



PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL  
ESPECIALIDAD MECÁNICA

---

*LA PROTECCIÓN TRASERA  
FRENTE  
AL EMPOTRAMIENTO*

---

JUNIO 2011

AUTOR DEL PROYECTO

ALFONSO BORDEGÉ CORELLA

DIRECTOR DEL PROYECTO

DAVID GONZÁLEZ IBÁÑEZ



## **Agradecimientos**

*En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mi Director de proyecto David González, por aceptar mi propuesta inicial y ayudarme a llevarla a cabo hasta el final.*

*También quiero destacar la gran aportación de Fares El Halabi, que siempre tuvo tiempo para mí, y me enseñó el uso y posibilidades del software utilizado.*

*Así mismo agradezco a la empresa GMR, y a todas las personas que la constituyen, la posibilidad que me brindó para poder realizar el proyecto y permitirme emplear toda la documentación que necesité. Especialmente a Juanjo por su continuo interés y enseñanzas que resultaron claves en la puesta en marcha del proyecto.*

*Por último, quiero dejar reflejada la aportación de mi familia, por la paciencia que han tenido y el ánimo que me han dado durante este periodo.*



## **RESUMEN**

Un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento se coloca en la parte posterior de un vehículo pesado para evitar que en caso de una colisión en la que otro vehículo más ligero le alcance, éste no llegue a empotrarse bajo ella. De esta función surge el nombre de “dispositivo antiempotramiento”. Antes de poder colocarse en un vehículo, estos dispositivos deben ser homologados. La homologación es una autorización administrativa que certifica que el dispositivo cumple con la ley. El cumplimiento de la legislación condiciona su diseño, ya que debe realizarse con el objetivo de resistir un ensayo de aplicación de cargas. El presente proyecto incluye el diseño, análisis y homologación de un dispositivo de estas características.

La primera parte del proyecto corresponde al diseño del dispositivo. Comienza con el estudio del tipo de bastidor que usan los vehículos que van a equipar el paragolpes. Este estudio tiene gran importancia ya que resulta fundamental conocer el tipo de elemento al que tiene que unirse, circunstancia que será clave en su diseño. A continuación se trata uno a uno todos los componentes del dispositivo por separado, exponiendo los criterios seguidos en su diseño en base a la legislación. Finalmente se expone un resumen de todas las uniones entre los elementos anteriores. Éstas tienen gran relevancia ya que de ellas depende la solidez final del conjunto.

La siguiente parte contiene los análisis de homologación realizados virtualmente por el método de los elementos finitos. Éstos sirven para conocer la tensión que deben soportar los elementos durante la aplicación de las cargas de ensayo que marca la legislación. Permiten, tras analizar sus resultados, seleccionar los materiales adecuados para cada componente y, en caso necesario, modificar el diseño de alguno de ellos para reforzarlo. Tras estos análisis previos se llega a conseguir el diseño definitivo que soporta las cargas de forma satisfactoria. Es el momento de seleccionar los materiales. Éstos se eligen comparando las tensiones de cada elemento con las de rotura de los materiales disponibles, teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad con el que se desea fabricar el conjunto.

Tras estos pasos ya se dispone de toda la información necesaria para completar el expediente de homologación. El dispositivo de protección trasera se homologa como unidad técnica independiente. Por un lado, el expediente de homologación contiene la documentación que debe aportar el fabricante: Ficha de características, planos del dispositivo y esquemas de montaje. Por otro, el informe de ensayo, donde se demuestra mediante el análisis por el método de los elementos finitos que dicho dispositivo soporta satisfactoriamente las cargas de ensayo sin llegar al límite de rotura de los materiales. Gracias a este ensayo, también se determina la posición exacta de colocación del dispositivo mediante los datos de desplazamiento máximo en los puntos de aplicación de las cargas.

Llegados a este punto, el dispositivo podría construirse y colocarse en un vehículo pesado legalmente. Pero resulta interesante comprobar su comportamiento en una aplicación real. Es por esto que se incluye un último apartado en el que en base a datos estadísticos se realiza la completa reconstrucción de un accidente común de colisión por alcance turismo – camión. En este accidente el conductor del turismo no puede detener su vehículo a tiempo y colisiona con la parte trasera del camión. En ese momento entra en juego el dispositivo antiempotramiento diseñado que lleva colocado el camión y que debe evitar que el turismo se introduzca bajo su parte trasera. La fuerza que ejerce el turismo sobre el dispositivo en la colisión, suponiendo una compatibilidad geométrica perfecta entre ellos, genera unas tensiones superiores a las de rotura de los materiales. De esta forma el dispositivo no llega a cumplir su función a pesar de haber superado sin problemas los requisitos de homologación.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>- 11 -</b>
1.1 MOTIVACIÓN .....	- 11 -
1.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	- 11 -
<b>2 DISEÑO DEL DISPOSITIVO</b> .....	<b>- 13 -</b>
2.1 BASTIDOR DEL VEHÍCULO .....	- 13 -
2.2 ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO .....	- 14 -
2.2.1 Soporte.....	- 15 -
2.2.2 Vástago y soporte del vástago .....	- 16 -
2.2.3 Travesaño .....	- 19 -
2.2.4 Tapas .....	- 20 -
2.2.5 Refuerzo .....	- 20 -
2.3 UNIONES ENTRE COMPONENTES .....	- 22 -
<b>3 ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO</b> .....	<b>- 23 -</b>
3.1 ENSAYO 1.....	- 25 -
3.2 ENSAYO 2.....	- 27 -
3.3 ENSAYO 3.....	- 29 -
3.4 MATERIALES .....	- 31 -
3.4.1 Soporte.....	- 33 -
3.4.2 Refuerzo del soporte .....	- 33 -
3.4.3 Soporte del vástago .....	- 33 -
3.4.4 Vástago.....	- 33 -
3.4.5 Refuerzo (travesaño) .....	- 33 -
3.4.6 Travesaño .....	- 33 -
3.4.7 Tapa .....	- 33 -
3.4.8 Refuerzo (vástago) .....	- 34 -
<b>4 EXPEDIENTE DE HOMOLOGACIÓN DEL DISPOSITIVO</b> .....	<b>- 35 -</b>
<b>5 RECONSTRUCCIÓN DE UN ACCIDENTE POR ALCANCE</b> .....	<b>- 49 -</b>
5.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE COLISIÓN DEL TURISMO.....	- 49 -
5.2 CÁLCULO DE LA FUERZA SOBRE EL DISPOSITIVO .....	- 56 -
5.3 ANÁLISIS DE LA COLISIÓN POR EEFF .....	- 58 -
5.4 CONCLUSIONES .....	- 59 -
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>- 61 -</b>
6.1 DESARROLLO FUTURO .....	- 61 -
6.2 VALORACIÓN PERSONAL.....	- 61 -
<b>7 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>- 63 -</b>

<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>- 65 -</b>
8.1 ANEXO 1: DIRECTIVA 70/221/CEE .....	- 65 -
8.2 ANEXO 2: REGLAMENTO Nº 58 CEPE/ONU REVISIÓN 2 .....	- 68 -
8.3 ANEXO 3: TABLAS DE SELECCIÓN DE LOS ACEROS UTILIZADOS .....	- 70 -
8.4 ANEXO 4: MASAS Y DIMENSIONES.....	- 71 -
8.5 ANEXO 5: CÁLCULOS DE DISEÑO .....	- 72 -
8.5.1 Unión atornillada. Bastidor - soporte.....	- 72 -
8.5.2 Bulón o pasador. Vástago – soporte del vástago.....	- 76 -
8.5.3 Fuerza necesaria para modificar la posición del dispositivo.....	- 77 -
8.6 ANEXO 6: VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO SEGÚN DIRECTIVA 2007/46/CEE .....	- 80 -
8.6.1 Directiva 2007/46/CEE .....	- 80 -
8.6.2 Modelo de ensayo virtual .....	- 81 -
8.6.3 Fundamento de la simulación y el cálculo por ordenador.....	- 81 -
8.6.4 Validación del modelo.....	- 83 -
8.7 ANEXO 7: PROCESO DE HOMOLOGACIÓN .....	- 86 -
8.7.1 Homologación .....	- 86 -
8.7.2 Certificación de vehículos.....	- 86 -
8.7.3 Directiva 2007/46/CE .....	- 86 -
8.7.4 Homologación de vehículos en la UE.....	- 87 -
8.7.5 Fases en la homologación .....	- 87 -
8.7.6 Requisitos Técnicos.....	- 88 -
8.7.7 Tipos de Homologación.....	- 88 -
8.8 ANEXO 8: MODELO FICHA DE CARACTERÍSTICAS.....	- 89 -
8.9 ANEXO 9: MODELO CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN .....	- 90 -
8.10 ANEXO 10: CATEGORÍAS DE VEHÍCULOS .....	- 91 -
8.11 ANEXO 11: COMPATIBILIDAD ENTRE VEHÍCULOS .....	- 92 -
8.11.1 Influencia de la masa sobre la compatibilidad .....	- 92 -
8.11.2 Influencia de la rigidez estructural sobre la compatibilidad.....	- 92 -
8.11.3 Influencia de la geometría sobre la compatibilidad.....	- 92 -
8.11.4 Compatibilidad Turismo – Vehículo pesado .....	- 93 -
8.11.5 Conclusiones.....	- 94 -
8.11.6 Incompatibilidad geométrica paragolpes - turismo.....	- 95 -
8.12 ANEXO 12: ANÁLISIS DE LA ACCIDENTALIDAD DE CAMIONES DE GRAN TONELAJE ..	- 97 -
8.12.1 Introducción .....	- 97 -
8.12.2 Descripción general de la accidentalidad de camiones en España-	97 -
8.12.3 Estudio estadístico general.....	- 99 -
8.12.4 Estudio estadístico detallado: Accidentes por alcance.....	- 102 -
8.12.5 Conclusiones.....	- 109 -
8.13 ANEXO 13: MÉTODO DE CAMPBELL .....	- 110 -
8.13.1 Desarrollo del método: colisión estrictamente frontal.....	- 110 -
8.14 ANEXO 14: PLANOS DEL DISPOSITIVO Y ESQUEMA DE MONTAJE.....	- 112 -



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ACEROS. ....	- 13 -
FIGURA 2: BASTIDOR DE CAMIÓN CON PERFILES EN U. ....	- 14 -
FIGURA 3: ALTURA DE LA SECCIÓN DEL BASTIDOR DEL VEHÍCULO. ....	- 14 -
FIGURA 4: DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA. ....	- 14 -
FIGURA 5: LISTA DE ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO. ....	- 15 -
FIGURA 6: UNIÓN DEL PERFIL UPN AL BASTIDOR DEL VEHÍCULO. ....	- 15 -
FIGURA 7: ALTURA DE LA PARTE SUPERIOR DEL CHASIS AL SUELO. ....	- 15 -
FIGURA 8: DISTRIBUCIÓN DE LOS TORNILLOS DE UNIÓN SOBRE EL PERFIL UPN ....	- 16 -
FIGURA 9: UNIÓN SOPORTE – CHASIS DEL VEHÍCULO. ....	- 16 -
FIGURA 10: VÁSTAGO Y SOPORTE DEL VÁSTAGO. ....	- 16 -
FIGURA 11: 1) PARAGOLPES EN POSICIÓN DE SERVICIO, 2) EL PARAGOLPES INTERFIERE CON LA CAJA DEL CAMIÓN AL BASCULAR, 3) EL PARAGOLPES RECOGIDO PERMITE BASCULAR SIN NINGÚN PROBLEMA. ....	- 17 -
FIGURA 12: SOPORTE DEL VÁSTAGO. ....	- 17 -
FIGURA 13: HOLGURA ENTRE SOPORTE Y VÁSTAGO. ....	- 17 -
FIGURA 14: POSICIONES DEL VÁSTAGO ....	- 18 -
FIGURA 15: PASADOR O BULÓN. ....	- 18 -
FIGURA 16: UNIÓN SOPORTE – SOPORTE DEL VÁSTAGO. ....	- 18 -
FIGURA 17: UNIÓN SOPORTE – SOPORTE DEL VÁSTAGO – VÁSTAGO. ....	- 19 -
FIGURA 18: SECCIÓN TRAVESAÑO. ....	- 19 -
FIGURA 19: MEDIDAS TAPA. ....	- 20 -
FIGURA 20: TAPA. ....	- 20 -
FIGURA 21: REFUERZO. ....	- 20 -
FIGURA 22: MEDIDAS REFUERZO. ....	- 20 -
FIGURA 23: UNIÓN REFUERZO - TRAVESAÑO. ....	- 21 -
FIGURA 24: UNIÓN REFUERZO - VÁSTAGO. ....	- 21 -
FIGURA 25: REFUERZO. ....	- 21 -
FIGURA 26: MONTAJE FINAL. ....	- 21 -
FIGURA 27: UNIONES ENTRE COMPONENTES. ....	- 22 -
FIGURA 28: DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL DISPOSITIVO Y LA PARTE TRASERA DEL VEHÍCULO. ....	- 23 -
FIGURA 29: POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS. ....	- 23 -
FIGURA 30: PLACA DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS. ....	- 24 -
FIGURA 31: DISTANCIA VARIABLE ENTRE SOPORTES DEL PARAGOLPES. ....	- 24 -
FIGURA 32: MÍNIMA DISTANCIA ENTRE SOPORTES PARA MAXIMIZAR EL VOLADIZO. ....	- 25 -
FIGURA 33: ENSAYO 1 (CARGA P1). ....	- 25 -
FIGURA 34: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 1, CARGA P1). ....	- 25 -
FIGURA 35: TENSIÓN MÁXIMA. ....	- 26 -
FIGURA 36: REFUERZO SOPORTE. ....	- 26 -
FIGURA 37: UNIÓN SOPORTE – REFUERZO. ....	- 26 -
FIGURA 38: ENSAYO 2 (CARGA P1). ....	- 27 -
FIGURA 39: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 2, CARGA P1). ....	- 27 -
FIGURA 40: DISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS P2. ....	- 28 -
FIGURA 41: ENSAYO 2 (CARGA P2). ....	- 28 -
FIGURA 42: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 2, CARGA P2). ....	- 28 -
FIGURA 43: REFUERZO DE 30 MM DE ESPESOR. ....	- 29 -
FIGURA 44: ENSAYO 3 (CARGA P2). ....	- 29 -

FIGURA 45: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 3, CARGA P2). .....	- 29 -
FIGURA 46: POSICIÓN DE LA CARGA P3. ....	- 30 -
FIGURA 47: ENSAYO 3 (CARGA P3). ....	- 30 -
FIGURA 48: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 3, CARGA P3). ....	- 30 -
FIGURA 49: ENSAYO 3 (CARGA P1). ....	- 31 -
FIGURA 50: TABLA DE RESULTADOS (ENSAYO 3, CARGA P1). ....	- 31 -
FIGURA 51: TENSIONES MÁXIMAS EN MPA DE CADA ELEMENTO EN LA APLICACIÓN DE LAS DISTINTAS CARGAS. ....	- 32 -
FIGURA 52: TABLA RESUMEN DE MATERIALES. ....	- 34 -
FIGURA 53: TABLA – RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA. ....	- 50 -
FIGURA 54: TIEMPO DE REACCIÓN. ....	- 51 -
FIGURA 55: COEFICIENTE DE ROZAMIENTO. ....	- 52 -
FIGURA 56: EL TURISMO CIRCULA A UNA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE 90 M. ....	- 53 -
FIGURA 57: EL CONDUCTOR DEL TURISMO DIVISA LA LUZ DE FRENO DEL CAMIÓN. ....	- 53 -
FIGURA 58: TIEMPO DE DISTRACCIÓN AL REALIZAR DIVERSAS TAREAS. ....	- 54 -
FIGURA 59: DISTANCIAS RECORRIDAS POR LOS VEHÍCULOS DESDE LA POSICIÓN INICIAL. ....	- 55 -
FIGURA 60: POSICIÓN DE LOS VEHÍCULOS CUANDO EL CONDUCTOR DEL TURISMO COMIENZA A FRENAR. ....	- 56 -
FIGURA 61: COLISIÓN POR ALCANCE TURISMO – CAMIÓN. ....	- 56 -
FIGURA 62: DIMENSIONES DE UN VEHÍCULO DE CATEGORÍA 3. ....	- 57 -
FIGURA 63: COEFICIENTES DE UN TURISMO DE LA CATEGORÍA 3 PARA UNA COLISIÓN FRONTAL. ....	- 57 -
FIGURA 64: ANÁLISIS POR EEF de LA COLISIÓN TURISMO – PARAGOLPES. ....	- 58 -
FIGURA 65: TABLA – RESUMEN COLISIÓN VEHÍCULO. ....	- 59 -
FIGURA 66: TABLA RESUMEN CONCLUSIONES. ....	- 59 -

## **1 INTRODUCCIÓN**

La colisión por alcance entre turismo y camión es una tipología de accidente común en las carreteras españolas. Con el fin de minimizar sus causas, los camiones incorporan en su parte trasera “dispositivos antiempotramiento” que consisten en un travesaño y elementos de conexión a los largueros del bastidor del vehículo. Su función principal es la de evitar que el turismo se introduzca bajo la caja del camión tras impactar con su parte trasera, de forma que el habitáculo y sus ocupantes no sufran daños.

El presente proyecto abarca todas las fases necesarias para legalizar uno de estos dispositivos. Desde el diseño inicial en base a los criterios marcados por la legislación vigente en esta materia. Pasando por una fase de análisis virtual del dispositivo mediante el método de los elementos finitos. Hasta su completa homologación, que lo hace apto para ser instalado en vehículos pesados.

Una vez instalado, el dispositivo debe cumplir su función y proteger a los ocupantes del vehículo que impacta contra él, soportando las exigencias que supone para su estructura dicha colisión. Para probar ésto el proyecto incluye una completa reconstrucción de un accidente real.

### **1.1 Motivación**

La realización de este proyecto surgió durante la realización de prácticas en la empresa Gonzalo de Miguel Redondo S.L.U., dedicada a la gestión de homologaciones. La toma de contacto con el trabajo que se realiza en la empresa consistió en el estudio de la legislación aplicable a la homologación de vehículos. Tras este periodo, comenzó la fase de aprendizaje que abarcó el resto de horas prácticas, dada la complejidad del tema. Gran parte del trabajo que se me planteaba tenía relación con la homologación de dispositivos de protección trasera para camión como unidad técnica independiente. Debido a ésto desde la empresa se me propuso la posibilidad de “especializarme” en este tema y realizar un proyecto fin de carrera consistente en el diseño y homologación de uno de estos dispositivos. Fue en ese momento cuando comenzó el desarrollo del presente proyecto.

### **1.2 Metodología de trabajo**

El desarrollo del proyecto comenzó con el estudio exhaustivo de la legislación aplicable en la homologación de dispositivos de protección trasera: Directiva 70/221/CEE sobre depósitos de carburante y dispositivos de protección trasera, Reglamento N° 58 CEPE/ONU Revisión 2 sobre protección trasera y la Directiva 2007/46 sobre homologación de vehículos de motor, remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.

A continuación se profundizó en las características del ensayo necesario para la homologación de este tipo de componentes. La legislación permite la realización de ensayos virtuales, así que se eligió un software válido para la realización de dicho análisis mediante el método de los Elementos Finitos: SolidWorks.

El siguiente periodo abarca desde la familiarización con dicho programa hasta la correcta realización del ensayo. En ese momento ya se disponía de toda la documentación necesaria para la confección del expediente completo de homologación del dispositivo.

Por último, como parte de investigación, se realizó un análisis estadístico de la accidentalidad de camiones en España. Con los datos recogidos en él se pudo reconstruir el accidente más común de la tipología de interés: colisión por alcance turismo – camión. Mediante fórmulas y métodos utilizados en la reconstrucción de accidentes de tráfico se llegó a determinar la fuerza que representa un turismo que impacta sobre el travesaño del dispositivo diseñado. Con este dato se realizó de nuevo un ensayo por EEFF del dispositivo aplicando sobre él la fuerza calculada.



## 2 DISEÑO DEL DISPOSITIVO

Un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento, según la Directiva 70/221 sobre Depósitos de combustible y dispositivos de protección trasera, consiste en:

*«Un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento, en adelante denominado, «dispositivo», consistirá, por regla general, en un travesaño y en elementos de conexión a los largueros del bastidor o a aquello que haga sus veces.»*

En este apartado se van a exponer los criterios de diseño seguidos para construir el dispositivo de protección trasera. Todas las especificaciones de diseño se tomarán de la Directiva 70/221, mencionada, en concreto se trabajará con el Apartado 5 Especificaciones incluido en su Anexo II. Dicha parte de la Directiva esta incluida en el Anexo 1 del presente proyecto.

La posterior homologación del dispositivo se realizará mediante el Reglamento 58 sobre protección trasera (Ver Anexo 2), por permitir éste la utilización de ensayos virtuales. Pero los criterios de diseño se tomarán de la Directiva por disponer de un mayor conocimiento de ella y ser dichos criterios idénticos a los del Reglamento.

Para simplificar al máximo la construcción del paragolpes se ha optado por que todos los elementos utilizados en la misma sean perfiles comerciales y chapas conformadas de los siguientes aceros (Ver Anexo 3):

Acero	Limite elástico (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)
S 235	235	360
S 275	275	410
S 355	355	470

*Figura 1: Aceros.*

El diseño del dispositivo va a consistir en tres etapas. En primer lugar se analizará la parte del vehículo donde va a ir colocado, el bastidor. Seguidamente se expondrán los criterios seguidos en el diseño de cada elemento del paragolpes. Por último se explicarán los tipos de uniones entre elementos para su montaje.

### 2.1 Bastidor del vehículo

El bastidor de un vehículo es el elemento capaz de soportar la carga suspendida y los efectos que actúan sobre ella, como consecuencia del trabajo que realiza el vehículo. Dicho elemento consiste en un entramado de perfiles metálicos que conforman el esqueleto del vehículo y, además de actuar de sostén y soporte, resiste el peso del resto de componentes (carrocería, ruedas, motor y suspensiones) y las cargas estáticas y dinámicas que se originan por el funcionamiento del vehículo.

Una vez definido brevemente el término se va a estudiar que tipo de bastidor es el más utilizado en los vehículos industriales, donde se va a instalar el dispositivo.

La utilización de un tipo de bastidor concreto en los vehículos industriales, depende de varios factores, como pueden ser las dimensiones, rigidez, masa a transportar, proceso de fabricación o el uso del vehículo.

De los diferentes tipos de bastidores existentes, el bastidor de largueros longitudinales (compuesto de dos perfiles longitudinales, denominados largueros, unidos entre sí por varios travesaños que se disponen perpendicularmente a los largueros) es el tipo de bastidor más utilizado en vehículos industriales de transporte de carga, por su alta rigidez y sencillez en la fabricación.

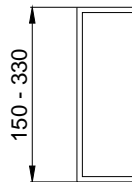
Existen casi tantos tipos de bastidores de largueros longitudinales como fabricantes y modelos de vehículos hay en el mercado, ya que cada vehículo está destinado a un uso concreto y cuenta con unas características técnicas y dimensiones propias. No obstante se puede decir que el bastidor con largueros longitudinales más utilizado en vehículos industriales es el de perfiles en U. Éstos se encuentran principalmente en tractocamiones, camiones rígidos, autobuses y remolques.



*Figura 2: Bastidor de camión con perfiles en U.*

Las dimensiones de los perfiles en U cambian según el fabricante, y son éstos los que los adaptan a las dimensiones del camión y a la Masa Máxima Autorizada del vehículo. Las dimensiones de estos perfiles varían desde los poco más de 4 metros de longitud, 150 mm de altura y 5 mm de espesor en pequeños camiones hasta los 12 metros de longitud, 330 mm de altura y 10 mm de espesor en camiones rígidos de grandes dimensiones.

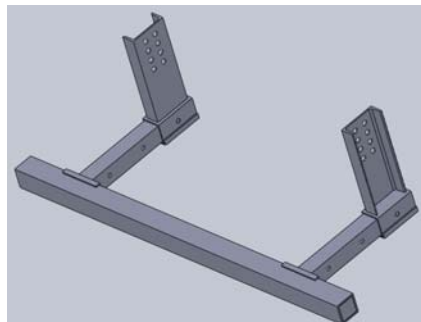
Por tanto, se va a considerar que el dispositivo tiene que unirse a un perfil en U cuya sección tiene una altura variable desde los 150 hasta los 330 mm.



*Figura 3: Altura de la sección del bastidor del vehículo.*

## **2.2 Elementos del dispositivo**

El dispositivo diseñado se puede ver en la figura siguiente.



*Figura 4: Dispositivo de protección trasera.*

Está compuesto por dos perfiles UPN220, que por un lado están unidos al bastidor del vehículo mediante una unión atornillada, y por su parte inferior están soldados al siguiente elemento, el soporte del vástago. Por el interior de éste desliza el vástago que se fija al primero mediante un pasador o bulón. El vástago se une al travesaño a través de un refuerzo de chapa conformada de acero mediante soldadura continua. Este mismo refuerzo se usará para asegurar la parte inferior del soporte del vástago. Por último en ambos extremos del travesaño de perfil hueco se colocan unas tapas.

ELEMENTOS
Soporte
Soporte del vástago
Vástago
Refuerzo
Travesaño
Tapa

Figura 5: Lista de elementos del dispositivo.

### 2.2.1 Soporte

El soporte del paragolpes debe unirse a la cara plana del perfil en U del bastidor del vehículo, por tanto, tiene que ser plano también. Por ésto se ha utilizado un perfil UPN 220, cuya cara quedará superpuesta a la del perfil en U del bastidor.

La elección de un perfil UPN y no un perfil de sección cuadrada o rectangular es debida a que, como se muestra en la imagen, se pueda acceder sin ningún problema a la unión atornillada con el bastidor, cosa que no sería posible con los otros perfiles mencionados.

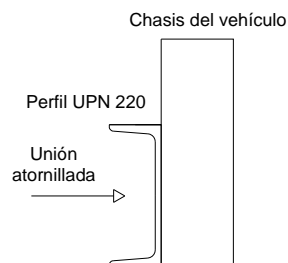


Figura 6: Unión del perfil UPN al bastidor del vehículo.

Para determinar la longitud del perfil UPN se necesita conocer un valor medio para la altura de la parte superior del chasis del vehículo al suelo (cota h en la figura 7). Se toma un valor de 1200 mm para esta magnitud, tras consultar diferentes catálogos comerciales.

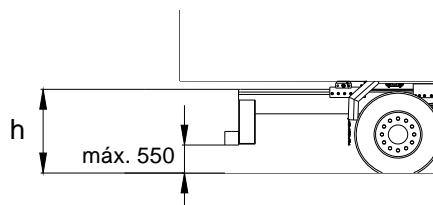


Figura 7: Altura de la parte superior del chasis al suelo.

La Directiva de aplicación dice sobre este tema:

«El dispositivo deberá montarse lo más cerca posible de la parte trasera del vehículo. Cuando el vehículo esté vacío, ningún punto del borde inferior del dispositivo deberá estar a una altura superior a 55 cm del suelo.»

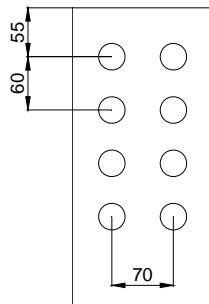
A partir de esto se puede calcular la altura del conjunto del paragolpes:

$$1.200 - 550 = 650\text{mm}$$

El soporte del vástago es de perfil cuadrado de 120 mm de altura, por tanto si se resta esta altura a la del conjunto total se obtiene la longitud del perfil UPN:

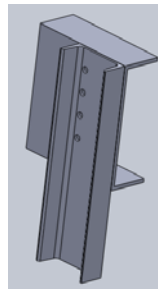
$$650 - 120 = 530\text{mm}$$

Para atornillar el soporte de longitud 530 mm al bastidor del vehículo se usarán entre 4 y 8 tornillos M29 de calidad 12.9 (Ver Anexo 5). En función de la altura del perfil del bastidor, se colocarán desde 4 para el caso de altura mínima (150 mm), hasta 8 para el de altura máxima (330 mm). En casos intermedios se usará el máximo número de tornillos que permita la altura del perfil del chasis. La distribución de los tornillos en la cara del perfil UPN será la siguiente.



*Figura 8: Distribución de los tornillos de unión sobre el perfil UPN*

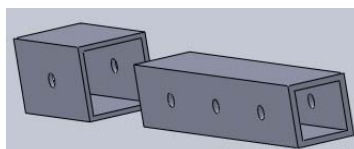
La unión al chasis del vehículo quedará así:



*Figura 9: Unión soporte – chasis del vehículo.*

### **2.2.2 Vástago y soporte del vástago**

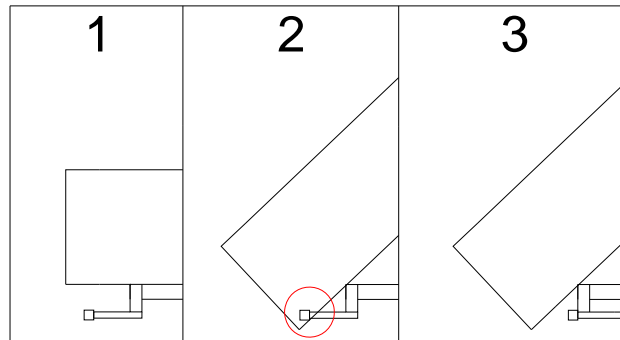
El brazo del paragolpes está formado por el soporte del vástago y el vástago. Será extensible de forma que el segundo deslice por el interior del primero como se ve en la figura.



*Figura 10: Vástago y soporte del vástago.*



El hecho de que el brazo del paragolpes sea extensible posibilita que en caso de que el dispositivo se instale en un camión con caja basculante, ésta no interfiera con el paragolpes en el momento de bascular.



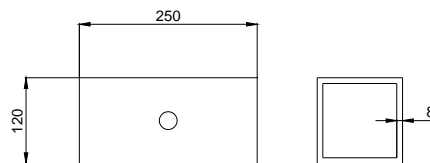
*Figura 11: 1) Paragolpes en posición de servicio, 2) El paragolpes interfiere con la caja del camión al bascular, 3) El paragolpes recogido permite bascular sin ningún problema.*

La Directiva 70/221 dice al respecto:

*«El dispositivo podrá estar diseñado de manera que permita una modificación de su posición en la parte trasera del vehículo. En tal caso, deberá garantizarse, en posición de servicio, un sistema de bloqueo que impida toda modificación involuntaria de posición. La posición del dispositivo deberá poder modificarse mediante la aplicación, por parte del operador, de una fuerza no superior a 40 daN.»*

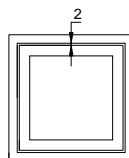
La fuerza a aplicar para mover el dispositivo desde la posición de servicio a la posición recogida supone para el operario una fuerza inferior a 400 N en este caso. Esta afirmación se comprueba en el Anexo 5.

El soporte del vástago se construirá de perfil cuadrado de sección 120 x 120 x 8 y longitud 250 mm.



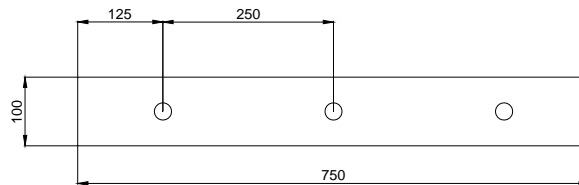
*Figura 12: Soporte del vástago.*

El vástago será también de perfil cuadrado de sección 100 x 100 x 10 y longitud 750 mm. El uso de estos perfiles permite lograr una holgura de 2 mm entre ambos para facilitar el desplazamiento del vástago por el interior del soporte.



*Figura 13: Holgura entre soporte y vástago.*

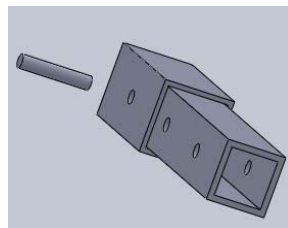
La posición del vástago podrá regularse a tres niveles, correspondientes a la extensión máxima, mínima y una tercera intermedia. La elección de una u otra dependerá de la posición de la parte final del chasis del vehículo respecto de su parte trasera. No se dispone de un valor máximo para esta magnitud así que se tomará una longitud de vástago de 750 mm, para de esta forma abarcar un gran número de vehículos.



*Figura 14: Posiciones del vástago*

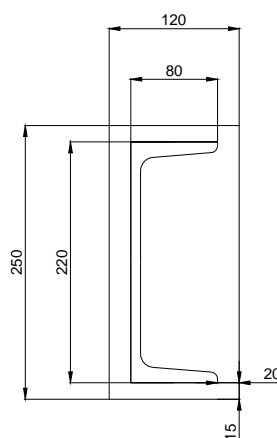
La máxima extensión será de 725 mm, existe una posición intermedia con una extensión de 325 mm, mientras que cuando el paragolpes está recogido la cara del vástago queda superpuesta con la del soporte.

Para fijar el vástago en la posición deseada se utilizará un bulón o pasador. En el Anexo 5 puede verse el cálculo del mismo.



