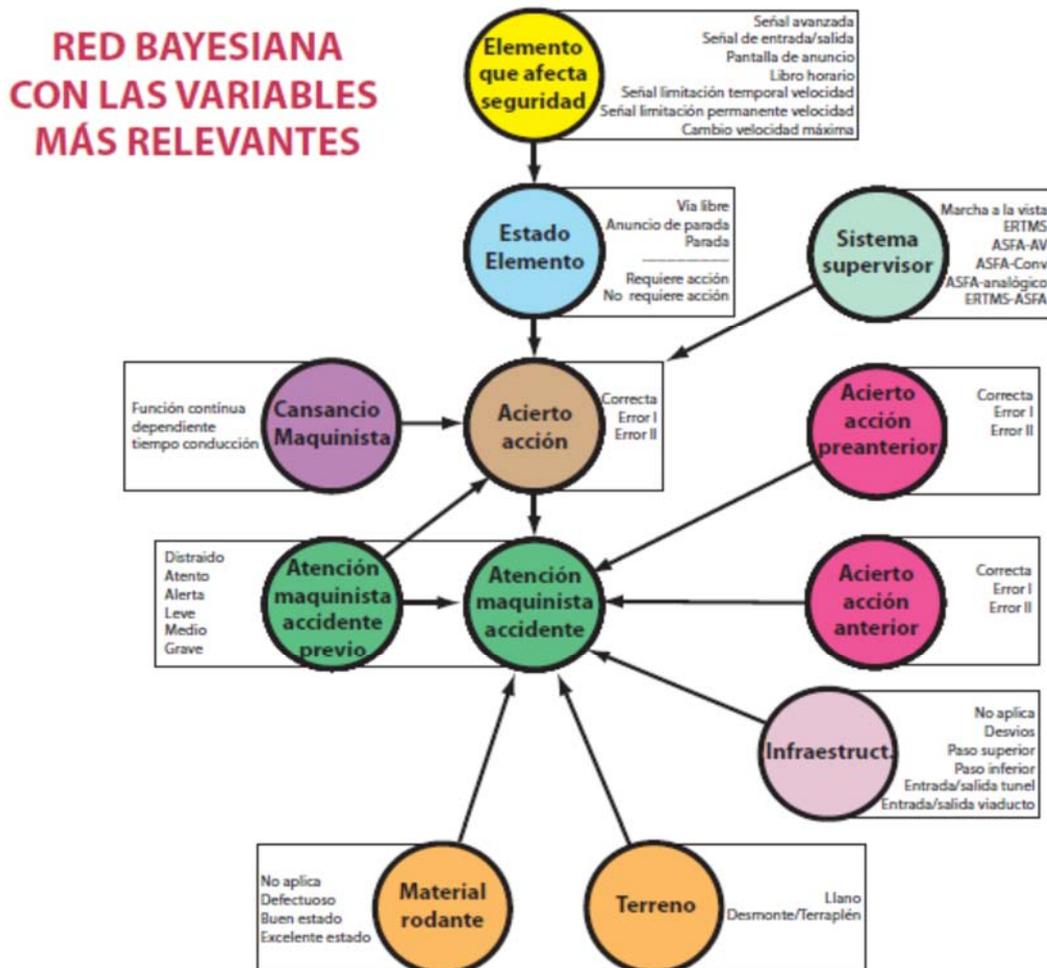
En nuestro caso en concreto, el modelo trata de reproducir el proceso de conducción del tren y las diferentes situaciones de riesgo por las que va transcurriendo el maquinista a lo largo del recorrido de la línea. Cada nueva situación incrementa la probabilidad de fallo y accidente por lo que deben ser evaluadas en función del estado de atención del maquinista, el recorrido y su

peligrosidad. Cada variable se asocia entonces a un instante o punto del recorrido. Estas variables pueden ser de dos tipos: Comunes (nivel de cansancio, nivel de atención, nivel de accidente) y No comunes (son específicas del punto del recorrido especificado).

En este modelo, distinguen entre dos tipos de subredes bayesianas que se corresponde con dos tipos de tramos en el recorrido por la línea:

- Tramos sin señales. Mide el riesgo por circular por la vía (debido al estado de la vía, del material rodante, terreno, etc.). Considera un modelo de Markov en tiempo continuo.
- Puntos o pequeños tramos del recorrido en los se reciben señales de atención, se toman decisiones sometidas a errores y se corren riesgos puntuales de accidentes por diversas causas.

En el modelo utilizado en este trabajo, los autores se han concentrado en ver cómo va evolucionando las probabilidades de accidente a medida que se avanza por la línea, y por lo tanto se focalizan en las probabilidades marginales de las variables “Atención maquinista-accidente” de cada punto del recorrido. Las probabilidades marginales de esta variable en un instante dado se obtienen multiplicando las probabilidades de instantes pasados multiplicadas por una serie de “matrices de transición”.



Grafo de la red bayesiana general ilustrando las relaciones de dependencia condicional de las diferentes variables y sus posibles estados que se han considerado en el modelo de E.C

4.7.4.3. Variables y estados del modelo.

(Se definen en el apartado 2.3 de su informe). En cuanto a las variables consideradas y sus posibles estados se pueden hacer los siguientes comentarios de las que he considerado más relevantes:

- **“Atención maquinista-Accidente”**. Esta variable puede tomar seis estados diferentes (distráido, atento, alerta y accidente leve, medio y grave). Como se puede constatar observando en el grafo de la red, es esta la variable más importante en la medida que más relaciones de interdependencia mantiene con otras variables; además de depender de estados de acciones pretéritas.

En mi opinión, no se entiende bien que esta variable, que es la principal del modelo, se trate en realidad de dos variables diferentes, además dependientes, y que, por tanto, los seis estados que puede tomar correspondan realmente a dos aspectos (nivel de atención por un lado y consecuencias del accidente por el otro).

Se puede cuestionar también que la probabilidad de los diferentes tipos de accidente (leve, medio y grave), que realmente son una graduación del alcance o consecuencias del accidente, esté determinada únicamente por el nivel de atención de maquinista, sus decisiones actuales y pasadas; y no por ejemplo por la velocidad a la que se circula o cualquier otro factor que pueda influir en el alcance del mismo.

Por otro lado, la “atención del maquinista”, factor claramente determinante, reducida a 3 niveles posibles se antoja excesivamente simplista. Es decir, el factor humano, elemento principal en lo relacionado con esta causa, es tenido en cuenta en el modelo, pero a pesar de ser este o estar directamente relacionado con la variable principal, su tratamiento es un tanto reduccionista.

El modelo markoviano propuesto para esta variable (representado en la fig.2.9 de su informe) supone que el nivel de atención del maquinista en un instante dado depende solamente del nivel de atención en un instante anterior y de la información que recibe (de la señalización de la vía, de ciertos avisos sonoros, de iconos luminosos, etc.) aunque corregida en función del tiempo de conducción con un factor a_t .

Por otro parte, el modelo de Markov exige que los estados sean mutuamente excluyentes y exhaustivos (todos los posibles). No parece estar muy claro, por ejemplo, que los estados de atento y alerta sean mutuamente excluyentes.

En resumen, esta variable principal es en mi opinión la más enrevesada y controvertida del modelo puesto que tal y como describe E.C en su informe,

“el maquinista puede estar en uno de los seis estados siguientes: circulando en condiciones de alerta, atento o despistado y en situación de accidente leve, medio o grave. Se entiende que los tres primeros son posibles cuando no se ha producido un accidente y, por tanto, la suma de las probabilidades de estos tres estados es la probabilidad de no accidente (de cualquier tipo).”

Es decir, parece estar hablando de los estados de dos aspectos diferentes. Entiendo que la suma de las probabilidades de los tres estados (despistado, atento y alerta) deben sumar 1 (el maquinista debe de estar en alguno de estos estados). De su explicación se infiere más bien, que existen 4 estados posibles correspondientes a: no accidente (dentro del cual el maquinista puede estar atento o despistado), accidente leve, accidente medio y accidente grave.

- **“Sistema supervisor”**. Es esta variable junto a la anterior, la más relevante en relación a esta causa y por tanto su análisis es fundamental para las conclusiones que se puedan extraer.

Como expresa E.C en su informe, "Puesto que los sistemas de supervisión (ASFA, ERTMS, etc.) actúan corrigiendo los posibles errores del maquinista y frenando el tren, para calcular las probabilidades de accidente hay que tener en cuenta, por un lado, las probabilidades de error del maquinista y, por otra, la probabilidad de fallo del sistema de supervisión que, aunque pequeña, no es nula."

