

# Aplicación de los métodos comunes de seguridad (MCS) al análisis del riesgo de las amenazas del sistema ferroviario. Proyecto CES

FERNANDO MONTES PONCE DE LEÓN (\*)

**RESUMEN** Este artículo introduce la identificación de aquellas amenazas significativas y su riesgo asociado que, en determinadas circunstancias, pueden interferir en el correcto funcionamiento del sistema ferroviario y que, por tanto, deben ser examinadas con especial atención en los procesos de evaluación de los diferentes subsistemas constitutivos del ferrocarril así como en las fases previas de obtención del Certificado de Seguridad para la puesta en servicio de los mismos. Estas amenazas determinan requisitos esenciales de seguridad a tener en cuenta en los Safety Cases de las diferentes instalaciones o equipos para la concesión de la autorización de circulación de un nuevo vehículo o apertura de una línea o sección de línea.

## APPLICATION OF THE COMMON SAFETY METHODS (CMS) TO THE RISK ANALYSIS IN THE SPANISH RAILWAY SYSTEM. CES PROJECT

**ABSTRACT** This article introduces the identification of those significant hazards and its associated risk that in specific circumstances, could affect the correct operation of the Railway System, that consequently must be analysed with special care along the evaluation process of the different railway system constituents so as in the preliminary phases of the preparation of the safety cases required to place them into service. These hazards establish the essential safety requirements that must be considered within the safety cases of the different equipment and installations to get the authorization to place into service a new line or rolling stock.

**Palabras clave:** Seguridad, Dossier de seguridad, Métodos Comunes de Seguridad, Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, Análisis de riesgos.

**Keywords:** Safety, Safety Case, Common Safety Methods, Technical Specifications of Interoperability, Hazard Analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2004-49-CE determina que dentro del nuevo marco normativo común en materia de seguridad ferroviaria es necesario establecer en todos los Estados miembros autoridades nacionales responsables de la seguridad encargadas de regular y supervisar la seguridad ferroviaria y que deben asignárseles las mismas tareas y responsabilidades mínimas. Cada Estado miembro ha de crear una **Autoridad Nacional Responsable de la Seguridad**. Dicha autoridad podrá ser el Ministerio encargado de transportes y será independiente, en su organización, estructura jurídica y capacidad decisoria, de cualquier empresa ferroviaria, administrador de la infraestructura, solicitante y entidad adjudicadora.

La autoridad responsable de la seguridad tendrá, entre otras, las funciones de conceder la autorización de la puesta en servicio de los subsistemas estructurales que constituyen el sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y convencional, así como la autorización de la puesta en servicio del material rodante nuevo y modificado sustancialmente que todavía no esté cubierto por una ETI y, también, la comprobación del cumplimiento de las condiciones y requisitos que han de cumplir los administradores de la infraestructura y las empresas ferroviarias y que éstas operan de acuerdo con los requisitos de la legislación comunitaria o nacional.

Para tales cometidos, por el Real Decreto 1434/2010, se establece como «Autoridad nacional responsable de la seguridad» la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias u otro órgano o entidad que así se defina en el futuro en la normativa de seguridad ferroviaria.

**La reforma del sector ferroviario en España, que dio lugar a la separación de las actividades de administra-**

(\*) Escrito en representación del Grupo de Expertos P.CES. Dr. Ingeniero del ICAI. E-mail: montespita@telefonica.net

ción de la infraestructura y de explotación de los servicios, y la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia tuvo como consecuencia la modificación de las estructuras y funciones de los diferentes agentes del sector ferroviario, así como la creación de otros nuevos para la debida aplicación de la normativa establecida y que se fuera estableciendo.

Corresponde al **administrador de infraestructuras ferroviarias** el ejercicio de la potestad de policía en relación con la circulación ferroviaria, el uso y la defensa de la infraestructura, con la finalidad de garantizar la seguridad en el tráfico, la conservación de la infraestructura y las instalaciones de cualquier clase, necesarias para su explotación.

Son **empresas ferroviarias** las entidades titulares de una licencia de empresa ferroviaria, cuya actividad se desarrolla en los términos establecidos en la Ley del Sector Ferroviario y en su Reglamento, consistiendo en prestar servicios de:

- Tracción exclusivamente.
- Transporte ferroviario de viajeros.
- Transporte ferroviario de mercancías.

Por otro lado, el Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, Interoperabilidad del Sistema Ferroviario de la Red Ferroviaria de Interés General previene para la entrada en servicio de los subsistemas de carácter estructural integrantes del sistema ferroviario que se implanten o exploten en la Red Ferroviaria de Interés General que **el Director General de Infraestructuras Ferroviarias o en su caso la Autoridad Nacional de Seguridad habrá de autorizar dicha entrada en servicio**

*A tal fin, la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias o la Autoridad Nacional de Seguridad, adoptará todas las medidas apropiadas para que los subsistemas ferroviarios sólo 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, se comprobará la compatibilidad y la coherencia técnica de estos subsistemas con el sistema en que se integren y la integración segura de dichos subsistemas de conformidad con la normativa nacional y comunitaria de aplicación, tanto para su integración como para su explotación y mantenimiento.*

Para ello, se creó el denominado Certificado de Seguridad, que debe estar debidamente soportado por los estudios de seguridad (Safety Case) de las empresas suministradoras, de los operadores y de los administradores de la infraestructura ferroviaria de acuerdo con lo previsto en la Reglamentación correspondiente y en sus normas de desarrollo.