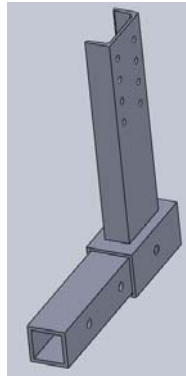
*Figura 15: Pasador o bulón.*

La unión del perfil UPN 220 sobre la cara superior del soporte del vástago se realizará por soldadura continua de la siguiente forma:



*Figura 16: Unión soporte – soporte del vástago.*

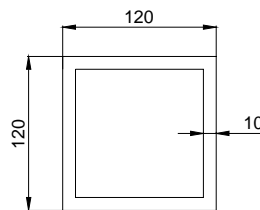
La unión quedará por tanto de la siguiente manera:



*Figura 17: Unión soporte – soporte del vástago – vástago.*

### **2.2.3 Travesaño**

Siguiendo con la metodología de diseño, el travesaño será un perfil hueco de sección cuadrada 120 x 120 x 10 mm.



*Figura 18: Sección travesaño.*

Su longitud cumplirá con las especificaciones de la normativa:

*«La anchura del dispositivo no deberá superar en ningún punto la del eje trasero, medida en los puntos extremos de las ruedas, exceptuando la dilatación del neumático en la proximidad del suelo, ni ser inferior a ésta en más de 10 cm a cada lado. Si existen varios ejes traseros, la anchura que habrá de tenerse en cuenta será la del eje trasero más ancho.»*

La anchura máxima de un vehículo es de 2,55 m, 2,60 m en el caso de vehículos acondicionados, según la normativa de masas y dimensiones de vehículos a motor (ver Anexo 4). Por tanto el travesaño puede tener una longitud máxima de 2600mm y mínima de 2.400 mm, inferior al eje trasero en 100 mm por cada lado.

$$2.600 - 200 = 2.400mm$$

Se toma ese valor de 2400 mm como longitud de travesaño que cumple todas las prescripciones. Dicha longitud variará en función de la anchura del vehículo, siempre teniendo en cuenta que la longitud del travesaño no será superior a la anchura del vehículo ni inferior a ésta en más de 100 mm por cada lado.

Por último recordar que todos los extremos laterales del travesaño tienen su exterior redondeado con un radio de curvatura mínimo de 2,5 mm como dice la legislación aplicable:

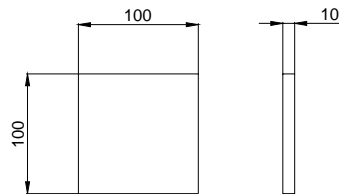
*«La altura del perfil del travesaño deberá ser de, al menos, 10 cm. Los extremos laterales del travesaño no deberán estar curvados hacia atrás, ni presentar ningún borde cortante*

*hacia el exterior; dicha condición se cumplirá cuando los extremos laterales del travesaño presenten el exterior redondeado, con un radio de curvatura mínimo de 2,5 mm.»*

Además como se utiliza un perfil cuadrado de lado 120 mm, su altura es superior a 100 mm, como dicta la Directiva en este mismo punto.

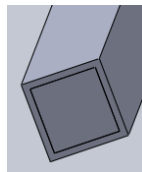
#### **2.2.4 Tapas**

Se van a colocar dos tapas en los extremos del travesaño unidas a él por soldadura continua.



*Figura 19: Medidas tapa.*

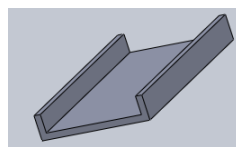
Estas tapas cumplen una función estética además de evitar que se acumule suciedad en el interior del perfil.



*Figura 20: Tapa.*

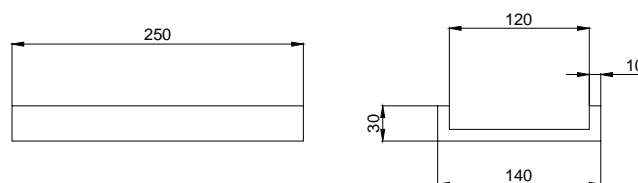
#### **2.2.5 Refuerzo**

En cuanto a la unión del travesaño al vástago se realizará mediante un refuerzo de chapa conformada con la siguiente forma:



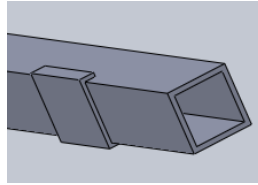
*Figura 21: Refuerzo.*

Y medidas:



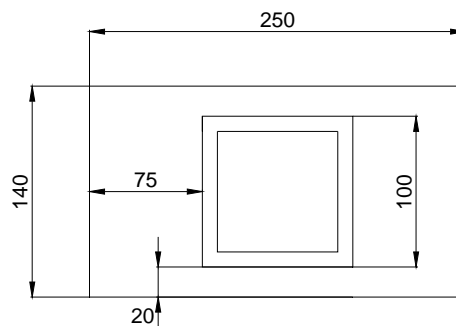
*Figura 22: Medidas refuerzo.*

El refuerzo encajará perfectamente con el perfil del travesaño y la unión se realizará con soldadura continua.



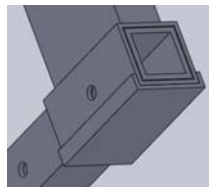
*Figura 23: Unión refuerzo - travesaño.*

La unión del refuerzo con el perfil del vástago se realizará también con soldadura de la siguiente forma.



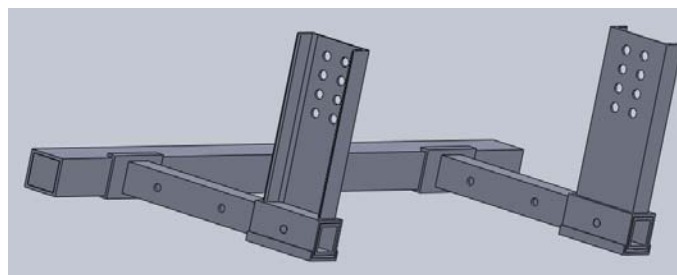
*Figura 24: Unión refuerzo - vástago.*

Este mismo refuerzo se soldará también a la parte inferior del soporte del vástago para asegurarlo, debido a que su espesor es menor (8 mm) que el del resto de perfiles utilizados (10 mm), y tiene que soportar todo el peso del conjunto vástago - travesaño.



*Figura 25: Refuerzo.*

El montaje final del dispositivo puede verse en la siguiente figura:



*Figura 26: Montaje final.*

### **2.3 Uniones entre componentes**

Se adjunta la siguiente tabla – resumen con todas las uniones entre elementos:

<b>Componentes</b>	<b>Tipo de unión</b>
Chasis del vehículo - Soporte	4 - 8 uniones de tornillo y tuerca M29 calidad 12.9
Soporte - Soporte del vástago	Soldadura continua
Soporte del vástago - Refuerzo	Soldadura continua
Soporte del vástago - Vástago	Bulón Diámetro 24 mm
Vástago - Refuerzo	Soldadura continua
Refuerzo - Travesaño	Soldadura continua
Travesaño - Tapas	Soldadura continua

*Figura 27: Uniones entre componentes.*

### 3 ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO

Una vez completado el diseño del dispositivo, se va a ensayar virtualmente para comprobar si cumple las especificaciones de la Directiva necesarias para su homologación.

El objetivo del ensayo es comprobar si, tras la aplicación de una serie de cargas sobre el dispositivo, la distancia de éste a la parte trasera del vehículo no supera los 400 mm. Y, por supuesto, comprobar si el conjunto soporta las tensiones generadas durante el proceso.

«El dispositivo deberá ofrecer una resistencia suficiente a las fuerzas aplicadas paralelamente al eje longitudinal del vehículo y estar conectado, en posición de servicio, a los largueros del bastidor del vehículo o a aquello que haga sus veces.»

«Se considerará cumplido este requisito cuando se demuestre que ni durante ni después de la aplicación de dichas fuerzas la distancia horizontal entre la parte trasera del dispositivo y el extremo de la parte trasera del vehículo no supera los 40 cm en ninguno de los puntos P1, P2 y P3. Dicha distancia se medirá con el vehículo vacío y excluyendo toda parte del mismo situada a más de 3 m del suelo.»

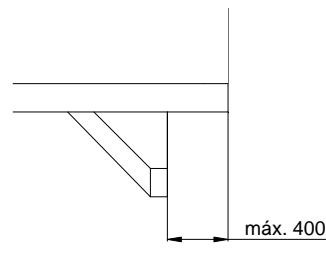


Figura 28: Distancia máxima entre el dispositivo y la parte trasera del vehículo.

La posición de estas cargas: P1, P2 y P3 aplicadas sobre el travesaño del dispositivo viene también marcada por la Directiva:

«Los puntos P1 estarán situados a una distancia de 30 cm de los planos longitudinales tangentes a los lados exteriores de las ruedas del eje trasero; los puntos P2, que se encontrarán en la línea de unión de los puntos P1, estarán dispuestos simétricamente con relación al plano longitudinal mediano del vehículo, a una distancia entre sí comprendida entre los 70 y los 100 cm incluidos. Su posición exacta será determinada por el fabricante. La distancia del suelo de los puntos P1 y P2 la determinará el fabricante dentro de las líneas que delimiten horizontalmente el dispositivo. No obstante, dicha altura, con el coche vacío, no deberá superar los 60 cm. El punto P3 será el centro del segmento de recta P2P2.»

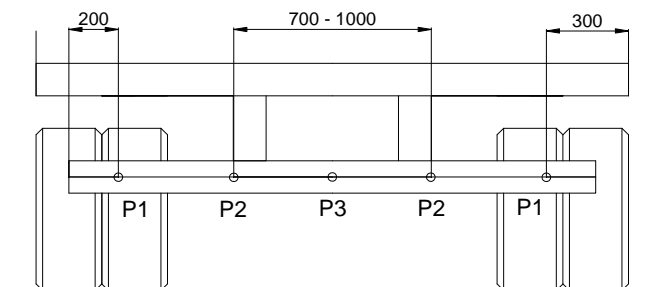


Figura 29: Posición de los puntos de aplicación de las cargas.

Por último la Directiva también indica el valor de estas cargas:

«A los dos puntos P1 y al punto P3 deberá aplicárseles sucesivamente una fuerza horizontal igual al 25 % de la masa total técnicamente admisible del vehículo, con un máximo de  $5 \times 10^4$  N.»

«A los dos puntos P2 deberá aplicárseles sucesivamente una fuerza horizontal igual al 50 % de la masa total técnicamente admisible del vehículo, con un máximo de  $10 \times 10^4$  N.»

«Las fuerzas indicadas deberán aplicarse por separado. El fabricante podrá especificar el orden en que se aplicarán dichas fuerzas.»

La masa total técnicamente admisible de un vehículo donde puede ir colocado el dispositivo podrá ser ilimitada. Por tanto el valor de las cargas será el máximo permitido en cada caso: 50.000 N para P1 y P3 y 100.000 N para P2.

Las cargas se aplicarán sobre el perfil mediante una placa de dimensiones 200 x 120 x 10 para cumplir con la Directiva:

«Las fuerzas indicadas deberán aplicarse por medio de dispositivos convenientemente articulados (por ejemplo, mediante juntas universales), paralelamente al plano longitudinal mediano del vehículo, a través de una superficie de una altura máxima de 25 cm —la altura exacta deberá indicarla el fabricante— y de 20 cm de ancho, cuyos bordes verticales tengan un radio de curvatura de  $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  y cuyo centro esté situado sucesivamente en los puntos P1, P2 y P3.»

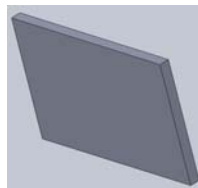


Figura 30: Placa de aplicación de las cargas.

La distancia entre los soportes del paragolpes variará entre 700 y 1.550 mm dependiendo de la distancia entre los largueros del chasis donde vaya instalado. Se ha tomado un amplio abanico de valores con el fin de que el dispositivo se adapte a un gran número de vehículos.

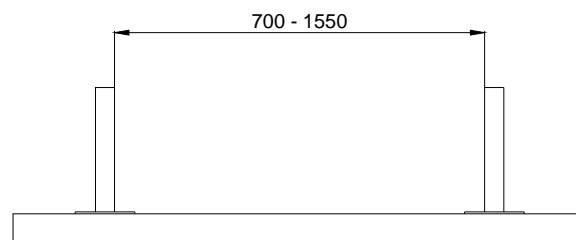


Figura 31: Distancia variable entre soportes del paragolpes.

Todos los ensayos del presente proyecto se han realizado con el módulo SolidWorks Simulation incluido en el programa de diseño en 3D SolidWorks. En el Anexo 6 se incluye la validación del método de ensayo utilizado.

A continuación el dispositivo se someterá a dicho ensayo con el fin de comprobar su comportamiento e introducir mejoras en el diseño en caso necesario. A partir de los datos obtenidos se podrá seleccionar el material concreto de cada elemento, teniendo en cuenta que se quiere trabajar con un coeficiente de seguridad de 1,5.



### 3.1 Ensayo 1

En primer lugar se aplica la carga P1. La distancia entre soportes en este caso será la mínima ya que representa el caso más desfavorable al suponer el mayor voladizo en los extremos del travesaño.

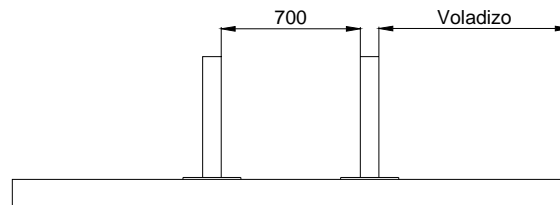


Figura 32: Mínima distancia entre soportes para maximizar el voladizo.

Del mismo modo la unión al chasis del vehículo sólo tendrá 4 tornillos por ser también el caso más desfavorable.

Se realiza el primer ensayo:

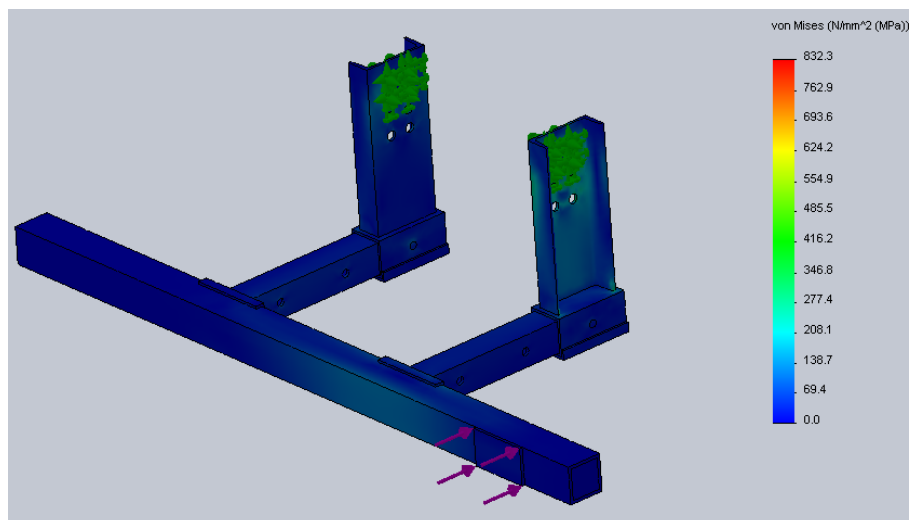


Figura 33: Ensayo 1 (Carga P1).

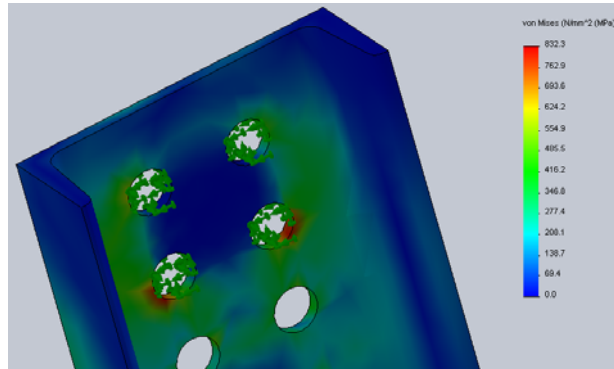
Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P1 (a 200 mm del extremo)	50.000	832,3 (Soporte izquierdo)

Figura 34: Tabla de resultados (Ensayo 1, carga P1).

La tensión máxima se produce sobre el soporte UPN 220 del lado izquierdo del paragolpes (lado de aplicación de la carga). Por tanto si se construye el soporte con acero S 355, el de mayor tensión de rotura de los posibles (470 MPa), se rompería ya que la tensión a la que está sometido es mucho mayor.

Es necesario introducir mejoras en el diseño para evitar esta situación. Viendo que la tensión máxima se concentra en la unión atornillada.

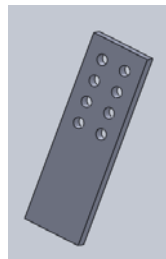


*Figura 35: Tensión máxima.*

La solución pasa por aumentar el área de sujeción del tornillo para disminuir la tensión sobre ella.

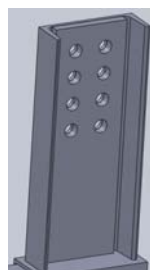
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Para conseguir este objetivo se refuerza el perfil UPN con la siguiente chapa de acero de dimensiones idénticas al perfil UPN y 20 mm de espesor.



*Figura 36: Refuerzo soporte.*

Que se unirá al soporte por soldadura continua de la siguiente forma.



*Figura 37: Unión soporte – refuerzo.*

Así se consigue el objetivo de aumentar el área de las uniones. Tras realizar esta mejora se realiza un segundo ensayo.

### 3.2 Ensayo 2

Se aplica la carga P1 sobre el dispositivo reforzado:

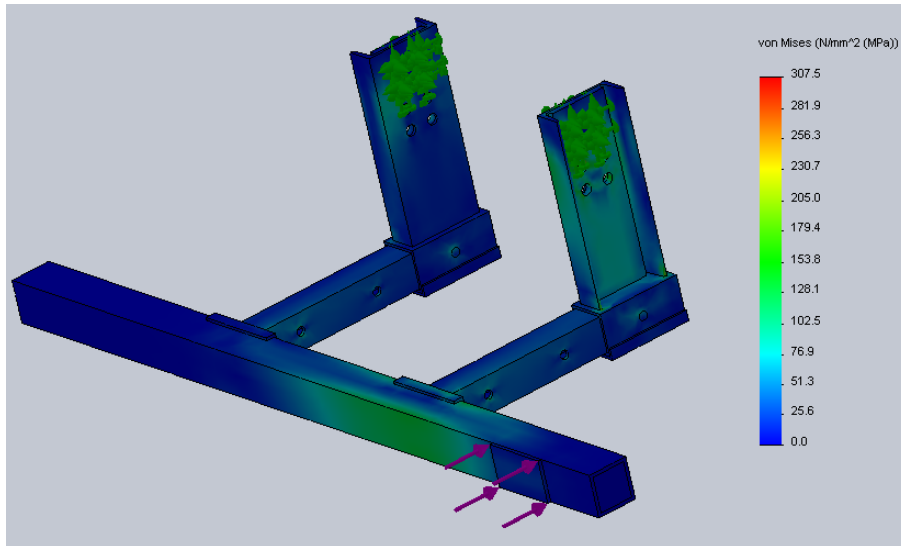


Figura 38: Ensayo 2 (Carga P1).

Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P1 (a 200 mm del extremo)	50.000	307,5 (Soporte izquierdo)

Figura 39: Tabla de resultados (Ensayo 2, carga P1).

De nuevo la tensión máxima recae sobre el soporte UPN del lado izquierdo del paragolpes. Si éste se construye con el acero de mayor tensión de fluencia (S 355) se obtiene el siguiente coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}} = \frac{470MPa}{307,5MPa} = 1,53$$

Como se ha mencionado anteriormente se va a trabajar con un coeficiente de seguridad de 1,5, este momento el elemento más desfavorable cumple esta prescripción para la carga P1.

Se continua el ensayo con la aplicación de la carga P2 de 100.000 N. Dicha carga se aplicará sobre la parte del travesaño correspondiente a los soportes, con el objetivo de probar la resistencia de éstos. Como muestra la figura la distancia entre los puntos P2 cumple con la normativa ya que esta entre 700 y 1000 mm.

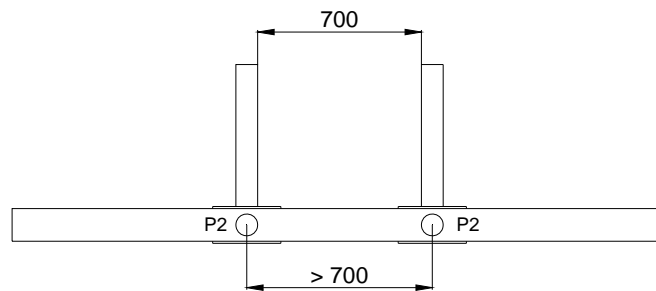


Figura 40: Distancia entre los puntos P2.

Se aplica la carga P2:

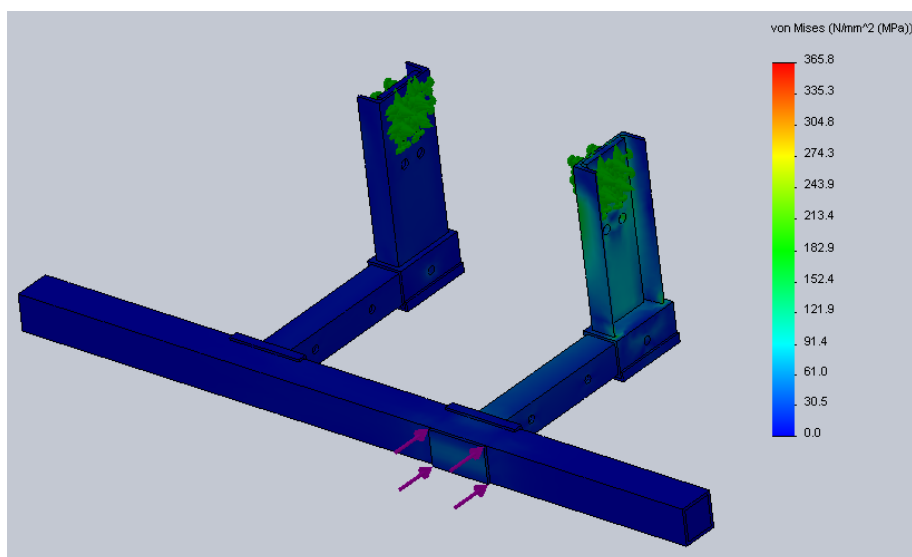


Figura 41: Ensayo 2 (Carga P2).

Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P2 (a 350 mm del centro)	100.000	365,8 (Soporte izquierdo)

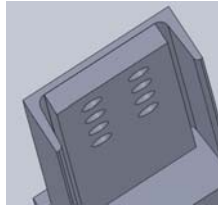
Figura 42: Tabla de resultados (Ensayo 2, carga P2).

La tensión máxima se produce en el soporte, de nuevo sobre el área de sujeción de los tornillos. Se calcula el coeficiente de seguridad para esta tensión utilizando acero S 355:

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}} = \frac{470MPa}{365,8MPa} = 1,28$$

El coeficiente de seguridad es inferior a 1,5 por lo que el diseño no es válido para la aplicación de la carga P2, por tanto hay que introducir mejoras.

Se elige aumentar el espesor del refuerzo hasta 30 mm para maximizar el área de apoyo de las uniones atornilladas.

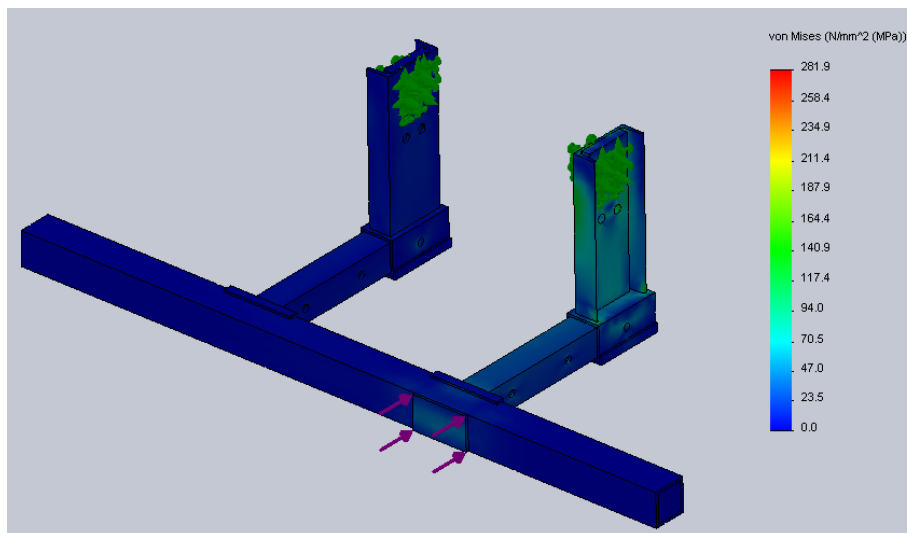


*Figura 43: Refuerzo de 30 mm de espesor.*

Tras esta mejora se realiza un nuevo ensayo.

### 3.3 Ensayo 3

Se aplica la carga P2 sobre el dispositivo, ya que al mejorar el diseño anterior la carga P1 no supondrá problemas:



*Figura 44: Ensayo 3 (Carga P2).*

Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P2 (a 350 mm del centro)	100.000	281,9 (Soporte izquierdo)

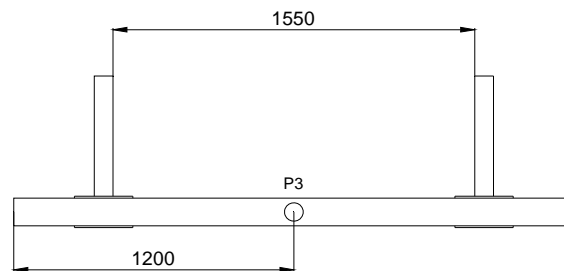
*Figura 45: Tabla de resultados (Ensayo 3, carga P2).*

En este caso el coeficiente de seguridad para la tensión máxima es:

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}} = \frac{470MPa}{281,9MPa} = 1,67$$

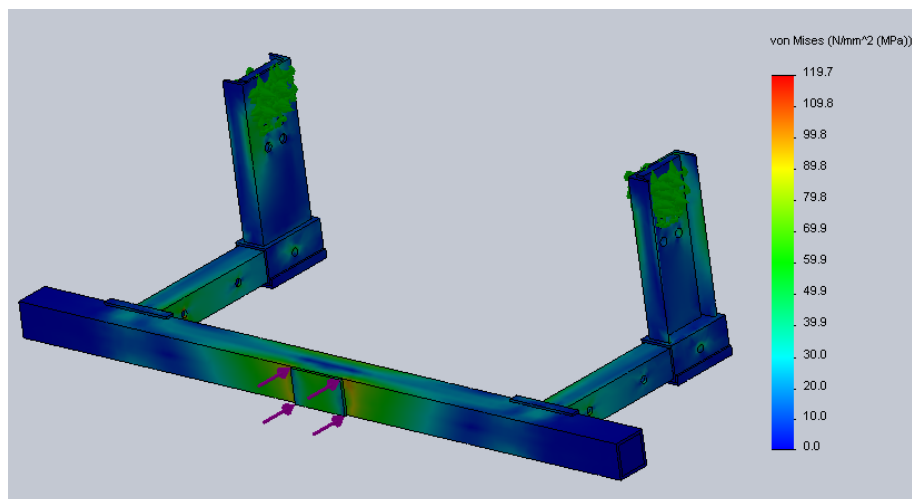
El coeficiente de seguridad cumple con los requisitos ya que es superior a 1,5. Por lo que el diseño es válido para la aplicación de la cargas P1 y P2.

Se continúa el ensayo con la aplicación de la carga P3 sobre el travesaño del dispositivo. Esta carga se aplica en el punto central de dicho componente tal y como dice la normativa. En este caso la distancia entre soportes seleccionada es la mayor, por ser la más desfavorable para la aplicación de la carga central.



*Figura 46: Posición de la carga P3.*

Se realiza el ensayo con la carga P3:



*Figura 47: Ensayo 3 (Carga P3).*

Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P3 (en el centro)	50.000	119,7 (Vástago)

*Figura 48: Tabla de resultados (Ensayo 3, carga P3).*

En este caso la tensión máxima se produce sobre ambos vástagos del dispositivo, ya que el punto de aplicación de la carga es simétrico. En cuanto al coeficiente de seguridad para esa tensión será:

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}} = \frac{470MPa}{119,7MPa} = 3,93$$

Cumple holgadamente siendo muy superior a 1,5.

Por último para completar el ensayo se realiza la aplicación de la carga P1:

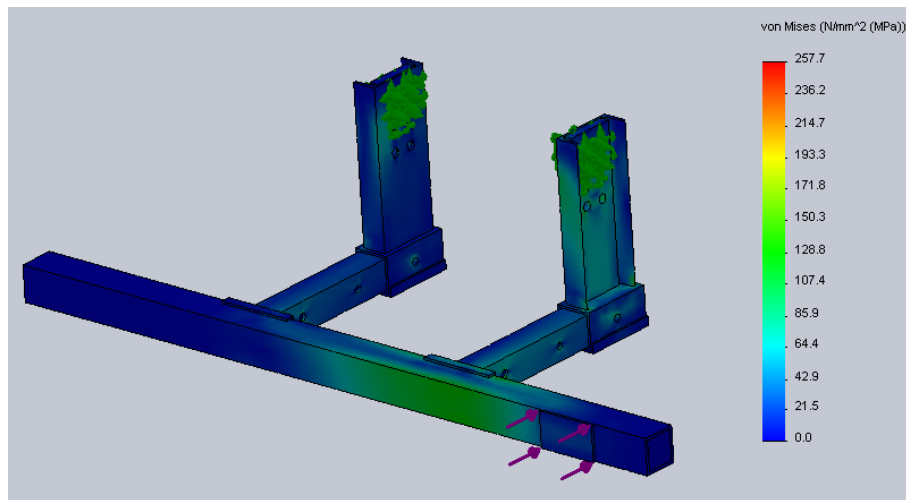


Figura 49: Ensayo 3 (Carga P1).

Tras el ensayo se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
P1 (a 200 mm del extremo)	50.000	257,7 (Soporte izquierdo)

Figura 50: Tabla de resultados (Ensayo 3, carga P1).

Como se supuso al principio, la aplicación de la carga P1 no supone ningún problema para el soporte del dispositivo que recibe la máxima tensión.

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}} = \frac{470MPa}{257,7MPa} = 1,82$$

Este dispositivo cumple con todas las cargas de ensayo con un coeficiente de seguridad superior a 1,5, por lo que será el diseño final elegido para su posterior homologación.

### 3.4 Materiales

Una vez comprobado que el diseño cumple las condiciones de ensayo se va a concretar el material de cada elemento del dispositivo.

El material a utilizar será un acero de construcción de la lista siguiente, entre paréntesis al lado de cada acero se incluye el valor de su tensión de rotura:

- Acero S 355 (470 MPa)
- Acero S 275 (410 MPa)
- Acero S 235 (360 MPa)

El uso de los distintos grados del acero es el siguiente:

- Grado JR: aplicación en construcción ordinaria
- Grado JO: aplicación en construcción con altas exigencias de soldabilidad
- Grado J2: aplicación en construcción con especiales exigencias de resistencia, resiliencia y soldabilidad.

El símbolo adicional H designa perfiles huecos.

Para designar correctamente el material con el que se debe construir cada elemento hay que conocer la tensión máxima a la que se verá sometido cada uno durante el ensayo.

ELEMENTO / CARGA	P1	P2	P3
Soporte	257,67	281,86	99,96
Refuerzo del soporte	238,36	266,79	103,92
Soporte del vástago	191,18	261,03	92,58
Vástago	155,75	193,10	119,75
Refuerzo (travesaño)	129,01	53,53	57,22
Travesaño	143,51	54,56	99,70
Tapa	1,00	0,01	0,23
Refuerzo (vástago)	26,74	41,24	10,40

*Figura 51: Tensiones máximas en MPa de cada elemento en la aplicación de las distintas cargas.*

A partir de estos datos y fijando un coeficiente de seguridad de 1,5 se puede definir que material de los anteriores se puede utilizar.

$$C_s = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{VonMises}}$$



### **3.4.1 Soporte**

El material a utilizar será el acero S 355 J2.

$$C_s = \frac{470}{281,86} = 1,67$$

Para la construcción del soporte se recomienda usar un acero de grado J2 ya que este será el elemento sometido a mayor tensión de todo el conjunto. El resto de elementos se construirán con acero de grado JR ya que tienen menores exigencias en cuanto a resistencia.

### **3.4.2 Refuerzo del soporte**

El material a utilizar será el acero S 275 JR.

$$C_s = \frac{410}{266,79} = 1,54$$

### **3.4.3 Soporte del vástago**

El material a utilizar será el acero S 275 JRH.

$$C_s = \frac{410}{261,03} = 1,57$$

### **3.4.4 Vástago**

El material a utilizar será el acero S 235 JRH.

$$C_s = \frac{360}{193,10} = 1,86$$

### **3.4.5 Refuerzo (travesaño)**

El material a utilizar será el acero S 235 JR.

$$C_s = \frac{360}{129,01} = 2,79$$

### **3.4.6 Travesaño**

El material a utilizar será el acero S 235 JRH.

$$C_s = \frac{360}{143,51} = 2,5$$

### **3.4.7 Tapa**

Las tapas apenas sufren tensión, como se puede ver en la tabla anterior, en torno a 0 MPa. El material a usar en su construcción será acero S 235 JR, por ser éste el de inferiores propiedades mecánicas.

### **3.4.8 Refuerzo (vástago)**

El material a utilizar será el acero S 235 JR.

$$C_s = \frac{360}{41,24} = 8,73$$

Los apartados 3.4.5 y 3.4.8 designan a un mismo elemento, el refuerzo. Se construirá en acero S 235 JR ya que este material cumple en ambas posiciones.