Siendo C , \bar{C} , S y \bar{S} los sucesos decisión correcta e incorrecta del maquinista y funcionamiento correcto e incorrecto del sistema de seguridad respectivamente, lo autores consideran peligrosa (accidente) solamente la situación \bar{C} y \bar{S} simultaneas, es decir que se diese a la vez las circunstancias de decisión incorrecta del maquinista y fallo del sistema de supervisión. En este caso, la probabilidad de accidente $P(A)$ se calcula según la expresión:

$$P(A) = P(\bar{S}) \cdot P(\bar{C}) ;$$

es decir, es simplemente el producto de las probabilidades de ambos sucesos puesto que son sucesos independientes, $P(\bar{S} | \bar{C}) = P(\bar{S}) = \rho$; ya que las decisiones de maquinista y fallos del sistema son independientes.

$P(\bar{S}) = \rho$ es la probabilidad de fallo del sistema de supervisión (frenado automático) por lo que es este un parámetro esencial a la hora de calcular los riesgos de la curva y de la línea, así como en lo relativo a otras cuestiones discutidas en el procedimiento.

Se verá posteriormente que el valor de este parámetro es un punto fundamental de discrepancia entre lo mantenido por E.C en su informe y este perito y resulta de capital importancia al ser su valor determinante en el resultado final de los riesgos de accidente calculados.

- **"Elemento que afecta a la seguridad"**. En el apartado 2.3.4 del informe de E.C se describen los elementos que se consideran en esta variable y las diferentes probabilidades condicionadas que define la red bayesiana.

En cuanto al elemento "Señales de limitación de velocidad" (señales de preanuncio, anuncio, ejecutiva y fin de limitación de velocidad) de esta variable (apartado. 2.3.4.5), cuando describe las probabilidades condicionales, no se entiende cómo interpretar el punto 3 referido al nodo "estado de elemento", para el caso de señales de limitación de velocidad, pues habla de las probabilidades de que el elemento esté en verde, anuncio de parada o parada (¿?).

Por otro lado, en la Tabla. 2.8 se ve que las probabilidades condicionales dependen de unos parámetros $\pi_1 \dots \pi_5$, sin embargo, no se especifica cuál es su significado ni qué valor tienen.

Además, se debe señalar que, de todos los estados relevantes para la seguridad que puede tomar esta variable, el correspondiente al "cambio de velocidad máxima", no debería considerarse como tal, si se refieren al cartelón de PTO. Estos cartelones, al estar posicionados en el mismo lugar o incluso posteriormente al punto de reducción de velocidad, evidentemente no son muy útiles en este sentido como elemento de alerta (como es el caso de este indicador en la curva de Angrois).

- **"Cansancio del maquinista"**. En lo relativo a esta variable, se echa de menos alguna relación de interdependencia del cansancio del maquinista con el nivel de atención del mismo, que parece lógica y que no ha sido tenida en cuenta en el modelo (no se refleja en el grafo).

4.7.4.4. Significado de los parámetros.

En el apartado 2.4 de su informe se describe el significado de algunos de los parámetros utilizados en su modelo.

Quisiera resaltar las palabras de su autor al comienzo de este apartado porque me parecen una puntualización de suma importancia:

“Para evaluar las probabilidades en casos reales es de suma importancia la estimación precisa de los diferentes parámetros. Hay que señalar que esta estimación es muy difícil o imposible, pues al tratarse de accidentes ferroviarios se dispone de muy pocos datos, es decir, el tamaño de la muestra disponible es muy reducido. Por tanto, en cualquier caso, los resultados obtenidos deben analizarse con suma cautela y considerarlos únicamente para comparaciones en términos relativos.” “Este análisis permite detectar deficiencias en la seguridad de unos casos respecto a otros, pero no una cuantificación precisa del riesgo.”

A continuación, recojo algunos de estos parámetros por considerarlos los más relevantes para la causa:

- Parámetro η : tasa horaria de que el maquinista recupere la atención estando distraído.
- Parámetro γ_1 : tasa horaria de distracción del maquinista cuando está atento
- Parámetro ψ : tasa horaria de accidente por fallo técnico. Para su cálculo, sus autores parten de tasas de viajeros/año y número de km/año, considerando que circulan 5.000 trenes con recorrido de 83 km. Finalmente dividen la cantidad de 28 accidentes por fallos mecánicos registrados en los últimos 5 años por la longitud total recorrida en ese periodo obteniendo una tasa de $3,7 \times 10^{-8}$ accidentes/km y $2,22 \times 10^{-6}$ accidentes/hora, (asumiendo 60 km/hora de velocidad media para vías convencionales). Finalmente consideran que las líneas de alta velocidad están mucho más controladas que las convencionales, y aplican un factor corrector de 10^{-2} por lo que resulta, $\psi = 2,22 \times 10^{-8}$ accidentes/hora. Después continúan con los cálculos:

“Puesto que en los últimos 5 años completos se han registrado 28 accidentes por fallos mecánicos u obstrucciones en la vía, se tiene una tasa media de $28/5=5,6$ accidentes/año, con lo que resulta una tasa media de $5,6/1,5147 \times 10^{-8} = 3,7 \times 10^{-8}$ accidentes/Km recorrido. Si se supone una velocidad media de 60 Km/hora esto da una tasa de $3,7 \times 10^{-8} \times 60 = 2,22 \times 10^{-6}$ accidentes/hora.

Lo anterior parece un tanto incongruente; si se parte de una tasa de 5,6 accidentes/año, esto es sin más cálculos, $5,6/8.760$ horas = $6,4 \times 10^{-4}$ accidentes/hora, lo cual difiere en más de dos órdenes de magnitud de su cálculo ($2,22 \times 10^{-6}$ accidentes/hora). Si a esto le unimos la discrecionalidad de aplicar un factor corrector de 100 para adaptar el cálculo a la alta velocidad, deja a la estimación del valor de este parámetro como algo bastante arbitrario, por lo que, dado su repercusión en el resultado final obtenido, este quedaría cuestionado en la misma proporción.

- Parámetro Θ : Probabilidad condicional de una decisión incorrecta del maquinista cuando está atento y la vía no está libre. Considera 2 casos:
 - Rebase indebida de señal
 - Exceso de velocidad. Parte de la cifra de 7 descarrilamientos en 5 años y medio por exceso de velocidad en curva y calcula una tasa de accidente por señal. No queda claro en este caso a que señal se refiere exactamente cuando habla de rebase de señal, ni tampoco el fundamento de los cálculos que realiza. No se explica por qué divide por 4 la tasa de accidentes, ni porque asume que el maquinista no estaba atento en 1 de cada

mil rebases. Por otro lado, el dato de partida de 7 descarrilamientos en 5 años y medio tiene escasa significación estadística por lo que cualquier conclusión que de ello se extrapole tendrá poca confiabilidad. Además, no se tiene en cuenta la dispersión casuística: (4 trenes de mercancías, 2 de viajeros larga distancia y 1 el Alvia de autos; si estaban o no señalizados los límites de velocidad, etc.). En resumen, parece ser más un ejemplo académico que un caso de aplicación real.

- **Parámetro p:** Probabilidad de error del sistema de supervisión. Es en este punto donde mi discrepancia con los presupuestos de E.C es mayor y debido a ello, el cuestionamiento de los resultados finales obtenidos.

Se afirma en este apartado que,

“En este estudio se supone que la probabilidad de fallo de los sistemas de supervisión cuando están preparados para cubrir un evento es $p_{ASFA} = p_{ERTMS} = 0,001$ ”.

Esta asunción es totalmente errónea; no se puede considerar una probabilidad de fallo en el sistema ASFA igual que la del sistema ERTMS, estamos hablando de considerar iguales en términos de fiabilidad un sistema SIL4 como el ERTMS, con un sistema sin SIL aplicable como el ASFA (función de ayuda a la conducción, no función de seguridad), la diferencia es de varios ordenes de magnitud. El sistema ASFA, por ejemplo, no puede detectar que falta una baliza porque haya sido arrancada, (lo cual ocurre a veces en la realidad), con la consiguiente situación de peligro que esto genera.

Para la correcta consideración de este parámetro, los sistemas de supervisión han de tomarse como tales (sistemas conformados por equipo de vía, balizas, equipo embarcado, etc.) y considerar su fiabilidad como sistema. Es así como se evidencia la diferencia de fiabilidad entre ambos sistemas de supervisión. (Las diferencias en cuanto a la seguridad entre ASFA y ERTMS/ETCS se describen exhaustivamente en mi anterior informe pericial).

Sin ir más lejos, en la tabla 2.13 que incluye en su informe de accidentes registrados por el CIAF en el periodo 2008-2013, se puede constatar que se han producido 3 accidente por fallos del sistema ASFA.

Como conclusión, fruto de esta importante discrepancia y puesto que este parámetro se aplica en los cálculos de riesgos de los diferentes casos considerados en el informe, teniendo un peso relevante en ellos; los resultados finales obtenidos en el estudio del E.C quedan por lo tanto en cuestión, en mi opinión invalidados, simplemente por lo erróneo de esta consideración y en función de la repercusión de dicho parámetro en el resultado obtenido.

Es decir, puesto que uno de los fines principales de este estudio era la comparativa entre probabilidad de accidente de distintos escenarios utilizando ASFA o ERTMS, el punto de partida de considerar aspectos fundamentales de seguridad de estos dos sistemas erróneamente, invalida el resultado obtenido e igualmente cualquier conclusión que se pudiera extraer de su comparación.