En este artículo se describe de manera sucinta uno de los trabajos realizados por el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX en el área de la seguridad del sistema ferroviario, tema siempre de gran importancia, que en la actualidad toma una relevancia grande dada la confluencia de al menos tres actores fundamentales en el funcionamiento del sistema: el **Administrador de Infraestructura Ferroviaria**, los **Operadores de Trenes**, RENFE y demás empresas operadoras, y la **Autoridad Nacional de Seguridad** de acuerdo con la regulación indicada en el punto anterior.

El objeto del trabajo ha sido la **identificación de aquellas amenazas significativas y su riesgo asociado** que, en determinadas circunstancias, pueden interferir en el correcto funcionamiento del sistema ferroviario y que, por tanto, **deben ser examinadas con especial atención en los procesos de evaluación de los diferentes subsistemas constitutivos del ferrocarril así como en las fases previas de obtención del Certificado de Seguridad**

**para la puesta en servicio de los mismos.** Estas amenazas determinan **requisitos esenciales de seguridad a tener en cuenta en los Safety Cases** de las diferentes instalaciones o equipos para la concesión de la autorización de circulación de un nuevo vehículo o apertura de una línea o sección de línea.

*La metodología seguida para la identificación inicial de las amenazas, consistió en un proceso de “brainstorming” entre expertos todos ellos con un conocimiento profundo en las diversas áreas del ferrocarril.*

De esta forma, se estableció en primer lugar un conjunto de amenazas consideradas como generales. Posteriormente en un proceso de análisis de las mismas se estableció cuales de estas deberían ser tratadas como significativas.

Como ayuda a la metodología aplicada, fue necesario iniciar el trabajo construyendo un **modelo esquemático del funcionamiento de cada subsistema** desde la perspectiva de la seguridad en la circulación, el cual ha servido para proponer una estructura funcional técnica de los subsistemas que puede ser usada para la obtención de los certificados de seguridad, Safety Cases Report.

Este trabajo ha tenido también como objetivo no desdeñable, la transmisión de experiencia sobre el funcionamiento real de los subsistemas ferroviarios y de sus puntos débiles.

## 1.2. DESTINATARIOS DEL TRABAJO

El destinatario de este estudio es **la Autoridad de Seguridad Nacional**, a la que ha de servir de ayuda y soporte a la hora de enjuiciar los informes de seguridad previos a la autorización de puesta en servicio de una nueva sección de línea o un nuevo vehículo o tren o de una gran reforma tal como esta definida en las directivas europeas.

Debe servir también de ayuda a las **empresas administradoras de la infraestructura y a las empresas operadoras de trenes**, como base de datos de aspectos relacionados con la seguridad que, de acuerdo con nuestra experiencia, han sido y en muchos casos son conflictivos.

Por último, está destinado a **todas aquellas empresas del sector ferroviario, habida cuenta** que su consulta, a la hora de realizar sus diseños, proyectos y ejecuciones, puede resultarlas especialmente útil de cara a la obtención de las correspondientes certificaciones de seguridad u homologaciones.

El trabajo se enmarcó dentro de la encomienda realizada por el **Ministerio de Fomento** al CEDEX titulada **identificación de los REQUISITOS ESENCIALES DE SEGURIDAD A CONSIDERAR EN LOS SAFETY CASE DE EQUIPOS Y SUBSISTEMAS, CON ESPECIAL ATENCIÓN A LOS RELACIONADOS ENTRE SUBSISTEMAS, PARA LA CONCESIÓN DE AUTORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN O APERTURA DE UNA NUEVA LÍNEA O SECCIÓN DE LÍNEA, SEGÚN LA EN 50126. (CES).**

## 1.3. LOS MÉTODOS COMUNES DE SEGURIDAD

La normativa de interoperabilidad, ETIs, de obligado cumplimiento para los ferrocarriles de la Comunidad Europea, establece una serie de subsistemas funcionales (Explotación y Mantenimiento) y estructurales (Control-Mando y Señalización, Material Rodante, Infraestructura y Energía) que cubren los aspectos relativos a la interoperabilidad del ferrocarril en los países comunitarios, asumiendo que, desde el punto de vista de seguridad, cada actor debe seguir los procesos necesarios para que, **funcional y técnicamente, los diferentes conjuntos de cada subsistema cumplan con las normas europeas de seguridad en la consecución en los objetivos de interoperabilidad.**