Por último se presenta una tabla resumen que recopila los materiales de construcción de cada uno de los elementos del dispositivo.

<b>Componente</b>	<b>Material</b>
Soporte	S 355 J2
Refuerzo soporte	S 275 JR
Soporte vástago	S 275 JRH
Refuerzo	S 235 JR
Vástago	S 235 JRH
Travesaño	S 235 JRH
Tapa	S 235 JR

*Figura 52: Tabla resumen de materiales.*

## **4 EXPEDIENTE DE HOMOLOGACIÓN DEL DISPOSITIVO**



**Reglamento N° 58 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE)**

**Prescripciones uniformes relativas a la homologación de:**

**Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento**

**Revisión 2**

*Regulation N° 58 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE)*

*Uniform provisions concerning the approval of:*


*Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)*

*Revision 2*

**Fabricante / Manufacturer:**

**Marca / Make:**


**Tipo / Type:**

 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>MARCA / MAKE :</b></p> <p><b>TIPO / TYPE:</b></p>	<p><b>FECHA / DATE :</b></p> <p>Abril de 2011</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b>  <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b>  <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i>  <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		<p><b>PÁGINA / PAGE :</b></p> <p>2</p>

## ÍNDICE

### INDEX

	<b>PÁGINAS</b> <i>PAGES</i>
<b>FICHA DE CARACTERÍSTICAS</b> <i>INFORMATION DOCUMENT.....</i>	3
<b>Generalidades</b>	
<i>General.....</i>	3
<b>Constitución general del vehículo o vehículos</b> <i>General construction of the vehicle or vehicles.....</i>	4
<b>Masas y dimensiones</b> <i>Masses and dimensions.....</i>	4
<b>Carrocería</b> <i>Bodywork.....</i>	4
<b>ANEXOS</b> <i>ANNEXES.....</i>	Ver Anexo 14
<b>Planos del dispositivo</b> <i>Drawings of the device.....</i>	Ver Anexo 14
<b>Esquemas de montaje</b> <i>Mounting sketches.....</i>	Ver Anexo 14

 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>MARCA / MAKE :</b></p> <p><b>TIPO / TYPE:</b></p>	<p><b>FECHA / DATE :</b></p> <p>Abril de 2011</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b>  <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b>  <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i>  <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revisión 2</i></p>		<p><b>PÁGINA / PAGE :</b></p> <p>3</p>

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS N°

### PARTIAL DESCRIPTION N°

#### 0. GENERALIDADES

##### GENERAL

#### 0.1. **Marca (razón social)**

*Make (trade name of manufacturer)*

#### 0.2. **Tipo y denominación(es) comercial(es) general(es)**

*Type and general comercial description(s)*

#### 0.5. **Nombre y dirección del fabricante**

**Name and hades of manufacturer**

#### 0.7 **Emplazamiento y forma de colocación de la marca de homologación CE en componentes y unidades técnicas independientes**


*In the case of components and separate technical units, location and method of affixing of the EC approval mark*

Troquelado en el parte exterior del soporte derecho. Opcionalmente, marcada sobre un adhesivo o sobre una placa remachada.

*Stamp on the external face of right support. Optional, in a riveted plate or in a sticker*

#### 0.8. **Dirección(es) de la(s) planta(s) de montaje**

*Address(es) of assembly plant(s)*

 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>MARCA / MAKE :</b></p> <p><b>TIPO / TYPE:</b></p>	<p><b>FECHA / DATE :</b></p> <p>Abril de 2011</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b>  <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b>  <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i>  <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		<p><b>PÁGINA / PAGE :</b></p> <p>4</p>

**1. CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO O VEHÍCULOS**  
GENERAL CONSTRUCTION OF THE VEHICLE OR VEHICLES

- 1.1. Suma mínima de los momentos de inercia alrededor del eje horizontal de los largueros del bastidor en sección transversal**  
*Minimum sum of the moments of inertia about the horizontal axis of the chassis side-members in cross-section*

**No procede. Dispositivo de protección posterior fijado sobre la carrocería del vehículo.**  
*Not applicable. Rear protection device attached to vehicle bodywork.*

- 1.2. Distancia entre los largueros del bastidor en los puntos de fijación del dispositivo**  
*Distance between the chassis side-members at the mounting points of the device*
- Entre 700 y 1.550 mm.  
*Between 700 and 1.550 mm.*

**2. MASAS Y DIMENSIONES**  
MASSES AND DIMENSIONS

- 2.1. Masa máxima en carga técnicamente admisible**  
*Technically permissible maximum laden mass*

**Ilimitada**  
*Unlimited*

**3. CARROCERÍA**  
BODYWORK

- 3.1. Descripción completa y/o planos del dispositivo de protección trasera contra el empotramiento (incluidos accesorios)**  
*Full description and/or drawing of the rear underrun protection device (including mounting and fittings)*

Ver anexo 14  
*See annex 14*



## **INFORME DE ENSAYO**

### **TEST REPORT**

**Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento**


**Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2**

*Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)*

*Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2*

**Cliente / Customer:**

**Fecha del informe / Date report:**

 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i></p>	<p><b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> 2</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		

**RELATIVO AL ENSAYO DE VEHÍCULOS EN LO REFERENTE A SU PROTECCIÓN TRASERA**

**Reglamento CEPE/ONU 58R 02 (Anexo5)**

*TEST OF VEHICLES WITH REGARD TO THEIR REAR UNDERRUN PROTECTION*

*UNECE Regulation No. 58R02 (Annex 5)*

**0. GENERALIDADES / GENERAL**

**INFORME N° / REPORT No**

Solicitante / *Applicant*

Marca / *Make*


Tipo / *Type*

Denominación comercial / *Commercial description*

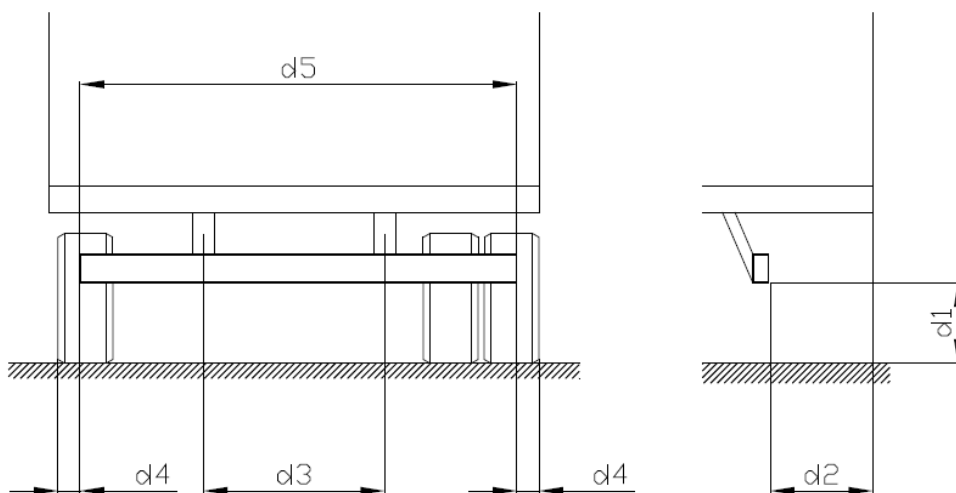
**1. CARACTERÍSTICAS Y ENSAYO DIMENSIONAL / CHARACTERISTICS AND DIMENSIONAL TEST**


<p>1.1. Masa Técnica Máxima Admisible del vehículo / <i>Technically permissible maximum laden mass of the vehicle</i></p>	<p>Ilimitada/ Unlimited</p>
<p>1.2. Método de fijación / <i>Method of fixation</i></p>	
<p>1.2.1. Entre soportes y bastidor del vehículo / <i>Between supports and vehicle framework</i></p>	<p>Atornillado / Screwing</p>
<p>1.2.2. Entre soportes y travesaño / <i>Between supports and cross-member</i></p>	<p>Soldado / Welded</p>
<p>1.3. Dimensiones / <i>Dimensions</i></p>	
<p>1.3.1. Anchura máxima del dispositivo / <i>Maximum width of the rear protection device</i></p>	<p>2.400 mm (d5)</p>
<p>1.3.2. Distancia máxima del borde al plano exterior de los neumáticos / <i>Maximum distance between the edge of the rear protective device and the outermost points of the wheels</i></p>	<p>≤ 100 mm (d4)</p>



 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i></p>	<p><b>PÁGINA /</b> <i>PAGE</i> 3</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		

- 1.3.3. Distancia entre centros de soportes / *Distance between the chassis side-members* 700 – 1550 mm (d3)
- 1.3.4. Distancia máxima a la parte posterior del vehículo / *Maximum horizontal distance between the rear of the device and the rear extremity of the vehicle* 400 – 5,39 = 394,61 mm (d2)
- 1.3.5. Distancia máxima al suelo del borde inferior / *Maximum ground clearance with respect to the underside of the protective device*  $\leq 550$  mm (d1)
- 1.3.6. Anchura del eje trasero mas ancho (declarada en documentación técnica) / *Wider rear axle width (specified in technical documentation)* 2.600 mm
- 1.3.7. Altura del perfil del travesaño / *Cross-member depth* 120 mm  $\geq 100$  mm
- 1.3.8. Radio de curvatura de los bordes exteriores del travesaño / *Cross-member outside edge curvature radius*  $\geq 2,5$  mm



 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i></p>	<p><b>PÁGINA /</b> <i>PAGE</i> 4</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		

## 2. APLICACIÓN DE ESFUERZOS / *LOADS APPLICATION*

2.1. Dispositivos abatibles o con regulación de posición / *Folding devices or devices with possibility of varying position*

Dispositivo con regulación de posición en altura

2.1.1. Fuerza para modificar su posición / *Force to modify its position*

≤ 400 N

**CUMPLE / FULFILS**

2.2. Resultados del ensayo / *Test results*

2.2.1. Método de aplicación de las cargas / *Method of loads application*

Cálculo (Ensayo virtual)

2.2.2. Desplazamiento máximo obtenido / *Maximum displacement obtained*

5,39 mm

**CUMPLE / FULFILS**

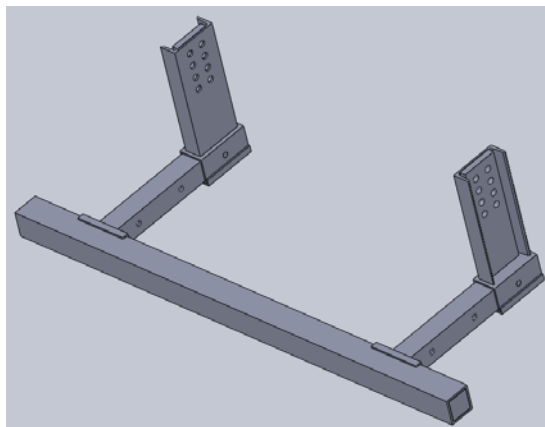
## 3. INFORME DE CÁLCULO / *REPORT OF CALCULATION*


### 3.1. Descripción / *Description*

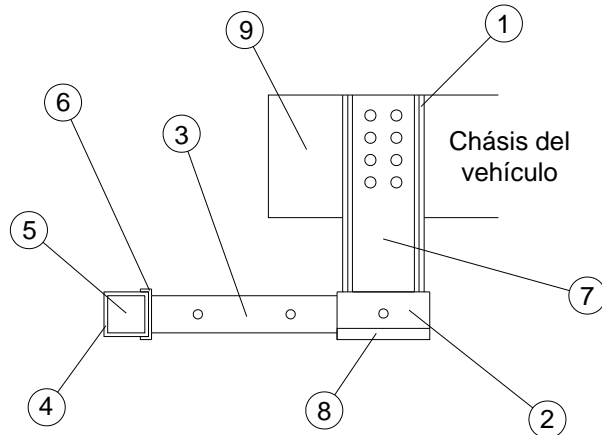
Cálculo por elementos finitos hasta límite elástico de un dispositivo antiempotramiento trasero tipo XXXXX.

El dispositivo esta constituido por perfiles y chapas conformadas de acero, soldadas y atornilladas entre sí. La unión al carrozado del vehículo se efectúa mediante una unión atornillada.

### 3.2. Geometría / *Geometry*



 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i></p>	<p><b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> 5</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		




### 3.3. Materiales / Materials

Todos los componentes del dispositivo están fabricados con perfiles comerciales y chapas conformadas de acero.

N° COMPONENTE	MATERIAL
1. Soporte	S 355 J2
2. Soporte del vástago	S 275 JRH
3. Vástago	S 235 JRH
4. Travesaño	S 235 JRH
5. Tapa	S 235 JR
6 y 8. Refuerzo	S 235 JR
7. Refuerzo del soporte	S 275 JR

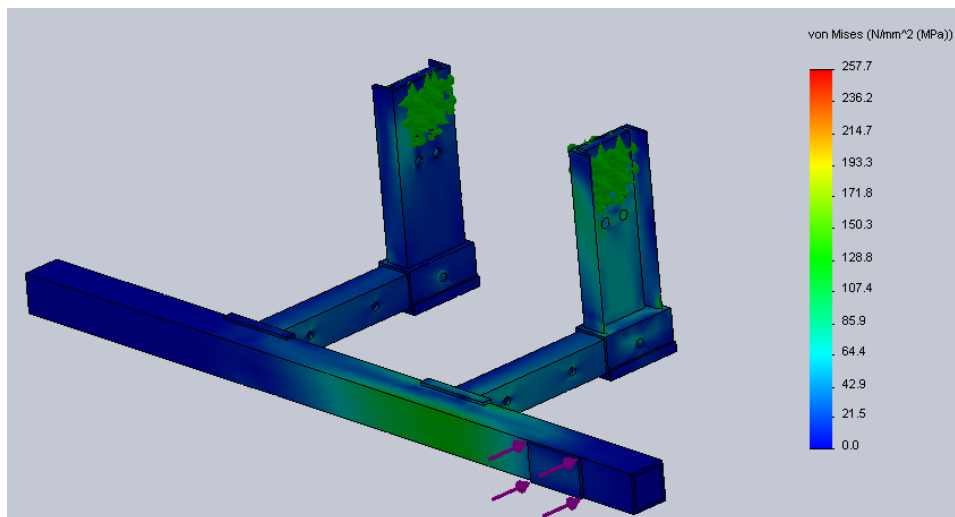
### 3.4. Variables consideradas / Variables considered

Anchura del bastidor entre 700 y 1.550 mm

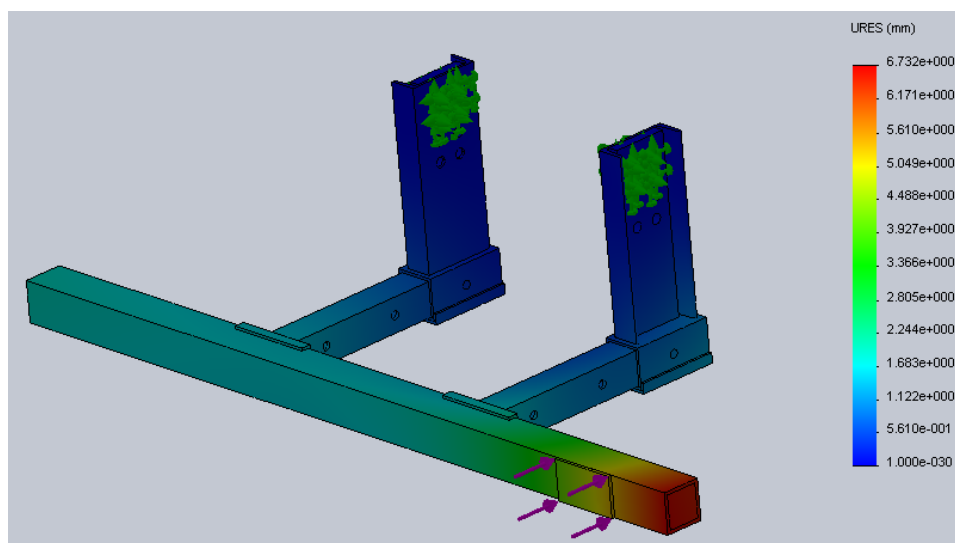
 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i>	<b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> 6
<b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i>		


<b>PUNTO</b> <i>POINT</i>	<b>DISTANCIA ENTRE APOYOS</b> <i>DISTANCE BETWEEN SIDE-MEMBERS</i>	<b>CARGA (N)</b> <i>LOAD (N)</i>	<b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)</b> <i>MAXIMUM DISPLACEMENT (mm)</i>
P1  (a 200 mm del extremo)	700 mm	50.000 N	5,39 mm

**Gráfico de tensiones Von Mises (MPa) / Von Mises stress graph (MPa)**



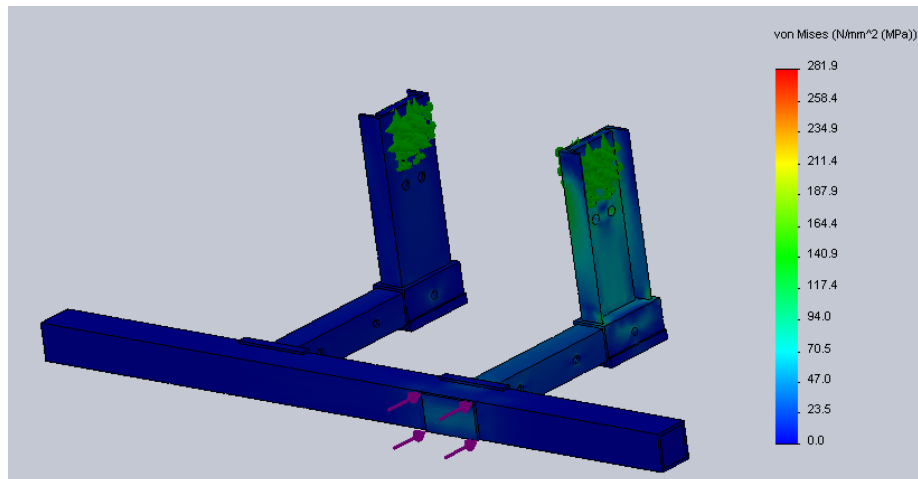
**Gráfico de desplazamiento (mm) / Displacement graph (mm)**



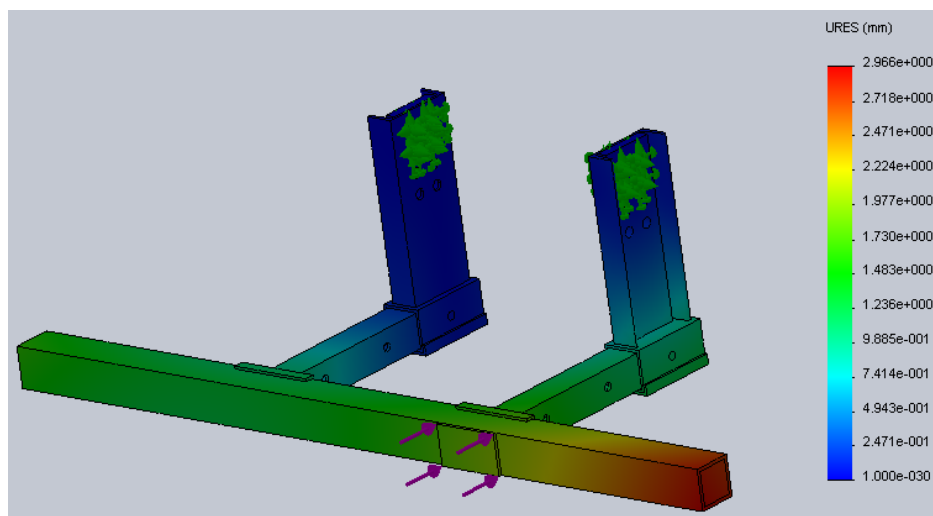
 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i>	<b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> 7
<b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i>		


<b>PUNTO</b> <i>POINT</i>	<b>DISTANCIA ENTRE APOYOS</b> <i>DISTANCE BETWEEN SIDE-MEMBERS</i>	<b>CARGA (N)</b> <i>LOAD (N)</i>	<b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)</b> <i>MAXIMUM DISPLACEMENT (mm)</i>
P2  (a 350 mm del centro)	700 mm	100.000 N	2,04 mm

**Gráfico de tensiones Von Mises (MPa) / Von Mises stress graph (MPa)**



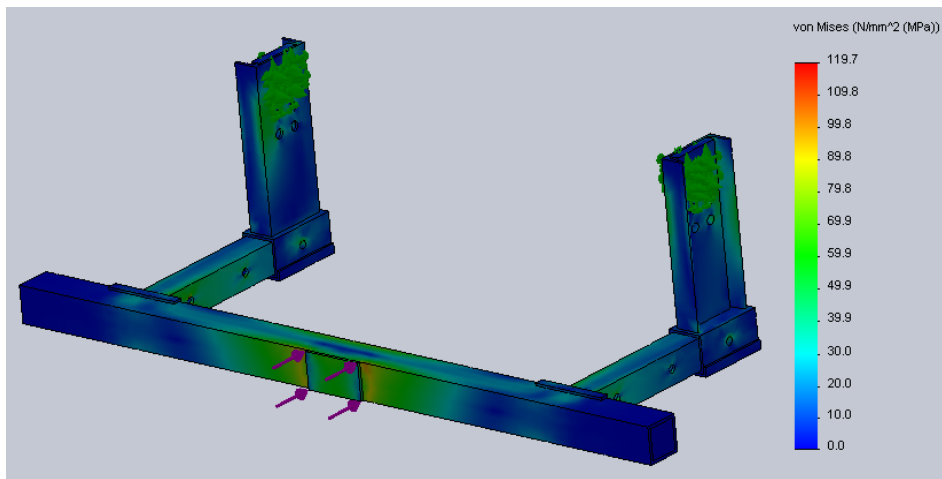
**Gráfico de desplazamiento (mm) / Displacement graph (mm)**



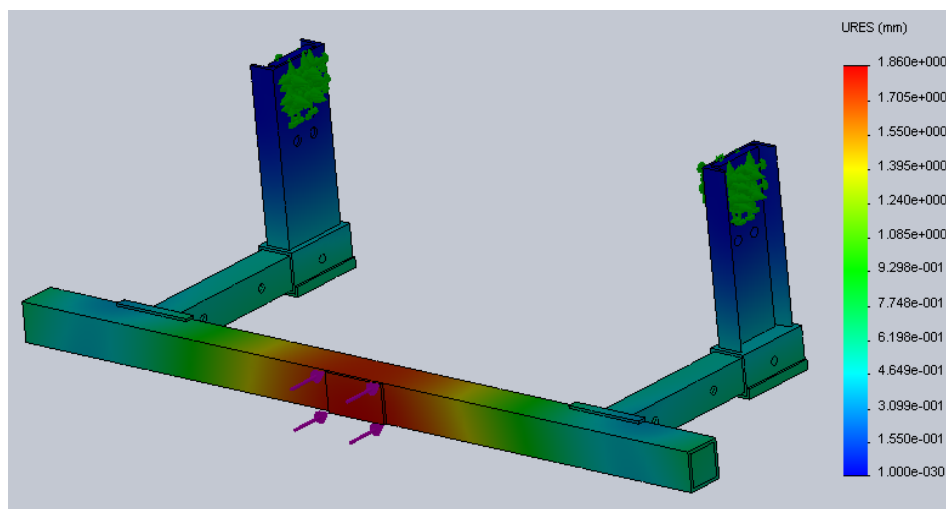
 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i>	<b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> <b>8</b>
<b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i>		


<b>PUNTO</b> <i>POINT</i>	<b>DISTANCIA ENTRE APOYOS</b> <i>DISTANCE BETWEEN SIDE-MEMBERS</i>	<b>CARGA (N)</b> <i>LOAD (N)</i>	<b>DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)</b> <i>MAXIMUM DISPLACEMENT (mm)</i>
P3  (en el centro)	1.550 mm	50.000 N	1,86 mm

**Gráfico de tensiones Von Mises (MPa) / Von Mises stress graph (MPa)**



**Gráfico de desplazamiento (mm) / Displacement graph (mm)**



 <p>Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial ZARAGOZA</p>	<p><b>INFORME DE ENSAYO N° /</b> <i>TEST REPORT No</i></p>	<p><b>PÁGINA /</b> <b>PAGE</b> 9</p>
<p><b>Dispositivos de protección trasera contra el empotramiento</b> <b>Reglamento N° 58 CEPE Revisión 2</b> <i>Rear Underrun Protection Devices (RUPDs)</i> <i>Regulation N° 58 UN/ECE Revision 2</i></p>		

**4. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS:**

El dispositivo de protección trasera ensayado soporta las cargas aplicadas sin superar la tensión de rotura del material conforme a las prescripciones del Reglamento 58 en la segunda serie de modificaciones.

*The tested vehicle rear underrun protection device support the loads applied without exceeding the tensile strength of the material under with the prescriptions to Regulation 50 on its second series of amendmentst.*

**Lugar y fecha de emisión del informe /**  
*Place and date of test report issue*

Realizado por / *Carried out by:*

Vº.Bº / *Revised by*

Alfonso Bordegé Corella

David González Ibáñez



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**EXPEDIENTE DE HOMOLOGACIÓN DEL DISPOSITIVO**

---



## **5 RECONSTRUCCIÓN DE UN ACCIDENTE POR ALCANCE**

Según la Directiva 70/221:

*«Todo vehículo deberá estar construido y/o equipado de manera que ofrezca en todo su ancho una protección eficaz contra el empotramiento de los vehículos de las categorías M1 y N1 que choquen con su parte trasera.»*

Con el fin de comprobar esta afirmación, el dispositivo homologado va a ser sometido a un accidente real. En él, un turismo, categoría M1 (Ver Anexo 10), impacta con la parte trasera de un camión de gran tonelaje equipado con el paragolpes proyectado. En este tipo de colisión por alcance entre un turismo y un camión, existe una clara incompatibilidad geométrica (diferencia de alturas) entre ambos vehículos (Ver Anexo 11). No obstante para poder realizar este caso se ha supuesto que el paragolpes recibe directamente el impacto del turismo.

En primer lugar se va a recrear el accidente más típico, desde el punto de vista estadístico, de colisión por alcance entre turismo y camión. Utilizando fórmulas de recreación de accidentes de tráfico se llegará a obtener la velocidad de colisión del turismo. A continuación, con ese dato se calculará la fuerza que dicha colisión supone sobre el travesañ del dispositivo, mediante el método de Campbell. Por último se someterá al paragolpes a un nuevo ensayo por EEFF para determinar cómo se comporta en esta situación.

### **5.1 Cálculo de la velocidad de colisión del turismo**

Las cifras estadísticas utilizadas en esta reconstrucción han sido extraídas del estudio de accidentalidad de camiones de gran tonelaje (Ver Anexo 12). Con estos datos podemos recrear el accidente más común de la tipología de interés: colisión por alcance turismo – camión.

Repasando las principales cifras:

De un total de 6216 accidentes mortales o graves en los que se ve implicado al menos un camión de gran tonelaje (PMA superior a 3,5 toneladas), el 7% se producen por alcance entre un turismo y un camión, es decir 426 accidentes, contabilizando tanto los casos en los que es el turismo colisiona con el camión como a la inversa.

De estos 426 accidentes el 93% se producen en zona interurbana. En cuanto al tipo de vía el 63% de ellos ocurre en autopista o autovía, lo que supone 268 accidentes, de los cuales el 98% se producen en un tramo llano de carretera (263) y en el 72% de los casos este tramo es recto (193).

En cuanto al estado de la calzada en estos 268 accidentes, en el 90% de las veces se encuentra seca y la visión es buena en un 92% de ocasiones. La densidad de circulación es fluida en el 91% de ocasiones.

<b>Tipo de vía</b>	Autopista - autovía
<b>Tipo de tramo</b>	Recto
<b>Estado de la calzada</b>	Seca
<b>Visibilidad</b>	Buena
<b>Densidad de circulación</b>	Fluida
<b>Estado del vehículo</b>	Buen estado

Figura 53: Tabla – resumen de las características de la vía.

En cuanto a las causas, en el 69% de los accidentes por alcance ocurridos en autovías-autopistas (185 de un total de 268) uno de los factores concurrentes fue la conducción distraída o desatenta, de éstos en más del 95% de las ocasiones la distracción procedía del conductor del turismo.

A partir de todos estos datos estadísticos se puede reconstruir un accidente tipo:

Un turismo circula por una autovía, le precede un camión de gran tonelaje, equipado con el dispositivo antiempotramiento diseñado. Ambos vehículos circulan a sus velocidades máximas permitidas según el Reglamento General de Circulación, 110 Km/h para el turismo y 90 Km/h para el camión. El tramo de autovía es recto, la calzada esta seca y la circulación es fluida. Es pleno día y no hay factores atmosféricos destacables, por lo que la visibilidad es buena. El conductor del camión divisa un obstáculo en la calzada y aplica los frenos.

A partir de esta situación se comienza a recrear la secuencia del accidente.

Se define como distancia de parada ( $D_p$ ) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante el tiempo de reacción y el de frenado.

Se establece una ecuación con dos sumandos: el primero es el espacio recorrido por el vehículo a la velocidad de circulación durante el tiempo de reacción, y el segundo es el espacio recorrido mientras dura la aplicación de los frenos hasta la detención total.

$$D_p = D_r + D_f$$

Siendo:

$D_p$ : distancia de parada.

$D_r$ : distancia de reacción.

$D_f$ : distancia de frenado.

El tiempo de reacción es el tiempo preciso para divisar un objeto en la calzada y reaccionar aplicando los frenos, sus posibles valores pueden verse en la figura 53. Dependen de las características del conductor, condiciones meteorológicas, características del objeto, etc.

		Tiempo de reacción (segundos)		
		De día	De noche	De noche con vehículos en sentido contrario
Edad (años)	18-25	0,5	0,8	1,0
	26-40	1,0	1,3	1,5
	41-55	1,5	1,8	2,0
	56 o más	2,0	2,3	2,5

Figura 54: Tiempo de reacción.

La distancia recorrida durante el tiempo de reacción es el producto de la velocidad a la que circula el vehículo por el tiempo de reacción.

$$D_r = V \left( \frac{m}{s} \right) \times t_r (s)$$

Por otro lado, el cálculo de la distancia de frenado será una aplicación inmediata del teorema de la conservación de la energía. Igualando la energía cinética inicial a la energía de rozamiento disipada durante el frenado se puede deducir la distancia de frenado. Así resultará:

$$\mu_r \times m \times g \times D_f = \frac{1}{2} \times m \times V^2$$

$$D_f = \frac{V^2}{2 \times g \times \mu_r}$$

Siendo:

$\mu_r$ : coeficiente de rozamiento neumático- pavimento

$m$ : masa del vehículo

$g$ : aceleración de la gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) para una efectividad del sistema de frenos del 100% la deceleración es igual a  $1g$ .

$D_f$ : distancia de frenado

$V$ : velocidad de circulación del vehículo

En primer lugar se calculará la distancia de seguridad que el turismo guarda con el camión. Como "no guardar la distancia de seguridad" no es la causa del accidente, ésta será la necesaria para detener el vehículo sin colisionar con el camión, o lo que es lo mismo igual a la distancia de parada del turismo a la velocidad de circulación.

$$D_r = V \left( \frac{m}{s} \right) \times t_r (s)$$

Disponemos de la velocidad del turismo y del tiempo de reacción, este se ha obtenido de la figura 54, para un conductor de edad media (entre 26 - 40 años) al que le corresponde 1 segundo.

$$V = 110 \frac{Km}{h} = 30,56 \frac{m}{s}$$

$$t_r = 1s$$

$$D_r = 30,56 \times 1 = 30,56m$$

Ya se dispone de la distancia de reacción, ahora queda calcular la distancia recorrida tras aplicar los frenos, la distancia de frenado:

$$D_f = \frac{V^2}{2 \times g \times \mu_r}$$

Para realizar este cálculo se considera un coeficiente de rozamiento de 0,8, según la figura 55, ya que se considera calzada seca y neumáticos en buen estado.

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO ( $\mu$ )			
Terreno	Estado del terreno	Neumáticos	
		Nuevos	Viejos
Hormigón	Seco	0,9 - 0,7	0,6 - 0,4
	Mojado	0,6 - 0,4	0,4 - 0,3
Asfalto grueso	Seco	0,9 - 0,7	0,6 - 0,4
	Mojado	0,6 - 0,4	0,4 - 0,3
Asfalto normal	Seco	0,9 - 0,7	0,6 - 0,4
	Mojado	0,6 - 0,4	0,4 - 0,3
Barro		0,2	0,1
Hielo		0,1	0,1

Figura 55: Coeficiente de rozamiento.

El sistema de frenado está en buen estado con una eficacia del 100%, por lo que el vehículo decelerará  $1g$  ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$V = 30,56 \frac{m}{s}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$\mu_r = 0,8$$

$$D_f = \frac{30,56^2}{2 \times 9,81 \times 0,8} = 59,5m$$

Resulta que la distancia de detención es:

$$D_p = D_r + D_f = 30,56 + 59,5 = 90m$$

Por tanto el turismo circula a 90 metros del camión.

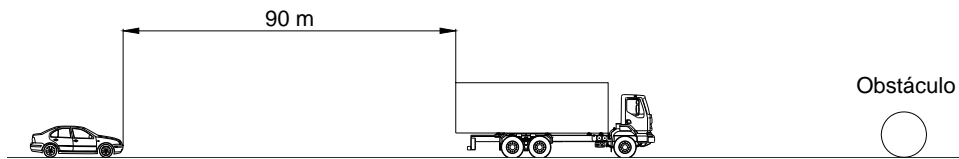


Figura 56: El turismo circula a una distancia de seguridad de 90 m.