LOW DEMAND MODE SIL

SIL	PFD _{avg}	RRF
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10,000$ to $\leq 100,000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	$> 1,000$ to $\leq 10,000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to $\leq 1,000$
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

HIGH DEMAND or CONTINUOUS MODE SIL

SIL	PFD _{avg} per hour
4	$\geq 10^{-9}$ to $< 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$

En la sección 2.7, Ejemplos básicos del informe de E.C, se comparan los riesgos relativos obtenidos por su modelo para 6 ejemplos o casos: 3 casos relacionados con señales luminosas y otros 3 ejemplos básicos para comparar distintas situaciones. Con su modelo bayesiano-markoviano obtienen para cada uno de ellos las probabilidades de accidente, es decir evalúan el valor esperado, medido en accidentes graves equivalentes.

Los valores de los parámetros elegidos para todos los casos han sido:

En todos ellos se eligen los siguientes valores de los parámetros: $p_0^0 = 2,777 \times 10^{-4}$, $p_1^0 = 9,99722 \times 10^{-1}$, $p_2^0 = 0$, $p_{A1}^0 = 0$, $p_{A2}^0 = 0$, $p_{A3}^0 = 0$, $\eta = 180$, $\gamma_1 = 4. \times 10^{-2}$, $\gamma_2 = 1. \times 10^{-2}$, $\gamma_3 = 30$, $\psi_1 = 7. \times 10^{-9}$, $\psi_2 = 7. \times 10^{-9}$, $\psi_3 = 7. \times 10^{-9}$, $\lambda = 7. \times 10^{-1}$, $\epsilon = 1. \times 10^{-4}$, $q_g = 9. \times 10^{-1}$, $q_{ap} = 2,5 \times 10^{-2}$, $\theta_s = 1,42 \times 10^{-3}$, $\theta_v = 1,74 \times 10^{-4}$, $\tau_s = 9,99 \times 10^{-1}$, $\tau_v = 9,99 \times 10^{-1}$, $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 0$, $\alpha_3 = 1. \times 10^{-1}$, $\beta_1 = \frac{1}{3}$, $\beta_2 = \frac{2}{5}$, $\beta_3 = \frac{1}{5}$, $\sigma_1 = \frac{1}{2}$, $\sigma_2 = \frac{1}{10}$, $\sigma_3 = \frac{1}{10}$, $\delta_1 = \frac{9}{10}$, $\delta_2 = \frac{1}{10}$, $\mu_1 = \frac{1}{10}$, $\mu_2 = \frac{3}{10}$, $\mu_3 = \frac{3}{10}$, $\nu_1 = \frac{3}{5}$, $\nu_2 = \frac{3}{20}$, $\nu_3 = \frac{1}{10}$, $\pi_1 = 0$, $\pi_2 = 0$, $\pi_3 = \frac{1}{10}$, $\pi_4 = \frac{3}{10}$, $\pi_5 = \frac{1}{2}$, $\tau_s = 9,99 \times 10^{-1}$, $\tau_v = 9,99 \times 10^{-1}$, $q_{gs} = 1. \times 10^{-1}$, $q_{aps} = 5. \times 10^{-2}$, $\rho_{ASFA} = 1. \times 10^{-3}$, $\rho_{ERTMS} = 1. \times 10^{-3}$

4.7.4.5. Análisis del tramo Orense-Santiago. Casos

Analiza el perito en el apartado 2.8 de su informe varios casos (siete en total) para tratar de cuantificar los cambios en la seguridad de la línea debidos a la supresión del sistema ERTMS que existía en el proyecto inicial, así como a su desconexión.

Respecto a los casos elegidos para comparar las distintas situaciones en la L082 cabe realizar las siguientes puntualizaciones:

Caso 1. Tal y como estaba la línea y la señalización el día del accidente. Considera el perito E.C para sus cálculos, la influencia en la zona de A Grandeira de: *una señal avanzada con tres pantallas de anuncio, el libro horario, donde se indica una reducción de velocidad a 80 km/h, y la señal de entrada.*

Es importante no confundir en el riesgo total, el efecto producido por la señal E'7 y sus pantallas de proximidad (posible error de interpretación), con el de la reducción de velocidad, ya que a pesar de que se producen en el mismo punto, no tienen que ver uno con el otro.

En su tabla 2.22, se muestran todos los márgenes (entre casos optimista y pesimista) de los parámetros que se ha considerado en el modelo, así como una indicación de su peso o influencia en el resultado final a través de la variable k_v (porcentaje de aumento de la P_A total respecto al

valor pesimista de cada parámetro). Llama en ella la atención la diferencia del peso que tiene algún parámetro respecto a otros, como es el caso de λ (probabilidad de recuperar la atención al visualizar la señal estando distraído antes), γ_{123} (tasas horarias de distracción del maquinista) y π_2 ; donde por ejemplo el primero, λ , produce un aumento de 92,4 veces (o incluso mayor si se observa la curva de sensibilidad de este parámetro de la figura 2.12).

Es decir, los parámetros relacionados con el Factor Humano, cuyos valores elegidos en el modelo son los más especulativos (o al menos, los más difíciles de cuantificar), son los que tienen una influencia más significativa en el cálculo final de la probabilidad de accidente, lo cual es un hecho bastante relevante.

En este Caso 1, la conclusión a la que llega E.C es que la probabilidad de accidente queda manifiestamente dominada por el riesgo de que la limitación de velocidad no esté protegida por ASFA, conclusión con la que concuerdo.

Sin embargo, en cuanto al valor que dan los autores como probabilidad de accidente acumulada de $P_A=8,22 \times 10^{-6}$, no debería tenerse en cuenta como un valor absoluto confiable, por todas las razones anteriormente expuestas en este informe.

Caso 2. Proyecto modificado (ERTMS + ASFA analógico). Esta es la situación de explotación “normal” de acuerdo a la autorización de puesta en servicio de la línea y como estaría si no se hubiese desconectado el ERTMS.

En este caso, el modelo tiene en cuenta el efecto en el nivel de atención del maquinista derivado de la señal acústica que se produce en la transición de ERTMS N1 a ASFA.

El resultado que obtienen con su modelo para este caso es que la probabilidad de accidente se reduce solamente a la mitad del caso anterior.

La diferencia de este caso respecto al anterior viene marcada principalmente por la aplicación de los anteriormente comentados parámetros relativos al factor humano estimados discrecionalmente, aplicados ahora además para el caso de la señal acústica producida en la transición de sistema de supervisión. Parece también evidente que la valoración de la influencia de todas estas señales de aviso en la atención del maquinista debería hacerla un experto en factor humano si se buscara más rigor en el resultado final, puesto que este va a depender significativamente de la misma.

Quisiera volver a recordar que, tal y como se describe más detalladamente en mi informe pericial anterior, en la transición ERTMS a ASFA no solamente se produce una señal acústica sino también un aviso visual, el requerimiento de confirmación pulsando la pantalla (en caso contrario el sistema frenaría el tren) y la necesidad de actuación sobre el ATO.

Al error generado por no tener en cuenta convenientemente esta circunstancia, hay que añadir el error descrito en el caso anterior producido por considerar iguales la fiabilidad de ERTMS y ASFA.

Por tanto, la estimación del modelo de E.C en cuanto a la reducción relativa del riesgo de accidente de este caso 2 respecto al caso anterior está claramente infravalorada y consecuentemente, el valor calculado para este caso de la probabilidad de accidente acumulada: $P_A= 4,01 \times 10^{-6}$ es erróneo.

Caso 3. (SR + ERTMS+ ASFA analógico). Se corresponde con la situación de fallo en la transición ERTMS-ASFA.

El perito E.C comete un error de concepto y un claro sesgo cuando afirma en su informe que,

“La situación real del proyecto modificado, es decir, SR del PK 1/845 al 14/953, ERTMS hasta el PK 80/119 y ASFA analógico a partir de ese punto hasta Santiago.”

Lo recogido en el Caso 3 es una situación “circunstancial” que se produjo en algunos casos, en uno de los modelos de tren que podían circular por esa línea, (punto extensamente desarrollado en mi informe pericial anterior). Por ello, resulta un tanto falaz considerar que la situación “real” de proyecto modificado fuese esta, pues decir situación real lleva implícito el asumir que siempre fallaba en la transición, lo cual es falso. (La situación real es la del Caso 2).

Se infiere igualmente de lo afirmado en el informe de E.C que no han tenido en cuenta el hecho de que cuando se circulaba bajo responsabilidad del maquinista (SR) después del fallo en la transición, y a pesar de ello, el sistema ERTMS en ese modo degradado de operación supervisa el paso por señales en rojo (situación más peligrosa que hipotéticamente se podría dar), así como que la velocidad a la que se circula en marcha a la vista es ostensiblemente más lenta que la nominal. Por tanto, la incidencia en el riesgo al paso por la señal PK 14/953 debería ser significativamente menor del considerado.