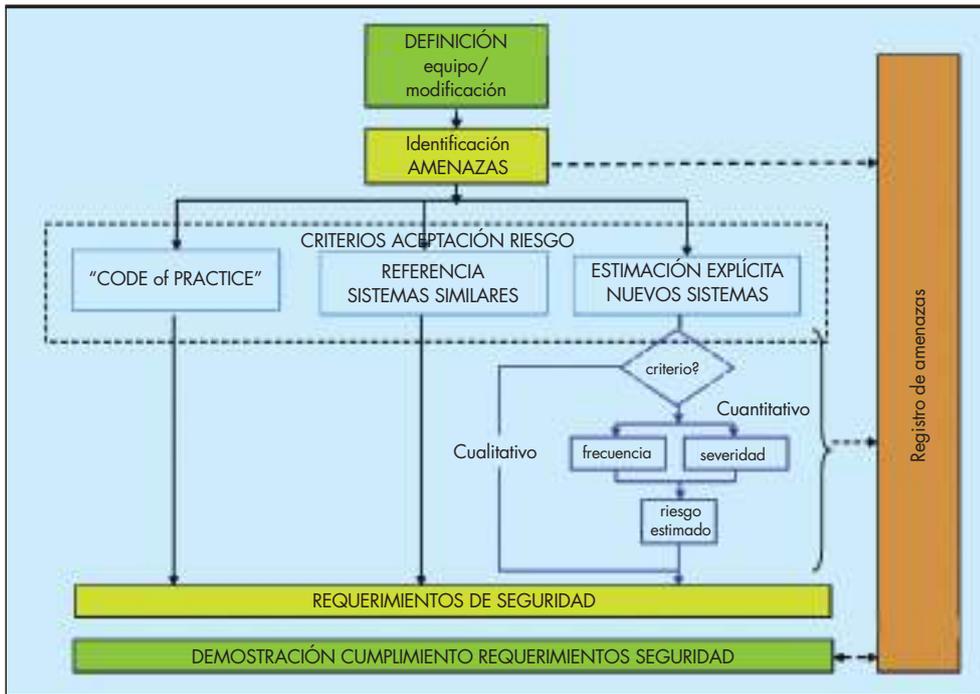


FIGURA 1.

Para homogeneizar y facilitar esta tarea, la ERA ha establecido unos Métodos Comunes de Seguridad (MCS), que definen la forma de llevar a cabo los procesos de análisis en la determinación del riesgo asumible en cada componente, subsistema o sistema, así como en los interfaces entre los mismos, aspecto este último siempre conflictivo.

Esta estructuración trata de optimizar el funcionamiento del sistema ferroviario pero requiere actuaciones importantes de coordinación, técnicas y operacionales, entre los diferentes actores, que reduzcan y eliminen riesgos a la hora de poner en servicio nuevas líneas o trenes.

**El trabajo trató de recoger aquellos requisitos, identificados por sus amenazas, que desde la experiencia de los expertos, se han considerado esenciales para la seguridad del ferrocarril, siguiendo el proceso y recomendaciones dadas en la normativa de la ERA sobre Métodos Comunes de Seguridad (MCS) para el análisis del riesgo de amenazas.**

Así, los principios y metodología con los que se ha llevado a cabo este trabajo han tenido en cuenta las recomendaciones dadas por la ERA, poniendo especial atención en la norma europea EN 50126 (Aplicaciones ferroviarias. RAMS), sobre la especificación y demostración de la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y la seguridad, para todos los subsistemas que constituyen el ferrocarril.

**Aunque existen modelos diversos para categorizar el riesgo, en la norma citada se establece un procedimiento de análisis de riesgo, Explicit Quantitative or Qualitative RAC, según los conceptos de frecuencia y nivel de gravedad o de consecuencias, para las personas o el medio ambiente. Este procedimiento ha sido el seguido en este trabajo, dado su aspecto genérico.**

Es importante que para la correcta identificación de las amenazas, ésta se lleve a efecto bajo la óptica de un experto o grupo de expertos que reúnan las siguientes características:

- Conocimiento del subsistema ferroviario.
- Experto en las condiciones de seguridad.

- Criterios objetivos.
- Independencia.

La evaluación del riesgo debe realizarse valorando previamente:

- La probabilidad de que ocurra la amenaza.
- La gravedad (consecuencias) que probablemente suponga la amenaza.

Teniendo en cuenta los criterios expuestos, se ha llevado a cabo una jerarquización de las amenazas, de tal forma que las **“amenazas” significativas reseñadas en el estudio determinan una serie de requisitos de seguridad** para su mitigación, los cuales deben considerarse a la hora de conceder la autorización de puesta en servicio de una sección nueva de línea, una renovación o un nuevo vehículo o composición de tren.

## 2. BASE DE DATOS GENERAL DE AMENAZAS, HAZARD LOG

La estructura que da cuerpo a todo el trabajo, es la **Base de Datos General de Amenazas, Hazard Log**, (Figura 2) obtenida de la identificación y análisis de amenazas realizado sobre cada uno de los subsistemas considerados en las ETIs, y después de haber pasado el análisis crítico de los informes preliminares.

**Es importante indicar que este análisis de amenazas se ha fundamentado en la experiencia aportada por las personas participantes en el trabajo y, por tanto, debe considerarse complementario de todos los análisis de riesgos que técnicamente se deben elaborar en todos los subsistemas y constituyentes de los mismos para obtener la autorización de puesta en servicio de la nueva línea o vehículo.**

### 2.1. LISTADOS DE AMENAZAS Y ANÁLISIS DEL RIESGO

Para facilitar la identificación de las amenazas, dentro de cada subsistema, se clasificaron en tres grados: **muy significativas, significativas y menos significativas.**

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS COMUNES DE SEGURIDAD (MCS) AL ANÁLISIS DEL RIESGO DE LAS AMENAZAS DEL SISTEMA FERROVIARIO. PROYECTO CES