Continuando con la reconstrucción se va a calcular la distancia de detención del camión tras aplicar los frenos. Las fórmulas utilizadas son de reconstrucción de accidentes en los que normalmente están involucrados turismos, no obstante se va utilizar para el caso del camión para no complicar en exceso el estudio.

El tiempo de reacción del conductor del camión es de 1 segundo al igual que en el caso del turismo. El camión circula a 90 Km/h, por lo que la distancia de reacción será la siguiente:

$$V = 90 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_r = 1\text{s}$$

$$D_r = 25 \times 1 = 25\text{m}$$

Tras la distancia de reacción el conductor del camión aplica los frenos. Como en prácticamente el 100% de los accidentes las luces traseras del camión están en buen estado, el conductor del turismo divisa las luces traseras del camión y entonces comienza su tiempo de reacción.

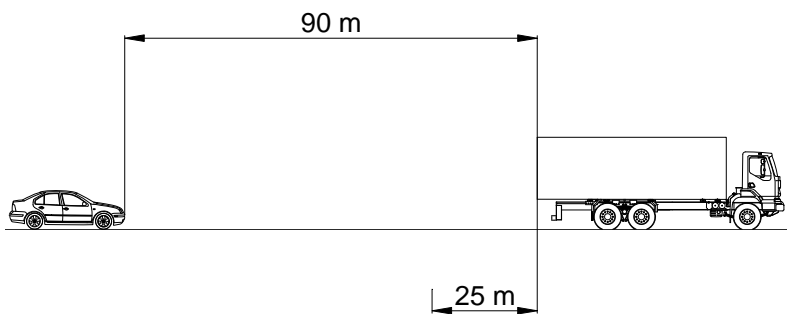


Figura 57: El conductor del turismo divisa la luz de freno del camión.

Por su parte el camión aplica los frenos y recorre la distancia de frenado siguiente:

$$V = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\mu_r = 0,8$$

$$D_f = \frac{25^2}{2 \times 9,81 \times 0,8} = 39,82m$$

Por lo que la distancia de parada del camión es de:

$$D_p = D_r + D_f = 25 + 39,82 = 64,82m$$

El turismo circula a una distancia de seguridad, calculada anteriormente, de 90 m, suficiente para detenerse sin colisionar con el camión que le precede. Pero como se está analizando un accidente cuya causa es la distracción por parte del conductor del turismo, la distancia de reacción de este varía sustancialmente.

Tarea de distracción	Duración de la tarea
Marcar un número de teléfono en el móvil	6 segundos
Responder a una llamada telefónica	4 segundos
Duración media de una conversación	1,5 minutos
Encender un cigarrillo	2 segundos
Ajustar la radio o reproductor de CD	3 segundos
Frecuencia de manipulación de la radio	8 veces/hora de conducción

Figura 58: Tiempo de distracción al realizar diversas tareas.

Según la figura 58 tomamos un tiempo de distracción correspondiente a una tarea común, el ajuste de la radio. Cuya duración es de 3 segundos.

$$V = 30,56 \frac{m}{s}$$

$$t_r = 3s(\text{distracción})$$

$$D_r = 30,56 \times 3 = 91,68m$$

El segundo sumando para calcular la distancia de parada, correspondiente a la distancia de frenado, no varía del calculado anteriormente.

$$D_f = 59,5m$$

Por tanto la distancia de parada será:

$$D_p = D_r + D_f = 91,68 + 59,5 = 151,18m$$

Ahora se va a recrear la secuencia completa del accidente:

El turismo circula a una distancia de seguridad de 90 m del camión. El conductor de éste divisa un obstáculo en la calzada. En ese momento aplica los frenos, entonces el conductor del turismo divisa la luz de freno y reacciona. A partir de ahí el turismo recorre su distancia

de reacción 91,68 m en 3 segundos. Aplicando la ecuación del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Decelerado, podemos calcular la posición del camión tras ese tiempo:

$$X = X_0 + V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$(a = \mu_r \times g)$$

$$X_0 = 0$$

$$V_0 = 30,56 \frac{m}{s}$$

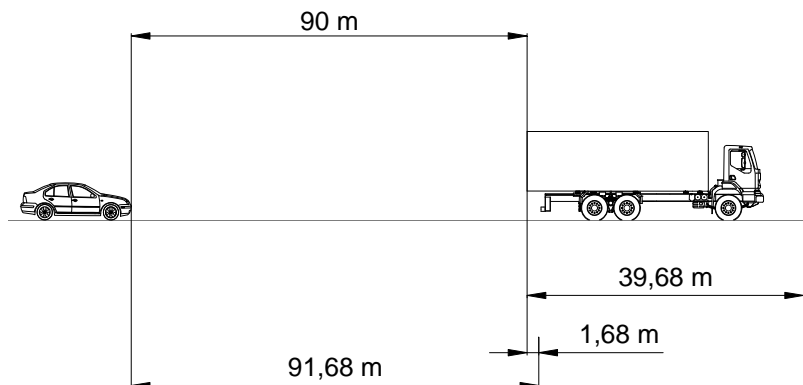
$$t = 3s$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2} (-)$$

$$\mu_r = 0,8$$

$$X = 25 \times 3 + \frac{1}{2} \times 0,8 \times (-9,81) \times 3^2 = 39,68m \approx 39,82m$$

Como la distancia de frenado total del camión es de 39,82 m, se puede decir que cuando el turismo comienza a frenar, el camión ya se ha detenido.



*Figura 59: Distancias recorridas por los vehículos desde la posición inicial.*

Tras recorrer su distancia de reacción, el turismo comienza a frenar, ambos vehículos se encuentran en ese momento a una distancia de 38m:

$$D = 91,68 - 90 = 1,68m$$

$$D = 39,68 - 1,68 = 38m$$

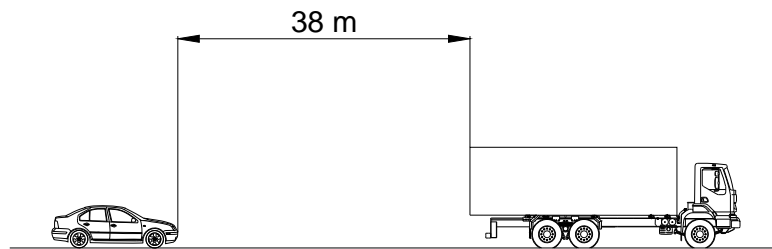


Figura 60: Posición de los vehículos cuando el conductor del turismo comienza a frenar.

En su frenada, el turismo recorre 59,5m, superiores a los 38 que separan ambos vehículos, por lo que se produce una colisión.



Figura 61: Colisión por alcance turismo – camión.

Aplicando las ecuaciones del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Decelerado es posible calcular la velocidad de colisión.

$$V_{\text{colisión}} = \sqrt{2 \times \mu_r \times g \times d + V^2}$$

$$V = 30,56 \frac{m}{s}$$

$$d = 38m$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2} (-)$$

$$\mu_r = 0,8$$

$$V_{\text{colisión}} = \sqrt{2 \times 0,8 \times (-9,81) \times 38 + 30,56^2} = 18,37 \frac{m}{s} = 66 \frac{Km}{h}$$

La colisión del turismo con el dispositivo de protección trasera del camión se produce a 66 Km/h.

## 5.2 Cálculo de la fuerza sobre el dispositivo

Una vez se dispone de la velocidad del turismo en el momento de colisionar con el paragolpes instalado en el camión, puede calcularse la fuerza que supone dicha colisión sobre el travesañ del dispositivo a partir del método de Campbell (Ver Anexo 13).

Para realizar el cálculo se supone que el empotramiento del turismo sobre el paragolpes es una colisión estrictamente frontal contra barrera rígida:



$$V = b_0 + b_1 \times D$$

Para tomar el valor de los coeficientes  $b_0$  y  $b_1$  se selecciona un turismo medio, categoría 3, según las tablas del NHTSA.

CATEGORIA 3	
Batalla (m)	2,581 - 2,804
Vía (m)	1.496
Longitud (m)	4.983
Anchura (m)	1.844
Peso (Kg)	1600

Figura 62: Dimensiones de un vehículo de categoría 3.

Así se obtiene el valor de los coeficientes para dicho turismo en un choque frontal.

Categoría 3	
Frontal	
$b_0$ (Km / h)	10,91
$b_1$ (Km /h) / cm	0,759

Figura 63: Coeficientes de un turismo de la categoría 3 para una colisión frontal.

Se trabaja con los valores de los coeficientes en SI:

$$b_0 = 10,91 \frac{Km}{h} = 3 \frac{m}{s}$$

$$b_1 = 0,759 \frac{\left(\frac{Km}{h}\right)}{cm} = 21s^{-1}$$

La velocidad de colisión se ha calculado en el apartado anterior:

$$V = 66 \frac{Km}{h} = 18,37 \frac{m}{s}$$

Una vez se dispone de todos los datos se despeja la deformación D en la ecuación:

$$D = \frac{(V - b_0)}{b_1} = \frac{(18,37 - 3)}{21} = 0,732m$$

A una velocidad de 18,37 m/s, en una colisión contra barrera rígida, se produce una profundidad de deformación en el frontal del vehículo de 0,732 m. Ahora se va a calcular la fuerza que supone esa deformación.

$$F = \frac{m \times b_1}{L} (b_0 + b_1 \times D)$$

$$m = 1.600Kg$$

$$L = 1,844m$$

$$D = 0,732m$$

$$b_0 = 3 \frac{m}{s}$$

$$b_1 = 21s^{-1}$$

$$F = \frac{1.600 \times 21}{1,844} (3 + 21 \times 0,732) = 334.761 \frac{N}{m}$$

Para una deformación residual de 0,732 m en el frontal del vehículo se produce una fuerza por unidad de anchura del mismo de 334761 N/m.

### 5.3 Análisis de la colisión por EEFF

El paragolpes diseñado ha superado sin problemas los requisitos de homologación. Ahora se va a someter a la fuerza que implica el alcance de un turismo en un accidente real para analizar su comportamiento.

Dicha fuerza se aplicará sobre una placa de igual longitud que el frontal del vehículo (Categoría 3: 1.844 mm), para simular la colisión de la forma más real posible.

$$F = 334.761 \frac{N}{m} \times 1,844m = 617.299N$$

La figura siguiente muestra las tensiones resultantes sobre el dispositivo:

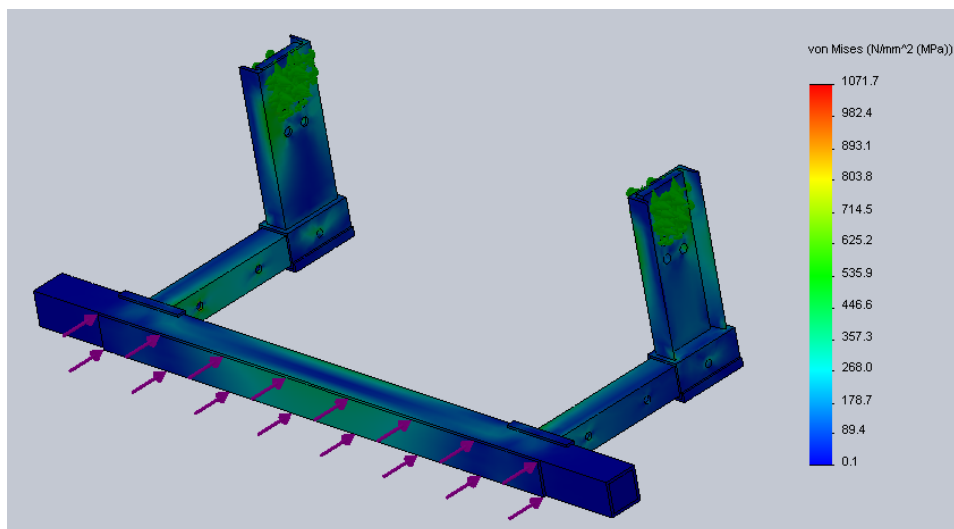


Figura 64: Análisis por EEFF de la colisión turismo – paragolpes.

La tensión máxima sobre el paragolpes es de 1.071,7 MPa. Se localiza en los soportes del dispositivo y también en los soportes del vástago.

PUNTO	CARGA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (MPa)
Placa de longitud 1.844 mm sobre el travesaño	617.299	1.071,7 (Soporte y soporte del vástago)

*Figura 65: Tabla – resumen colisión vehículo.*

#### 5.4 Conclusiones

Una vez completada la reconstrucción del accidente tras la realización del ensayo, se puede concluir que ante una colisión por alcance turismo – camión, el dispositivo se rompe. Por lo que no cumple su función de evitar que el turismo se empotre debajo de la caja del camión. En la colisión el dispositivo se ve sometido a una tensión muy superior a la del ensayo de homologación y supera el límite de rotura de los materiales utilizados como muestra la figura 65.

Elemento	Tensión rotura material	Tensión máxima (MPa)	Tensión máxima (MPa)
	(MPa)	(Ensayo homologación)	(Colisión turismo)
Soporte	470	281,86	1.071,70
Refuerzo soporte	410	266,79	1.002
Soporte vástago	410	261,03	1.071,70
Refuerzo	360	129,01	414,58
Vástago	360	193,1	864,4
Travesaño	360	143,51	456,6
Tapa	360	1	1,28

*Figura 66: Tabla resumen conclusiones.*



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

## **RECONSTRUCCIÓN DE UN ACCIDENTE POR ALCANCE**

---

## **6 CONCLUSIONES**

Este proyecto se puede dividir en dos partes. Una primera que comienza con el diseño del dispositivo en base a la legislación y concluye con la homologación del mismo. La segunda comprende la aplicación real del dispositivo en un accidente por alcance.

Las conclusiones obtenidas en la primera parte han sido satisfactorias. El ensayo de homologación mediante métodos virtuales se ha llevado a cabo correctamente, y los resultados son comparables a los que se obtienen en ensayos reales. De esta forma se ha podido completar toda la documentación de homologación necesaria.

En la segunda parte se demuestra que un dispositivo que supera los ensayos de homologación sin problemas no tiene por que funcionar correctamente en un accidente real. Todos los materiales empleados en la construcción de los elementos del paragolpes se han seleccionado de forma que la tensión generada en ellos durante la aplicación de las cargas de ensayo no llega siquiera a su límite elástico. Sin embargo, si se analiza su comportamiento en la realidad se comprueba que en un accidente por alcance turismo – camión las tensiones generadas sobre el dispositivo son mucho mayores que las anteriores. La velocidad de colisión del turismo es de 66 Km/h, velocidad que no resulta excesiva para una colisión de este tipo. Se supone en todo momento que la compatibilidad geométrica entre la parte de absorción de impactos del turismo y el travesaño del dispositivo es perfecta. La fuerza generada en el impacto sobre el dispositivo, produce unas tensiones, en muchos de sus elementos, cuatro veces superiores a las generadas durante el ensayo y que superan en mucho las tensiones de rotura de los materiales. Esto impide que el dispositivo cumpla su función, de forma que el turismo se empotra bajo la caja del camión con las consiguientes consecuencias.

La conclusión final sería que los requisitos legislativos para la homologación de dispositivos de protección trasera, en lo referente al valor de las cargas aplicadas en el ensayo, no reflejan las exigencias reales a las que se ven sometidos dichos dispositivos.

### **6.1 Desarrollo futuro**

Este proyecto supone una aproximación a la legislación de homologación de un dispositivo de protección trasera como unidad técnica independiente. Tras el análisis de las cargas de ensayo se comprueba que el valor de éstas no se ajusta a la realidad. Se propone como trabajo futuro la revisión completa del ensayo de homologación, y la selección de nuevas cargas que representen correctamente las fuerzas generadas en un accidente real.

### **6.2 Valoración personal**

Este proyecto fin de carrera ha supuesto para mí todo un reto, puesto que en un principio desconocía el tema de las homologaciones y ni siquiera sabía lo que era un dispositivo de protección trasera. Tras una amplia labor de estudio de la legislación aplicable y ganas e ilusión, empecé a trabajar en la simulación. Fue una tarea larga, difícil al principio, pero al final se cumplieron los objetivos del proyecto.

Gracias a este trabajo he podido utilizar conceptos de Elasticidad y Resistencia de Materiales aprendidos durante la carrera. Demostrando que estos años transcurridos en la universidad han dejado en mí una huella mayor de lo que podía imaginar. Tras este periodo de aprendizaje espero en un futuro no muy lejano llegar a ejercer adecuadamente la profesión que elegí hace unos años: Ingeniero Técnico Industrial.



---

## **7 BIBLIOGRAFÍA**

1. Directiva 70/221/CEE 2006/20 sobre depósitos de carburante y dispositivos de protección trasera. 17 de Febrero de 2006.
2. Reglamento nº 58 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) sobre protección trasera. Revisión 2. 11 de Julio de 2008.
3. Directiva 2007/46/CEE sobre homologación de vehículos de motor, remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinadas a dichos vehículos. 5 de Septiembre de 2007.
4. TELLER BEL, F<sup>co</sup> Javier. "Tipos de bastidores en los vehículos industriales". Centro-Zaragoza. Enero / Marzo 2011. Nº 47.
5. "El acero en la construcción". Asociación para la Promoción Técnica del Acero (APTA).
6. Reglamento General de Vehículos. "Anexo IX: Masas y Dimensiones". 3<sup>a</sup> Revisión. Febrero de 2010.
7. "Prontuario de Productos Siderometalúrgicos". Hierros Ebro S.A. Diciembre de 1995.
8. ABAD BLASCO, Javier, CANALÍS MARTÍNEZ, Paula y CARRERA ALEGRE, Marco. "Diseño de máquinas". Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza. Curso 2009 – 2010.
9. BEL CACHO, José David. "Apuntes de Elasticidad y Resistencia de Materiales". Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza.
10. DORIA, Juan y MATA, Javier. "Introducción a la mecánica. Estática". Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza.
11. MATA, Javier. "Curso de Sistemas Mecánicos. Cinemática y Dinámica". Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza.
12. VILLACORTA JIMÉNEZ, Javier. "Homologaciones de vehículos". Fundación CIDAUT.
13. OLONA, Ana L.. "Compatibilidad entre vehículos". Centro-Zaragoza. Julio / Septiembre 2004. Nº 21.
14. OLONA, Ana L.. "Compatibilidad entre vehículos". Centro-Zaragoza. Octubre / Diciembre 2004. Nº 22.
15. MOLINERO, Aquilino. "Accidentalidad de camiones de MMA superior a 3,5 t". Fundación CIDAUT. Noviembre de 2008.
16. ALBA LÓPEZ, Juan José, MONCLÚS GONZÁLEZ, Jesús e IGLESIA PULLA, Alberto. "Accidentes de tráfico: Manual básico de investigación y reconstrucción". Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico. Universidad de Zaragoza. 2001.
17. ALBA LÓPEZ, Juan José, ARAGÚAS VIÑAO, Joaquín e IGLESIA PULLA, Alberto. "Accidentes de tráfico: Introducción al análisis de deformaciones". Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico. Universidad de Zaragoza. 2001.
18. NICOLÁS FRAILE, Carlos. "¿Protección insuficiente?". Tráfico y Seguridad Vial. Mayo - Junio 2007.

19. AURIA APILLUELO, José M., IBAÑEZ CARABANTES, Pedro y UBIETO ARTUR, Pedro.  
"Dibujo Industrial. Conjuntos y Despieces". 2ª Edición. Paraninfo. 2005.



## 8 ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Directiva 70/221/CEE

#### ANEXO II

#### PROTECCIÓN TRASERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO

##### 5. ESPECIFICACIONES

5.1. Todo vehículo deberá estar construido y/o equipado de manera que ofrezca en todo su ancho una protección eficaz contra el empotramiento de los vehículos de las categorías M<sub>1</sub> y N<sub>1</sub> (1) que choquen con su parte trasera.

5.1 bis El vehículo se someterá a ensayo en las siguientes condiciones:

- estará parado sobre una superficie nivelada, plana, rígida y lisa,
- las ruedas delanteras estarán enderezadas,
- los neumáticos estarán inflados a la presión recomendada por el fabricante del vehículo,
- podrá estar sujetado por cualquier método especificado por el fabricante del vehículo, si ello es necesario para obtener las fuerzas de ensayo requeridas,
- si está equipado con una suspensión hidroneumática, hidráulica o neumática o con un dispositivo de nivelado automático en función de la carga, se someterá a ensayo con la suspensión o el dispositivo en el orden de marcha normal especificado por el fabricante.

5.2. Todo vehículo de una de las categorías M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>, O<sub>1</sub> u O<sub>2</sub> (1) cumplirá la condición contemplada en el punto 5.1:

- si cumple las condiciones contempladas en el punto 5.3, o
- si la altura libre sobre el suelo de la parte trasera del vehículo en vacío no supera los 55 cm sobre una anchura no inferior a la del eje trasero en más de 10 cm cada lado (exceptuando la dilatación del neumático en la proximidad del suelo).

Cuando existan varios ejes traseros, la anchura que debe tenerse en cuenta será la del eje trasero más ancho.

Esta disposición deberá respetarse a partir de una distancia de 45 cm medida desde el extremo trasero del vehículo.

5.3. Todo vehículo de una de las categorías N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> u O<sub>4</sub> (1) cumplirá la condición contemplada en el punto 5.1 cuando:

- el vehículo esté equipado con un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento, de conformidad con las disposiciones del punto 5.4, o
- la parte trasera del vehículo esté construida y/o equipada de manera que las partes que la integren puedan considerarse, debido a su forma y a sus características, como elementos que sustituyan al dispositivo de protección trasera contra el empotramiento. Se considerarán semejantes al dispositivo de protección trasera contra el empotramiento aquellos elementos cuya acción conjugada responda a las prescripciones del punto 5.4.

5.4. Un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento, en adelante denominado, «dispositivo», consistirá, por regla general, en un travesaño y en elementos de conexión a los largueros del bastidor o a aquello que haga sus veces.



Dicho dispositivo deberá presentar las siguientes características:

- 5.4.1. El dispositivo deberá montarse lo más cerca posible de la parte trasera del vehículo. Cuando el vehículo esté vacío <sup>(1)</sup>, ningún punto del borde inferior del dispositivo deberá estar a una altura superior a 55 cm del suelo;
- 5.4.2. La anchura del dispositivo no deberá superar en ningún punto la del eje trasero, medida en los puntos extremos de las ruedas, exceptuando la dilatación del neumático en la proximidad del suelo, ni ser inferior a ésta en más de 10 cm a cada lado. Si existen varios ejes traseros, la anchura que habrá de tenerse en cuenta será la del eje trasero más ancho;
- 5.4.3. La altura del perfil del travesaño deberá ser de, al menos, 10 cm. Los extremos laterales del travesaño no deberán estar curvados hacia atrás, ni presentar ningún borde cortante hacia el exterior; dicha condición se cumplirá cuando los extremos laterales del travesaño presenten el exterior redondeado, con un radio de curvatura mínimo de 2,5 mm;
- 5.4.4. El dispositivo podrá estar diseñado de manera que permita una modificación de su posición en la parte trasera del vehículo. En tal caso, deberá garantizarse, en posición de servicio, un sistema de bloqueo que impida toda modificación involuntaria de posición. La posición del dispositivo deberá poder modificarse mediante la aplicación, por parte del operador, de una fuerza no superior a 40 daN;
- 5.4.5. El dispositivo deberá ofrecer una resistencia suficiente a las fuerzas aplicadas paralelamente al eje longitudinal del vehículo y estar conectado, en posición de servicio, a los largueros del bastidor del vehículo o a aquello que haga sus veces.  

Se considerará cumplido este requisito cuando se demuestre que ni durante ni después de la aplicación de dichas fuerzas la distancia horizontal entre la parte trasera del dispositivo y el extremo de la parte trasera del vehículo no supera los 40 cm en ninguno de los puntos P1, P2 y P3. Dicha distancia se medirá con el vehículo vacío y excluyendo toda parte del mismo situada a más de 3 m del suelo;
- 5.4.5.1. Los puntos P1 estarán situados a una distancia de 30 cm de los planos longitudinales tangentes a los lados exteriores de las ruedas del eje trasero; los puntos P2, que se encontrarán en la línea de unión de los puntos P1, estarán dispuestos simétricamente con relación al plano longitudinal mediano del vehículo, a una distancia entre sí comprendida entre los 70 y los 100 cm incluidos. Su posición exacta será determinada por el fabricante. La distancia del suelo de los puntos P1 y P2 la determinará el fabricante del vehículo dentro de las líneas que delimiten horizontalmente el dispositivo. No obstante, dicha altura, con el coche vacío, no deberá superar los 60 cm. El punto P3 será el centro del segmento de recta P2P2;
- 5.4.5.2. A los dos puntos P1 y al punto P3 deberá aplicárseles sucesivamente una fuerza horizontal igual al 25 % de la masa total técnicamente admisible del vehículo, con un máximo de  $5 \times 10^4$  N;
- 5.4.5.3. A los dos puntos P2 deberá aplicárseles sucesivamente una fuerza horizontal igual al 50 % de la masa total técnicamente admisible del vehículo, con un máximo de  $10 \times 10^4$  N;
- 5.4.5.4. Las fuerzas indicadas en los puntos 5.4.5.2 y 5.4.5.3 deberán aplicarse por separado. El fabricante podrá especificar el orden en que se aplicarán dichas fuerzas;
- 5.4.5.5. Cuando se recurra a una prueba práctica para la comprobación de las anteriores prescripciones, deberán cumplirse las siguientes condiciones:
  - 5.4.5.5.1. El dispositivo deberá estar conectado a los largueros del bastidor del vehículo o a aquello que haga sus veces;
  - 5.4.5.5.2. Las fuerzas indicadas deberán aplicarse por medio de dispositivos convenientemente articulados (por ejemplo, mediante juntas universales), paralelamente al plano longitudinal mediano del vehículo, a través de una superficie de una altura máxima de 25 cm —la altura exacta deberá indicarla el fabricante— y de 20 cm de ancho, cuyos bordes verticales tengan un radio de curvatura de  $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  y cuyo centro esté situado sucesivamente en los puntos P1, P2 y P3.



- 5.4 bis En los vehículos equipados con una plataforma elevadora, la fijación del dispositivo de protección contra el empotramiento podrá estar interrumpida a fin de poder instalar el mecanismo. En tales casos se aplicará lo siguiente:
- 5.4 bis 1. La distancia lateral entre los elementos de fijación del dispositivo de protección contra el empotramiento y los elementos de la plataforma elevadora que hacen necesaria la interrupción no podrá ser superior a 2,5 cm;
- 5.4 bis 2. Cada uno de los elementos del dispositivo de protección contra el empotramiento deberá tener una superficie efectiva de, como mínimo, 350 cm<sup>2</sup>;
- 5.4 bis 3. Las dimensiones de los elementos individuales del dispositivo de protección contra el empotramiento deberán ser suficientes para cumplir los requisitos del punto 5.4.5.1, en el que se determinan las posiciones relativas de los puntos de ensayo. Si los puntos P1 se encuentran dentro de la zona de interrupción mencionada en el punto 5.4 bis, los puntos P1 que deberán utilizarse se situarán en el medio de la sección lateral del dispositivo de protección trasera contra el empotramiento;
- 5.4 bis 4. En la zona donde el dispositivo de protección contra el empotramiento se interrumpe para poder instalar la plataforma elevadora no será necesario que se cumplan los requisitos del punto 5.4.1.
- 5.5. No obstante las disposiciones precedentes, los vehículos de los tipos siguientes podrán no ajustarse a las prescripciones del presente Anexo en lo referente a la protección trasera contra el empotramiento:
- tractores para semirremolques,
  - remolques destinados al transporte «suspendido» de madera sin desbastar o de otras piezas de gran longitud,
  - vehículos para los cuales la existencia de una protección trasera contra el empotramiento sea incompatible con su utilización.

## 8.2 Anexo 2: Reglamento n° 58 CEPE/ONU Revisión 2

### ANEXO 5

#### CONDICIONES Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

1. CONDICIONES DE ENSAYO DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN TRASERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO
  - 1.1 A petición del fabricante, el ensayo podrá efectuarse:
    - 1.1.1 en un vehículo del tipo para el que el dispositivo de protección trasera contra el empotramiento esté destinado; en este caso, se cumplirán las condiciones establecidas en el punto 2; o bien
    - 1.1.2 en un elemento del bastidor del tipo de vehículo para el que el dispositivo de protección trasera contra el empotramiento esté destinado; dicho elemento será representativo de los tipos de vehículo de que se trate; o bien
    - 1.1.3 en un banco de ensayo.
  - 1.2 En el caso de los puntos 1.1.2 y 1.1.3, los elementos utilizados para fijar el dispositivo de protección trasera contra el empotramiento al elemento del bastidor del vehículo o al banco equivaldrán a los que se utilizan para fijar el dispositivo cuando éste se haya instalado en el vehículo.
  - 1.3 A petición del fabricante y con el consentimiento del servicio técnico, el procedimiento de ensayo descrito en el punto 3 podrá simularse mediante cálculos.
2. CONDICIONES DE ENSAYO DE LOS VEHÍCULOS
  - 2.1 El vehículo estará parado sobre una superficie horizontal, plana, rígida y lisa.
  - 2.2 Las ruedas delanteras estarán en posición recta.
  - 2.3 Los neumáticos estarán inflados a la presión recomendada por el fabricante del vehículo.
  - 2.4 Cuando sea necesario para obtener las fuerzas de ensayo prescritas en el punto 3.1 siguiente, el vehículo podrá ser sujetado por cualquier método, que el fabricante del vehículo especificará.
  - 2.5 Los vehículos equipados de un suspensión hidroneumática, hidráulica o neumática o de un dispositivo de corrección automática de la altura en función de la carga se someterán a ensayo con la suspensión o el dispositivo en las condiciones de marcha normal especificadas por el fabricante.
3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
  - 3.1 Las prescripciones de los puntos 7.3 y 25.6 del presente Reglamento se comprobarán mediante mandriles de ensayo adecuados; las fuerzas correspondientes a los ensayos prescritos en los puntos 3.1.1 y 3.1.2 siguientes se aplicarán por separado y consecutivamente a través de una superficie que no excederá los 250 mm de alto (el fabricante indicará la altura exacta) y los 200 mm de ancho, con un radio de curvatura de  $5 + 1$  mm en las aristas verticales. El fabricante determinará la distancia del suelo del centro de la superficie dentro de las líneas que delimiten horizontalmente el dispositivo. No obstante, cuando el ensayo se realice en un vehículo, la altura no superará los 600 mm cuando el vehículo esté vacío. El fabricante podrá especificar el orden en que se aplicarán las fuerzas.
    - 3.1.1 Se aplicará consecutivamente una fuerza horizontal de 100 kN o del 50 % de la fuerza generada por la masa máxima del vehículo, la que sea menor, a dos puntos situados simétricamente con respecto al eje medio del dispositivo o del vehículo, según corresponda, separados un mínimo de 700 mm y un máximo de 1 m. El fabricante especificará el emplazamiento exacto de los puntos de aplicación.
    - 3.1.2 En los casos previstos en los puntos 1.1.1 y 1.1.2 del presente anexo, se aplicará consecutivamente una fuerza horizontal de 50 kN o del 25 % de la fuerza generada por la masa máxima del vehículo, la que sea menor, a dos puntos situados a  $300 + 25$  mm de los planos longitudinales tangentes a los puntos extremos exteriores de las ruedas del eje trasero y a un tercer punto situado en la línea que une a estos dos puntos, en el plano medio vertical del vehículo.

- 3.1.3 En los casos previstos en el punto 1.1.3 del presente anexo, se aplicará consecutivamente una fuerza horizontal de 50 kN o del 25 % de la fuerza generada por la masa máxima del vehículo al que esté destinado el dispositivo, la que sea menor, a dos puntos situados donde elija el fabricante del dispositivo de protección trasera contra el empujamiento y a un tercer punto situado en la línea que une a estos dos puntos, en el plano medio vertical del dispositivo.
- 3.2 Puntos de aplicación de fuerzas alternativas
- Si un punto definido en el punto 3.1 está situado en la zona de interrupción del dispositivo de protección contra el empujamiento mencionada en los puntos 7.4 o 25.8 del presente Reglamento, las fuerzas de ensayo se aplicarán en los puntos alternativos situados:
- 3.2.1 en el caso de lo prescrito en el punto 3.1.1, en el eje horizontal y a 50 mm de cada extremo vertical más cercano a los puntos de aplicación de fuerzas previstos, definidos en dicho punto, y
- 3.2.2 en el caso de lo prescrito en el punto 3.1.2, en la intersección de los ejes horizontal y vertical de cada elemento más alejado del eje vertical del dispositivo o del vehículo, según corresponda. Estos puntos se situarán a un máximo de 325 mm de los planos longitudinales tangentes a los puntos extremos exteriores de las ruedas del eje trasero.