Igualmente, que para los casos anteriores, se acumula el error de considerar iguales la fiabilidades de ERTMS y ASFA.

Todo lo anterior implicaría que el cálculo de la probabilidad de accidente para este caso estaría claramente sobrevalorado.

Por tanto, el valor obtenido de $p_A = 1,06 \times 10^{-5}$, no se puede considerar valido

Además, como resultado de todo lo anterior, la conclusión a la que llega E.C:

“Comparando los Casos 1 y 3 se demuestra que el cambio del sistema inicial (SR + ERTMS + ASFA Analógico) al sistema ASFA Digital es una decisión acertada ya que disminuye la probabilidad de accidente. Esto es debido al tramo en el cual se circula con \marcha a la vista”.

Es errónea, puesto que la probabilidad calculada del caso 2 está infravalorada y la del caso 3 sobrevalorada. Por lo tanto y de acuerdo a lo expuesto anteriormente, la decisión de desconexión del ERTMS no disminuyó la probabilidad de accidente si no que claramente la aumentó.

Caso 4. ASFA digital y señales de limitación temporal de velocidad.

Este caso trata de representar la situación pocos días después del accidente con las señales laterales de limitación de velocidad (preanuncio y anuncio) y balizas ASFA LTV asociadas, como protección a la reducción significativa de velocidad previa a la curva de Angrois.

El valor calculado para este caso es de $P_A = 1,22 \times 10^{-7}$

Como se puede observar, esta probabilidad disminuye en un factor de 67 veces la calculada para el caso 1 que es la situación del día del accidente.

Observando la Figura 2.19 de su informe, que representa la evolución a lo largo del recorrido de la probabilidad de accidente, conviene hacer la siguiente puntualización. En este caso, la escala del eje de ordenadas ha cambiado sustancialmente respecto a las representaciones de los otros

casos por lo que cambia apreciablemente el aspecto de la curva representada. Lo que en otros casos aparentaba ser una recta casi horizontal con una inapreciable pendiente, ahora en la fig. 2.9 se representa con una curva casi lineal, pero con una más que apreciable pendiente a lo largo del recorrido. Concretamente, si la comparásemos con la figura del caso 1 (i.e. si la representamos con la misma escala que la utilizada en este caso), la gráfica correspondiente al caso 4 sería una línea prácticamente horizontal desde el principio hasta el final del recorrido de la L082.

Esto quiere decir que ya no se identifica ningún punto claro de peligro puntual, como era el caso del punto de reducción de velocidad de la curva. En otras palabras, el peligro específico de la curva ha desaparecido y se ha diluido entre el riesgo acumulado debido a todos los demás factores a lo largo del recorrido.

Este caso es menos relevante que los anteriores en la medida que tiene relación con lo sucedido ex post y por lo tanto no tiene relevancia causal con el accidente.

Caso 5. ERTMS hasta PK 85,0.

Este caso no representa exactamente el proyecto de la línea antes de su modificación, puesto que como es conocido, este contemplaba el ERTMS hasta la propia estación de Santiago y no solamente hasta el PK 85.

En este caso se llega a un contrasentido per se, el de afirmar que la protección con ASFA digital y señales de LTV es idéntica a la protección con el sistema ERTMS, lo cual corrobora los errores cometidos en el análisis de los casos señalados anteriormente, sobre todo el de considerar la fiabilidad de ambos sistemas equivalente.

Llama poderosamente la atención el hecho de que, si comparamos (superponemos) las gráficas obtenidas para el caso 4 (ASFA digital con LTV) con la del caso 5 (ERTMS hasta pk.85), son prácticamente idénticas a lo largo de todo el recorrido de la línea (hasta las inmediaciones de la curva).

Esto evidentemente cuestiona totalmente la validez de este modelo para los casos estudiados (que deberían extrapolarse a situaciones reales) puesto que, a pesar de todo el complejo y prolijo tratamiento matemático intermedio, los valores de salida que ofrece el modelo para dos escenarios manifiestamente diferentes (ASFA o ERTMS), son prácticamente idénticas.

La conclusión a la que llega E.C de que,

“Comparando este caso con el anterior, se llega a la conclusión de que la protección con ASFA Digital y señales de limitación temporal de velocidad es análoga a la protección con el sistema ERTMS. La pequeña mejora de la seguridad en el caso de las señales temporales de limitación de velocidad es debida a que la protección es la misma pero las señales de preaviso y aviso de limitación temporal de velocidad suponen un incremento de la atención del maquinista.”

No parece en absoluto congruente; el efecto sobre la atención de maquinista que pueden producir las señales de preaviso o aviso, etc., debería quedar, si el modelo simulase correctamente la realidad, eclipsado por el grado de protección ofrecido por un sistema ATP como el ERTMS, que obvia el error humano. Como corolario, el modelo no es válido para extraer conclusiones fiables para estas situaciones concretas.

Caso 6. Protección simultánea ASFA y ERTMS

No me extenderé en este caso puesto que se trata de un supuesto teórico, que no se da en la realidad y por tanto irrelevante para la causa. En los trenes S130 y S730 de Bombardier como el siniestrado, no se pueden conectar simultáneamente ASFA digital y ERTMS.

Caso 7. ASFA, ERTMS y señales LTV.

Igual que el caso anterior. Por tanto, entiendo que las comparaciones entre los casos 6 y 7 con los otros casos no son procedentes para la causa.

4.7.4.6. Comentarios a las conclusiones del análisis de E.C

Expongo a continuación mis comentarios a las conclusiones a las que llega el perito E.C después del análisis de los distintos casos estudiados, que se recogen en el apartado 2.9 de su informe.

1. De acuerdo en que los resultados obtenidos del modelo no pueden ser considerados en términos absolutos. Se pueden interpretar en términos relativos si las comparaciones se sustentan en hipótesis de partida correctas, de no ser así, las comparativas tampoco resultarían fiables.
2. Aunque parece razonable lo afirmado de que en una línea bien diseñada los riesgos deben ser equilibrados, la filosofía ALARP ampliamente aceptada, dice que aquellos riesgos que puedan ser reducidos de forma sencilla, deben reducirse.
3. Incorrecto. Como se ha explicado anteriormente, el valor de peligrosidad para el caso 2 ha sido sobrevalorado respecto al caso 1.
4. La comparativa es sesgada pues se han omitido circunstancias relevantes, como se ha explicado anteriormente.
5. De acuerdo
6. Erróneo como ya se ha explicado. El ERTMS hasta la estación de Santiago mejoraría la seguridad respecto a la solución adoptado después del accidente con LTVs.
7. Solución teórica no viable en los trenes S730 hasta la fecha, además de ser más que cuestionable que mejorase la seguridad de forma apreciable. No relevante para la causa.
8. Igual que el punto anterior.
9. Erróneo de partida por considerar similar la protección ofrecida por ASFA a la ofrecida por sistemas ATP, como ERTMS o LZB.
10. Cierto, pero de forma mucho más acusada que la calculada en su informe, como se ha evidenciado anteriormente.
11. Sin comentarios.
12. De acuerdo
13. Con un solo suceso observado, yo incluso afirmarí que más que difícil resulta inverosímil estimar una tasa asociada con un mínimo de rigor. Como avalan los intervalos de confianza calculados, la inducción estadística en este caso concreto aporta realmente escasas o nulas evidencias y por tanto en ningún caso las conclusiones extraídas podrían ser consideradas concluyentes.

14. Como se ha evidenciado anteriormente, el valor de la probabilidad de accidente de la línea obtenido no debe ser considerado válido. No estoy de acuerdo en que quedase validada con un nivel de significación del 0.06. En todo caso, lo que se podría afirmar es que no queda invalidada por la realidad observada, lo cual es bastante diferente, habida cuenta que cualquier otra cifra, incluso una significativamente diferente de la obtenida, podría cumplir igualmente con el mismo nivel de significación.
15. Esta conclusión deriva del cálculo anteriormente cuestionado. Incluso si se asumiese dicha cifra como factible, el factor obtenida de 1,6 respecto al riesgo de todas las líneas ferroviarias españolas, no es a mi entender un dato justificativo del riesgo de la línea 082, pues se está comparando el riesgo de una línea nueva y de alta velocidad con toda la red histórica. Parece más lógico esperar que la seguridad de esta línea estuviera significativamente por encima de dicha media.

4.7.4.7. Adenda al informe complementario de E.C [Doc. 5].

Aceptabilidad del Riesgo

Es fácil coincidir en algunas de las críticas expresadas por el perito E.C en esta adenda respecto a la metodología empleada por ADIF en la aplicación de la norma EN-50126, específicamente en lo que se refiere a lo impreciso de la clasificación en los “tipos” o clases de frecuencia del riesgo, y del alcance de las consecuencias. Parece claro, tal como él expresa, que dos expertos utilizando la tabla de riesgos de la norma EN 50126 podrían asignar un nivel diferente de frecuencia a un mismo suceso no deseable.

