

SISTEMA DE SEGURIDAD PASIVA PARA EL PEDAL DE EMBRAGUE

1 Liesa Mestres, F.; 2 Gallegos Díez, D.

1 Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Cataluña

2 Cátedra Applus+ en Seguridad del Automóvil. Universidad Politécnica de Cataluña

Área temática: Avances Tecnológicos en la Seguridad de Vehículos. Seguridad Activa

Av. Diagonal 647, Edifici ETSEIB, Pabellón F, planta 1,

08028, Barcelona, España

francisco.liesa@upc.edu, dgallegos@appluscorp.com

RESUMEN

Los accidentes de tráfico causan más de 150.000 discapacitados cada año. En el 82 % de los casos, el conductor es la persona lesionada y, en choques frontales, la segunda lesión más común se da en las extremidades inferiores (37.1 %).

El objetivo del presente proyecto es reducir las lesiones en las extremidades inferiores del conductor. El sistema de seguridad pasivo diseñado se instala en el pedal del embrague, adaptando este dispositivo al sistema actual de embrague con servo-asistencia.

El sistema diseñado está formado por un gancho de rotura, el cual rompe el eje de servo-asistencia del embrague; y la corredera, que comparte un punto fijo con el gancho de rotura y el pedal se libera cuando el eje del pistón se rompe.

Este sistema no necesita ninguna activación externa. A los 85 mseg. de producirse un choque frontal, la presión sobre la zona de los pedales es superior a 500 MPa. La energía de deformación liberada activa el sistema, rompiendo la unión entre el eje del embrague y el pedal, eliminando este último de la zona de los pies.

Los componentes se realizan con aceros de alta resistencia que permiten obtener un sistema ligero y adaptable a cualquier tipo de pedalería.

PALABRAS CLAVE: Pedal, accidente, seguridad pasiva, embrague

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados al respecto demuestran que la pedalería es una parte activa en la generación de lesiones en piernas y pies del conductor. De aquí que en el presente proyecto se hayan tenido en cuenta tanto los requisitos que se incluyen en la Directiva 96/79/ CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Diciembre de 1996, como el protocolo EuroNCAP de Enero de 2003, en ambos casos para los ensayos de choque tipo Offset.

Para el protocolo EuroNCAP las condiciones de ensayo son una velocidad del vehículo de 64 km/h, contra una barrera deformable con un 40 % de alineación con el vehículo y con un conductor dummy Hybrid III 50 % percentil.

Según el mencionado protocolo, los pies y tobillos son partes del cuerpo susceptibles de ser dañados directamente por los pedales y por ello se mide la intrusión de los mismos para valorar los daños en dichas partes del cuerpo. Los límites de valoración son los que se muestran en la Tabla I.

Tabla I. Criterio para Pie/Rodilla (Protocolo EuroNCAP 2003)

	Límite inferior	Límite superior
Desplazamiento del Pedal	100 mm	200 mm

De las extremidades inferiores del cuerpo, la tibia también puede resultar afectada por los pedales. De la tibia se miden fuerzas y momentos a partir de los cuales se determinan dos índices de trabajo: El Índice de Tibia (TI) y el de Compresión de Tibia (CT). Los límites de valoración son los que se muestran en la Tabla II.

Tabla II. Criterio para Extremidades Inferiores (Protocolo EuroNCAP 2003)

	Límite inferior	Límite superior
Índice de Tibia (TI)	0,4	1,3

Compresión de Tibia (TC)	2 kN	8 kN (10 % riesgo de fractura)
--------------------------	------	--------------------------------

En la Tabla III se muestran los valores obtenidos en diversos ensayos realizados en un turismo de gama media realizados según el protocolo EuroNCAP. Los resultados más desfavorables, indicados con un asterisco en dicha Tabla, corresponden al desplazamiento horizontal del pedal de embrague, sin embargo también se puede observar en el ensayo 2 un valor fuera de rango en cuanto al índice de tibia.