SUBSISTEMA: CONTROL MANDO Y SEÑALIZACIÓN v 4.0 CMS. BASE DE DATOS GENERAL DE AMENAZAS (HAZARD LOG)																						
EQUIPOS Nivel 1°	EQUIPOS Nivel 2°	EQUIPOS Nivel 3°	Símb. Caso	AMENAZAS	AMENAZAS RELACIONADAS	Hazard ID	HAZARD LOGO	ETICMS Referencia	ET Referencia	EXP	CMS	MR	ENE	INF	Comentarios	Probabilidad	Severidad	Riesgo Inicial	Riesgo mitigado	Equipo	Causas	Propuestas y recomendaciones
NIVEL PUESTO DE MANDO																						
CIC	Puesto operador de vehículo	Mando y control Señalización	SC			CMS 1.01	No completa información y control de las instalaciones existentes o relacionadas con la zona de telemando.		EXP (NF)		O											
		Protocolos de Comunicaciones Radio Tren	SC			CMS 1.02	No disponer de exacta identificación de las creaciones y mensajes transmitidos.		EXP (NF)	X	O				En el punto 4.2.4. EIRNE-FUNCIONES hace referencia a la EIP en la definición de los mensajes.							
		Radioalfarero (FlexTara y GSMR)				CMS 1.03	No completo cobertura por radioalfarero de la zona telemandada.		EXP (NF)	X	O	X										
		Producción y registro de alarmas de sistema de detección	SC			CMS 1.04	No disponer de procedimientos de actuación adecuados y registros de las alarmas de los sistemas de detección (fallas, impacto en vía, desprendimiento, etc.) que existen en el ámbito del telemando.	4.2.10 4.2.18 Anexo A	EXP (NF)	X	O	X	X			Ocasional	Crítica	No deseable		Sistema de transmisión de las señales y registros en el puesto control. Procedimiento y congreso de actuación.	No existen ni equipos de detección ni medios de registro con un nivel de seguridad que por sí sólo pueda garantizar una seguridad SdA.	Definición de los procedimientos de detección y registro junto con los procedimientos operacionales o seguir por los operadores de acuerdo con el riesgo de la incidencia que se quiere detectar.
		Registro de las comunicaciones reglamentarias (redes y subvaciones)	SC			CMS 1.05	No disponer de equipamiento informado para el registro de las telefonías y comunicaciones reglamentarias.	4.2.15 4.3.14	EXP	X	O		X			Probable	Marginal	No deseable		Puesto de Mando. Sistema de inscripción registro informático de las comunicaciones por teléfono con el Puesto de Mando.	No existe equipamiento informático de ayuda al operador en el FM para la inscripción de los telefonemas que se transmiten entre el personal de conducción, circulación, mantenimiento y otros, para las operaciones de seguridad.	Desarrollo e implementación de un sistema informático y procedimientos reglados de ayuda para la inscripción y registro automático de los telefonemas de seguridad.
		Actuaciones en situaciones degradadas	SC	No están identificadas cuáles son las situaciones o acciones que requieren procedimientos especiales al nivel de riesgo. No existen procedimientos de emergencia/casos para situaciones de falta o degradada.	No se han identificado cuáles son las situaciones degradadas de alto nivel de riesgo que requieren procedimientos especiales SdA.	CMS 1.07	No existencia de una relación completa de las situaciones degradadas de alto nivel de riesgo que requieren procedimientos especiales SdA.	4.2.1 4.2.2	EXP	X	O		X			Ocasional	Crítica	No deseable		Puesto de Mando.	No se han identificado los niveles de riesgo de las operaciones especiales y por consiguiente no se ha establecido una coherencia en el nivel de seguridad del proceso en el CIC, y de los procedimientos informáticos o seguir en estos casos.	Identificar cuáles son estas actuaciones y especificar la forma y procedimientos a seguir.

FIGURA 2. Formato de la Base de Datos General o Hazard Log.

Todas las amenazas fueron identificadas con un ID, encabezado con las siglas del subsistema.

Hay que resaltar que todas las amenazas relacionadas en el estudio, independientemente de su clasificación, son normalmente contempladas y consideradas en los distintos ámbitos del Sistema Ferroviario, estando suficientemente mitigadas para que, en defini-

tiva, no constituyan un riesgo en la circulación ferroviaria.

Especial atención se ha dado a las amenazas muy significativas y significativas, sobre las que se ha profundizado en todo el trabajo. Así, se ha realizado un análisis de riesgo sobre las mismas (Figura 3) en cada subsistema, de acuerdo con las indicaciones dadas en los Métodos Comunes de Segu-