### 8.3 Anexo 3: Tablas de selección de los aceros utilizados

**S**                      **355**                      **XXX**  
 Simbolos adicionales (ver cuadro adjunto)  
 valor mínimo garantizado del límite elástico en MPa  
 símbolo S, del acero

#### Simbolos adicionales para los aceros de construcción

Simbolos adicionales para los aceros de construcción			
GRUPO 1			GRUPO 2
Características de flexión por choque en Julios (J)			Temperatura de ensayo
27J	40J	60J	°C
JR	KR	LR	20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

C= Conformado especial en frío  
 D= Galvanización en caliente  
 E= Esmaltado  
 F= Forjado  
 H= Perfil hueco  
 L= Baja temperatura  
 M= Laminación termomecánica  
 N= Normalizado o laminado de normalización  
 P= Tablestacas  
 Q= Templado y revenido  
 S= Construcción naval  
 T= Tubos  
 W= Resistentes a la corrosión atmosférica

A= Endurecimiento por precipitación  
 M= Laminación termomecánica  
 N= Normalizado o laminado de normalización  
 Q= Templado y revenido  
 G= Otras características

Nota: los símbolos A, M, N y Q se aplican a los aceros de grano fino

El uso de los distintos grados del acero es el siguiente:

- Grado JR: aplicación en construcción ordinaria
- Grado J0: aplicación en construcción con altas exigencias de soldabilidad
- Grado J2: aplicación en construcción con especiales exigencias de resistencia, resiliencia y soldabilidad

#### Propiedades mecánicas a temperatura ambiente de los productos planos y largos (1 de 2)

Designación según	UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2	Límite elástico, mínimo, $R_{eH}^a$ , en MPa <sup>b</sup>								Resistencia a tracción $R_m^a$ , en MPa <sup>b</sup>				
			Espesor nominal, en milímetros								Espesor nominal en milímetros				
			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 250 ≤ 400 <sup>c</sup>	≤ 3	> 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S 235 JR	1.0038	235	225	215	215	215	195	185	175	-	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	-
S 235 J0	1.0114	235	225	215	215	215	195	185	175	-	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	-
S 235 J2	1.0117	235	225	215	215	215	195	185	175	165	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	330 a 480
S 275 JR	1.0044	275	265	255	245	235	225	215	205	-	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	-
S 275 J0	1.0143	275	265	255	245	235	225	215	205	-	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	-
S 275 J2	1.0145	275	265	255	245	235	225	215	205	195	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	380 a 540
S 355 JR	1.0045	355	345	335	325	315	295	285	275	-	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	-
S 355 J0	1.0553	355	345	335	325	315	295	285	275	-	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	-
S 355 J2	1.0577	355	345	335	325	315	295	285	275	265	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	450 a 600
S 355 K2	1.0596	355	345	335	325	315	295	285	275	265	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	450 a 600
S 450 J0 <sup>d</sup>	1.0590	450	430	410	390	380	380	-	-	-	-	550 a 720	530 a 700	-	-

a Para chapas, bandas y planos de anchura > 600 mm, los valores se aplican a la dirección transversal "t". Para los demás productos los valores se aplican a la dirección paralela "l" a la de laminación.

b 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

c Los valores son aplicables a los productos planos.

d Aplicable a productos largos solamente

8.4 Anexo 4: Masas y dimensiones

Febrero 2010 Rev. 3<sup>o</sup>

# MASAS Y DIMENSIONES

## MASAS POR EJE MÁXIMAS PERMITIDAS

Eje simple		Eje tándem		Tándem triaxial
Eje motor 11,5 Tm	Eje no motor 10 Tm			
Autobuses (clase A y B) 11,5 Tm Autobuses URBANOS (clase I) 13 Tm Autobuses INTERURBANOS (clase II y III) 12,6 Tm TODOS los autobuses (eje no motor) 10 Tm		Distancia entre ejes	Vehículo motor	Remolque o semirremolque
		d < 1 m	11,5 Tm	11 Tm
		1 m < d < 1,2 m	16 Tm	16 Tm
		1,2 m < d < 1,8 m	18 Tm	18 Tm o 20 Tm
		d > 1,8 m	22 Tm	20 Tm
				d = distancia entre ejes traseros

(a) Cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado de neumáticos dobles y la MMA de cada eje no exceda de 9,5 Tm.  
(b) Para semirremolques equipados con caja basculante reforzada para la utilización específica en construcción, obras o minería.

## MASAS MÁXIMAS AUTORIZADAS

Vehículos de motor de dos ejes		Vehículos de motor de tres ejes	Vehículos de motor rígidos de cuatro ejes
18 Tm	Autobuses (clase A y B) 18 Tm Autobuses URBANOS (clase I) 20 Tm Autobuses INTERURBANOS (clase II y III) 19 Tm	25/26 <sup>(a)</sup> Tm	31/32 <sup>(b)</sup> Tm
Remolques de dos ejes	Remolques de tres ejes	Vehículos articulados de cuatro ejes	Trenes de carretera de cuatro ejes
18 Tm	24 Tm	36/38 <sup>(c)</sup> Tm	36 Tm
Vehículos articulados de cinco o más ejes	Vehículos articulados de cinco o más ejes	Trenes de carretera de cinco o más ejes	Autobuses articulados de tres ejes
40 Tm	Transporte combinado homologado 44 Tm CONTENEDOR ISO ≥ 20 PIES O CAJA MÓVIL CERRADO 44 Tm CONTENEDOR ISO ≥ 20 PIES O CAJA MÓVIL CERRADO 42 Tm CONTENEDOR ISO ≥ 20 PIES O CAJA MÓVIL CERRADO	40 Tm	28 Tm

(a) Cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado de neumáticos dobles y la MMA de cada eje no exceda de 9,5 Tm.  
(b) Vehículo rígido de cuatro ejes con dos direccionales, cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, o cuando cada eje motor esté equipado de neumáticos dobles y la MMA de cada eje no exceda de 9,5 Tm.  
(c) 1. Cuando el eje motor vaya equipado con ruedas gemelas, suspensión neumática o reconocida como equivalente, la distancia entre ejes del semirremolque sea > 1,8 m, y se respeten las MMA del vehículo motor (18 Tm) y la MMA de un eje tándem del semirremolque (20 Tm).  
2. Cuando el semirremolque (1,3 m < d < 1,8 m) esté equipado con caja basculante reforzada para la utilización específica en construcción, obras o minería será de 38 Tm, siempre que la carga impuesta sobre el dispositivo de acoplamiento sea compatible con las masas máximas por eje establecidas en el apartado de "Masas por eje máximas permitidas".

## DIMENSIONES MÁXIMAS AUTORIZADAS (sin tolerancia positiva) incluida la carga

Longitud máxima autorizada		Anchura máxima autorizada	
<b>Vehículos de motor, excepto autobuses</b>	<b>Trenes de carretera</b>	2,55 m	2,60 m
12 m	A + B = 16,5 m 16,40 m 18,75 m	Superestructura de vehículos acondicionados y autobuses especialmente acondicionados para el traslado de presos.	
<b>Remolques</b>	<b>Especializados en transporte de vehículos circulando vacío</b>	Vehículos acondicionados: Un vehículo acondicionado es cualquier vehículo cuyos superestructuras fijas o móviles estén parcialmente equipadas para el transporte de mercancías a temperaturas dirigidas y en el que el espesor de cada pared lateral, incluido el aislamiento, sea de 45 mm, como mínimo.	
		<b>Altura máxima autorizada</b>	
12 m	20,55 <sup>(a)</sup> m	4 m	
<b>Vehículos articulados, excepto autobuses</b>		Excepciones: + Autobuses urbanos (clase I) 4,20 m + Camiones (rigidos) y conjuntos de vehículos (trenes de carretera y vehículos articulados), cuando estén especializados en el transporte de vehículos + Vehículos grúa para remolque de vehículos averiados + Transporte de contenedores ISO cerrados grandes. 4,50 m	
16,50 m			
<b>Autobuses y autocares</b>			
15 m	18,75 m	4 m	
13,50 m	18,75 m	4 m	
15 m	18,75 m	4 m	

(a) Esta longitud puede autorizarse utilizando un voladizo o soporte de carga trasero autorizado para ello. El voladizo o soporte de carga trasero no podrá sobresalir en relación a la carga. La carga podrá sobresalir por detrás, sin exceder el total autorizado, siempre que el último eje del vehículo que se transporta descansa en la estructura del remolque. La carga no podrá sobresalir por delante del vehículo de tracción.

**ACLARACIÓN A "DIMENSIONES MÁXIMAS AUTORIZADAS"**

En el art. 16 del RD 1428/2003 se indica que la carga no sobrepasará de la proyección en planta del vehículo salvo en los casos y condiciones siguientes:

a. en los vehículos destinados exclusivamente al transporte de mercancías, tratándose de cargas indivisibles (vagos, postes, tubos) y siempre que se cumplan las condiciones establecidas para su estiba y acondicionamiento, podrán sobrepasar:

i. En vehículos de longitud > 15 m, 2 m por la parte anterior y 1 m por la parte posterior.

ii. En vehículos de longitud < 15 m, 1,5 de la longitud del vehículo por cada extremo anterior o posterior.

En todo caso la carga que sobrepasará deberá ser señalizada por medio de la señal V.30.

**NO SE PERMITE LA CIRCULACIÓN DE:**

1) Vehículos con ruedas neumáticas o de elasticidad similar que ejerzan sobre el pavimento una presión superior a 9 kg/cm<sup>2</sup> de superficie bruta de apoyo.

2) Vehículos de tracción animal provistos de ruedas no neumáticas, o de elasticidad similar con masa en carga que sobrepase los 50 kg/cm<sup>2</sup> de banda de rodadura.

3) Vehículos en que los neumáticos soporten cargas superiores a las que determinen las normas de seguridad (Índice de carga y velocidad máxima).

4) Trenes de carretera en los que la distancia entre el eje posterior del vehículo motor y el delantero del remolque sea < 3 m.

5) Vehículo o conjunto de vehículos en los que la masa soportada por el eje motor o los ejes motores sea inferior al 25% de masa total en carga del vehículo o conjunto de vehículos.

6) Vehículos de motor de 4 ejes cuya MMA en Tm sea superior a 1 vez la distancia en metros comprendido entre los centros de los ejes extremos.

Anexo 10 del Reglamento General de Vehículos actualizado con Orden PRE/3598/2004 y corrección de errores y la Orden PRE/52/2010

## 8.5 Anexo 5: Cálculos de diseño

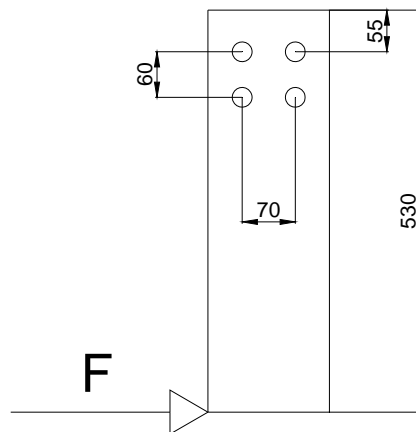
### 8.5.1 Unión atornillada. Bastidor - soporte

La unión atornillada más desfavorable entre el perfil UPN y el bastidor es la correspondiente a la mínima altura del perfil de éste, es decir 150 mm. Ya que esta unión dispone de menos superficie que en los casos de alturas mayores.

En este caso se utilizarán 4 tornillos de calidad 12.9. El primero de estos dos números, separados por un punto, indica el valor nominal del límite de rotura por 100 en  $\text{N}/\text{mm}^2$ , en este caso  $1200 \text{ N}/\text{mm}^2$ . El segundo, el valor nominal del límite elástico en  $\text{N}/\text{mm}^2$ , en este caso  $900 \text{ N}/\text{mm}^2$ . Lo que se va a calcular a continuación es la métrica de los tornillos a utilizar.

El cálculo a realizar es el siguiente:

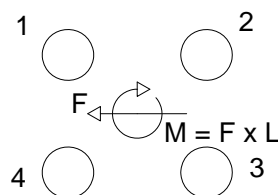
Se quiere determinar el diámetro resistente necesario de los tornillos que fijan el perfil UPN sobre la cara del perfil en U del bastidor del vehículo, conociendo que los tornillos tienen una calidad de 12.9 ( $\sigma_{\text{Fluencia}} = 1200 \text{ MPa}$ ). El diámetro de todos ellos es idéntico y se trabaja con un coeficiente de seguridad de 1,5. Los tornillos están dispuestos sobre la cara del perfil UPN como se muestra a continuación:



Se considera como fuerza aplicada sobre el perfil la máxima utilizada en el ensayo: 100.000 N.

En el centro de gravedad de la unión atornillada existe una fuerza de igual valor y sentido contrario a la aplicada en el extremo del perfil y un momento resultante de multiplicar esa fuerza por la distancia hasta dicho punto:

$$L = 530\text{mm} - 55\text{mm} - \left(\frac{60}{2}\right)\text{mm} = 445\text{mm}$$





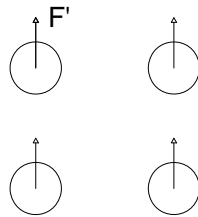
Por tanto:

$$F = 100.000N$$

$$M = F \times L = 44.500.000Nmm$$

En primer lugar se divide la fuerza entre el número de tornillos para calcular así la fuerza resultante sobre cada uno de ellos:

$$F_i' = \frac{F}{n^{\circ} \text{ tornillos}}$$



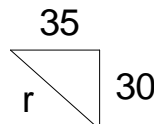
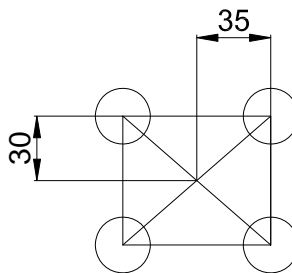
$$F' = \frac{100.000N}{4} = 25.000N$$

$$F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_4 = 25.000N$$

Ahora se calcula la fuerza resultante en cada tornillo a causa del momento:

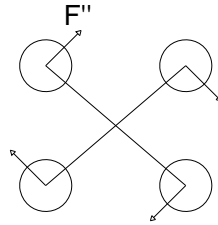
$$F_i'' = \frac{M \times r_i}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2}$$

En este caso la distancia  $r$  al centro de gravedad de cada tornillo es la misma, por tanto  $F''$  será idéntica para todos ellos.



$$r = \sqrt{30^2 + 35^2} = 46mm$$

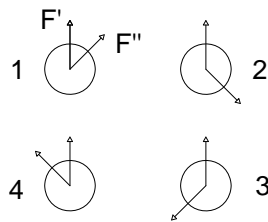
Ahora ya se puede obtener  $F''$ :



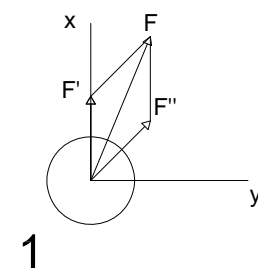
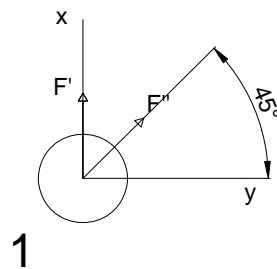
$$F_i'' = \frac{44.500.000 \text{ Nmm} \times 46 \text{ mm}}{4 \times 46^2 \text{ mm}^2} = 241.847,82 \text{ N}$$

$$F''_1 = F''_2 = F''_3 = F''_4 = 241.847,82 \text{ N}$$

Solapando las dos figuras anteriores:



Como se puede comprobar en la imagen los tornillos más desfavorables son el 1 y el 4. Se toma el tornillo 1 y se calcula la fuerza resultante.



$$\overline{F}_i = \overline{F}'_i + \overline{F}''_i$$

$$\overline{F}'_1 = 25.000 \text{ iN}$$

$$\bar{F}''_1 = 171.012,23\bar{i} + 171.012,23\bar{j}N$$

$$\bar{F}_1 = \bar{F}'_1 + \bar{F}''_1 = 196.012,23\bar{i} + 171.012,23\bar{j}N$$

Ahora se calcula el módulo de la fuerza:

$$F_1 = \sqrt{(196.012,23)^2 + (171.012,23)^2} = 260.126,85N$$

La fuerza resultante sobre el tornillo que se encuentra en la posición más desfavorable es 260.126,85N.

Ahora se calcula el cortante máximo que actúa sobre el tornillo a partir de la Teoría de la tensión cortante máxima:

$$C_s = \frac{\sigma_F}{2 \times \tau_{\max}}$$

Se despeja el cortante máximo de la ecuación anterior:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_F}{2 \times C_s}$$

Sustituyendo los valores, recordar que la tensión de fluencia viene dada por la calidad del tornillo 12.9 y el coeficiente de seguridad con el que se quiere trabajar de 1,5.

$$\tau_{\max} = \frac{1.200MPa}{2 \times 1,5} = 400MPa$$

Ahora se puede calcular el Área resistente del tornillo teniendo en cuenta que este trabaja a simple cortadura.

$$\tau = \frac{F}{A_{\text{resistente}}}$$

$$A_{\text{resistente}} = \frac{F}{\tau} = \frac{260.126,85N}{400MPa} = 650,32mm^2$$

Ya se conoce el valor del área resistente 650,32mm<sup>2</sup>, ahora se puede conocer el diámetro resistente:

$$A_{\text{resistente}} = \pi \left( \frac{d_{\text{resistente}}}{2} \right)^2$$

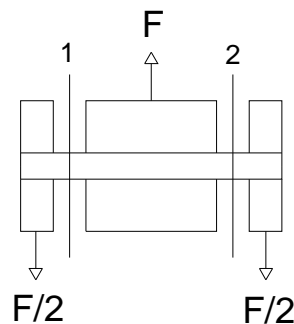
$$d_{\text{resistente}} = 28,77mm \approx 29mm$$

Se usarán tornillos de M29 calidad 12.9. Desde 4 tornillos, cuando las dimensiones del perfil del vehículo sean mínimas (150mm), hasta un total de 8 tornillos, en el caso de que la altura sea máxima (330mm).

### 8.5.2 Bulón o pasador. Vástago – soporte del vástago

En este apartado se va a calcular el diámetro necesario del pasador o bulón que une el vástago y el soporte del vástago.

El bulón va a trabajar a doble cortadura (dos planos de corte):



Entonces la tensión cortante se calculará de la siguiente forma:

$$\tau = \frac{F}{2 \times A}$$

El material del bulón es un acero de límite elástico 355 MPa. Este bulón es un componente de gran importancia en el conjunto ya que, como marca la directiva, debe evitar toda modificación involuntaria de la posición del dispositivo en servicio. Por tanto, el cálculo se realiza desde el lado de la seguridad, por lo que se utiliza el valor del límite elástico del material, en lugar del de rotura. Según la Teoría de la tensión cortante máxima con un coeficiente de seguridad de 1,5:

$$C_s = \frac{\sigma_{elástico}}{2 \times \tau_{max}}$$

Se despeja la tensión cortante máxima en la ecuación anterior:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{elástico}}{2 \times C_s} = \frac{355MPa}{2 \times 1,5} = 118,33MPa = \tau_{admisible}$$

Se considera de nuevo que la fuerza es la mayor de las utilizadas en el ensayo: 100.000N. Se igualan ahora las dos ecuaciones y se impone la condición de que la tensión de trabajo no puede ser mayor a la tensión admisible calculada anteriormente.

$$\tau = \frac{F}{2 \times A} \leq \tau_{admisible} = 118,33MPa$$

$$A \geq \frac{F}{2 \times \tau_{admissible}} = \frac{100.000N}{2 \times 118,33MPa} = 422,55mm^2$$

$$A \geq 422,55mm^2$$

Por último queda despejar el diámetro:

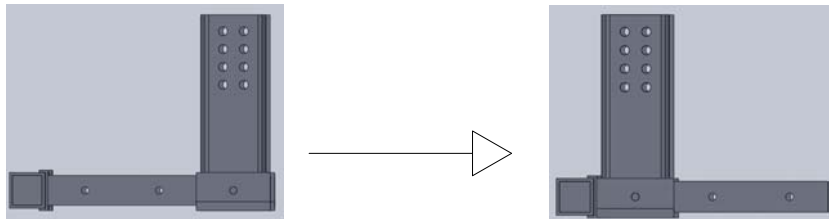
$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{422,55mm^2}{\pi}} = 23,2mm \approx 24mm$$

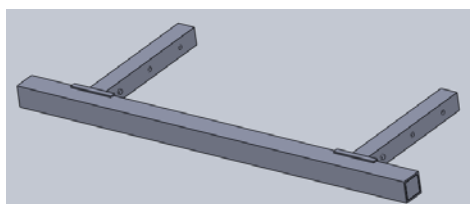
El bulón debe ser de acero de límite elástico 355MPa y tener al menos un diámetro de 24mm.

### 8.5.3 Fuerza necesaria para modificar la posición del dispositivo

La parte del dispositivo que debe moverse para modificar su posición es el conjunto formado por el travesaño y el vástago de ambos lados.



Este conjunto desliza sobre la superficie de la cara inferior del soporte del vástago.



A partir de un prontuario se define el peso lineal de los perfiles del travesaño y el vástago. Se desprecia el peso de los refuerzos y las tapas por ser sus dimensiones insignificantes en relación a los otros elementos.

- Vástago: Perfil 100 x 100 x 10

$$25,6 \frac{Kg}{m}$$

- Travesaño: Perfil 120 x 120 x 10

$$31,8 \frac{Kg}{m}$$

Multiplicando ese dato por la longitud de cada uno se obtiene la masa total del conjunto:

- Vástago: Longitud 750 mm (un vástago a cada lado)

$$M_{Vástago} = 0,75 \times 25,6 = 19,2 \times 2 = 38,4Kg$$

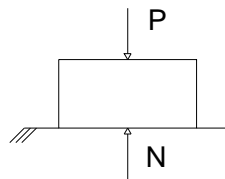
- Travesaño: Longitud 2.400 mm

$$M_{Travesaño} = 2,4 \times 31,8 = 76,32Kg$$

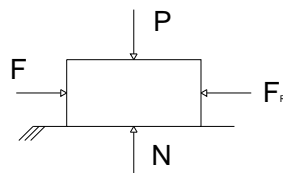
$$M_{TOTAL} = 38,4 + 76,32 = 114,72 \approx 115Kg$$

La masa total del conjunto que el operario debe empujar será de 115 Kg apoyados sobre la cara inferior del soporte del vástago. Por tanto el problema se puede plantear de la siguiente forma:

Un cuerpo (conjunto travesaño – vástagos) de masa  $m$  apoyado sobre una superficie plana horizontal (cara inferior del soporte del vástago). Sobre el cuerpo actúa el peso  $P$  y la reacción de la superficie  $N$ .



Para poder desplazar el cuerpo hay que aplicar una fuerza horizontal  $F$ . Debido a la rugosidad de las superficies en contacto se produce una oposición al movimiento  $F_R$  (fuerza de rozamiento).



El valor máximo de la fuerza de rozamiento se produce antes de iniciarse el movimiento (rozamiento estático).

$$F_R = \mu_S \times N$$

El valor del coeficiente de rozamiento estático depende de los tipos de materiales en contacto. Para este caso los materiales de ambas superficies son aceros, por lo que se va a utilizar el valor del coeficiente de rozamiento estático para el caso de metal sobre metal que varía entre 0,15 y 0,60. El valor que se va a utilizar es 0,15 que corresponde a metal lubricado, ya que a la hora de modificar la posición del vástago en el dispositivo se recomienda lubricar el interior de las caras del soporte del vástago, con el fin de facilitar la operación.



Ahora ya se puede calcular el valor de F:

$$m = 115\text{Kg}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\mu_s = 0,15$$

$$P = m \times g = 115 \times 9,81 = 1128\text{N}$$

$$N = P = 1128\text{N}$$

Para poder comenzar el movimiento la fuerza F debe ser superior a la de rozamiento:

$$F_R = \mu_s \times N = 0,15 \times 1128 = 169,2\text{N}$$

$$F > F_R$$

$$F > 169,2\text{N}$$

Según la Directiva 70/221 la fuerza aplicada por el operario no debe ser superior a 400 N. El requisito queda cumplido ya que la fuerza necesaria para modificar la posición del dispositivo en este caso tan solo debe ser superior a 169,2 N.

---

## **8.6 Anexo 6: Validación del método de ensayo según Directiva 2007/46/CEE**

### **8.6.1 Directiva 2007/46/CEE**

La Directiva 2007/46 presenta en el Apéndice 1 de su Anexo XVI las condiciones generales exigidas a los métodos virtuales de ensayo:

#### Apéndice 1

#### CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS A LOS MÉTODOS VIRTUALES DE ENSAYO

##### 1. Modelo de ensayo virtual

El siguiente esquema debe utilizarse como estructura básica para describir y realizar los ensayos virtuales:

- a) finalidad;
- b) modelo estructural;
- c) condiciones límite;
- d) hipótesis de carga;
- e) cálculo;
- f) evaluación;
- g) documentación.

##### 2. Fundamentos de la simulación y el cálculo por ordenador

###### 2.1. Modelo matemático

El modelo de simulación y de cálculo facilitado por el solicitante debe reflejar la complejidad del vehículo o la estructura de sus componentes en combinación con los requisitos del acto reglamentario y las condiciones límite.

El modelo debe facilitarse al servicio técnico.

###### 2.2. Validación del modelo

El modelo debe validarse comparándolo con las condiciones reales de ensayo. Debe demostrarse que son comparables los resultados del modelo con los de los procedimientos convencionales de ensayo.

###### 2.3. Documentación

El solicitante debe proporcionar los datos e instrumentos auxiliares utilizados para la simulación y el cálculo, que deberán documentarse debidamente y archivarlos.



### **8.6.2 Modelo de ensayo virtual**

La finalidad que se busca con la realización del ensayo virtual es la de someter al dispositivo diseñado a las cargas de ensayo que indica la Directiva 70/221 para comprobar su resistencia. Además de esto, el objetivo principal del ensayo es el de conocer el valor del desplazamiento máximo en los puntos del dispositivo donde se aplican las cargas. Este valor determina el punto exacto de colocación del dispositivo respecto de la parte trasera del camión.

El modelo estructural que se va a estudiar corresponde a un diseño 3D que reproduce fielmente el dispositivo. Entre todos los elementos del dispositivo existen relaciones de posición de las mismas características que las reales con el fin de que las interacciones entre ellos se ajusten a la realidad en todo momento. También es importante destacar la validez de la unión del dispositivo al bastidor del vehículo, que se ha realizado mediante una sujeción de geometría fija sobre la unión atornillada del soporte. El material del paragolpes queda perfectamente definido en el modelo virtual para comprobar que soporta las tensiones que se generan durante la aplicación de cargas. Todas estas condiciones límite aseguran que el dispositivo queda completamente definido y su comportamiento es real.

Las cargas de ensayo se han aplicado sobre el paragolpes mediante una placa de dimensiones determinadas y similares a las de la superficie que se usa en el ensayo real para este fin. En cuanto a la magnitud de dichas cargas es la indicada por la Directiva de aplicación para la realización del ensayo de este tipo de dispositivos.

El cálculo de los resultados se ha realizado mediante EEFF. Y posteriormente se ha llevado a cabo la evaluación de los datos obtenidos para seleccionar los que era necesario incluir en el informe de ensayo.

En apartados siguientes se incluye toda la documentación necesaria: los fundamentos del método matemático utilizado, un pequeño informe que valide los resultados obtenidos y toda la documentación sobre el software utilizado tanto en el diseño del modelo como en la realización del ensayo virtual.

### **8.6.3 Fundamento de la simulación y el cálculo por ordenador**

#### **8.6.3.1 Modelo matemático**

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es un método numérico para la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales. Su desarrollo desde los años cincuenta hasta la actualidad ha sido constante y actualmente puede considerarse como el método numérico más extendido en la mayoría de los ámbitos de la ingeniería. Su utilización permite la resolución de problemas tales como análisis de flujos de calor, potenciales eléctricos, cálculo de la resistencia de piezas o elementos mecánicos, cálculos estructurales, etc.

El MEF está basado en la formulación débil de un problema consistente en un sistema de ecuaciones diferenciales. Consiste básicamente en pasar del problema diferencial a un problema integral mediante dicha formulación, y posteriormente convertir el problema integral en uno algebraico (fácil de resolver por un ordenador) gracias a la discretización del dominio en elementos.

#### **Estructura de un programa de Elementos Finitos**

Un programa de Elementos Finitos consta esencialmente de tres partes:

- Preproceso o introducción de los datos de entrada.
- Cálculo o Análisis.

- Postproceso o gestión de los resultados.

A continuación se describen brevemente cada uno de estos tres apartados:

### **Preproceso**

A continuación se describen los apartados necesarios a introducir para definir el problema:

a) Unidades: Es conveniente decidir a priori el sistema de unidades con el que se va a trabajar y ser consecuente con las unidades elegidas.

b) Preproceso (Geometría): La geometría del sólido analizado se debe definir por medio de puntos, curvas, superficies y volúmenes.

c) Mallado: El dominio del problema debe ser dividido en unidades más pequeñas denominadas elementos, a este proceso de discretización se le llama genéricamente mallado. Su resultado es la definición de los nudos y su conexión dando lugar a los elementos. Así pues:

- Nodos: Entidad con coordenadas en el espacio donde se adscriben los grados de libertad (desplazamientos, giros, temperaturas, etc.) y son aplicadas las acciones (fuerzas, condiciones de apoyo, etc.) del problema físico.

- Elementos: Las diferentes zonas en que ha quedado dividido el dominio después de realizar el mallado. Vienen dados por un conjunto de nudos que describen su contorno. Pueden ser elementos lineales, superficiales, volumétricos, etc.

- Materiales: Se introducirán las características mecánicas de los materiales de los que estén formadas las piezas. (Por ejemplo, el comportamiento de un acero queda perfectamente determinado por dos constantes  $E, \nu$ ; en un problema térmico es necesario introducir la conductividad del medio, etc.).

- Propiedades físicas: La definición completa de algunos elementos hace necesario la definición de propiedades físicas como puede ser el espesor en el elemento de tensión plana o los valores estáticos de la sección en el elemento barra.

d) Condiciones de contorno: En este apartado se especifica la interacción que el contorno mantiene con el exterior. Para problemas estructurales las CdC son de dos tipos:

- Condiciones de apoyo. Es decir dónde y cómo se encuentra apoyada la estructura (definir los apoyos, empotramientos, rótulas, etc.).

- Cargas exteriores. En el caso estructural pueden ser fuerzas puntuales, distribuciones lineales, superficiales o fuerzas volumétricas.

### **Análisis**

El proceso de análisis no es transparente al usuario, es decir, es un conjunto de operaciones que el programa realiza para transformar el problema diferencial en algebraico y resolver dicho sistema. El proceso de resolución se divide en los siguientes apartados:

a. Formación de la matriz de rigidez ( $K$ ).

b. Formación del vector de cargas ( $F$ ).

c. Imposición de las condiciones de apoyo.

d. Resolución del sistema de ecuaciones ( $Ku = F$ ).

e. Cálculo de tensiones y deformaciones en los elementos ( $\varepsilon = f(u)$ ).

### Postproceso

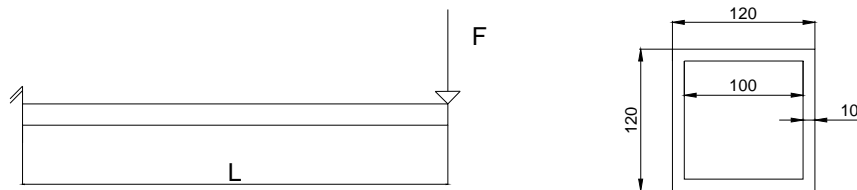
En este apartado se realiza un tratamiento de la información resultante al obtener la solución al problema. Dicha información puede obtenerse en forma de gráficas o en listado de valores. Para el problema elástico pueden obtenerse:

- Deformada de la estructura o de la pieza.
- Mapa de las tensiones resultantes (tanto en  $x$ ,  $y$ , equiv, intensidad, etc.)
- Mapa de desplazamientos (según  $u_x$ ,  $u_y$ , módulo, etc.)
- Listado de los nodos donde la tensión supera el límite elástico.
- Diagramas de esfuerzos para estructuras de barras

#### 8.6.4 Validación del modelo

Con el fin de verificar que el ensayo virtual se realiza correctamente y por tanto los resultados son comparables a los reales, se propone el siguiente problema:

Cálculo del desplazamiento máximo en el punto de aplicación de la carga de la siguiente viga en voladizo:



$$F = 500N$$

$$L = 2.400mm$$

Acero

$$E = 210.000MPa$$

Dicho cálculo se realizará de tres maneras:

- 1) De forma analítica
- 2) En el programa MEFI
- 3) Por último en SolidWorks, programa usado en la simulación.

1)

La fórmula siguiente para el cálculo de la flecha máxima en el punto de aplicación de la carga está disponible en cualquier prontuario:

$$f = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I}$$

La inercia de la sección:

$$I_z = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I_z = \frac{120 \times 120^3}{12} - \frac{100 \times 100^3}{12} = 8.946.666,67 \text{ mm}^4$$

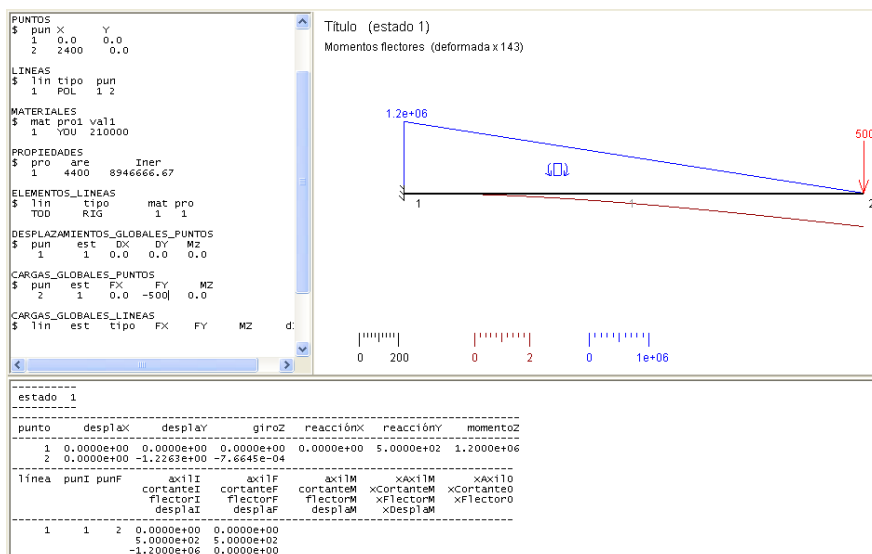
Se dispone de todos los datos necesarios para calcular el desplazamiento máximo.

$$f = \frac{50 \text{ N} \times 2.400^3 \text{ mm}^3}{3 \times 210.000 \text{ MPa} \times 8.946.666,67 \text{ mm}^4} = 1,2263 \text{ mm}$$

Se obtiene un desplazamiento de 1,2263 mm.