Tabla III. Evaluación Pedal de Embrague en choque ODB EuroNCAP

Evaluación Pie/Rodilla	Evaluación Tibia izquierda		
	TC (kN)	TI Máximo	TI Mínimo
Test nº 1			
134,4*	0,65	0,33	0,2
Test nº 2			
105,5*	0,88	0,48*	0,22
Test nº 3			
97,4	1,5	0,32	0,26

2. CONDICIONES DE DISEÑO Y ACTUACIÓN DEL SISTEMA

El dispositivo de seguridad diseñado se implementará sobre un pedal de embrague con accionamiento hidráulico que se monta de serie en un turismo de gama media del cual se han obtenido los resultados expuestos en la Tabla III y cuyo esquema y disposición en vehículo se muestran en la Fig. 1.

La sujeción del pedal en la placa de separación del habitáculo pasajeros con habitáculo motor da lugar, en caso de impacto, a que la deformación de dicha placa empuje al soporte del pedal y este se desplace hacia el conductor, experimentando en ocasiones bloqueo del vástago del émbolo hidráulico, convirtiendo al pedal en un elemento rígido con una resistencia capaz de causar daños en las extremidades inferiores del conductor.

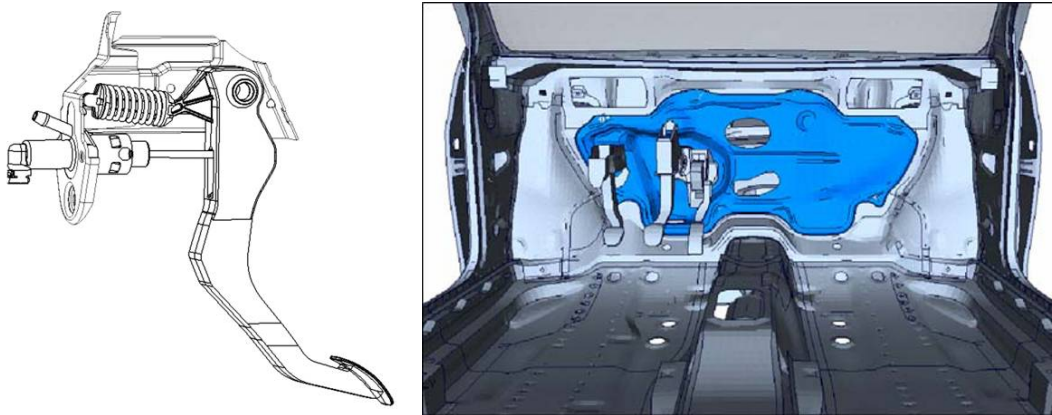


Fig.1: Conjunto diseñado y ubicación en el habitáculo

Los objetivos que se plantean para el diseño del dispositivo de seguridad se basan en el aprovechamiento de la energía del impacto liberada en un choque frontal. Con dicha energía se pretende lograr dos acciones consecutivas una primera será evitar que el bloqueo del pedal más la presión hidráulica en el cilindro aumenten la rigidez del conjunto pedal y una segunda acción consistente en retirar el pedal de la zona de los pies.

Para lograr variar la dirección de desplazamiento del pedal hacia el conductor, debido a la fuerza transmitida al soporte y sustentada por el vástago del émbolo del sistema hidráulico, se ha optado por romper dicho vástago. Y para, a continuación, retirar el pedal de la zona de los pies se ha optado por actuar en la unión del pedal con el muelle.

El diseño realizado ha estado muy condicionado por la geometría del pedal, tal y como se puede ver en la Fig. 2, ya que el mecanismo se ha implementado sin modificaciones en la estructura original sin interferencia en el accionamiento usual del pedal. El diseño del sistema consta de 5 componentes tal y como se muestra en la Fig. 3,