Señala también la incongruencia que se deriva en los casos de baja frecuencia o probabilidad de ocurrencia, pero que puedan acarrear consecuencias graves. Coincido con él, y considero que en esto existe un amplio consenso técnico, que en estos casos deberían analizarse los riesgos siempre, al margen de la clasificación preliminar de los mismos.

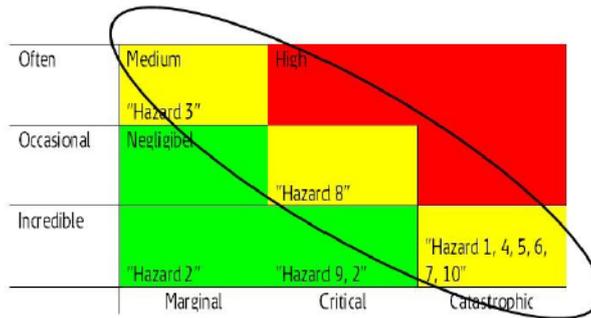
Quisiera señalar un punto en concreto citado por E.C, que me parece relevante para la causa, y es el de considerar el suceso de circular a 170 km/h por la curva de A Grandeira, que según su opinión, un experto lo clasificaría como “Improbable” o “Increíble”. Más adelante, en la conclusión nº 3 de su Adenda, señala que dicho suceso podría haberse considerado como “Increíble”.

Parece evidente que este hecho no debería considerarse como increíble (como si fuese un caso de fuerza mayor), salvo en el caso de que contase con unas barreras de protección que lo hiciese tal, como puede ser un sistema de protección automático como el ERTMS protegiendo dicha curva (en cuyo caso tendría que darse, simultáneamente, las circunstancias del error humano y el fallo técnico del ATP, suceso harto improbable o increíble).

Lo que en mi opinión sí que resultaría increíble es que algún evaluador de riesgos pudiese considerar “Increíble” tal posibilidad si no existiese ningún otro tipo de barrera a ese peligro que la correcta disposición del maquinista en el momento de frenar el tren. En otras palabras, es obvio que no se puede considerar increíble el error humano. Lo que reitero comparto con este perito es que ningún riesgo asociado a un peligro que pueda generar consecuencias muy graves o catastróficas, y a pesar de ser muy poco probable, pudiese considerarse “aceptable sin ningún acuerdo”.

4.7.4.8. Principio ALARP y DRA.

Cabe en este sentido traer a colación un concepto consustancial con la filosofía ALARP y es el llamado DRA (*Differential Risk Aversion* o Aversión Diferencial al Riesgo) que en líneas generales recalca el alto rechazo que la sociedad muestra hacia los grandes accidentes o de tipo catastrófico. Este principio concierne a los peligros o amenazas “amarillas” de la esquina inferior derecha de la conocida tabla de riesgos, es decir a las amenazas poco o muy improbables, pero sin embargo con consecuencias catastróficas. Para este tipo de peligros, el principio ALARP (tan bajo, como razonablemente factible) debería ser aplicado.



Existen varios métodos para demostrar el cumplimiento del principio ALARP. Puede ser suficiente demostrar que se han aplicado los mejores estándares y prácticas disponibles. Para los casos de nuevas operaciones o aquellos en los que se pone en duda lo adecuado de dichos estándares o prácticas, se introducen los conceptos de análisis coste-beneficio y de valor de vida humana.

A modo de ejemplo real se incluye la siguiente tabla, extraída del documento *Guide to the application of EN 50126-1 for safety CLC/TR 50126-2*, de CENELEC, donde se recogen de valores límites de aceptabilidad de riesgos o zonas ALARP, tomado del Metro de Copenhague.

Table G.1 – Upper and lower ALARP limits

Consequence class (fatalities)	Characteristic no. of fatalities	Max acceptable frequency pr. year	Lower delimitation of ALARP domain (pr. year)
1 – 2	1	4,0 E-2	4,0 E-5
3 – 30	10	1,3 E-3	1,3 E-6
31 – 300	100	4,0 E-5	4,0 E-8
> 300	1 000	1,3 E-6	1,3 E-9

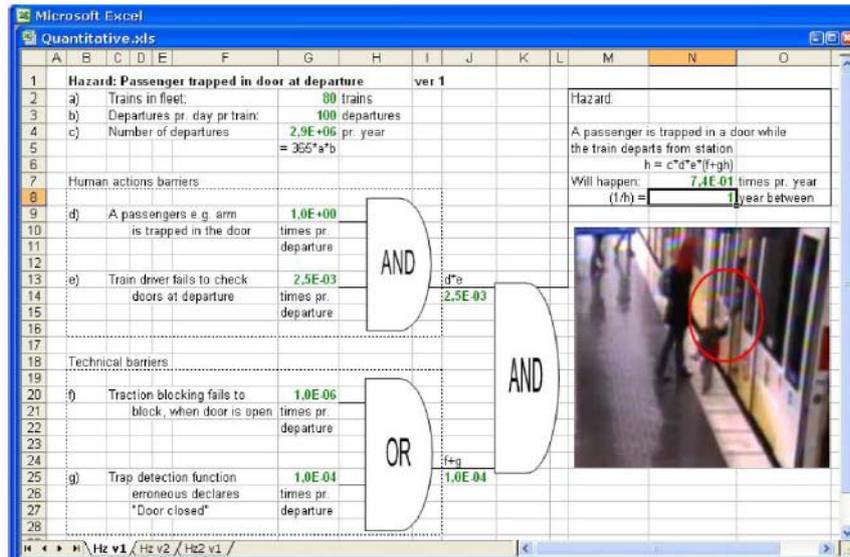
Si se aplicasen valores similares a los de esta tabla al caso de la L082 y las probabilidades de accidente por descarrilamiento en la situación del día del accidente calculadas, se comprueba con facilidad que estaríamos en la zona en la que ALARP dice que el riesgo es inaceptable y que se debe reducir (insisto en que son valores de un ejemplo y que no pueden ser aplicadas sin más a la línea 0-S).

4.7.4.9. Conclusiones finales respecto al informe de E.C

- Los valores de probabilidad de accidente obtenidos para los anteriores casos estudiados en el informe de E.C no pueden considerarse fiables pues se basan en algunas suposiciones de partida incorrectas, (tales como que la seguridad ofrecida por ASFA es la misma que ERTMS). Por tanto, muchas de las conclusiones que de ellos extraen son igualmente erróneas, algunas claramente incongruentes.
- Además, se han constatado algunas incoherencias resultantes de la particularización de su modelo teórico a los casos concretos estudiados en su informe, con respecto a su aplicación a la línea 082 y circunstancias del accidente, que evidencian que dicho modelo no es válido para extraer conclusiones fiables para estas situaciones concretas.
- A todo lo anterior hay que añadir, que al tratarse de sucesos altamente improbables, la reconocida y evidente incertidumbre de cualquier resultado que se pudiese obtener, inherente a la escasez de datos estadísticos así como de su fiabilidad, mediante un método exclusivamente estadístico, implica que ningún resultado de los obtenidos pudiese considerarse mínimamente concluyente.
- Todo ello, en mi opinión, no solamente invalida los valores absolutos de los resultados finales de riesgos de accidente obtenidos en el informe del perito E.C, sino también, y lo que es más relevante, los riesgos relativos entre los distintos casos estudiados y sus consecuentes conclusiones.
- Respecto a lo expresado por E.C en relación a que en el análisis de riesgos deben emplearse métodos cuantitativos mejor que cualitativos, siendo cierto en la medida de lo posible, no se debe olvidar sin embargo que cuantificar no implica ser más preciso, si existe incertidumbre. Puesto que el riesgo no es una magnitud física medible con ningún aparato, al tratar de cuantificarlo también se produce imprecisión y se mantiene irremisiblemente un cierto grado de subjetividad, con el agravante de la falsa sensación de certeza o precisión y efecto de anclaje psicológico, que puede dar una cifra concreta. Especialmente si se expresa con varias cifras significativas.

Existe bastante consenso en utilizar ambos métodos de análisis, cualitativos y cuantitativos (y los pseudo-cuantitativos o mixtos) en función del tipo de riesgo a analizar. Por ejemplo, si se trata de un análisis a alto nivel o de sistema completo (análisis cualitativo), o de más bajo nivel (subsistema, componente), con un mayor nivel de detalle (cuantitativo). Por otro lado, también es ampliamente aceptada la necesidad de equipos de expertos (multidisciplinares), para la realización de las evaluaciones de riesgos, obviamente en función de la importancia y complejidad de lo analizado.

En aquellos casos en el que el análisis cualitativo, o el principio ALARP resulta insuficiente, y/o donde los agentes de seguridad discrepen, es muy recomendable realizar un Análisis de Riesgo Cuantitativo, que sin duda es lo idóneo para estimar la frecuencia de un peligro, como por ejemplo utilizando un Árbol de Fallos (FTA), para los cual existen varias herramientas de ayuda. Se muestra a continuación, a modo de ejemplo, uno realizado en Excel donde se modeliza un escenario donde un pasajero queda atrapado al cerrarse las puertas.