2)

El programa MEFI arroja un desplazamiento de 1.2263mm, que coincide exactamente con el obtenido de forma analítica.



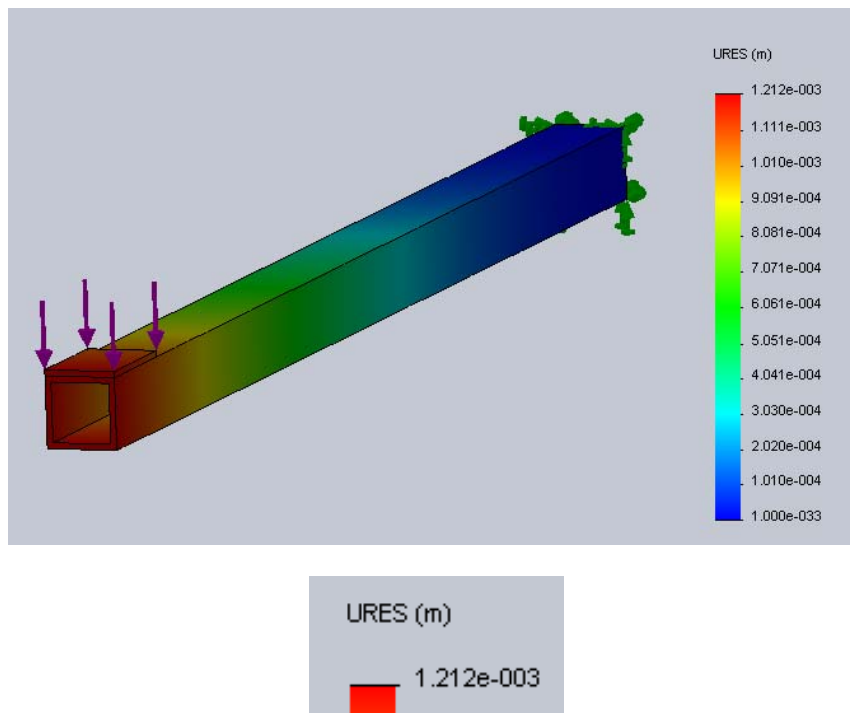
```

-----
display
0.0000e+00
-1.2263e+00
-----

```

3)

El resultado en el ensayo con SolidWorks es 1,212mm. Coincide con los anteriores, con una pequeña diferencia.



El error se debe a que la carga ha sido aplicada sobre una placa de pequeñas dimensiones y no puntualmente. No obstante, está en torno al 1% y puede asumirse sin ningún problema.

Con el análisis del modelo anterior se demuestra que los ensayos realizados en SolidWorks se llevan a cabo correctamente. A pesar de la sencillez del modelo utilizado en esta comprobación los resultados son extrapolables a otros modelos de mayor complejidad.

### Documentación

Para realizar el modelo virtual del paragolpes se ha utilizado el software de diseño mecánico en 3D SolidWorks 2009 SP0.0. Es un programa de diseño asistido por ordenador para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp. El programa permite modelar piezas y conjuntos. Su funcionamiento se basa en las técnicas de modelado con sistemas CAD.

La simulación del modelo por el método de los Elementos Finitos se realizará en el mismo programa, en su módulo integrado Solidworks Simulation. Que permite llevar a cabo este tipo de simulación sobre un modelo en 3D previamente creado en SolidWorks.

Para la validación del modelo se ha empleado el programa MEFI, desarrollado por el Departamento de Estructuras y Construcción de la Universidad Politécnica de Cartagena. Este programa realiza análisis estáticos por el MEF.

---

## **8.7 Anexo 7: Proceso de homologación**

### **8.7.1 Homologación**

Es la autorización administrativa, previa a la matriculación del vehículo, que certifica que se cumplen las prescripciones técnicas establecidas. El objetivo de este proceso es garantizar que los vehículos nuevos, los componentes o unidades técnicas independientes que se comercialicen proporcionan un alto nivel de seguridad al usuario y protección a medioambiente

### **8.7.2 Certificación de vehículos**

En la homologación europea la Administración certifica el cumplimiento de las prescripciones técnicas establecidas. Los ensayos necesarios para dicha certificación los lleva a cabo un Servicio Técnico Notificado. Posteriormente a la homologación se realiza una conformidad de producción periódica con el fin de verificar que el vehículo, componente o unidad técnica independiente fabricado se ajusta al diseño homologado.

Existen otros esquemas de certificación de vehículos en el mundo como la auto certificación en EEUU o procesos que son mezcla o variantes de estos dos anteriores.

### **8.7.3 Directiva 2007/46/CE**

Es una Directiva del parlamento Europeo y del Consejo del 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.

La homologación europea armoniza requisitos tanto técnicos como administrativos y elimina las barreras de comercio dentro de la UE.

En la Directiva 2007/46/CE existen diferentes rutas para adaptarse a todos los tipos de fabricantes en función de los siguientes parámetros:

*¿Qué se quiere homologar?*

- Categoría vehículo
- » Tipos
- » Variantes, versiones
- Unitario o serie

*¿Cómo se va fabricar?*

- 1 único fabricante
- Varios fabricantes: Multifase

*¿Dónde se va a vender?*

- Territorio nacional
- CE

---

Dentro de la Directiva 2007/46/CE podemos distinguir diferentes tipos de homologación:

- *Homologación Europea*

Homologación de Tipo CE

Homologación de Tipo CE de Serie Corta

- *Homologación Nacional*

Homologación de Tipo de Serie Nacional

Homologación Individual

#### **8.7.4 Homologación de vehículos en la UE**

La homologación de Tipo Europea autoriza al fabricante a:

- Producir vehículos del tipo especificado en la homologación.
- Emitir Certificados de Conformidad (CoC) de sus vehículos asegurando que cumplen la legislación relevante.
- Vender sus vehículos en la CE sin ninguna restricción ni tramite adicional.

Para ello dicho fabricante debe cumplir dos requisitos fundamentales:

- Cumplir los requisitos técnicos y administrativos y respetar el diseño aprobado.
- Asegurar que la serie es producida ajustándose al diseño aprobado: Conformidad de la Producción (COP)

Dicha homologación la solicita un fabricante o representante legal en un solo Estado miembro y los Organismos y Servicios Técnicos notificados, en España el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial), evalúan, conceden y mantienen la homologación.

#### **8.7.5 Fases en la homologación**

Se pueden distinguir las tres fases siguientes en un proceso de homologación:

*1. Evaluación Inicial del fabricante.*

Es el primer contacto de la Administración con el fabricante con el fin de evaluar los medios y procesos de producción de éste. También se comprueba si el fabricante trabaja en base a un Sistema de Calidad

*2. Cumplimiento requisitos técnicos.*

Las Directivas Europeas constituyen una serie de actos reglamentarios que el vehículo, componente o unidad técnica independiente que se quiere homologar debe cumplir. La verificación de este cumplimiento se lleva a cabo mediante la realización de ensayos por un Servicio Técnico Notificado.

*3. Conformidad de la Producción con el tipo homologado.*

Las Directivas establecen una serie de disposiciones para asegurar la calidad. La verificación de éstas se realiza mediante inspecciones a los fabricantes que han obtenido la homologación y la realización de ensayos cada cierto tiempo.

### **8.7.6 Requisitos Técnicos**

Existen multitud de Directivas Técnicas relativas a las distintas materias existentes en un vehículo y susceptibles de ser homologadas.

- *Seguridad Activa*: Frenos, dirección, neumáticos...
- *Seguridad Pasiva*: Choque frontal, lateral, protección a peatones...
- *Protección medio ambiente*: Emisiones, nivel sonoro, EMC, reciclaje...
- *Otros*: Alumbrado, masas y dimensiones, mandos, avisadores acústicos...

Los requisitos exigibles en la homologación varían en función de diferentes parámetros como: la categoría del vehículo, el alcance de la homologación (territorio nacional o CE) y el número de vehículos a homologar (individual, serie corta o serie).

### **8.7.7 Tipos de Homologación**

*Homologación de tipo de 1 sola vez:*

El procedimiento consiste en homologar un vehículo completo en una única operación. Solo hay 1 fabricante que es responsable de todas las Directivas particulares y de la homologación total.

*Homologación Multifásica:*

Consiste en obtener por etapas el conjunto completo de certificados de homologación de tipo CE para los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes de un vehículo y que, en la fase final, tiene como resultado la homologación del vehículo completo. En este caso existen 2 (o más) fabricantes que se responsabiliza de su parte respectiva. Para poder realizar una homologación de este tipo debe existir acuerdo vinculante firmado entre las partes.

*Homologación Mixta:*

La homologación de uno o más sistemas se realiza en la fase final de homologación del vehículo completo, sin que sea necesario expedir certificados de homologación de tipo CE para dichos sistemas.



## 8.8 Anexo 8: Modelo ficha de características

### Apéndice 2

#### FICHA DE CARACTERÍSTICAS Nº ...

en relación con la homologación como unidad técnica independiente de un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento

*Directiva 70/221/CEE, cuya última modificación la constituye la Directiva .../.../CE)*

Si procede aportar la información que figura a continuación, ésta se presentará por triplicado e irá acompañada de una lista de los elementos incluidos. Los planos, en su caso, se presentarán a la escala adecuada, suficientemente detallados y en formato A4 o doblados de forma que se ajusten a dicho formato. Las fotografías, si las hubiere, serán suficientemente detalladas.

Si los sistemas, componentes o unidades técnicas independientes tienen funciones controladas electrónicamente, se suministrará información relativa a sus prestaciones.

#### 0. GENERALIDADES

- 0.1. Marca (razón social): .....
- 0.2. Tipo y denominación(es) comercial(es) general(es): .....
- 0.5. Nombre y dirección del fabricante: .....
- 0.7. Emplazamiento y forma de colocación de la marca de homologación CE en componentes y unidades técnicas independientes: .....
- 0.8. Dirección(es) de la(s) planta(s) de montaje: .....

#### 1. CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO O VEHÍCULOS

en los cuales está previsto instalar el dispositivo, en la medida en que dicha constitución guarde relación con la protección trasera contra el empotramiento (se adjuntarán fotografías y/o planos): ...

- 1.1. Suma mínima de los momentos de inercia alrededor del eje horizontal de los largueros del bastidor en sección transversal: .....
- 1.2. Distancia entre los largueros del bastidor en los puntos de fijación del dispositivo: .....

#### 2. MASAS Y DIMENSIONES

- 2.1. Masa máxima en carga técnicamente admisible: .....

#### 3. CARROCERÍA

- 3.1. Descripción completa y/o planos del dispositivo de protección trasera contra el empotramiento (incluidos accesorios): .....

.....  
(Fecha, expediente)

## 8.9 Anexo 9: Modelo certificado de homologación

### ANEXO 1

#### NOTIFICACIÓN

(Formato máximo: A4 [210 × 297 mm])



Expedida por: Nombre de la administración:

.....

.....

.....

relativa a (2): CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
 EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
 DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
 RETIRADA DE UNA HOMOLOGACIÓN  
 CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de: dispositivo de protección trasera contra el empotramiento, con arreglo al Reglamento nº 58.

Nº de homologación: ..... Nº de extensión: .....

1. Denominación comercial o marca del dispositivo: .....

2. Tipo de dispositivo: .....

3. Nombre y dirección del fabricante: .....

4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante: .....

5. Características del dispositivo (dimensiones y elementos de fijación): .....

6. Ensayo realizado en un banco de ensayo, en un vehículo, en una parte representativa del bastidor de un vehículo (2): .....

7. Posición en el dispositivo de los puntos de aplicación de las fuerzas de ensayo: .....

8. Deformación horizontal máxima observada durante y después de la aplicación de las fuerzas de ensayo previstas en el anexo 5: .....

9. Vehículos en los que puede instalarse el dispositivo (en su caso): .....

10. Masa máxima del vehículo en el que puede instalarse el dispositivo: .....

11. Dispositivo presentado para homologación el: .....

12. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....

13. Fecha del acta de ensayo expedida por dicho servicio: .....

14. Número del acta de expedida por dicho servicio: .....

15. Se concede/deniega/extiende/retira la homologación con respecto al dispositivo de protección trasera contra el empotramiento (2)

16. Emplazamiento de la marca de homologación en el dispositivo: .....

17. Lugar: .....

18. Fecha: .....












19. Firma: .....

20. Quedan a disposición del interesado los siguientes documentos, con el número de homologación antes indicado:

— Planos de emplazamiento, dibujos y diagramas de los componentes de la estructura considerados relevantes a efectos del presente Reglamento;

— En su caso, dibujos de los dispositivos de protección y de su posición en el vehículo.

8.10 Anexo 10: Categorías de vehículos

Vehículos de pasajeros		DESCRIPCION	RANGO
M <sub>1</sub>		No mas de 8 plazas (excluida la del conductor)	NA
M <sub>2</sub>		Mas de 8 plazas (excluida la del conductor)	Hasta 5 Tn
M <sub>3</sub>		Mas de 8 plazas (excluida la del conductor)	Mas de 5Tn
M <sub>1</sub>	Especiales 	Autocaravanas, ambulancias, blindados, vehículos con acceso sillas minusválidos	NA
Transporte Mercancías		DESCRIPCION	RANGO
N <sub>1</sub>		Furgonetas y camiones ligeros	Hasta 3.5 Tn
N <sub>2</sub>		Furgonetas y camiones tamaño medio	Entre 3.5 y 12Tn
N <sub>3</sub>		Camiones pesados	Mas de 12Tn
Remolques		DESCRIPCION	RANGO
O <sub>1</sub>		Remolques	Menos de 0.75 Tn
O <sub>2</sub>		Remolques y caravanas	Entre 0.75 y 3.5 Tn
O <sub>3</sub>		Remolques tamaño medio	Entre 3.5 y 10 Tn
O <sub>4</sub>		Trailers	Mas de 10 Tn

### **8.11 Anexo 11: Compatibilidad entre vehículos**

La protección de los ocupantes de un vehículo, en caso de accidente, se ve influenciada no solo por las características del vehículo en el que viajan, sino también por las del vehículo, con el que colisiona. Esta afirmación introduce el concepto de compatibilidad entre vehículos.

La compatibilidad de un vehículo consiste en la combinación de los conceptos de autoprotección y de agresividad. En una colisión entre dos vehículos, la autoprotección de un vehículo es la capacidad que tiene de proteger a sus ocupantes, mientras que la agresividad es la capacidad de ese vehículo de causar daños a los ocupantes del otro vehículo.

Un vehículo es tanto más compatible cuanto más protección ofrece a sus ocupantes y menos peligro supone para los ocupantes de otros vehículos, de esta manera la compatibilidad de un vehículo se define como el grado de protección que posee ese vehículo para todos los usuarios de la vía.

Los parámetros que tienen mayor influencia sobre la compatibilidad de vehículos son la masa, la geometría y la rigidez.

#### **8.11.1 Influencia de la masa sobre la compatibilidad**

El efecto de la masa y la relación de masas entre los vehículos que colisionan dominan el tema de la incompatibilidad. En una colisión entre dos vehículos el riesgo de lesiones en el vehículo más pesado es menor que en el vehículo más ligero.

Esta realidad no hace más que manifestar el cumplimiento de la conservación de la cantidad de movimiento (en el caso de choque "plástico"):

$$m_1 \times V_1 + m_2 \times V_2 = (m_1 + m_2) \times V_{\text{post-colisión}}$$

Donde  $V_{\text{post-colisión}}$  es la velocidad conjunta de ambos vehículos tras la colisión (se supone que permanecen unidos tras el choque). El cumplimiento de este principio implica que el cambio de velocidad sufrido por el coche pesado, durante el choque, será menor que el experimentado por el más ligero.

La agresividad de un vehículo se ve incrementada cuando aumenta su peso, así en una colisión entre dos vehículos, cuanto mayor sea la diferencia de peso entre ambos, mayor será el riesgo de sufrir lesiones por parte de los ocupantes del vehículo ligero y menor será el riesgo por parte de los ocupantes del vehículo más pesado.

#### **8.11.2 Influencia de la rigidez estructural sobre la compatibilidad**

La rigidez estructural de cada vehículo determina, en caso de que las estructuras interactúen correctamente, la proporción de energía de la colisión absorbida por cada uno y su deformación asociada. Por lo tanto, el vehículo menos rígido se deformará más. Si esta deformación se extiende hasta el habitáculo, afectará drásticamente al riesgo de sufrir lesiones que tienen los ocupantes del vehículo. Si por el contrario, el habitáculo permanece intacto, el riesgo de lesión en cada vehículo estará relacionado con el espacio disponible para decelerar al ocupante en cada uno, dado por la deformación de ambos vehículos.

#### **8.11.3 Influencia de la geometría sobre la compatibilidad**

Las grandes variaciones que sufre la geometría de los vehículos (factores como altura de parachoques, posición en la que están sentados los ocupantes, forma del vehículo, anchura y longitud del mismo) suponen serios cambios para conseguir mejoras en los niveles de compatibilidad.

Normalmente suele haber discrepancia de alineamiento tanto vertical como horizontal de las estructuras destinadas a absorber la energía del impacto entre diferentes vehículos. Si, por ejemplo, la zona deformable y destinada a absorber la energía en caso de accidente está por encima de las estructuras correspondientes de otro vehículo más ligero, las estructuras no absorberán energía sino que una se montará por encima de la otra, disminuyendo la absorción efectiva de energía. Dado que en estas situaciones la estructura absorbente de energía del vehículo se usa de forma ineficaz, es más probable que se produzcan mayores intrusiones en el habitáculo del vehículo.

Además de los parámetros: masa, rigidez y geometría, existe un factor que influye mucho en la agresividad y que no ha sido todavía mencionado, que es la posición relativa de los vehículos en la colisión. A continuación se va a analizar la compatibilidad entre dos vehículos en un tipo de colisión concreta: la colisión por alcance entre un turismo y un vehículo pesado.

Al estudiar la compatibilidad entre vehículos en un tipo de colisión concreto, hay que tener en cuenta la velocidad relativa de un vehículo respecto a otro, tanto en módulo como en dirección y sentido.

#### **8.11.4 Compatibilidad Turismo – Vehículo pesado**

Para analizar la compatibilidad entre un turismo y un vehículo pesado se ha considerado que el grupo de vehículos pesados lo constituyen los camiones de MMA superior a 3,5 Tn.

La colisión entre un turismo y un vehículo pesado representa una de las situaciones más extremas de incompatibilidad, debido a la gran diferencia de masas, rigidez y geometría que existen entre estos dos tipos de vehículos.

En una colisión entre un turismo y un vehículo pesado, el turismo experimentará la mayor variación de velocidad mientras que el vehículo pesado apenas sufrirá variación de la misma por la colisión.

Por otro lado, el turismo también experimentará la mayor deformación ya que absorberá la mayor parte de la energía en la colisión debido a que los vehículos pesados son más rígidos.

Otro agravante es la incompatibilidad geométrica, la diferencia de alturas facilita la intrusión del habitáculo del turismo bajo el camión.

En el caso de una colisión por alcance entre un turismo y un camión, el turismo se meterá debajo de la caja del camión, mientras que la parte trasera del camión penetrará a través de los pilares del parabrisas dentro del habitáculo del turismo.

El objetivo actual es mejorar la compatibilidad entre estos vehículos. El factor más determinante de la incompatibilidad entre un camión y un turismo es la diferencia de masas, pero esta diferencia no se puede evitar. Por lo tanto, se pretende mejorar la incompatibilidad geométrica entre ambos vehículos y la relación de energía absorbida por cada vehículo.

Para solucionar el problema de la diferencia de alturas, se ha diseñado un elemento estructural, conocido como "barra antiempotramiento", que se coloca en la parte trasera del camión y previene el empotramiento del turismo en el camión.

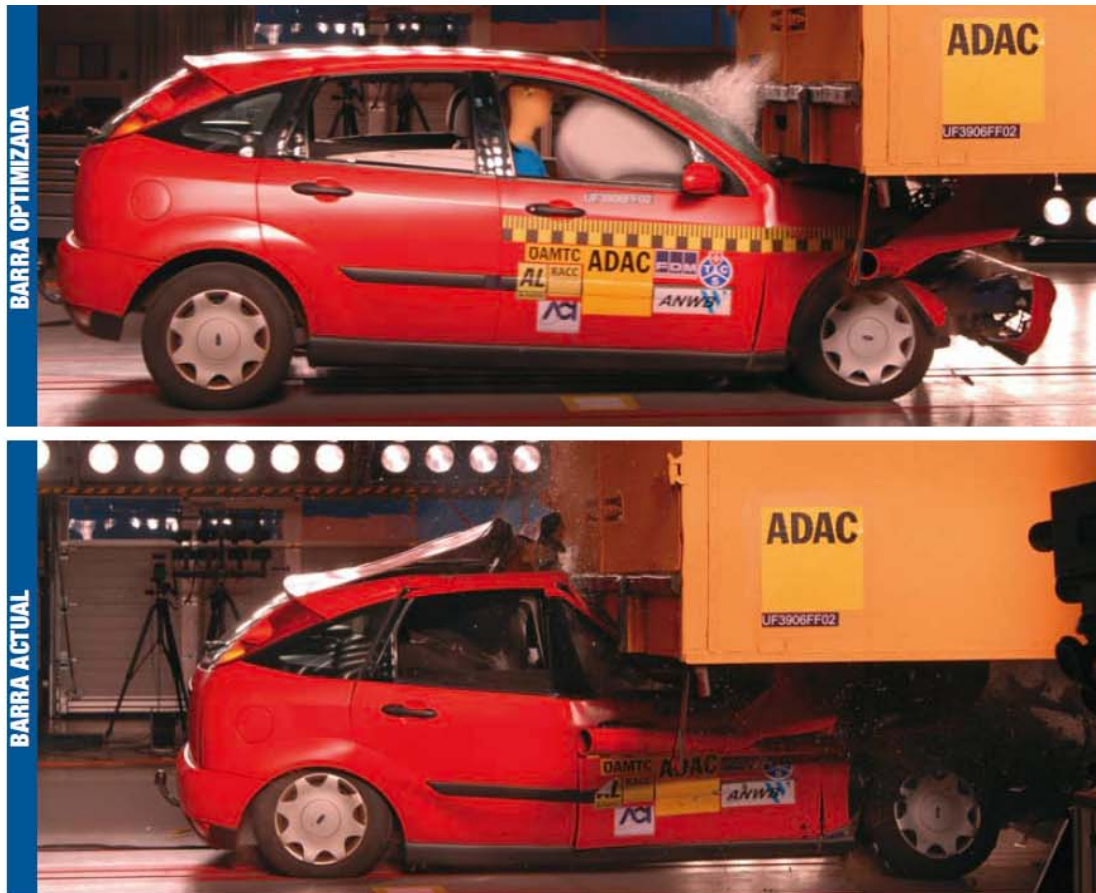
Para solucionar el problema de que los vehículos pesados son mucho más rígidos que los turismos, se están diseñando, por ejemplo, parachoques, que se deforman absorbiendo una gran cantidad de energía y que desvían al turismo de la trayectoria del vehículo pesado.

### **8.11.5 Conclusiones**

En definitiva y aunque para cada tipo de vehículo pueda haber pequeñas variaciones, se concluye que:

- Los ocupantes del vehículo menos pesado tienen estadísticamente más probabilidad de sufrir lesiones graves o morir en una colisión, que los ocupantes del vehículo más pesado.
- La altura de la estructura de un vehículo influye notablemente en las lesiones de los ocupantes del vehículo con el que colisiona, ya que la diferencia de alturas facilita la intrusión en el habitáculo del vehículo golpeado.
- Cuando la rigidez de un vehículo aumenta, hay un descenso del riesgo al que están expuestos sus ocupantes, pero se incrementa el riesgo de los ocupantes del otro vehículo con el que colisiona.

### 8.11.6 Incompatibilidad geométrica paragolpes - turismo



Un ensayo demuestra que la actual barra antiempotramiento no protege bien

Coche contra camión: un choque desigual donde el 'pequeñito' lleva todas las de perder. Una reciente simulación de alcance entre un turismo y un vehículo pesado ha demostrado que, a altas velocidades, las protecciones traseras no evitan que un coche se meta bajo el camión y los ocupantes sufran heridas mortales. Sin embargo, con unas pequeñas modificaciones, la seguridad mejora espectacularmente.

## ¿PROTECCIÓN INSUFICIENTE?

Carlos NICOLÁS FRAILE

Ilustraciones: Diferis

Desde febrero de 2006, una nueva norma europea obliga a que los actuales dispositivos anti-empotramiento de los camiones (una barra transversal fijada en la parte trasera) sean más resistentes y soporten más carga, con el fin de evitar que un coche se 'cuele' debajo en caso de colisión y sus ocupantes resulten seriamente heridos.

Así, un reciente estudio del Automóvil Club de Alemania (ADAC) ha pues-

to a prueba estos dispositivos y concluye que no son suficientemente seguros. En la prueba de choque realizada por el ADAC se lanzó un coche de tamaño medio a 56 km/h contra la trasera de un semi-remolque parado que montaba una barra antiempotramiento adaptada a las nuevas exigencias. El test reveló que la protección no soporta la enorme fuerza de la colisión, cede y el coche penetra bajo el camión hasta la puerta trasera. Lo peor ocurre dentro del habitáculo, donde los ocupantes quedan totalmente indefensos ante la violencia del golpe: los cinturones y airbags se activan demasiado tarde, la caja del camión invade el habitáculo, hunde el volante y las cabezas del conductor y acompañante se



golpean contra el camión. Como se puede apreciar en la foto, cuando finaliza el movimiento hacia delante (casi en tres centésimas de segundo), la mitad delantera del coche ha quedado arrasada. Analizadas las consecuencias de la colisión en los dummies, el estudio afirma que el riesgo de los ocupantes de sufrir heridas mortales es muy alto y "su supervivencia depende de la casualidad", concluyendo que los requisitos de la nueva norma para estos dispositivos de protección trasera son "insuficientes". Además, un reciente accidente en Mallorca (ver recuadro) parece corroborar estos datos.

**MÁS ABAJO, MÁS SEGURA.** Los resultados mejoraron espectacularmente en un segundo ensayo en iguales condiciones, pero contra una recreación de parte trasera de camión con una barra de protección mejorada "con relativamente poco trabajo". Las modificaciones consistieron en añadir unos soportes adicionales en el bastidor del camión –para evitar que la barra ceda– y rebajar su altura en 100 milímetros (de 550 a 450), de forma que el punto de impacto fuera más bajo y el turismo pueda liberar parte de

### A 56 KM/H, MEDIO COCHE SE INCRUSTA BAJO EL CAMIÓN Y LOS PASAJEROS FALLECEN

la energía mediante la deformación de los largueros de su estructura. En la segunda prueba, la barra resistió e impidió al coche empotrarse y el habitáculo quedó intacto. Así, los sistemas de seguridad pueden actuar y la vida de los pasajeros no corre peligro, pues sufren heridas leves en la cabeza, nuca y extremidades inferiores y el riesgo de lesiones es medio sólo en la zona del pecho, debido a la fuerza con que se desplazan hacia delante. Según Javier Paéz, del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), un 'pero' al ensayo es la velocidad de colisión escogida: "Las condiciones son excesivamente severas. Es un accidente poco probable por la diferencia de velocidades entre los vehículos; falta basar la prueba en la realidad". No obstante, Paéz afirma que este tipo de prueba de choque es mejor que los ensayos de homologación actuales, que se limitan a aplicar fuerza sobre la barrera de forma progresiva con un mecanismo hidráulico. ♦

### COCHE CONTRA CAMIÓN: LAS DIFERENCIAS, PASO A PASO

Según el tipo de barrera de protección que lleve el camión, los ocupantes del turismo pueden salvarse o no. Esta es la secuencia, paso a paso:

BARRERA ACTUAL (A 550 MM DEL SUELO)	BARRERA OPTIMIZADA (A 450 MM DEL SUELO)
 ● 46 ms (milisegundos). El morro del coche empieza a penetrar bajo el camión y arranca la barrera. Los airbags y el cinturón se activan tarde.	 ● 12 ms. Los airbags se activan y los sensores del cinturón tiran de la cinta para tensarla, sujetando firmemente a los ocupantes.
 ● 65 ms. La parte trasera del camión entra en el habitáculo del turismo (que aún se desplaza a 40 km/h) empujando los airbags hacia abajo.	 ● 30 ms. El turismo golpea la protección, que está más baja y le permite eliminar energía a través de la deformación de las barras transversales.
 ● 142 ms. Las cabezas del acompañante y del conductor golpean contra la pared del camión a más de 30 km/h.	 ● 60 ms. Los cinturones sujetan a los pasajeros, que se desplazan hacia delante, hundiéndose en los airbags.
 ● 284 ms. El movimiento hacia delante termina: el coche ha sufrido daños hasta los asientos delanteros. El riesgo de heridas mortales es muy alto.	 ● 100 ms. El habitáculo del turismo queda a 300 milímetros del camión. La vida de los ocupantes no corre peligro.



Bomberos de Palma

### MALLORCA: ¿LE HUBIERA SALVADO?



Un accidente similar al que reproduce una simulación del Automóvil Club de Alemania (ADAC) ocurrió a finales de marzo pasado en un polígono industrial en el municipio de Marrabí (Palma de Mallorca). El conductor de un turismo, un varón de 34 años, falleció al chocar contra la parte posterior de un semi-remolque aparcado fuera de la calzada. La alta velocidad del

coche –según los bomberos de Palma, el velocímetro indicaba 100 km/h– hizo que éste quedara 'clavado' hasta la altura del asiento del conductor. Por la violencia del impacto, el morro del turismo arrancó la barra protectora trasera y la plataforma elevadora de cargas del semirremolque, que invadió el habitáculo y golpeó la cabeza de la víctima. ¿Le hubiera salvado la nueva barrera antiempotramiento?



## **8.12 Anexo 12: Análisis de la accidentalidad de camiones de gran tonelaje**

Parece interesante conocer las cifras de accidentalidad del tipo de vehículos para los cuales se va a diseñar el dispositivo de protección trasera, para de alguna forma dejar patente la importancia del uso de dicho elemento. Por eso a continuación se presenta un estudio sobre la accidentalidad de camiones de gran tonelaje, en concreto de PMA superior a 3,5 Tn.

Para realizar el estudio se van a utilizar datos de un 'Análisis de la accidentalidad de camiones de masa máxima autorizada (PMA) superior a 3,5 toneladas' en las carreteras de todo el ámbito nacional, presentado por la Fundación CIDAUT (Fundación para la Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía) en 2007. Basado en la información de la base de datos de 'Accidentes de circulación con víctimas' de la Dirección General de Tráfico (DGT) sucedidos entre los años 2002 y 2004, ambos inclusive.

### **8.12.1 Introducción**

Los accidentes de tráfico suponen en nuestro país la principal causa de muerte para personas en plena madurez (25 - 44 años), especialmente entre los hombres. Por tanto, el problema de la mortalidad asociada a los accidentes de tráfico en España, no es sólo grave por las víctimas que genera sino también porque habitualmente son personas en plena madurez. A pesar de los esfuerzos que todos los sectores implicados dedican a labores de prevención de las consecuencias que pueden generar los accidentes de tráfico, éstos continúan siendo una gran lacra para la sociedad.

Este estudio consiste en un análisis estadístico de la información existente en la base de datos de accidentes de circulación con víctimas de la Dirección General de Tráfico, sobre los accidentes con implicación de camiones de más de 3,5 toneladas de PMA.

El estudio consta de las siguientes partes:

En primer lugar se realizará una descripción general de la accidentalidad de este tipo de camiones en España.

A continuación se realizará un estudio estadístico general de los accidentes en los que se han visto implicados camiones de PMA superior a 3,5 toneladas en nuestro país.

Una vez analizadas las distintas tipologías de accidentes y tipo de vehículos implicados, se analizará detalladamente todos los aspectos relativos a la tipología de accidente de interés para este proyecto 'accidente por alcance entre turismo y camión'.

Por último se expondrán las conclusiones del estudio realizado.

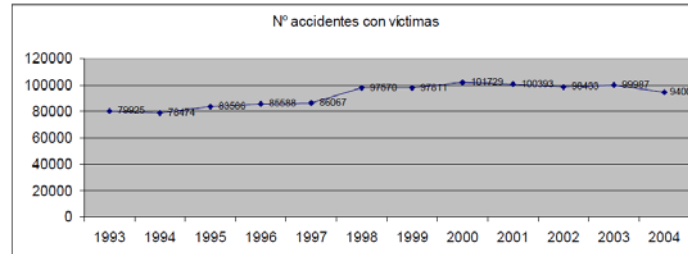
### **8.12.2 Descripción general de la accidentalidad de camiones en España**

En este apartado se ofrecen unas cifras generales que describen la evolución temporal del número de accidentes en los que están implicados camiones de PMA superior a 3,5 toneladas en nuestro país. A continuación se exponen cifras del parque de vehículos de estas características para terminar con una comparativa de la gravedad asociada a los accidentes en lo que están implicados estos vehículos, con la de otros vehículos comunes en las carreteras nacionales.