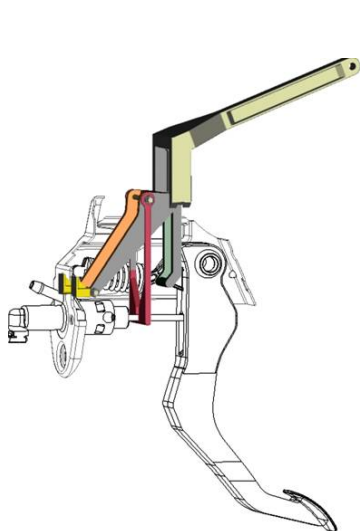


Fig. 2: Conjunto montado

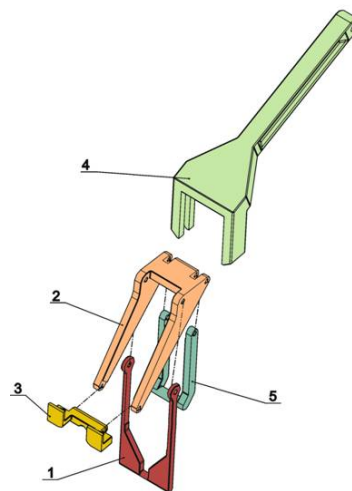


Fig. 3: Despiece del sistema diseñado

Al producirse el impacto frontal, la placa de separación donde está fijada la pedalería, recibe una fuerza que le produce una deformación y un desplazamiento en la dirección longitudinal del vehículo. Este movimiento se transmite al elemento 3, que está fijado al soporte del pedal del embrague, el cual transmite el movimiento a la pieza corredora, provocándole un deslizamiento sobre la guía. Este deslizamiento transmite, en primer lugar, el movimiento al gancho de rotura y este incide sobre el vástago del émbolo rompiéndolo y por tanto desbloqueando el pedal. En segundo lugar hace posible que el gancho de retirada del pedal, incida sobre la unión muelle-pedal ejerciendo un esfuerzo inicial para retirar el pedal de la zona de los pies, de modo que después el muelle tipo overcenter, mantenga esta posición de retirada del pedal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras un primer estudio del sistema en el cual se ha procedido a definir la geometría y dimensiones de los elementos del sistema, se ha realizado un pre-análisis de los esfuerzos a que estarán sometidos, y se ha determinado el comportamiento cinemático del conjunto, se ha pasado a una segunda fase de modelización y simulación de cada uno de los componentes para analizar el comportamiento estructural y consecuentemente definir los materiales constructivos necesarios.

Como herramienta de trabajo se ha utilizado el programa MSC Visual Nastran Desktop, que permite la implementación de piezas en 3D manteniendo las condiciones geométricas y una definición de las condiciones de contorno.

Para el análisis mediante elementos finitos se hace un mallado de las piezas mediante elementos tetraédricos, y a continuación se introducen las condiciones de contorno de cada pieza y las fuerzas externas que intervienen en el mecanismo.

En la gráfica de la Fig. 4 se puede apreciar como varía la presión que transmite el choque sobre el soporte de la pedalería en la cual se desea implementar el sistema de seguridad pasiva, durante los 120 mseg. que puede durar, aproximadamente, un choque frontal y en la Fig. 5 el estado de tensiones en la zona de fijación del pedal. Esta presión será la encargada de accionar todo el mecanismo diseñado y por tanto tiene una fuerte influencia en el diseño del sistema.