SUBSISTEMA: MATERIAL RODANTE V 4.0 MR. ANÁLISIS DE RIESGO DE AMENAZAS SIGNIFICANTES												
EQUIPOS Nivel 1°	EQUIPOS Nivel 2°	EQUIPOS Nivel 3°	Hazard ID	HAZARD LOGO	Probabilidad	Severidad	Riesgo Inicial	Riesgo mitigado	Equipo	Causas	Propuestas y recomendaciones	
NIVEL EXIGENCIAS DE SEGURIDAD												
Seguridad de las personas	Caja de los vehículos		MR 1.01	Estructura no construida ni revisada de acuerdo a las exigencias normativas, con riesgo de deformación y colapso frente a un choque.	Remota	Crítica	No deseable		01. DISEÑO VEHÍCULO Caja	La caja del vehículo presenta puntos débiles proclives a colapsar.	Verificar que se han seguido los procedimientos indicados en la Norma EN 50126 para el diseño y construcción de la caja de los vehículos así como que se han seguido todos los requisitos que le correspondan de las normas EN 12663 y 15227 relativos a diseño, fabricación y pruebas.	
	Fijaciones y abrazaderas de seguridad		MR 1.02	Posible invasión del gallobo de partes bajas o caída a la vía de equipos con riesgo de descarrilamiento del tren.	Remota	Crítica	No deseable		01. DISEÑO VEHÍCULO Caja	No estar dimensionadas correctamente las fijaciones de equipos bajo el bastidor y no contar con sistemas de sujeción adicionales para evitar el desprendimiento a la vía en caso de rotura de sujeciones. No se han indicado en el manual de mantenimiento las medidas de control y supervisión durante su vida útil, así como las comprobaciones a realizar posteriormente a incidentes en que hayan estado implicadas las partes bajas del vehículo.	Verificar que se han realizado los correspondientes análisis de seguridad al inicio de la fase de diseño de las abrazaderas de seguridad y que en el diseño de las fijaciones de los equipos bajo bastidor se cumple la norma EN 12663. Comprobar, antes de conceder la autorización de circulación, que en el plan de mantenimiento hay establecidas comprobaciones periódicas (las que determine el fabricante) y al realizar inspecciones confirmar que se realizan las comprobaciones establecidas en el plan de mantenimiento.	
	Seguridad contra incendios	Plan de seguridad	MR 1.04	Riesgo de incendio por no haber comprobado las características de todos los materiales ni las medidas de prevención y mitigación que correspondan según el tipo de vehículo.	Remota	Crítica	No deseable		04. PROTECCIÓN CONTRA FUEGO	El constructor del vehículo o del tren no ha establecido, dentro del estudio de seguridad, un plan de seguridad contra incendios coherente con las características del tren y los materiales no se corresponden con esas exigencias.	Verificar que existe un análisis de seguridad contra incendios al inicio del diseño y que antes de la autorización de circulación existe un plan de seguridad contra incendios diseñado por el fabricante.	

FIGURA 3.

	CMS 1.02	CMS 1.03	CMS 1.04	CMS 1.09	CMS 1.10	CMS 1.12	CMS 2.02	CMS 2.03	CMS 2.06	CMS 2.34	CMS 2.36	CMS 2.38	CMS 2.44	CMS 3.18	CMS 3.32	CMS 2.15	CMS 2.16	CMS 2.17	CMS 1.07	CMS 2.47	CMS 2.53	CMS 2.54	CMS 2.56	CMS 2.59	CMS 2.06	CMS 2.08	CMS 3.01	CMS 3.02
EXP 1.01	X				X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X
EXP 1.30		X																										
EXP 2.11														X														
EXP 3.07				X																								
EXP 3.15																					X	X			X			
EXP 3.17																					X	X	X	X				
EXP 3.20			X							X	X	X																

FIGURA 4.

riedad (MCS), método explícito, y siguiendo los criterios de la EN 50126.

De todas las amenazas consideradas como **muy significativas y significativas**, se han elaborado unos **Informes de las mismas**, en los cuales, además de realizar una breve exposición de la amenaza y porqué se ha considerado, se incluyen **las causas**, que a juicio del experto, determinan la amenaza y **las recomendaciones** a seguir para reducir o mitigar su riesgo, es decir, los **requisitos esenciales que a la hora de realizar el proyecto se deben tener en cuenta para mitigar/reducir el riesgo de la amenaza**.

**2.2. RELACIONES CRUZADAS**

Dada la importancia que la posible incidencia que una determinada amenaza tiene en otros subsistemas, dependencia cruzada, se han establecido en forma matricial para cada subsistema, **las relaciones cruzadas de cada amenaza significativa o muy significativa** con todas las demás amenazas identificadas en el resto de subsistemas (Figura 4).

Esta relación entre amenazas constituye uno de los estudios importantes a destacar ya que según se indica en la **Recomendación de la Comisión EUROPEA 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 entre si y con el tren y constituyen situaciones de riesgo que pueden escapar a un tratamiento conjunto.

El mayor impacto transversal de cada amenaza en los diferentes subsistemas, es indicativo de la probabilidad de que ocurra la misma o de que esté recomendada con mayor intensidad su mitigación y, por consiguiente, permite una selección de las amenazas que determinan características esenciales de seguridad.

**2.3. PROPUESTAS DE ESTRUCTURA DE LOS SAFETY CASE**

Se consideró conveniente proponer y establecer una estructura técnica de los constituyentes, subconjuntos o equipos, para cada subsistema que inicialmente ayudara a su análisis. Esta estructura se considera esencial para la integración de cada subsistema y permite, en el proceso de integración de cada equipo o subsistema, una **evaluación del nivel del riesgo mitigado de acuerdo con los Métodos Comunes de Seguridad (MCS)**, lo cual ha de realizarse necesariamente en cualquier **proyecto relacionado con la seguridad (Safety Case)** para obtener el correspondiente **informe de seguridad (Safety Case Report)** de los componentes, subconjuntos y del propio subsistema, como paso previo a la obtención del **certificado de seguridad** del subsistema o vehículo para la **autorización de la puesta en servicio**.

Como complemento a este punto, se elaboró para cada subsistema, una **estructura posible de los Informes de Seguridad, Safety Case Report, de los subsistemas** así como la **Identificación de Amenazas muy significativas a considerar en los SC y Recomendaciones de Actuación** para evitar dichas amenazas, como se pueden ver en el ejemplo de la Figura 5.