#### **8.12.2.1 Evolución temporal**

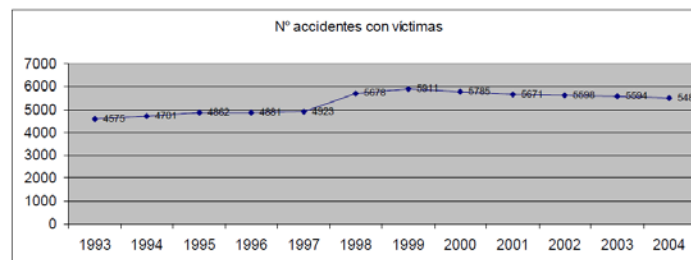
Examinando los datos recogidos por la Dirección General de Tráfico, durante los últimos años, se puede comprobar que el número de accidentes de tráfico en las carreteras españolas, así como el número de víctimas asociado a estos accidentes, ha venido disminuyendo ligeramente durante los últimos años. Sin embargo, los números absolutos de accidentes con víctimas, muertos y heridos siguen siendo muy altos en nuestro país. Así por

ejemplo durante el año 2004, se produjeron más de 94.000 accidentes de tráfico, con el resultado de cerca de 140.000 víctimas, de las cuales 4.741 fueron mortales.



*Evolución de la accidentalidad en España.*

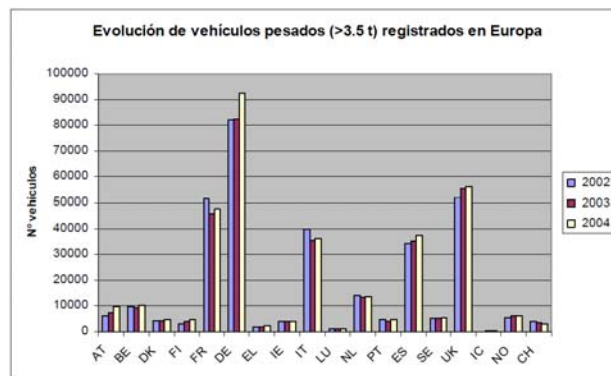
Si se realiza el mismo análisis pero teniendo en cuenta ahora sólo los accidentes en los que, al menos, un vehículo implicado era un camión de PMA superior a 3,5 toneladas, se obtiene que el comportamiento en nuestro país es similar al observado para todo tipo de accidentes. Por ofrecer algunas cifras, en el año 2004 se produjeron 5.486 accidentes de este tipo, provocando 8.495 víctimas, de las cuales 724 fueron mortales.



*Evolución de la accidentalidad de camiones (PMA superior a 3,5t) en España.*

### 8.12.2.2 Parque de camiones

Por lo que respecta al parque de vehículos de estas características, España es el quinto país Europeo en el que más camiones de PMA mayor de 3,5 toneladas se registran, por detrás de Alemania, Reino Unido, Francia e Italia. En el siguiente gráfico se puede comparar el número de vehículos de este tipo registrados en Europa y en el resto de países Europeos para los años 2002, 2003 y 2004.

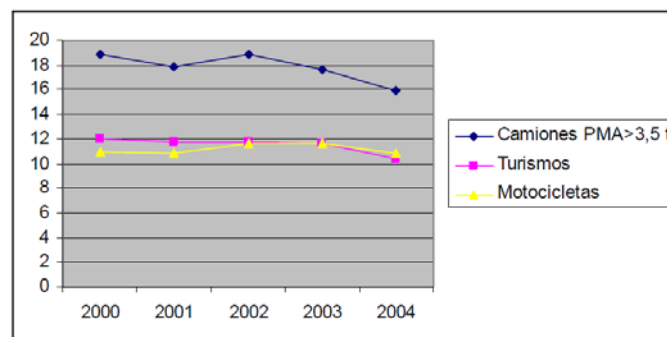


*Evolución temporal del número de camiones de PMA superior a 3,5 t registrados en los distintos países de Europa.*

### 8.12.2.3 Morbilidad de gravedad asociada

A continuación, se va a estudiar a este tipo de vehículos desde el punto de vista de la gravedad que estos accidentes llevan asociados. Para ello se va a mostrar la evolución que el ratio 'morbilidad de gravedad asociada' posee en el tiempo a nivel nacional. Se define el ratio 'morbilidad de gravedad asociada' a un tipo de vehículo como 'el número de muertos y heridos graves que se producen en accidentes en los que este tipo de vehículos está implicado por cada cien ocupantes (heridos o ilesos), independientemente del vehículo del que provengan, inmersos en un accidente de este tipo (al menos un vehículo de este tipo implicado) en las carreteras españolas'.

La comparativa de este ratio se hará respecto a tres tipos de vehículos: camiones de PMA superior a 3,5 toneladas, turismos (por ser el tipo de vehículos más frecuente en el parque nacional) y motocicletas (al ser sus ocupantes un tipo de usuarios muy vulnerable en las carreteras).



*Evolución temporal del ratio 'morbilidad de gravedad asociada' a camiones de PMA superior a 3,5 toneladas, turismos y motocicletas.*

De este gráfico se deduce que en los accidentes en los cuales está implicado un camión de PMA superior a 3,5 toneladas, la proporción de heridos graves y muertos frente al número total de ocupantes que se producen es muy superior a la proporción asociada a los accidentes en los que ha habido turismos o motocicletas implicados. Por tanto, cuando se produce un accidente con, al menos, un camión implicado las consecuencias son más graves en relación al número de ocupantes involucrados.

### 8.12.3 Estudio estadístico general

Como se ha comentado anteriormente, el presente análisis de accidentalidad de camiones de PMA superior a 3,5 toneladas se ha realizado utilizando la información contenida en la Base de Datos de Accidentes con Víctimas de la DGT, por ello, antes de exponer los resultados obtenidos, conviene explicar los criterios que se han seguido en el estudio de la Base de Datos y tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La información que se va a utilizar a nivel nacional es únicamente la referente a la base de datos de 'Accidentes de circulación con víctimas' de la 'Dirección General de Tráfico' (DGT) entre los años 2002 y 2004, ambos inclusive. La información almacenada en esta Base de Datos es recogida por los 'Equipos de Atestados de la Guardia Civil de Tráfico' y de las 'Policías Locales'

- Se consideran los siguientes vehículos como 'camión de PMA superior a 3,5 toneladas':

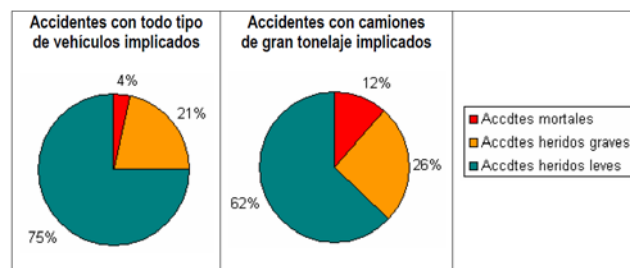
- Camión (PMA  $\geq$  3.500 kg) sin remolque.
- Camión (PMA  $\geq$  3.500 kg) con remolque.

- Camión cisterna sin remolque.
  - Camión cisterna con remolque.
  - Vehículo articulado.
- Aquellos accidentes en los que haya estado implicado al menos un 'camión de PMA superior a 3,5 Tn' serán llamados en este informe 'accidentes de interés'. Por otro lado, se denotará este tipo de camiones como 'camiones de gran tonelaje'.
- La información sobre las víctimas implicadas recogida en la base de datos de la DGT hace referencia sólo a lo observado transcurridas 24 horas después del accidente. De cara a estimar las cifras de víctimas a 30 días, hay que utilizar una serie de factores de corrección periódicamente actualizados por la DGT.

Una vez hechas todas las aclaraciones anteriores, se presentan a continuación algunas cifras de carácter general sobre los accidentes de camión de PMA superior a 3,5 toneladas.

### 8.12.3.1 Gravedad y tipología

Durante el periodo de estudio se observa que mientras que en los accidentes de todo tipo de vehículos ocurridos en las carreteras españolas entre los años 2.002 y 2.004, el 25% fueron accidentes mortales o graves, en los 'accidentes de interés' este porcentaje se elevó hasta un 38%. Esto ya se había comprobado en el apartado anterior 'Morbilidad de gravedad asociada'.



Porcentaje de gravedad según el tipo de vehículo implicado.

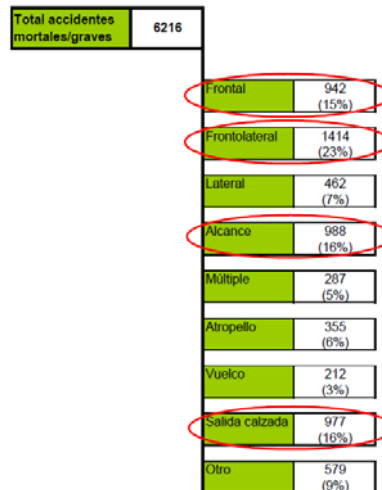
Por otro lado, al estudiar la tipología de accidente en el que este tipo de vehículos se han visto implicados, se observa que los tipos de 'accidentes de interés' que mayor gravedad causan (heridos graves y víctimas mortales) son: 'colisiones frontolaterales', 'colisiones por alcance', 'salidas de calzada' y 'colisiones frontales'.

Tipo de Accidente	Nº accidentes con víctimas	Nº accidentes mortales	Nº víctimas mortales	Nº accidentes mortales/graves	Nº víctimas mortales/graves
Frontal	1.370 (8,2%)	493 (25,5%)	625 (27%)	942 (15,2%)	1.428 (18%)
Frontolateral	3.417 (20,5%)	470 (24,3%)	605 (26,1%)	1.414 (22,7%)	1.996 (25,2%)
Lateral	1.928 (11,6%)	87 (4,4%)	93 (4%)	462 (7,4%)	566 (7,1%)
Por alcance	3.293 (19,7%)	196 (10,1%)	215 (9,3%)	988 (15,9%)	1.235 (15,6%)
Múltiple	1.001 (6%)	89 (4,6%)	118 (5%)	287 (4,6%)	523 (6,6%)
Atropello	559 (3,4%)	174 (9%)	175 (7,6%)	355 (5,7%)	373 (4,7%)
Vuelco	699 (4,2%)	51 (2,6%)	57 (2,4%)	212 (3,4%)	246 (3,1%)
Salida de calzada <sup>5</sup>	2.770 (16,6%)	218 (11,2%)	260 (11,2%)	977 (15,7%)	1.076 (13,6%)
Otro	1.641 (9,8%)	157 (8,3%)	167 (7,4%)	579 (9,4%)	467 (6,1%)
Total	16.678 (100%)	1.935 (100%)	2.315 (100%)	6.216 (100%)	7.910 (100%)

Tipos de accidentes con camiones de gran tonelaje.

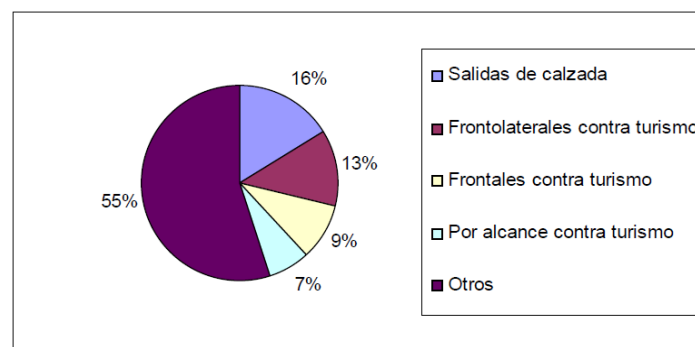
Y que son las 'colisiones frontolaterales', las 'salidas de calzada' y las 'colisiones por alcance' los tipos de accidentes más comunes, mientras que las 'colisiones frontales' y las 'colisiones frontolaterales' son los que mayor mortalidad ocasionan.

Estos escenarios comprenden casi un 70% de los accidentes en los que al menos se ha producido una víctima mortal o herida de gravedad.



*Configuraciones de los distintos tipos de accidentes con víctimas heridas graves o mortales en los que al menos existe un camión implicado.*

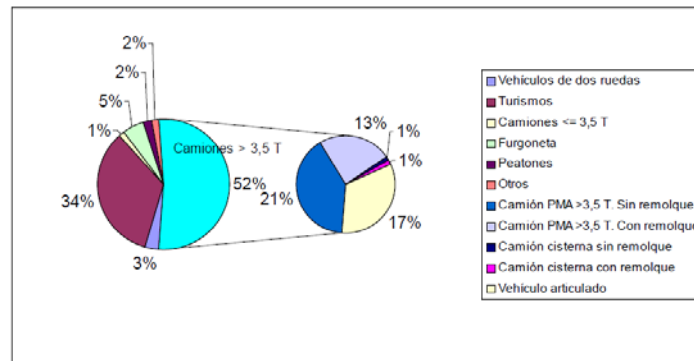
En el gráfico siguiente se muestra el porcentaje que estos cuatro tipos de accidentes suponen de los accidentes de gravedad en los que se han visto implicados estos vehículos (cifra cercana al 50%). Como ya se ha citado, hay que considerar que las tipologías 'salidas de calzada', 'frontolaterales' 'frontales' y 'por alcance' suponen casi el 70% de los accidentes de gravedad (con heridos graves o mortales) y el 72% de las víctimas heridas graves o muertas de los accidentes a estudio, habiéndose analizado de éstos las más frecuentes (con base en el tipo de oponente) para obtener determinadas conclusiones sobre la problemática de los accidentes de tráfico de camiones.



*Tipología de accidentes de gravedad (graves o mortales) de camiones de gran tonelaje.*

### 8.12.3.2 Tipos de vehículos

A través de este análisis se pretende conocer los vehículos que están implicados en los accidentes con víctimas en los que ha estado implicado, al menos, un 'camión de PMA superior a 3,5 Tn'.



*Distribución del tipo de vehículo implicado en los accidentes con víctimas de camiones de gran tonelaje.*

Como se observó en la tabla anterior, los tipos de accidentes más graves fueron 'colisiones frontolaterales', 'colisiones por alcance', 'salidas de calzada' y 'colisiones frontales', en la tabla siguiente se muestra la distribución del tipo de vehículos implicados únicamente respecto a los accidentes de gravedad (con víctimas graves y mortales):

Tipo de vehículo implicado en accidentes de gravedad (mortales/graves)	Nº accidentes (salidas)	Nº accidentes (frontolaterales)	Nº accidentes (frontales)	Nº accidentes (alcance)
Bicicleta	-	29 (2,4%)	0 (0%)	15 (2%)
Motocicleta o ciclomotor	-	160 (13,8%)	45 (6,3%)	62 (8,4%)
<b>Turismo'</b>	-	<b>810 (69,8%)</b>	<b>542 (76,1%)</b>	<b>426 (57,9%)</b>
Furgoneta	-	117 (10%)	99 (13,9%)	151 (20,5%)
Camión (PMA ≤ 3,5 t)	-	12 (1%)	17 (2,3%)	41 (5,5%)
<b>Camión (PMA &gt; 3,5 t) sin remolque</b>	<b>251 (25,7%)</b>	- <sup>8</sup>	-	-
<b>Camión (PMA &gt; 3,5 t) con remolque</b>	<b>246 (25,2%)</b>	-	-	-
Camión cisterna sin remolque	24 (2,5%)	-	-	-
Camión cisterna con remolque	12 (1,2%)	-	-	-
<b>Vehículo articulado</b>	<b>444 (45,4%)</b>	-	-	-
Otros	-	33 (3%)	9 (1,4%)	40 (5,7%)
<b>Total</b>	<b>977 (100%)</b>	<b>1.161 (100%)</b>	<b>712 (100%)</b>	<b>735 (100%)</b>

*Tipo de vehículos implicados en los accidentes de gravedad más frecuentes de camiones de gran tonelaje.*

De esta tabla se deduce que las 'colisiones frontolaterales', 'frontales' y 'colisiones por alcance' de gravedad (heridos graves o muertos) más frecuentes se produjeron en una amplísima mayoría entre camiones de gran tonelaje y turismos.

#### **8.12.4 Estudio estadístico detallado: Accidentes por alcance**

Analizadas las principales cifras de accidentalidad de estos vehículos, a continuación se va a profundizar en el conocimiento de las causas y de los escenarios en los que se producen los accidentes más frecuentes desde el punto de vista de la gravedad.

Con base a los datos del apartado anterior, los tipos de accidentes graves más frecuentes son:

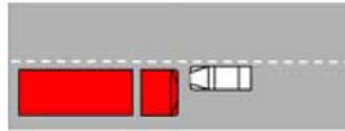
- *Salidas de calzada de gravedad de un camión de PMA superior a 3,5 t:* Este tipo de accidentes supone cerca del 16% del total de los accidentes de gravedad en los que se ha visto implicado un camión de estas características.



- *Accidentes frontolaterales de gravedad entre un camión de PMA superior a 3,5 t y un turismo:* Engloban al 13% del total de los accidentes de camiones (graves o mortales).



- *Accidentes frontales de gravedad entre un camión de PMA superior a 3,5 t y un turismo:* Suponen el 9% del total de los accidentes mortales o con heridos graves en los que ha habido implicado un camión.



- *Accidentes por alcance de gravedad de un camión de PMA superior a 3,5 t contra un turismo:* Este tipo de accidentes suponen sobre el 7% del total de los accidentes mortales o con heridos graves de camiones.



Y es de esta última tipología de la que se va a realizar el estudio estadístico detallado. Ya que en este tipo de colisión, cuando es el turismo el que impacta con la parte trasera del camión, entra en escena el dispositivo antiempotramiento que el camión lleva colocado en su parte trasera y cuya misión es la de evitar, como su propio nombre indica, que el turismo se empotre debajo de la caja del camión.



*Colisión por alcance turismo - camión*

#### **8.12.4.1 Consideraciones previas**

En adelante, 'accidentes de gravedad' se referirán a aquellos accidentes en los que ha habido implicado, al menos, una víctima grave o mortal, independientemente del tipo de vehículo implicado. De igual manera, se referirán como 'accidentes de interés de gravedad' a los

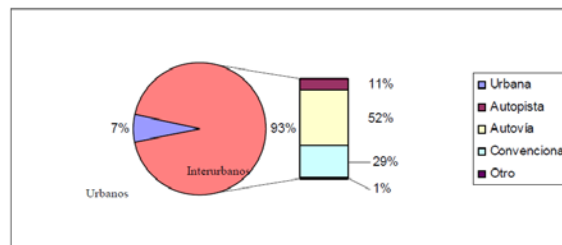
accidentes de interés de este proyecto, es decir, accidentes en los que ha habido implicado al menos un camión de PMA superior a 3,5 t y en los que se ha producido, al menos, una víctima grave o mortal, independientemente del vehículo del que proceda.

La recogida de información a través del 'cuestionario estadístico' imposibilita el identificar qué vehículo es el impactado y qué vehículo es el que impacta, es por ello que la información con la que se va a trabajar en este apartado engloba tanto a los accidentes en los que el camión colisiona por alcance con un turismo como aquellos que ocurren a la inversa.

A continuación se pretende caracterizar los impactos por alcance de gravedad entre los camiones de gran tonelaje y los turismos.

#### 8.12.4.2 Localización espacial

Un primer estudio sobre la base de datos de la DGT muestra que el 93% de los accidentes son en zona interurbana. De ellos, los más frecuentes son los sucedidos por una parte en las autopistas y autovías y por otra en las carreteras convencionales.

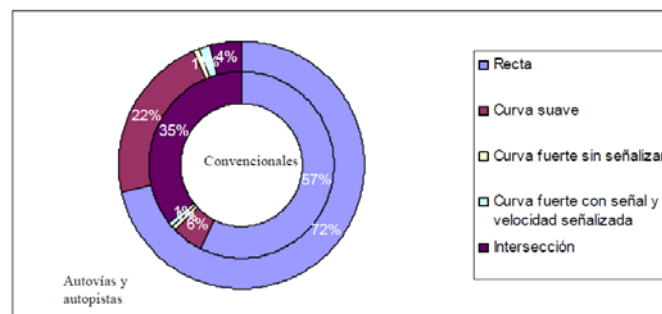


*Localización de los accidentes por alcance entre camiones de gran tonelaje y turismos.*

Se denota en este apartado como 'accidentes por alcance de interés' a aquellos accidentes por alcance entre un camión de PMA superior y un turismo, en los que ha habido heridos graves o mortales y que han ocurrido en autovías, autopistas o vías convencionales de zona interurbana.

#### 8.12.4.3 Tipo de Calzada

A la hora de estudiar determinados aspectos de la calzada en la cual se produjeron los accidentes por alcance, cabe diferenciar entre los ocurridos en autovías y autopistas y los sucedidos en carreteras convencionales. A partir del gráfico siguiente se deduce que gran parte de los accidentes por alcance en las autovías-autopistas se producen en tramos rectos, mientras que en los sucedidos en carreteras convencionales destaca que una buena parte de ellos (35%) se produjeron en intersecciones.



*Alineación de la calzada en accidentes por alcance de interés.*



En cuanto al estado de la superficie en estas colisiones se tiene que, en el 90% de las colisiones en autovías-autopistas la superficie está seca, mientras que en el caso de las carreteras convencionales este porcentaje se reduce hasta el 78% (ocurriendo que en más del 20% de las mismas la calzada estaba húmeda).

Relativo a las circunstancias especiales que pueda presentar la calzada, destaca el hecho de que en el 2% de las colisiones en autovías-autopistas como en carreteras convencionales la calzada presentaba un fuerte descenso, al igual que era también un 2% las ocasiones en las que existía un cambio de rasante (aunque sólo en el caso de las carreteras convencionales).

Pudiéndose pensar 'a priori' en una asociación entre una situación de alta densidad de circulación y la ocurrencia de los accidentes por alcance, ocurre que tan sólo en el 7% de las colisiones ocurridas en autovías-autopistas la circulación era densa (un 3% en convencionales), mientras que la circulación era congestionada en un 2% de las colisiones tanto en autovías-autopistas como en convencionales.

En cualquier caso, las cifras indican que tan sólo en 1 accidente de todos los ocurridos por alcance se señaló al estado de la vía como causa directa del accidente.

#### 8.12.4.4 *Luminosidad, visibilidad, factores atmosféricos y superficie.*

La distribución que poseen los accidentes respecto a los factores atmosféricos y la luminosidad más frecuentes se muestra en la tabla siguiente. Ambos aspectos influyen directamente en la visibilidad de los conductores de los camiones y turismos en estos accidentes y, por lo tanto, en ser posibles factores de riesgo a la hora de sufrir una colisión.

Factores atmosféricos	Accidentes de interés en autovías-autopistas		Accidentes de interés en vías convencionales	
	Pleno día	De noche sin iluminación	Pleno día	De noche sin iluminación
Buen tiempo	137	67	60	21
Lluvia	12	4	11	11
Otros (niebla, viento...)	6	3	3	0
TOTAL	155	74	74	32

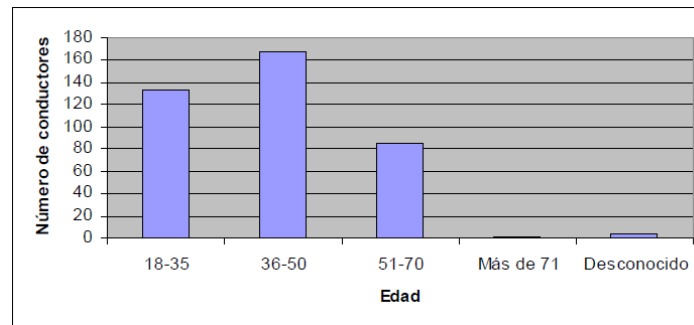
*Factores atmosféricos en las colisiones por alcance.*

Parece lógico pensar que aquellas condiciones atmosféricas que puedan influir en el aumento de la distancia de frenado (como se vio anteriormente en el caso de carreteras convencionales, en el 20% de los casos la calzada estaba húmeda) podrían considerarse factores de riesgo. Sin embargo, al no disponer de datos de exposición tanto en días de lluvia como en días secos, no se puede determinar con seguridad si este factor influye en que ocurra o no el accidente.

Citar que de los 392 accidentes por alcance de interés, tan sólo en tres de ellos se acusó a los factores atmosféricos como una de las causas del accidente. Pero es la variable 'visibilidad restringida' la que aporta información directa sobre este aspecto de visión, así, las cifras indican que en el 92% de los accidentes no hubo problemas de visión, siendo la 'configuración del terreno' y los 'factores atmosféricos' los que restringieron la visibilidad en el 6% de las ocasiones. Por tanto, no parece probable que este factor sea una potencial causa de accidentes por alcance.

#### 8.12.4.5 *Tipo de conductor*

El tipo de conductor que está involucrado en las colisiones por alcance es un varón (97%), profesional (por cuenta ajena: 70% y por cuenta propia: 25%), y con una edad perteneciente al grupo de 36 a 50 años.



*Edad de los conductores de camiones accidentados en colisiones por alcance de interés.*

Respecto al aspecto de la experiencia, el 87% de los conductores poseían una antigüedad de carné superior a los 2 años, mientras que más de la mitad, el 53%, poseían una experiencia superior a 11 años.

*Experiencia de los conductores de camiones accidentados en colisiones por alcance.*

#### 8.12.4.6 Factores concurrentes e infracciones

Una primera visión de los factores que concurrieron en los 392 accidentes de este tipo es la que se adjunta en la tabla siguiente, observándose que la distracción es la causa a la que más accidentes se asocian, Por otro lado, destacan también las infracciones como factores concurrentes, en el caso de los accidentes ocurridos en vías convencionales.

Factor concurrente	Frecuencia del factor en accidentes de interés	
	Autovía-Autopista	Vías convencionales
Distracción	69%	50%
Infracción a norma de circulación	13%	38%
Cansancio, sueño o enfermedad	17%	5%
Velocidad inadecuada	7%	9%

*Factores concurrentes existentes en las colisiones por alcance de interés.*

Un primer estudio sobre las infracciones asociada a la conducción de los conductores de camión muestra como en el caso de accidentes en autovías, autopistas y vías convencionales (fuera de intersección) el camionero sólo cometió infracción en un 20% de las ocasiones, elevándose sin embargo hasta el 40% para el caso de las intersecciones. De estas últimas, la infracción más frecuente es la correspondiente a la 'conducción distraída o desatenta' que pueda tener el conductor, dicha infracción se produjo en un 12% de los accidentes en autovías – autopistas, siendo muy superior a la que en un principio podría pensarse como infracción más abundante en este tipo de accidentes 'No mantener intervalo de seguridad', que tan sólo se produjo en el 1% de los accidentes en este tipo de vías.

En la tabla siguiente se detallan todas estas infracciones que cometió el conductor del camión, no teniendo porqué ser el cometer estas infracciones causa directa del accidente.

Infracciones	Accidentes interés en autovías-autopistas	Accidentes de interés en vías convencionales	
		No intersecciones	Intersecciones
Conducción distraída o desatenta	12%	5%	9%
No mantener intervalo de seguridad	1%	2%	7%
Adelantar antirreglamentariamente	1%	2%	-
Girar incorrectamente	1%	1%	2%
No respetar norma de prioridad	1%	1%	4%
No respetar STOP	1%	2%	7%
No respetar CEDA EL PASO	-	-	4%
Entrar sin precaución en la circulación	1%	1%	0%
No cumplir las indicaciones del semáforo	-	1%	2%
Otra infracción	3%	6%	5%
Ninguna infracción	79%	79%	60%
TOTAL	100% (268 conductores)	100% (79 conductores)	100% (44 conductores)

Figura 1: Tipos de infracciones en las colisiones por alcance.

Por otro lado las infracciones que el conductor del turismo cometió, se observa que en casi el 80% de los accidentes por alcance de interés, el conductor del turismo cometió algún tipo de infracción siendo la 'conducción distraída o desatenta' la que mayor porcentaje ostenta, seguida de 'no mantener la distancia de seguridad'.

Sintetizando los datos se concluye que:

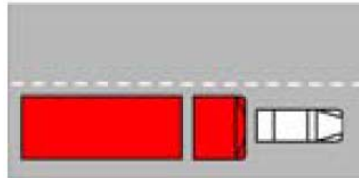
- En el 69% de los accidentes por alcance ocurridos en autovías-autopistas (185 de un total de 268) uno de los factores concurrentes fue la distracción, de estos en más del 95% de las ocasiones el conductor del turismo estaba distraído mientras que el conductor del camión lo estaba en un 16% (así pues, existen accidentes en los cuales ambos conductores estaban distraídos). Es por ello, que se puede afirmar que la gran parte de estos accidentes en los que la causa es la distracción, ésta procede del turismo.
- En el 54% de los accidentes por alcance ocurridos fuera de intersección en vías convencionales (43 de un total de 80) uno de las causas fue la distracción, de estos en más del 97% de las ocasiones el conductor del turismo estaba distraído mientras que el conductor del camión lo estaba en un 5%. Nuevamente, se puede afirmar que la gran parte de estos accidentes en los que la causa es la distracción, ésta procede del turismo.
- Por último, en el 48% de los accidentes por alcance ocurridos en intersección en vías convencionales (21 de un total de 44) uno de los factores concurrentes fue la infracción a norma de circulación, de estos en casi el 60% de las ocasiones el conductor del turismo cometió una infracción de circulación siendo el 'no respetar distancia de seguridad' la más abundante (33% de las infracciones cometidas). Por otro lado, en el 50% de los accidentes en los que una de las causas fue una infracción, el conductor del camión cometió una infracción, siendo la más frecuente 'no respetar distancia de seguridad'. Si se continúa con los accidentes por alcance ocurridos en intersección en vías convencionales, en el 43% de los accidentes por alcance ocurridos fuera de intersección en vías convencionales (19 de un total de 44) uno de los factores concurrentes fue la distracción, de estos en más del 92% de las ocasiones el conductor del turismo estaba distraído mientras que el conductor del camión lo estaba en un 20%. Nuevamente, se puede afirmar que la gran parte de estos accidentes en los que la causa es la distracción, ésta procede del turismo.

Cabe recordar para la comprensión completa de estas conclusiones que existen accidentes en los cuales ambos conductores pueden haber cometido una infracción, por eso la suma de los porcentajes de conductores de turismo y camión que cometen una infracción es superior al 100%.

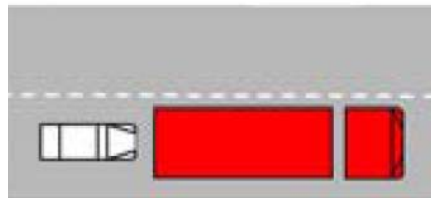
Como el interés de este proyecto se centra en los accidentes en los que el vehículo que impacta es el turismo, se puede utilizar el siguiente criterio para identificarlos.

Debido a que en esta tipología existen las dos formas de que se produzca el accidente:

- *Colisión por alcance camión – turismo*: En este caso es el camión el que colisiona con la parte trasera del turismo.



- *Colisión por alcance turismo – camión*: En este segundo caso es el turismo el que colisiona con la parte trasera del camión.



Podemos suponer que aquellos accidentes en los que el turismo es el vehículo que comete la infracción son en los que se produce el segundo caso, colisión por alcance turismo – camión. No obstante, hay que tener en cuenta que, con la información procedente de la base de datos, no se puede asociar a un determinado conductor la infracción que ocasiona un accidente (bien el conductor del turismo, bien el del camión), pero en este caso sí que puede proporcionar una buena estimación.

#### 8.12.4.7 Gravedad

Se observa en la tabla siguiente que la mayor parte de los lesionados graves o mortales que se producen en estos accidentes proceden del vehículo con menor volumen (el turismo).

Lesividad	Ocupantes en accidentes de interés	
	Camión de gran tonelaje	Turismo
Muertos	0	86
Heridos graves	11	409
Heridos leves	18	139
Ilesos	372	32
TOTAL	401	666

*Lesividad de los ocupantes en accidentes por alcance.*

Ante esta problemática, es lógico recalcar la importancia de la existencia de cualquier tipo de protección en el camión que evite posibles empotramientos del turismo, en el caso de colisiones por alcance en las que el turismo sea quien impacta al camión.

#### 8.12.4.8 Estado del vehículo

En este tipo de accidentes en los que el buen mantenimiento de las luces traseras es vital, se observa que para el caso de los camiones, tan sólo 1 de los 392 implicados poseía las luces

en un estado deficiente, lo cual da una idea que las causas de las colisiones por alcance no se pueden asignar, en principio, a este factor.

### **8.12.5 Conclusiones**

En este informe se ha procurado analizar las circunstancias que rodean los accidentes de camión de PMA superior a 3,5 toneladas, prestando especial atención a la tipología de accidente de colisión por alcance turismo – camión, que resulta interesante de cara al desarrollo del presente proyecto.

Por tanto para finalizar este estudio se ofrecen las características de las colisiones por alcance entre camiones de gran tonelaje y turismos, abarcando tanto las colisiones en las que el camión impacta contra el turismo como a la inversa.