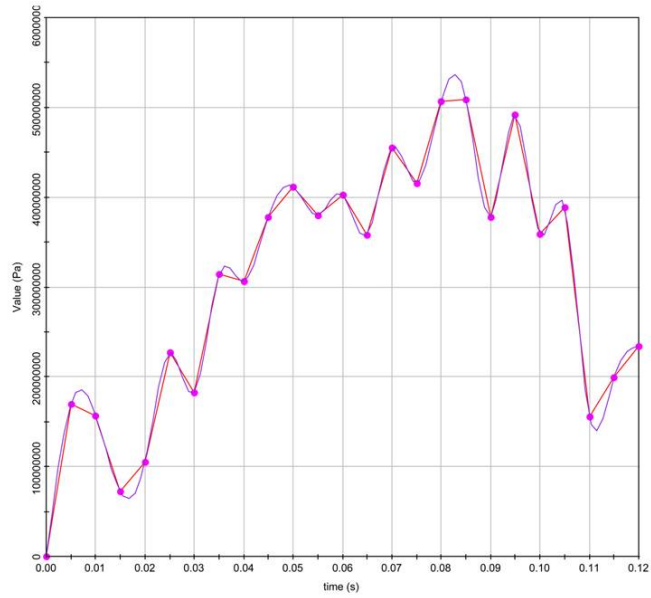


Fig. 4: Aceleraciones registradas en un choque frontal

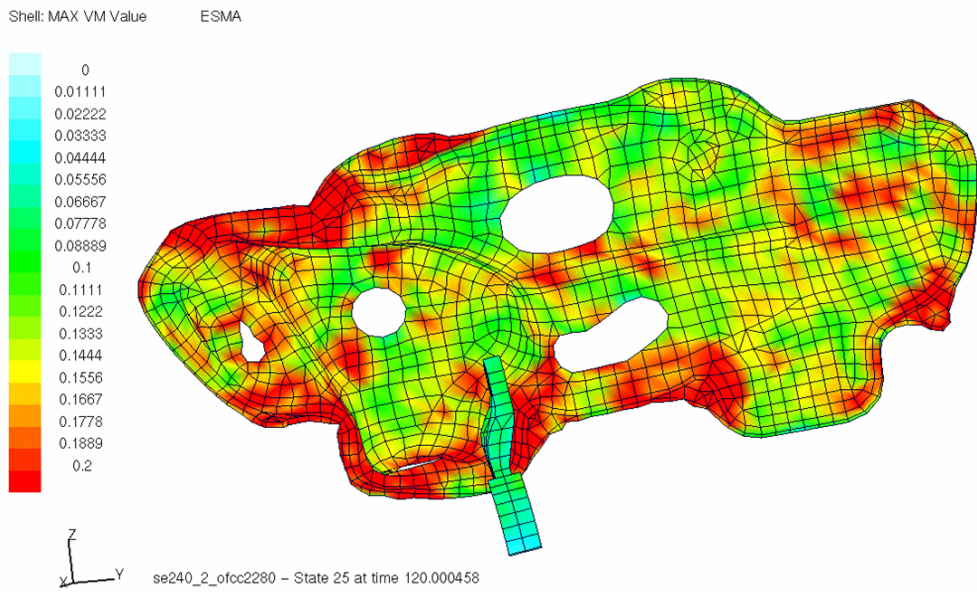


Fig. 5: Mapa de tensiones en el firewall

El estudio de las presiones se ha realizado durante un choque offset EuroNCAP mediante una serie de sensores situados en el soporte de la pedalería, la función de los cuales ha sido determinar la presión recibida por la pedalería en cada instante de tiempo del choque.

Los resultados de la simulación han demostrado que la primera acción, la de rotura del vástago, es la más crítica y por tanto la que determina las características de los materiales a emplear. A título de ejemplo en la Fig. 6 se presenta el estado de tensiones del gancho de rotura.