En resumen,

- Con el mayor de los respetos y reconocimiento a todo el trabajo que hay detrás de este estudio realizado por los autores, considero que es un complejo ejercicio de estadística más académico que práctico, cuyo modelo teórico en que se basa puede sin duda resultar de utilidad en otras aplicaciones, pero que sin embargo arroja escasas o nulas evidencias respecto a los puntos relevantes que se pretenden esclarecer con la prueba pericial de las presentes actuaciones. Como expresaba el propio autor en su introducción, se trata de un desarrollo teórico, cuyos resultados finales han de ser tomados como fruto de lo que son.
- Como todo modelo teórico adolece de las mismas limitaciones inherentes a cualquier otro en cuanto a su aplicación a la realidad práctica. Al tratarse de una idealización y simplificación de una realidad puede dar luz sobre algunos aspectos o ayudar mediante la heurística, a comprenderla, pero que no se debe confundir nunca con ella. Por esto, cualquier conclusión que se pueda extraer del modelo debe ser siempre contextualizada y tomada con las reservas necesarias. Además, en el caso de la materia que nos atañe, a lo dicho anteriormente hay que añadir la inevitable incertidumbre y que siempre estará presente en cualquier resultado obtenido mediante la inducción estadística.

La inducción estadística puede funcionar bien para hacer conjeturas o hipótesis, pero no para extraer evidencias o conclusiones fehacientes, especialmente en el caso de distribuciones de "colas largas", o de sucesos altamente improbables, como es el caso, y donde por lo tanto la significación estadística se encuentra al límite.

- En resumen, además de la incorrección de algunos supuestos de partida y de los resultados obtenidos, lo considero en general de escasa relevancia causal para el procedimiento puesto que, o bien porque están basados en situaciones que poco tienen que ver con la realidad y circunstancias de la línea y del tren el día del accidente, o bien por qué se han idealizado o simplificado situaciones o aspectos que resultarían relevantes desde el punto de vista real y por tanto causal.

4.7.5. Conclusión final al punto 2

En primer lugar, antes de cualquier otro comentario o conclusión relacionada con el análisis de riesgos debería remarcarse el hecho de que todo análisis de riesgo conlleva irremisiblemente un cierto grado de incertidumbre y, por lo tanto, sus resultados solamente deben considerarse dentro de los límites de dicha incertidumbre.

Como ha quedado constatado a lo largo de este capítulo, este perito discrepa con los resultados de los análisis de riesgos realizados tanto por el Sr. Castillo como por los Sres. Heijnen y Catmur que constan en sus informes periciales, tal y como he ido desarrollando y concretando en los distintos apartados del mismo. Si bien es cierto que globalmente se han encontrado más discrepancias y errores en el informe E.C, han quedado igualmente constatadas, a lo largo del presente capítulo, ciertas discrepancias con los valores obtenidos por H-C originados por algún error y ciertos sesgos en sus apreciaciones, siendo cierto que tales discrepancias han sido de índole más cuantitativa que cualitativa.

Resumiendo, considero invalidadas la mayor parte de las conclusiones recogidas en los informes de E.C, obtenidas como resultado de la aplicación de su modelo teórico bayesiano-markoviano.

Así mismo considero incorrectas algunas conclusiones de los peritos H-C fruto de algunos cálculos de riesgos que he cuestionado, según se detallan a lo largo de este capítulo.

En cuanto a la aceptabilidad del riesgo, que ha sido discutido en varios puntos de este capítulo, está claro que se deben utilizar diferentes criterios, y no solo uno. Si el fin fuese justificar un planteamiento predeterminado, siempre existirá una tasa o una interpretación de una cifra que convenga mejor para ello. Si lo que realmente se busca es identificar peligros y gestionar sus riesgos asociados de forma eficiente, lo más recomendable es contrastar al máximo y por supuesto, no caer en la autocomplacencia.

En lo que coincidimos plenamente tanto los peritos H-C, como E.C, y el perito que suscribe, es en el hecho de que en la L082, al tratarse de una línea nueva y de alta velocidad, debería ser más segura que la red histórica, y no simplemente mantener los mismos ratios de seguridad que las líneas más antiguas.

4.8. [3] La corrección o no de la exportación de riesgos al maquinista o RENFE en los términos en que fue efectuada.

A nivel general, y de acuerdo a la metodología RAMS (EN-50126) aplicada a este proyecto, en el preceptivo Análisis Preliminar de Amenazas (PHA) que se utilizará a lo largo de todo su ciclo de vida, para toda amenaza identificada en él, se debe determinar su riesgo asociado y designar el responsable para proponer las medidas para mitigar dicho riesgo en el caso de no ser aceptable. En el caso de que el riesgo asociado a la amenaza resultante fuese despreciable, el responsable puede cerrarla. En caso contrario existiría entonces un riesgo residual y se deberán tomar medidas de control durante la fase de ciclo de vida de Operación y Mantenimiento.

En el subsiguiente Análisis de Amenazas del Sistema (SHA), que se basa en el PHA, se va nutriendo de todo lo que acontece con el desarrollo del proyecto. Los cambios que se van produciendo en el mismo se deben de reflejar en el SHA a medida que estos sucedan. Entre los objetivos del SHA se puede destacar el de “Detallar y extender la identificación de accidentes potenciales y causas de accidentes llevadas a cabo en la actividad del PHA”.

En nuestro caso, de los numerosos documentos técnicos relacionados con la seguridad ferroviaria que ya constaban en el expediente judicial, así como de los nuevos documentos aportados por ADIF el 30 de septiembre de 2016, se pueden extraer algunas cuestiones relativas a la exportación de riesgos al maquinista.

En concreto, estos riesgos residuales exportados que se explicitan en los documentos Hazard Logs de la UTE LAVOS a los que nos vamos a referir, son principalmente tres requisitos exportados desde la UTE (Thales y Dimetronic) al maquinista. Más concretamente, forman parte de la lista de Riesgos Exportados incluida en el “Registro de Amenazas (Hazard Log) de la Aplicación Específica del Sistema LAV Orense-Santiago”.

Como se puede observar, estos riesgos exportados de la UTE provienen concretamente del alcance del suministro de Dimetronic, y más concretamente de su sistema **ASFA vía**, y son los siguientes:

- REU-1 (RE13): El maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral como medida de mitigación para averías en balizas ASFA
- REU-3 (RE2): Los trenes que circulan al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF.
- REU-4 (RE9): El sistema de ayuda a la conducción ASFA no proporciona supervisión a bordo y por lo tanto el maquinista debe seguir indicaciones mostradas por la señalización lateral.

RIESGOS EXPORTADOS			
Riesgo Exportado	Alcance	Descripción	Comentarios
RE2	ASFA Vía	Los trenes que circulen al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF. Riesgo exportado al maquinista.	Cuadro de velocidades máximas por infraestructura
RE9	ASFA Vía	El sistema de ayuda a la conducción ASFA no proporciona supervisión a bordo y por lo tanto el maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral. Riesgo exportado al maquinista.	-
RE13	ASFA Vía	El maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral como medida de mitigación para averías en balizas ASFA	-

Extracto de la tabla de riesgos exportados del Hazard Log de la A.E. de Dimetronic para LAVOS

REGISTRO DE AMENAZAS DE LA APLICACIÓN ESPECÍFICA DEL SISTEMA LAV ORENSE-SANTIAGO					
RIESGOS RESIDUALES EXPORTADOS					
ORIGEN	ID	Equív.	ALCANCE	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	Comentarios
UTE	REU-1	RE13 DSA	Maquinista	El maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral como medida de mitigación para averías en balizas ASFA	
UTE	REU-2	RE1 DSA	ADIF	El cuadro de velocidades máximas de la línea debe respetar las restricciones marcadas por la infraestructura. Riesgo exportado a ADIF.	
UTE	REU-3	RE2 DSA	Maquinista	Los trenes que circulen al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF. Riesgo exportado al maquinista.	
UTE	REU-4	RE9 DSA	Maquinista	El sistema de ayuda a la conducción ASFA no proporciona supervisión a bordo y por lo tanto el maquinista debe seguir las indicaciones mostradas por la señalización lateral. Riesgo exportado al maquinista.	

Extracto de la tabla de riesgos exportados del Hazard Log de la A.E. de la UTE LAVOS

Por otro lado, el Safety Case Report de Aplicación Especifica Orense Santiago, (ff-8281) define en su objeto que uno de sus objetivos principales es, *Mostrar los riesgos residuales que es necesario considerar para garantizar la seguridad de la aplicación del suministro de señalización de la UTE para la LAV Orense-Santiago. Estos quedan recogidos en el "Hazard Log de LAV Orense-Santiago".* (En este documento se explicitan los riesgos que estamos tratando)

Conviene por tanto antes de nada aclarar que se entiende por riesgo exportado, así como todos los aspectos que puedan tener relevancia causal con el accidente de el que se ocupa este procedimiento.