#### *¿DÓNDE?*

- Por un lado, en autopistas y autovías, y por otro en vías convencionales (todas ellas en zonas interurbanas).
- Los accidentes ocurren en tramos rectos, aunque en los ocurridos en vías convencionales el 35% sucedieron en intersecciones.
- En el 90% de los accidentes en autopistas-autovías la calzada estaba seca, mientras que en vías convencionales el 20% estaba húmeda.
- La circulación era fluida en la mayor parte de todas las situaciones.

#### *¿CÓMO?*

- No existieron problemas de visibilidad.
- En autopistas y autovías, según opinión del agente, gran parte de los accidentes se produjeron, entre otros factores, por una conducción distraída o desatenta, procediendo del conductor del turismo en la mayor parte. En vías convencionales (fuera de intersección) la mitad de los accidentes se produjeron por distracción del turismo. En intersecciones de vías convencionales, una de las causas de la mitad de los accidentes fue una infracción.
- En casi ningún caso, la colisión por alcance se produjo por culpa del estado del vehículo.

#### *¿QUIÉN?*

- El conductor de camión tipo es profesional, varón, de 36 a 50 años y con bastante experiencia.
- La mayoría de los heridos graves y mortales proceden del turismo. Los ocupantes de los camiones sólo resultaron heridos de gravedad (graves o mortales) en un 3% de las ocasiones.

### 8.13 Anexo 13: Método de Campbell

El método de Campbell, que utiliza la relación existente entre la velocidad de impacto y la deformación residual, fue desarrollado por K. L. Campbell en 1972 y recogido en su tesis doctoral realizada en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Wisconsin (EE.UU.).

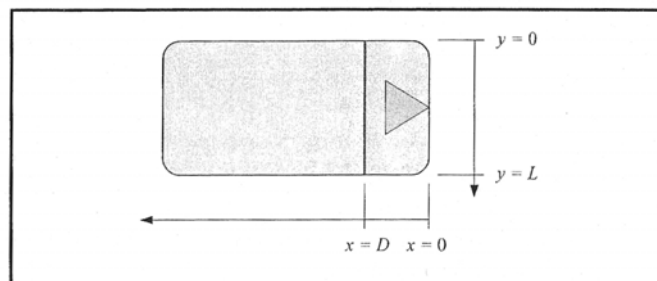
Este método se emplea cuando el perfil de deformación no es uniforme, lo que suele ocurrir normalmente en casi todos los accidentes de tráfico. El método se basa en la sencilla técnica energética consistente en igualar el valor de la energía cinética del vehículo justo antes del impacto con el trabajo necesario para producir la deformación en la carrocería del vehículo.

A partir de la fuerza de deformación característica, que se deriva de la fórmula básica de Campbell, se calcula el trabajo de deformación en la colisión. Se asume que la fuerza de deformación característica no varía a lo largo del frontal del vehículo y que el daño es uniforme verticalmente, es decir, la profundidad de la deformación es similar desde la travesía inferior delantera hasta el capó del vehículo.

El método se puede utilizar para choques frontales, traseros y laterales, con la única limitación de tener acceso a unos determinados coeficientes para cada uno de los tres tipos de colisión.

#### 8.13.1 Desarrollo del método: colisión estrictamente frontal

Campbell propuso, a partir de datos de colisiones frontales contra barrera rígida, una relación lineal entre la profundidad de deformación residual y la velocidad de impacto frontal contra barrera fija.



Así, para una colisión determinada en la que un vehículo impacta frontalmente contra una barrera rígida y sufre una profundidad de deformación de magnitud  $D_0$ , tal y como se muestra en Figura 2-1, la relación entre la velocidad de impacto y la deformación vendrá dada por:

$$V = b_0 + b_1 \times D$$

Donde:

$V$  Velocidad de impacto (m/s)

$D$  Deformación residual tras el choque (m)

$b_0$  Velocidad "sin daños" (m/s)

$b_1$  Pendiente de la recta ( $s^{-1}$ )

Campbell también indicó que el modelo más simple para la estructura frontal del vehículo, que reproduce la relación lineal observada entre la velocidad de impacto y la profundidad de deformación residual, viene dado por una expresión que relaciona linealmente la fuerza por unidad de anchura del vehículo con la deformación residual:

$$F = \frac{m \times b_1}{L} (b_0 + b_1 \times D)$$

Donde:

$F$  Fuerza por unidad de anchura del frontal del vehículo (N/m)

$m$  Masa del vehículo (Kg)

$L$  Anchura del frontal del vehículo (m)

$b_0$  Velocidad "sin daños" (m/s)

$b_1$  Pendiente de la recta ( $s^{-1}$ )

$D$  Deformación residual tras el choque (m)

A continuación se incluye una tabla con los coeficientes  $b_0$  y  $b_1$  obtenidos por la NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) para 6 categorías de vehículos, según su tamaño y tipo de carrocería. Lo más adecuado sería disponer de los coeficientes para cada modelo de automóvil, pero esto no es siempre posible. Dada la infinidad de modelos de automóvil y el coste de los ensayos hay que usar los coeficientes de la categoría más adecuada al vehículo a analizar. El uso de estos coeficientes agrupados en categorías de vehículos constituye una aproximación.

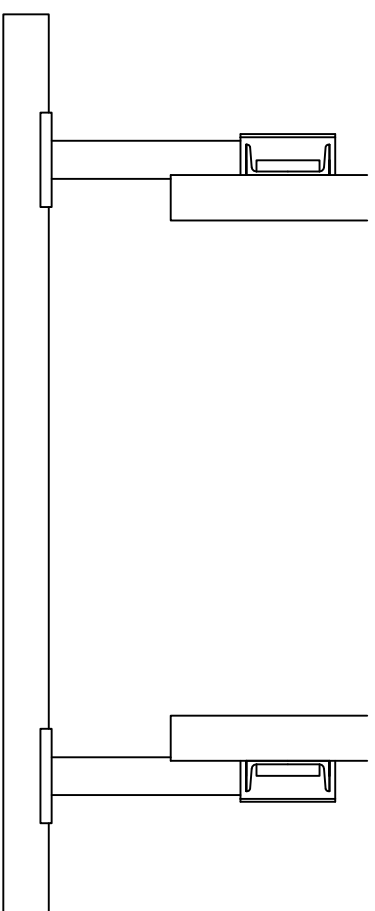
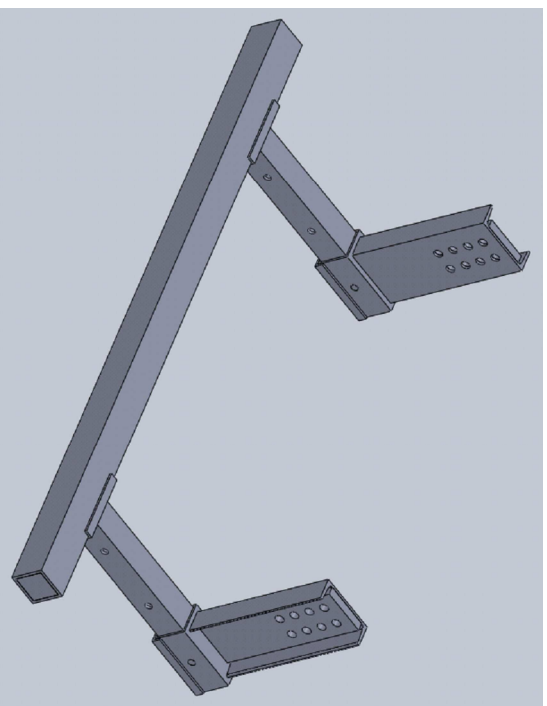
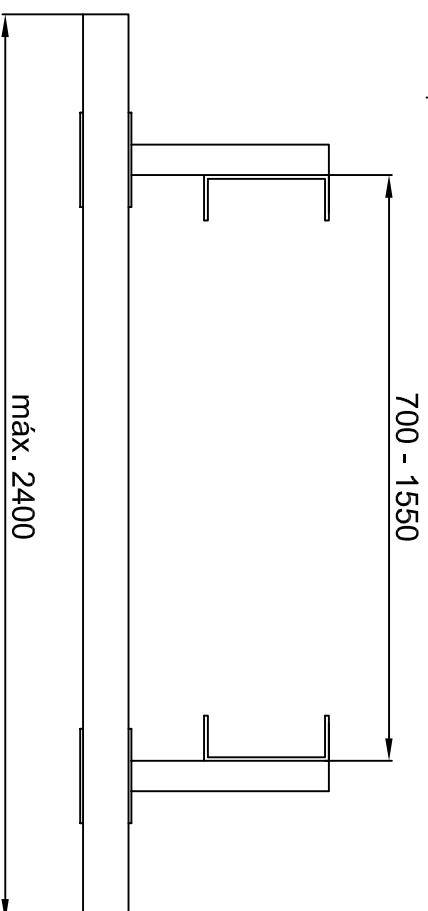
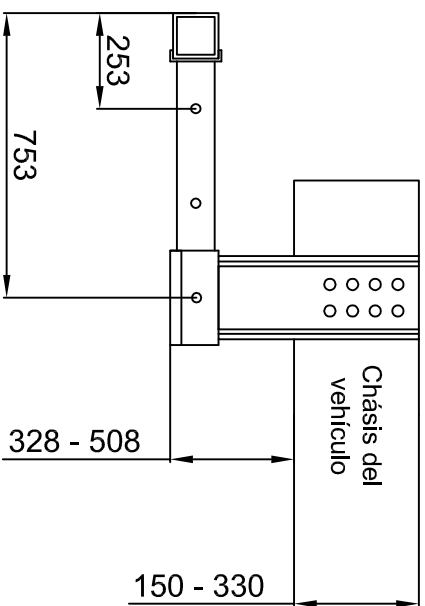
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5	Furgones
<i>Batalla (m)</i>	2,055 a 2,408	2,408 a 2,581	2,581 a 2,804	2,804 a 2,984	2,984 a 3,129	2,769 a 3,302
<i>Vía (m)</i>	1,298	1,387	1,496	1,57	1,618	1,717
<i>Longitud (m)</i>	4,059	4,442	4,983	5,405	5,754	4,663
<i>Anchura (m)</i>	1,544	1,707	1,844	1,956	2,017	1,981
<i>Peso (Kg)</i>	990	1380	1600	1925	2300	1970
<b>Frontal</b>						
<i>b<sub>0</sub> (Km/h)</i>	13,2	10,54	10,91	14,77	12,01	8,21
<i>b<sub>1</sub> (Km/h)/cm</i>	0,809	0,689	0,759	0,555	0,538	1,063
<b>Trasero</b>						
<i>b<sub>0</sub> (Km/h)</i>	17,9	16,3	15,9	11,5	8	9,7
<i>b<sub>1</sub> (Km/h)/cm</i>	0,727	0,672	0,673	0,716	0,74	0,702
<b>Lateral</b>						
<i>b<sub>0</sub> (Km/h)</i>	3,8	4,56	5,9	4,9	5,8	-
<i>b<sub>1</sub> (Km/h)/cm</i>	0,718	0,86	0,766	0,673	0,606	-

Los datos de la tabla son orientativos y se deben comprobarse con los del vehículo accidentado.

#### ***8.14 Anexo 14: Planos del dispositivo y esquema de montaje***

En las páginas siguientes se adjuntan todos los planos que deben incluirse en la ficha de características del dispositivo.

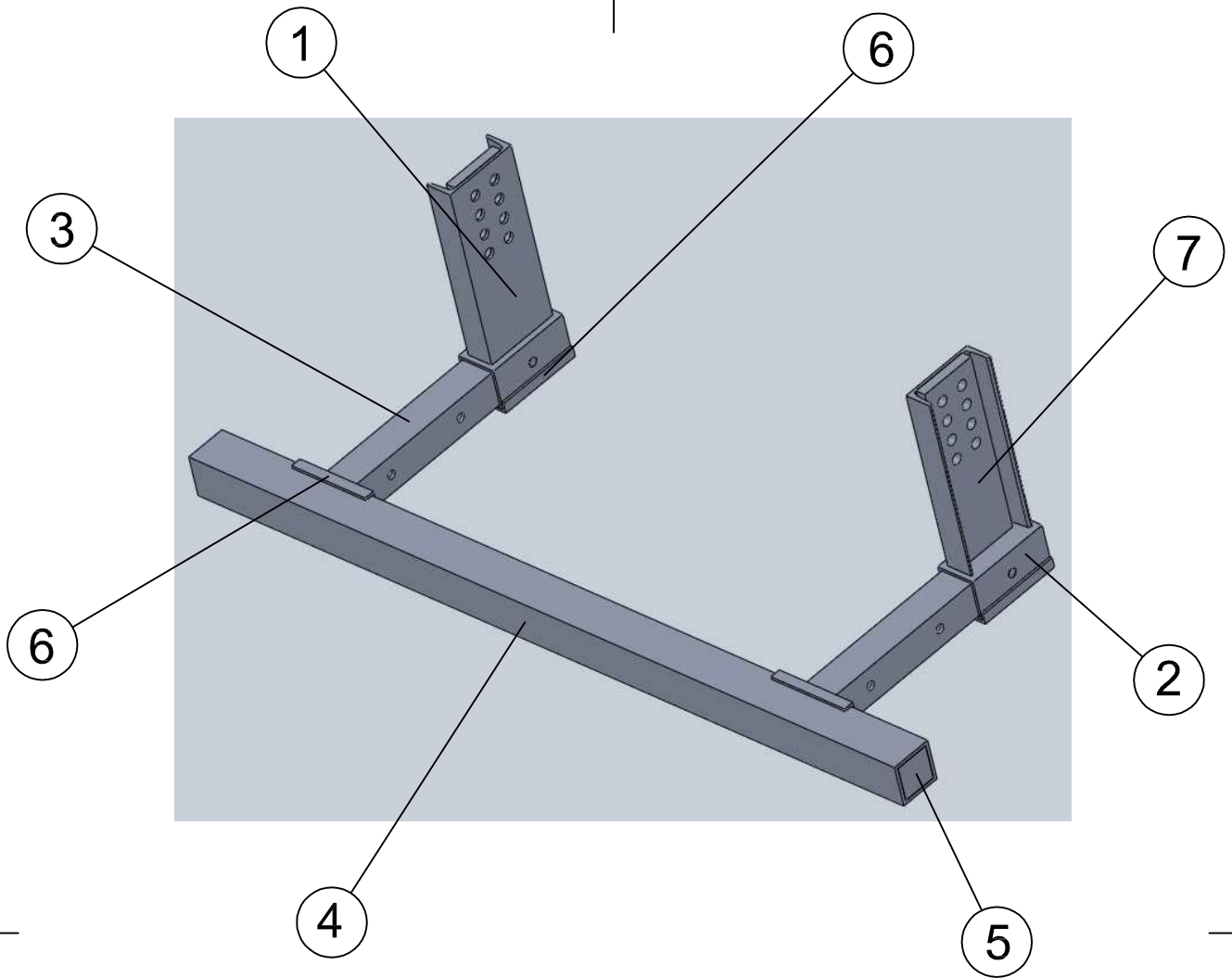




	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15/04/11	A. BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				

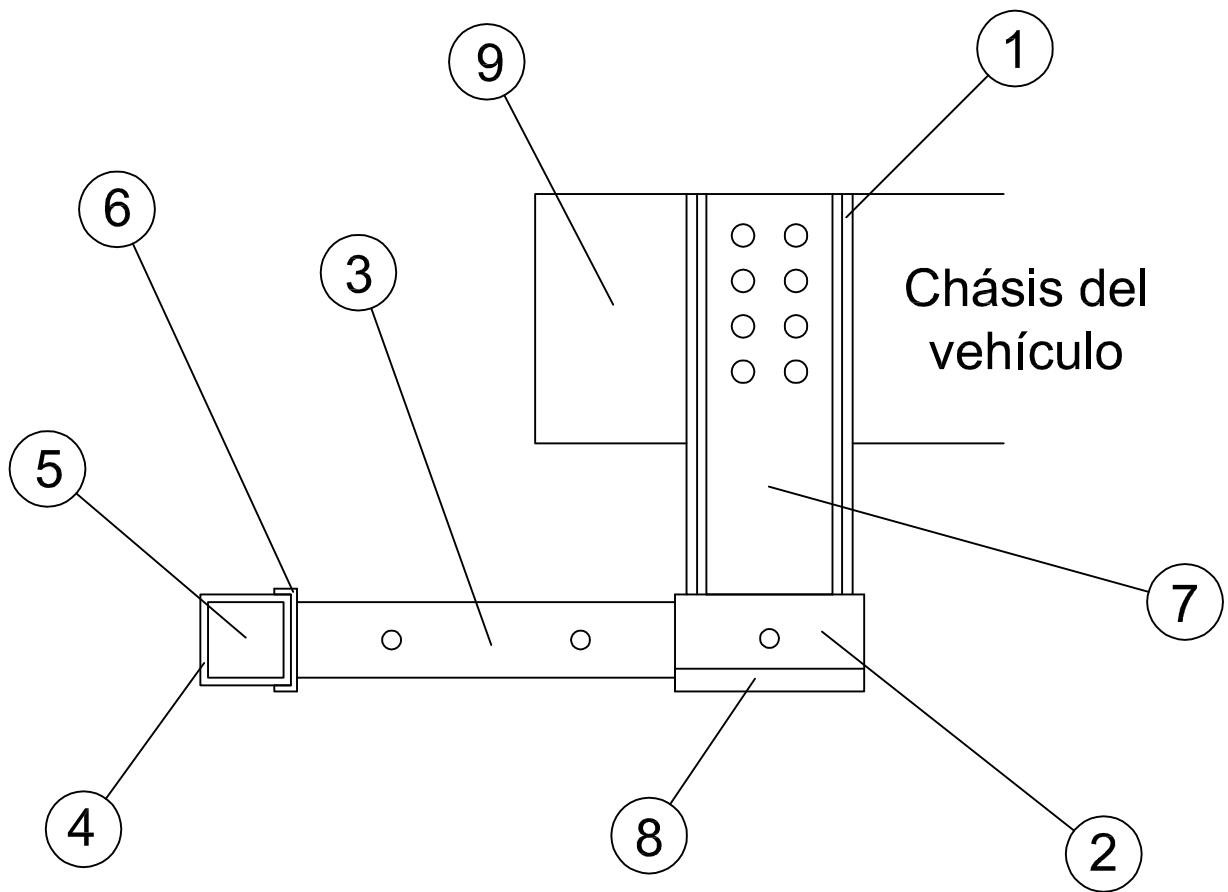
Escala: <b>1:20</b>	<h1>CONJUNTO</h1>	Plano: <b>1.00</b>
		Hoja: <b>113</b>
		Especialidad: Mecánica





2	1.07	Refuerzo soporte		S 275 JR
4	1.06	Refuerzo		S 235 JR
2	1.05	Tapa		S 235 JR
1	1.04	Travesaño		S 235 JRH
2	1.03	Vástago		S 235 JRH
2	1.02	Soporte vástago		S 275 JRH
2	1.01	Soporte		S 355 J2
Nº piezas	Nº pieza	Designación y observaciones		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>LISTA ELEMENTOS</b>			Plano: 1.00
S/E				Hoja: 115
				Especialidad: Mecánica

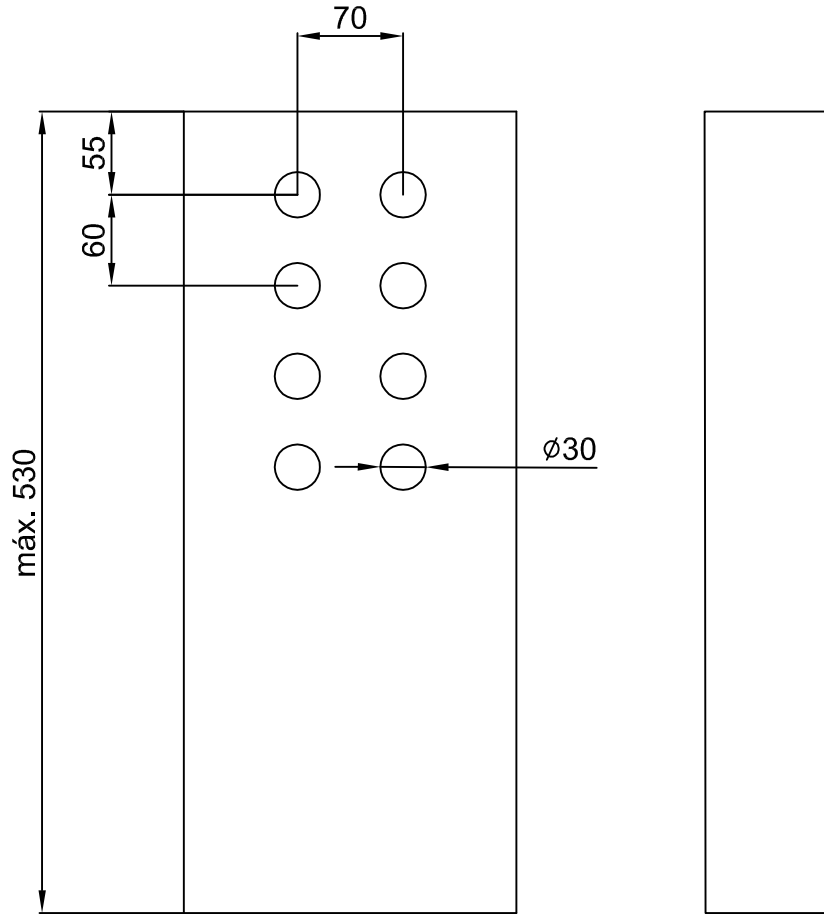




4 - 6	Soldadura continua		
4 - 5	Soldadura continua		
3 - 6	Soldadura continua		
2 - 8	Soldadura continua		
2 - 3	Bulón $\varnothing 24$		
1 - 9	4 - 8 uniones de tornillo y tuerca M29 y calidad 12.9		
1 - 7	Soldadura continua		
1 - 2	Soldadura continua		
Piezas	Uniones entre piezas		
	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.			
id.s.norma			
Escala:	<b>UNIONES PIEZAS</b>		Plano: 1.00
1:10			Hoja: 117
			Especialidad: Mecánica



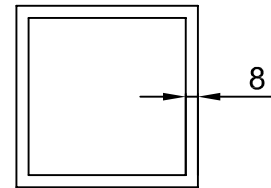
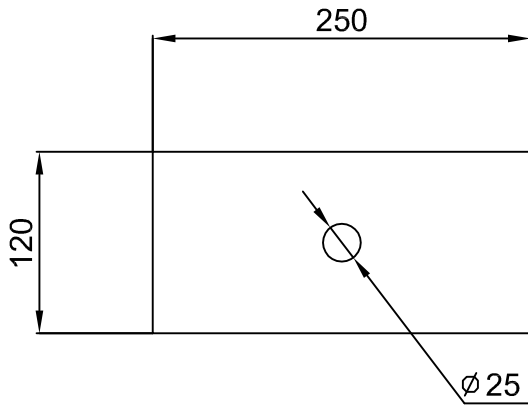
# Perfil UPN 220



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>SOPORTE</b>			Plano: 1.01
1:5				Hoja: 119
				Especialidad: Mecánica

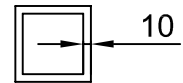
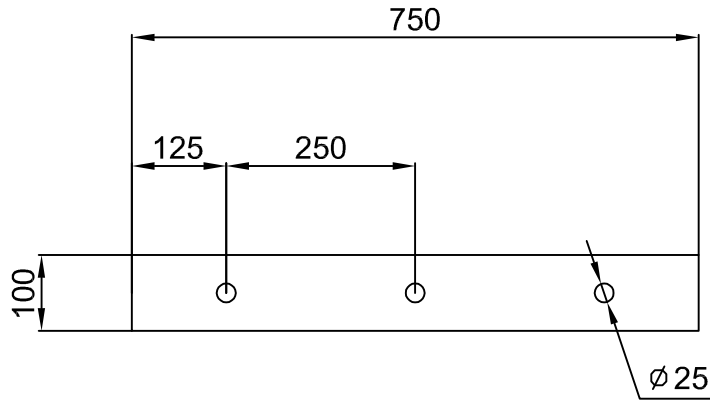






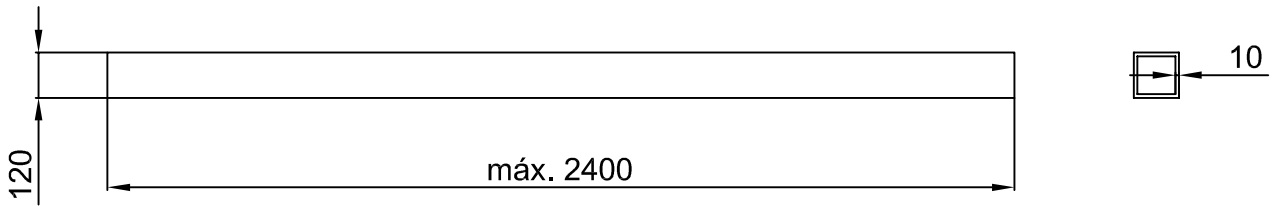
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala: 1:5	<b>SOPORTE VÁSTAGO</b>			Plano: 1.02
				Hoja: 121
				Especialidad: Mecánica





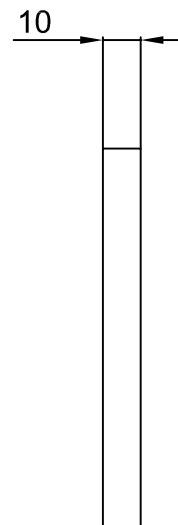
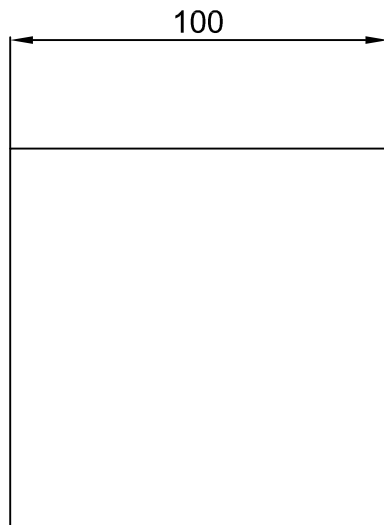
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>VÁSTAGO</b>			Plano: 1.03
1:10				Hoja: 123
				Especialidad: Mecánica





	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>SOPORTE</b>			Plano: 1.04
1:20				Hoja: 125
				Especialidad: Mecánica

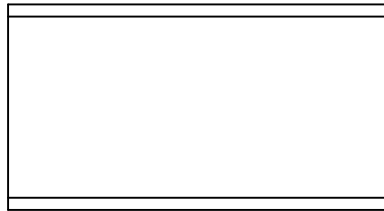
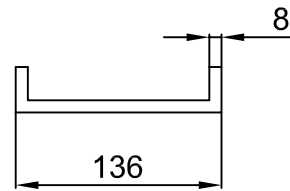
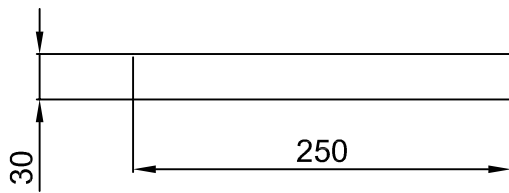




	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:  1:2	<b>TAPA TRAVESAÑO</b>			Plano: 1.05
				Hoja: 127
				Especialidad: Mecánica

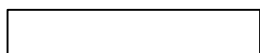
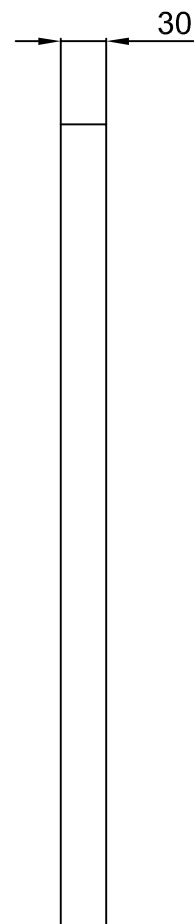
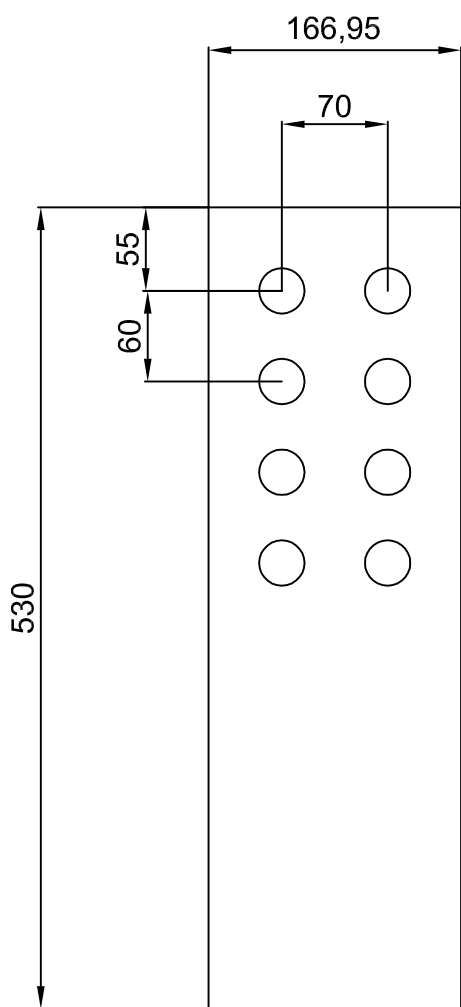






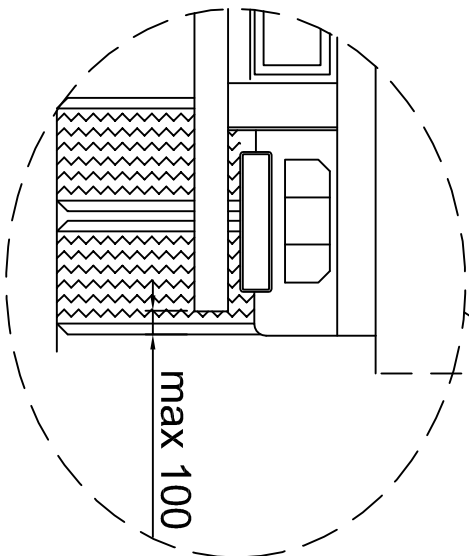
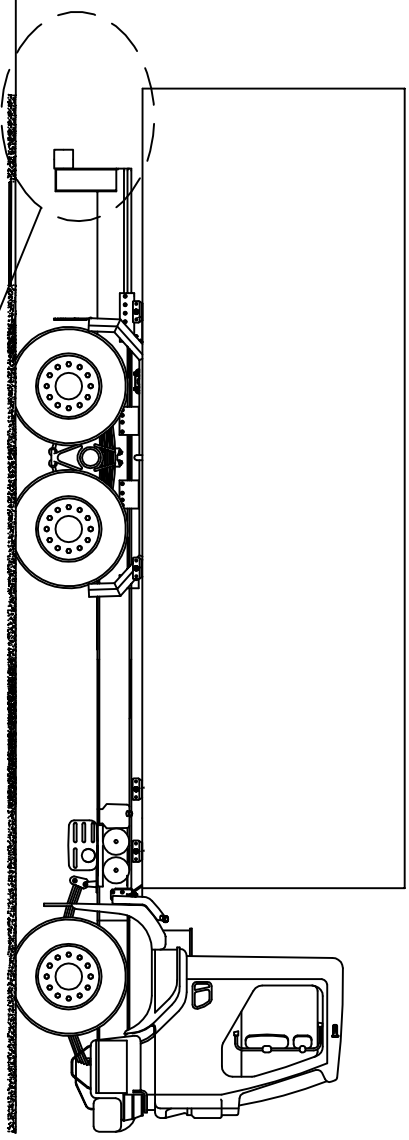
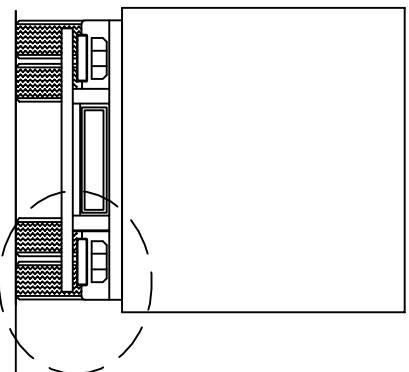
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>REFUERZO</b>			Plano: 1.06
1:5				Hoja: 129
				Especialidad: Mecánica





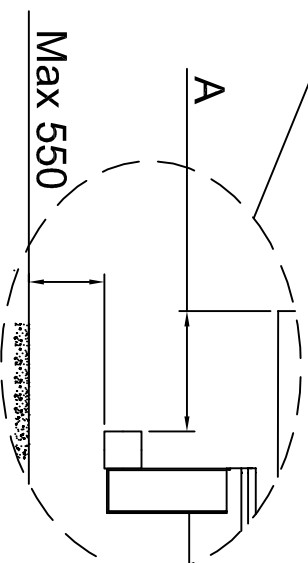
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	15-04-11	A.BORDEGÉ		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	<b>REFUERZO SOPORTE</b>			Plano: 1.07
1:5				Hoja: 131
				Especialidad: Mecánica





NOTA: Los esquemas presentados son orientativos, no afectando al número de ejes o al tipo de carrocería instalada en el vehículo.  
Todas las cotas en mm.

A: 400 mm. menos el desplazamiento máximo sufrido por el dispositivo durante el ensayo.  
Esta cota deberá aparecer en la homologación del antientramamiento como Unidad Técnica Independiente.



Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
15/04/11	A.BORDEGÉ		
Comprob.			
id.s.norma			
Escala:	Plano: 1.08		

S/E

INSTALACIÓN

Hoja: 133  
Especialidad:  
Mecánica