**2.4. PROCESO SEGUIDO EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS**

A continuación, se explica el proceso seguido para el análisis de riesgo de cada una de las amenazas identificadas como significativas.

De los análisis iniciales de los procedimientos, documentos normativos, equipos, vehículos e instalaciones más característicos, basándose en la experiencia constatada y desde el punto de vista de la seguridad general de cada subsistema, se realizó una primera **identificación de amenazas de cada subsistema**, que, a juicio de los expertos se consideraron como importantes y recogidas en una **Base de Datos General (Hazard Log) de cada subsistema**. En la Figura 6 se ha dibujado un esquema del proceso seguido.

De esta relación de amenazas y después de un análisis, se ha obtenido el subconjunto de las **“amenazas marcadas”** recogidas en el Hazard Log y que son aquellas que se consideran, inicialmente, de mayor riesgo. Éstas, en el curso del estudio, han sido objeto de mayor profundización en su exposición, análisis y propuesta de soluciones.

Posteriormente, se seleccionaron las que se han considerado de mayor incidencia potencial en la seguridad, se **identificaron con un número ID y se denominaron amenazas significativas**, procediéndose a la **evaluación de riesgos de cada una de ellas en cada subsistema y de su interrelación con los restantes subsistemas (amenazas cruzadas)**.

Esta fase del trabajo se ha hecho, como ya se ha indicado, basándose en la experiencia y en el conocimiento de las situaciones que han producido riesgos reales o potenciales en la explotación ferroviaria, en los procesos de puesta en servicio de nuevas instalaciones y material ferroviario y en las operaciones de mantenimiento.

Hay que señalar, que las amenazas que se indican en este estudio, no provienen de un estudio analítico de cada subsistema, tarea ésta fuera del alcance de un trabajo de estas características y que tendría que sustentarse en los análisis de seguridad de la totalidad de las normas, técnicas y reglamentarias, existentes y en el conocimiento técnico de los especialistas en cada equipo.

El análisis de riesgo realizado se hizo siguiendo las indicaciones dadas en los **Métodos Comunes de Seguridad (MCS)**, según el **método explícito de evaluación y siguiendo los criterios de la EN 50126** dado el carácter genérico de cada amenaza.

SUBSISTEMA: MATERIAL RODANTE v 4.0 Propuesta organización Safety Case						
EQUIPOS Nivel 1	EQUIPOS Nivel 2	EQUIPOS Nivel 3	Safety case	CLASIFICACIÓN ETH		
DISEÑO DE VEHÍCULO						
DISEÑO VEHÍCULO	01. DISEÑO VEHÍCULO Apartados de alarma	Aparatos de alarma		SC	Seguridad de las personas	
	01. DISEÑO VEHÍCULO Apartados de alarma	Equipamiento de emergencia	Iluminación de emergencia	SC		
	01. DISEÑO VEHÍCULO Emergencia. Salidas	Situaciones de emergencia	Salidas de emergencia (no locomotoras)	SC		
	01. DISEÑO VEHÍCULO Gálibo	Gálibo			SC	Compatibilidad con la vía y las estructuras
		Longitud máxima del tren (sólo autopropulsados)			SC	
	01. DISEÑO VEHÍCULO	Seguridad de marcha		Aptitud para circular por curvas de radio reducido	SC	
		Seguridad de marcha		Protección quitapiedras de los ejes de cabeza (no coches ni vagones)	SC	
		Solicitaciones		Carga por eje	SC	
		Choque y tracción		Enganches extremos	SC	
	01. DISEÑO VEHÍCULO Caja	Caja	Socorro del tren	Dispositivos de choque y tracción internos al tren (no locomotoras)	SC	Exigencias equipo de tracción y para el choque
				Procedimiento de operación	SC	
				Acoplamiento y freno	SC	
	01. DISEÑO VEHÍCULO Caja	Caja	Caja de los vehículos	Levante	SC	
Fijaciones y abrazaderas de seguridad					SC	

FIGURA 5.