Dice la normativa que, *Para cerrar una amenaza en el Hazard Log, es necesario proporcionar las evidencias de seguridad que justifiquen la eliminación de dicha amenaza o en su defecto, establecer las medidas de mitigación, procedimientos operacionales o de mantenimiento, necesarias para justificar que la de la amenaza pase a ser Tolerable.*

O, dicho de otra forma, las amenazas serán cerradas por los responsables de seguridad de las empresas una vez que se ha garantizado que el riesgo remanente, una vez aplicada la mitigación de la amenaza, es tolerable dentro de los criterios establecidos en las normas CENELEC.

Procede traer de nuevo aquí algún párrafo de los documentos anteriormente comentados,

En el Plan General de Seguridad de la UTE LAVOS, en su apartado 6.2.6. "Puesta en Servicio y Explotación" se afirma,

La UTE ORENSE-SANTIAGO transmitirá a ADIF los Riesgos Residuales y posibles Restricciones de Servicio a las que pudieran dar lugar, identificados y documentados, a través del Hazard Log. Para la puesta en servicio y explotación se esperará la respuesta de ADIF, en cuanto a la

aceptación de estos Riesgos Residuales y Restricciones de Servicio, que se cerrarán cuando ADIF así lo indique.

De ello se extrae una primera conclusión inmediata y es que los riesgos residuales que no pueden eliminarse o mitigarse dentro del subsistema de Señalización y ERTMS suministrado por la UTE, se exportan al ADIF, o lo que es lo mismo, deben de ser aceptados y gestionados por ADIF.

El mero hecho de reflejar los riesgos residuales anteriormente referidos en el Hazard Log de la UTE, implica como es obvio que tales amenazas están perfectamente identificadas pero que no pueden ser eliminadas dentro del alcance de su suministro, lo cual no quiere decir obviamente que estén suficientemente controladas o mitigadas.

Esto es así, porque es ADIF el responsable de gestionar integralmente los riesgos asociados al sistema completo de la línea Orense-Santiago (compuesto por distintos subsistemas estructurales). Esto incluye los interfaces con el material rodante y su personal de conducción.

Por otro parte, de acuerdo a las normativas de seguridad anteriormente descritas, el evaluador independiente de seguridad o ISA tiene entre sus cometidos, evaluar si los riesgos residuales y exportados entre las partes fueron convenientemente entendidos, aceptados y gestionados. En nuestro caso fue INECO quien realizó la ISA sobre el dossier de seguridad de la aplicación específica de la UTE AVE OS y la UTE LOGYCO.

INECO explicita respecto al alcance de su informe de seguridad ISA que “quedan fuera del alcance las protecciones no implantadas en el mismo sistema, es decir, los procedimientos operacionales que deben establecerse por ADIF para gestionar o mitigar los riesgos exportados.”

Además, en el capítulo 8.1 de Riesgos Exportados, declara respecto a los riesgos exportados no cubiertos por el subsistema de enclavamientos, subsistema ERTMS y detectores de objetos de O Irixio que, “Estos riesgos deben ser cubiertos por ADIF con actuaciones reglamentarias o de mantenimiento”.

En sus tablas de riesgos exportados, el informe de la ISA recoge los tres REU exportados por la UTE anteriormente citados, sin añadir ningún otro comentario adicional. Por tanto, no hay constancia documental de que la ISA, ni el cliente ADIF, haya acordado asumir tales riesgos exportados hacia él, ni que tampoco fuesen objeto de ninguna gestión posterior.

RIESGOS EXPORTADOS	SISTEMA	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO UTE	COMENTARIO ISA
RE-DSA-1	ENCE	El cuadro de velocidades máximas de la línea debe respetar las restricciones marcadas por la infraestructura.	-	-
RE-DSA-2	ASFA Vía	Los trenes que circulen al amparo de la señalización lateral o ASFA deben respetar el cuadro de velocidades máximas de la línea proporcionado por ADIF.	Cuadro de velocidades máximas por infraestructura	-
RE-DSA-3	ENCE	El operador debe asegurarse de que se cumplen las condiciones de seguridad antes de ejecutar un mando de emergencia.	Este RE queda incluido dentro del RE-DSA-23	Ver Riesgo RE-DSA-23.
RE-DSA-4	PLO	Los PLO no deben ser manipulados por personal no autorizado.	-	El PLO no está operativo (ver restricción de servicio RS-DSA-6).

A la vista de todo lo anterior, parece bastante claro que el tratamiento dado para dichos RE ha sido de tipo genérico y nada indica que hubiese algún tipo de particularización de los mismos a la L082, y menos aún a la curva de Angrois. Es decir, no consta que hayan tenido ninguna medida de mitigación específica.

Finalmente, lo que resulta igualmente obvio es que no se puede exportar al maquinista un riesgo que el mismo genera, si se considera el caso de circular a una velocidad excesiva por no haber reducido convenientemente la velocidad. Este riesgo debe gestionarse convenientemente con su eliminación o mitigación mediante algún elemento de otro subsistema.

Además, a mi entender, aunque se pueda asumir que el alcance de estos riesgos residuales sea el maquinista, esto no quiere decir que automáticamente se asuma la responsabilidad de la gestión de los mismos, porque así lo declare el suministrador de un subsistema. Evidentemente la responsabilidad de la gestión del riesgo se exportaría a la empresa ferroviaria, si esta lo acepta, desde el responsable del sistema, que es el administrador de la infraestructura (además el contratante), y es este último quien debe manejar los riesgos del sistema al nivel más alto y el único que puede por tanto gestionar la exportación de los riesgos residuales entre los distintos subsistemas y/o al operador ferroviario y por ende a su personal.

Conclusión

El SGS de la UTE LAVOS, dentro de su ámbito de aplicación y alcance, tiene el cometido entre otros de la identificación de las amenazas, su valoración, análisis, (inclusión en el Hazard Log de la UTE), mitigación, la evaluación de sus riesgos asociados, y la exportación a ADIF de los Riesgos Residuales que no pueda controlar, y que este acepte.

Estos riesgos relativos a ASFA vía a los que nos referimos (que realmente son una limitación genérica del sistema ASFA, no de la curva de Angrois ni de la L082), fueron correctamente identificados y notificados a ADIF por parte de la UTE. Igualmente fueron recogidos en el informe de la ISA sin ningún tratamiento ulterior, que conste documentalmente. El riesgo residual no fue posteriormente gestionado por ADIF, hasta donde se tiene constancia.

Por lo tanto, no considero correcta la exportación de riesgos residuales al maquinista o RENFE en los términos en que fue efectuada.

4.9. [4] Si es cierto que, como se alude por el informe HEIJNEN, existía un consenso técnico entre los expertos sobre la necesidad de protección de las transiciones significativas de velocidad mediante sistemas de control continuo o puntual, como se expresa en el FUNDAMENTO NOVENO H de la mentada resolución judicial

Respecto a las transiciones significativas de velocidad conviene reseñar los siguientes puntos de forma preliminar con el fin de clarificar conceptos.

Surgen estas especificaciones sobre las transiciones significativas de velocidad a raíz del avance de las recomendaciones del CIAF, como fruto del accidente de Angrois del 1 de agosto de 2013, de las *“reducciones de velocidad máxima programada en plena vía, a partir de un cierto rango”*. En esa fecha la DGF, como Autoridad Nacional de Seguridad Ferroviaria, encargó a ADIF la elaboración de un plan de implantación con carácter de urgencia.

En relación con esta causa, ADIF aportó a este juzgado el 30 de septiembre de 2016 para su incorporación al presente procedimiento, un documento de la Dirección de Mantenimiento y Explotación de ADIF llamado *“Criterios de declaración de una transición de velocidad como “Transición Significativa de Velocidad””*. Junto a este documento, se presentaron también los documentos *“Estudios de CSV y Propuesta de Cuadro de Velocidades Máximas Grupo 1, 2 y 3”*, que se supone son borradores o documentos internos preliminares puesto que no están fechados ni consta su edición ni responsables.

Así mismo, junto a el anterior documento se adjuntó la Carta Circular de Reglamentación (CCR) nº 10 de 18 de junio de 2014, junto con dos Anexos, relativa a cambios significativos de velocidad (CSV) y sistema ASFA. En dicha CCR se da a conocer la implantación de una nueva señalización para reforzar la información en vía y en cabina de aquellos puntos donde se produce una reducción significativa de la velocidad respecto a un determinada velocidad máxima o velocidad limitada permanente recogida en el Cuadro de Velocidades Máximas (CVM).

Se determina como CSV *“aquellos puntos de la infraestructura que representan una reducción significativa de velocidad máxima de acuerdo con lo establecido en la documentación técnica sobre criterios de identificación de cambio significativos de velocidad”*. Igualmente se darán a conocer en el CVM, en consigna B o por medio de Aviso correspondiente. En vía se señalarán con señales de anuncio de CSV, señal de CSV y de final de CSV.