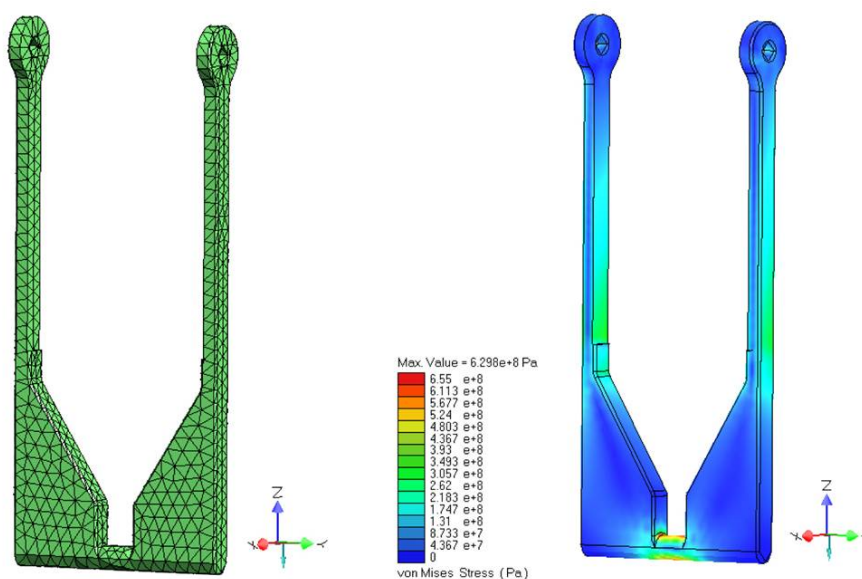


Fig. 6: Malla realizada y tensiones obtenidas de la simulación para el gancho de rotura del eje del émbolo

En la Tabla IV se muestra un resumen de los valores críticos que se alcanzan en cada uno de los componentes del sistema. La elección del material de fabricación ha estado supeditada a 3 aspectos fundamentales:

- a) Dimensiones reducidas de cada componente para no modificar las piezas de la pedalería existente
- b) No interferencia de los nuevos componentes en la cinemática del pedal en condiciones de uso normal
- c) Tensiones críticas en cada uno de los componentes.

Por todo ello se ha considerado conveniente la utilización de aceros de alto límite elástico de baja aleación, como materiales de fabricación.

Tabla IV. Tensiones críticas

	Gancho de rotura	Guía	Unión al pedal	Guía de contacto	Gancho retirada pedal
Tensión máxima (MPa)	629,8	360,4	388,9	435,8	1,1

Estos aceros combinan diferentes propiedades mecánicas: alta capacidad a soportar tensiones, resistencia a la fatiga y buena conformabilidad. Los aceros S500MC y S700MC (según EN 10149-2:1995) son los aceros utilizados para fabricar los elementos del sistema de seguridad.

El acero S500MC tiene el límite elástico a 630 MPa y la tensión de rotura a 700 MPa y ha sido escogido para realizar todos los elementos del sistema excepto el gancho de rotura.

El acero S700MC posee un alto límite elástico cuyo valor supera los 720 MPa y su tensión de rotura es de 910 MPa. De este material se realiza el gancho de rotura, dado que es el elemento más crítico del conjunto.

4. CONCLUSIONES

El problema derivado de las lesiones en extremidades inferiores consecuencia de accidentes de tráfico en turismos, no está en la pérdida de la vida humana sino que reside en las secuelas posteriores que puede padecer el accidentado, en la pérdida de productividad y en los costes sociales derivados.

La solución aportada es una solución basada en las configuraciones actuales para este tipo de mecanismos, pedales de freno y embrague, la implementación de los sistemas *BY WIRE* en frenos y la utilización de cajas de cambio automáticas o semi-automáticas solucionarían de forma drástica este tipo de lesiones, si bien son soluciones de elevado coste.

Los requerimientos dimensionales para la ubicación de los elementos y los requerimientos mecánicos necesarios para asumir los objetivos han llevado a la elección de materiales de alto límite elástico y alta tenacidad que cumplieran con los requisitos del diseño.

La utilización de aceros *HSLA* ha permitido la implementación de un sistema de seguridad a un producto de fabricación en serie, sin modificación de su estructura, sin modificación de su grado de confort, es decir el sistema no incrementa su rigidez de funcionamiento y por tanto el conductor no ha de hacer un esfuerzo mayor en el accionamiento del pedal.

BIBLIOGRAFÍA

- *Encyclopedia of Materials Science and Engineering*, (Pergamon Press and MIT Press, 1986)
- Matthew Huang, *Vehicle Crash Mechanics*, (New York,NY: SAE CRC Press, 2002)

- Stanley H. Backaits, *Vehicle Compatibility in Automotive Crashes*, (Warrendale,USA: Society of Automotive Engineers,Inc.,2005)
- T. Kvackaj, I.Pokorny, "Auto Body Sheets for a New Car Generation", *Metalurgija*, 41 (2002) 1, 37-42