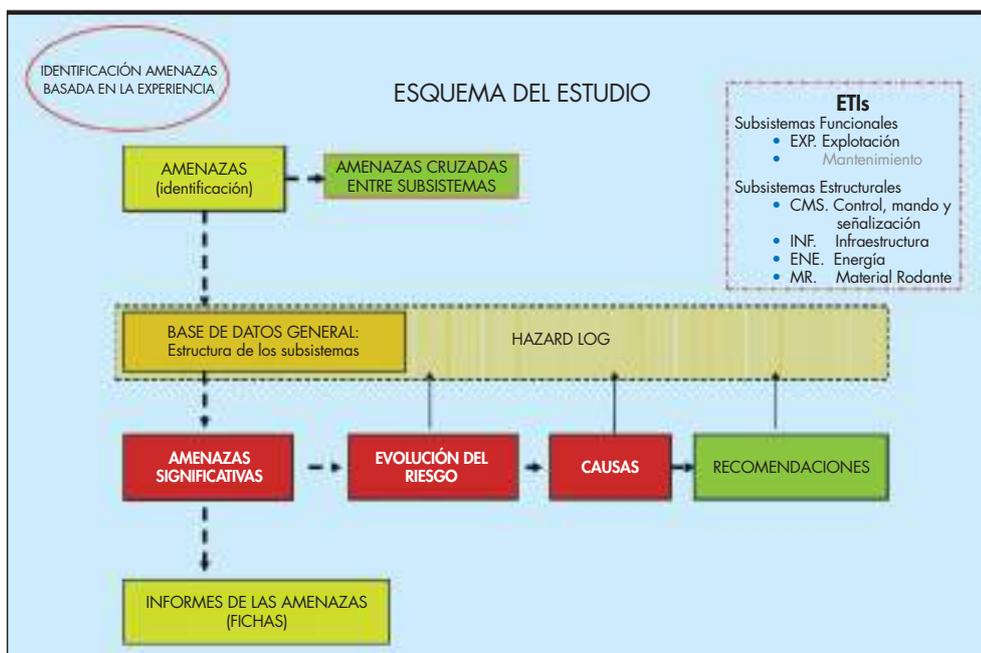


FIGURA 6.



FIGURA 7.

Según se explica en las recomendaciones para la aplicación de los MCS, el concepto de riesgo consiste en la combinación de dos elementos:

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

Estos conceptos se evaluaron para cada amenaza, según las indicaciones de la norma 50126 y se muestran en la tabla de la Figura 7.

Según norma EN 50126, la evaluación del riesgo se define en los siguientes rangos:

- **Intolerable:** Debe eliminarse.
- **No deseable:** Solo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable, y con el acuerdo de la autoridad ferroviaria.
- **Tolerable:** Aceptable con control adecuado y acuerdo de la autoridad ferroviaria.
- **Insignificante:** Tolerable sin acuerdo alguno.

Así, en las columnas de la Base de Datos General del estudio, (Figura 2), denominadas “Probabilidad” y “Severidad” se han ponderado cualitativamente estos conceptos para todas las amenazas significativas recogidas en las columnas “Hazard log”, identificadas en color rojo y rojo/blanco, y en base a los criterios ponderados de los expertos.

A partir de esta ponderación se obtiene, el contenido de la columna “Riesgo inicial”, es decir el riesgo que esa amenaza sin ningún tipo de mitigación podría tener para el ferrocarril.

La existencia significativa de las situaciones de “riesgo no deseable” es atribuible al propio sistema de selección de las **amenazas remarcadas (Hazard Log)** como las de **mayor riesgo potencial previo a cualquier tipo de mitigación.**

Dadas las características de la explotación del ferrocarril, las actuaciones llevadas a efecto en las instalaciones y la supervisión continua de los sistemas en funcionamiento, el acuerdo de la autoridad ferroviaria exigido por la norma CENELEC para los riesgos “no deseables” y “tolerables” hay que considerarlo, en la mayoría de los casos, tácitamente adoptado. No obstante, el proceso de mejora y corrección de puntos débiles debe ser continuo y con este fin se realiza este estudio.

### 3. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

En la columna “Causas” de la Figura 3 se describe brevemente, para las amenazas remarcadas, el origen de la situación de riesgo.

En la columna “Propuestas y recomendaciones”, se incluyen las medidas que podrían adoptarse para aminorar el riesgo potencial a tener en cuenta a la hora de conceder los certificados de seguridad tanto del material como de las instalaciones.

Examinando las recomendaciones efectuadas se observó una cierta dispersión, tanto en la dificultad de aplicación como en el momento en que pueden llevarse a cabo, pero en cualquier caso pareció que era importante indicarlas.

Cuando se trata de nuevas instalaciones, nuevo material o nuevos procesos de gestión, explotación o mantenimiento las propuestas y recomendaciones podrían tenerse en cuenta, en las etapas iniciales, a nivel de proyecto, procedimiento operacional o programa y, por tanto, su aplicación sería inmediata.

En el caso de sistemas en funcionamiento habría que establecer, con criterio realista, su factibilidad en relación con los plazos de ejecución.

En algunos casos, como la modificación de normas reglamentarias y técnicas o de ciertas instalaciones y equipos de material rodante, la propuesta podría suponer, solamente, la aceptación de una tendencia a tener en cuenta para futuras modificaciones.

### 4. INFORMES DEL ANÁLISIS DE CADA AMENAZA

Para cada una de las amenazas recogidas en el Hazard Log como muy significativas o significativas, remarcadas en color rojo, se ha elaborado un informe desarrollando los contenidos del cuadro general en lo referente a las causas, propuestas y recomendaciones.

Aparte de la más amplia descripción de estos conceptos, el informe tiene un apartado de **exposición** en el que se describen los antecedentes de la amenaza, sus características técnicas y reglamentarias y su relación con otros aspectos de la explotación.

Los informes tienen por objeto facilitar el seguimiento del estudio, dado el carácter marcadamente esquemático del formato del mismo, introduciendo, a modo de memoria, aspectos más descriptivos que permiten conocer mejor la génesis y las circunstancias de entorno del problema.

### 5. FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tanto el análisis de los sistemas realizado, como los resultados recogidos en la base de datos, Hazard Log, de este estudio han llevado a la identificación de amenazas que tienen características técnicas: carencias, insuficiencias o fallos que pueden detectarse en los procesos de diseño, construcción o fabricación, instalación, pruebas, implantación, regulación o verificación posterior.

Por ello, los enunciados se refieren en muchos casos a:

- Inexistencia, desactualización o inadecuación de normas.
- Inexistencia o deficiencias de especificaciones técnicas o procedimientos.
- No realización o insuficiencia de pruebas de recepción de instalaciones o material rodante.
- Falta de revisiones o verificaciones.
- Datos incorrectos o no acordes. Falta de verificación.
- Falta de estudios previos.
- Etc.