El Anexo 1 de la CCR nº 10 del 20 de noviembre de 2014, establece que, *“en trayectos de velocidad superior a 160 km/h, la señal de anuncio de CSV estará precedida por la señal de preanuncio de velocidad limitada, art.236, del RGC”*. El Anexo 2 del 26 de diciembre de 2014, extiende el alcance de la CCR a las limitaciones temporales de velocidad.

En el documento *“Criterios de declaración de una transición de velocidad”*, se define para cada velocidad máxima, el rango de velocidad a partir del cual las transiciones de velocidad tengan tal consideración. Se define TSV como,

TSV: *punto en el que se produce una transición de velocidad que, de acuerdo al rango de velocidad y su ubicación, es objeto de aplicar los criterios de avance de recomendaciones de la CIAF en cuanto a señalización y balizamiento ASFA.*

4.9.1. Rangos de Velocidad para la determinación de las TSV.

En la página 5 del citado documento se incluye una tabla con los rangos para los cuales se considera que la transición de velocidad es significativa o TSV.

A la vista de esta tabla considero procedente señalar lo siguiente:

Puede llamar la atención que la tabla cubra velocidades desde 60 Km/h hasta 200 km/h, su máximo valor. De ello, se podría inferir que a velocidades por encima de este valor no deberían producirse transiciones de este tipo, o bien que al tratarse de alta velocidad requieren de un tratamiento específico. Si así fuese, la lógica y las leyes de la física recomendarían condiciones todavía más restrictivas. Siguiendo en la misma línea argumental, resultaría entonces coherente que el valor máximo contemplado fuese de 200 km/h al ser esta la máxima velocidad a la que se puede circular bajo el sistema ASFA digital.

Como expresa el propio documento, por encima de esta velocidad es normativo circular al amparo de un sistema de señalización en cabina (como el ERTMS), motivo por el cual la señalización lateral convencional y ASFA no serían relevantes en estas condiciones de circulación (prevalece la señalización en cabina respecto a la de la vía). Es decir, se puede deducir que dichas transiciones a partir de 200 km/h, si existieran, siempre quedarían protegidas por un sistema ATP.

Recordemos que en el caso que nos atañe de la L082, en la curva de Angrois la transición de velocidad máxima permitida, de acuerdo al CVM es de 300 km/h a 80 km/h.

Por otro lado, se puede observar en dicha tabla que el % de variación de velocidad (V_{max}/TSV), es decir lo que se considera un "salto" significativo de velocidad, va disminuyendo, desde el 33% a 200 km/h hasta el 71% a 60 km/h, lo cual es razonable puesto que no se debe de considerar proporcional a la velocidad, sino al cuadrado de la misma.

Se observa igualmente que una disminución de velocidad desde 200 km/h a 80 km/h, como la que debería de producirse en el tren Alvia en la curva de A Grandeira, se corresponde realmente con más de una TSV: 1) desde 200 a 150 km/h; 2) de 150 a 110 km/h, y 3) de 110 a 80 km/h (esta última no se consideraría una TSV, aunque por poco, ya que se considera tal desde 110 a 75 km/h). Nos encontramos por tanto ante un salto que equivale a 2 (prácticamente 3) transiciones significativas de velocidad, lo cual puede interpretarse como que estamos ante una transición especialmente significativa.

Llama la atención que en los documentos adjuntos sobre CSVs entregados por ADIF al juzgado el 3 de octubre de 2016, donde se listan los puntos de la RFIG en los que se producen tales TSV, no consta la L082, desconociendo este perito la razón de ello.

4.9.2. Conclusiones

No puede aclarar este perito si existe o no consenso técnico en el sentido de que una mayoría de técnicos, empresas ferroviarias y administradores ferroviarios, así lo reconozcan. Lo que sí se puede constatar es que existen técnicos que así lo consideran y que, como es obvio y conocido, el ADIF así lo hizo también a raíz del desgraciado accidente de Angrois. Más bien, lo que he tratado de exponer en esta cuestión es la justificación y coherencia, desde la racionalidad lógica, de la necesidad de proteger los cambios significativos de velocidad (al margen de su denominación) con sistemas específicamente diseñados e implementados para ello.

Existe un aspecto relevante aplicable a este punto que se puede extraer de todas las actuaciones realizadas hasta la fecha y que es el siguiente:

Cuando hablamos de velocidades de 200 km/h (o superiores), es evidente que nos encontramos en una zona en la que muchas de las medidas y normas tradicionalmente admitidas para la red convencional, empiezan a tener un sentido menos claro y requieren, no solamente una extensión o una simple adecuación hasta esta velocidad, sino más bien una revisión (a veces radical) de lo que se hacía tradicionalmente y de sus razones subyacentes. Está claro, tal y como afirma ADIF, que ni siquiera se contemplan en la tabla de CSV velocidades por encima de 200 km/h puesto que “obviamente” en este escenario, la circulación ha de realizarse al amparo de sistemas de señalización en cabina (ERTMS, LZB...) por lo que la señalización “tradicional” lateral en vía y el sistema ASFA pierden eficacia y dejan de ser relevantes.

Es decir, la señalización en cabina sustituye progresivamente a la señalización lateral. Si esto es así, con más razón se debería asegurar que la señalización en cabina operase correctamente si además sustituye otro elemento de seguridad. Las decisiones tomadas para la línea L082 en cuanto a no implementar el sistema ATP ni la señalización lateral de limitación en vía para proteger la transición significativa de velocidad de la curva de Angrois; así como su desconexión, desde luego no parecen ir en esa dirección.

En otras palabras, no parece coherente que se pudiesen dar simultáneamente las circunstancias de no señalar en vía una limitación de velocidad en un punto (fuese o no significativa), y no contar con el amparo de la señalización en cabina y el control continuo de la velocidad, siendo esto lo que obviaría la necesidad de lo primero.

Relacionado con lo anterior hay otro punto, ya señalado en alguna ocasión, que ha llamado poderosamente la atención al perito que suscribe a lo largo de las presentes actuaciones, y es el hecho de no considerar a la velocidad como un factor relevante o incluso determinante para algunos casos, en el análisis de riesgos.

Hago esta salvedad por que no he visto que se ha haya considerado, correctamente en algunas ocasiones. Por ejemplo, es obvio que la velocidad debería ser importante como variable que influye en el alcance o consecuencias de la materialización de un peligro como es el de colisión o descarrilamiento. Pues bien, no solamente esto es el problema, sino el de haber considerada a la misma de una forma incorrecta cuando se habla de riesgos de accidentes. Las consecuencias de un choque, o la distancia de frenado, son proporcionales a la energía cinética de tren y por lo tanto, son proporcionales al cuadrado de la velocidad y no a esta.

Afortunadamente, las consideraciones de las TSV van en esta línea y se consideran los saltos en función del cuadrado de la velocidad. 227 km/h es el doble de 160 km/h, a efectos de energía, capacidad de frenado y por lo tanto, riesgo.

Aunque es difícil contestar inequívocamente a la pregunta de si existía o no consenso técnico entre los expertos de proteger con sistemas de control continuo de velocidad (como ERTMS/ETCS) transición significativa de velocidad, si se puede afirmar que esta es una de las razones principales por las que se decide instalar dicho sistema, en especial cuando se puede circular a velocidades altas, fruto de lo cual además del aumento cuadrático de la peligrosidad de sus consecuencias, es que la señalización lateral se muestre menos eficaz y se sustituya por

la señalización en cabina. Por tanto, lo que resulta especialmente difícil de entender es la ausencia simultánea de ambos elementos.

El perito E.C, en la página 25 de su ampliación de informe del 28 de septiembre de 2016, donde trata de dar respuesta a esta pregunta planteada por la A.P, en su conclusión c), trata de justificar la no necesidad de la protección de las TSV, argumentando que lo ocurrido en Angrois ocurre en otros países, para lo que cita como ejemplo el accidente sucedido en Eckwersheim (Alemania), en el que, según el perito, "la causa principal ha sido el exceso de velocidad en curva sin protección, tal como en el caso de A Grandeira".

Pues bien, el mencionado accidente fue de un tren TGV en pruebas, y como declaró un portavoz de la empresa ferroviaria, "este descarrilamiento no habría podido producirse en explotación comercial" porque en ese caso hay unos dispositivos para limitar la velocidad que precisamente están desactivados durante la fase de pruebas, en la que el TGV se somete a test a velocidades superiores. En el momento del accidente el tren circulaba a 350 km/h. Es decir, el accidente se produjo justamente por llevar desactivado el control de velocidad. Todo lo contrario de lo sostenido por el perito E.C.

Este es mi dictamen que emito, según mi leal saber y entender, en Santiago de Compostela, a 27 de enero de 2017.

Fdo. César Mariñas Dávila
Ingeniero de Telecomunicaciones