Todas ellas son cuestiones que pertenecen al ámbito de actividad de quienes idean, proyectan, instalan, construyen o regulan la aplicación de los diversos elementos de los sistemas y de la relación entre ellos. Son, por tanto, responsabilidad de las diversas instituciones de la autoridad ferroviaria, de las empresas dedicadas a la administración de las infraestructuras ferroviarias, a su explotación o a la fabricación de sus elementos.

En un nivel de seguridad ideal, y por tanto inalcanzable, unas instalaciones perfectamente diseñadas, utilizadas por personas que no cometen errores, darían lugar a la inexistencia de accidentes.

Sin embargo, en el estudio que se ha realizado de las amenazas y sus causas, han aparecido como unas causas muy importantes, comunes a muchas amenazas en todos los subsistemas y principalmente en el subsistema de Materia Rodante y en el subsistema de Infraestructura; **la formación de las personas y el correcto mantenimiento de las instalaciones y equipos**, aspectos éstos que teóricamente se recogen en el subsistema funcional de mantenimiento.

El salto desde el nivel de seguridad ideal al real vendrá dado por múltiples causas que pueden englobarse en dos grandes grupos:

- Fallo de las instalaciones, equipos o material rodante que tienen que ver con su **estado (envejecimiento, factores ambientales externos..)** que es lo que se viene denominando como **fallo técnico de mantenimiento**.
- **Incorrecta aplicación de las normas y procedimientos por parte de las personas** responsables de las operaciones de circulación (error, desconocimiento, estado físico, negligencia...) que viene **denominándose como fallo humano**.

Se hacen las consideraciones anteriores para poner de manifiesto la importancia decisiva que tienen para la seguridad ferroviaria tanto el **mantenimiento y revisión de las instalaciones, como la formación y reciclaje del personal ejecutor**, constituyendo unos de los requisitos más importantes para la seguridad.

Ambos aspectos tienen más que ver con las condiciones de la explotación diaria que con la puesta en servicio de nuevas líneas o material rodante, que se citaban anteriormente como objetivos de este estudio. Por eso, la referencia explícita a estos dos requisitos aparece ocasionalmente y más en forma de recomendaciones, como la necesidad de manuales de mantenimiento o de un mantenimiento correcto y muy especialmente o formación adecuada de las personas que mantienen y operan las infraestructuras, instalaciones y el material rodante.

### 6. CONCLUSIONES

El trabajo, realizado por un grupo de expertos en las diferentes áreas del ferrocarril, analizó las amenazas siguiendo las recomendaciones de los Métodos Comunes de Seguridad (MCS) de los cuatro subsistemas estructurales: Infraestructura, Material Rodante, Control, Mando y Señalización y Energía, junto con el subsistema funcional de Explotación, definidos en la ETIs, estableciéndose una Base de Datos de Amenazas (Hazard Log) para cada uno de los subsistema.

Estas Bases de Datos pueden constituir una herramienta importante de ayuda en el seguimiento de la seguridad del sistema ferroviario. Su diseño está soportado por procedimientos informáticos desarrollados específicamente, que facilitan su uso y mantenimiento vivo a lo largo de la vida del fe-

ferrocarril con la posibilidad de incorporar nuevas amenazas que se consideren importantes.

El número total de amenazas identificadas ha sido de 388. De estas, 145 fueron catalogadas como significativas, sobre las cuales se realizó un análisis de riesgo identificándose sus posibles causas, dándose unas recomendaciones que ayuden, desde el inicio del proyecto y a lo largo de la vida del sistema, a reducir y mantener un nivel de riesgo aceptable. Este conjunto de causas y recomendaciones, constituyen una serie de requisitos de seguridad a tener en cuenta desde el comienzo de cualquier proyecto que tenga relación con la seguridad ferroviaria.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la colaboración de D. Javier Moreno de Mesa, D. Gustavo Gonzalez Castro, D. Jorge Nasarre, D. Ignacio Ribera, D. Santiago Gonzalez Kandler, D. Juan José Cartagena, D. Carlos Porta y el soporte continuo del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX a través de su Director D. Jaime Tamarit así como la ayuda estructural de la Fundación Caminos de Hierro.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guide for the application of the Technical Specification for Interoperability (TSIs). ERA 07- 2011.
- Guide for the application of the of a common safety method on risk evaluation and assessment of the Railway Safety Directive. ERA 01- 2009.
- Technical Specification for Interoperability ("TSP") relative to the Control-Command and Signalling subsystem.
- Technical Specification for Interoperability ("TSP") relative to the Operation subsystem.
- Technical Specification for Interoperability ("TSP") relative to the Rolling Stock subsystem.
- Technical Specification for Interoperability ("TSP") relative to the Infrastructure subsystem.
- Technical Specification for Interoperability ("TSP") relative to the Energy subsystem.
- Recommendations 2011/217/EU "Authorization for the placing in service of structural subsystems and vehicle".
- Los Sistemas de Control de Tráfico y Señalización en el Ferrocarril. Fernando Montes. UP Comillas. 2011.

# Talgo

Alta Velocidad



Talgo 250

Talgo 350

Talgo Avril

[www.Talgo.com](http://www.Talgo.com)