

## El aluminio mejora la seguridad en el transporte

Textos e ilustraciones para la prensa europea del transporte  
Diciembre 2004

### Resumen:

En el marco de su Programa de Acción para la Seguridad Vial, la Comisión Europea parece estar dispuesta a introducir criterios de absorción de energía en los camiones. La industria del aluminio ha desarrollado varias soluciones para los sectores de automoción y ferroviario y podría estar lista para enfrentar el reto con los camiones.

### Contenido:

- Introducción
- El principio
- Necesidad de un compromiso entre una máxima suavidad en la desaceleración y la ligereza de peso
- Ventajas de los elementos de seguridad de aluminio
- Algunos ejemplos
- ¿Qué puede hacerse con los camiones?

### Para más información, contactar con:

Bernard Gilmont  
European Aluminium Association  
Teléfono: + 32 2 775-63 40 (Fax: -63 43)

[www.alutransport.org](http://www.alutransport.org) (camiones)  
[www.aluminium.org](http://www.aluminium.org) (información general)

Jon de Olabarria  
Anexpa  
Teléfono: +915-632 287 (Fax: -115 971)  
[anexpa@anexpa.org](mailto:anexpa@anexpa.org)  
[www.anexpa.org](http://www.anexpa.org)

## Introducción

Nadie negará que cuando se salta de una pared es preferible caer de pie flexionando las rodillas que caer de cabeza con el cuerpo rígido. El mismo principio se aplica al hablar de la seguridad en el transporte. A fin de ofrecer más oportunidades de supervivencia tras un accidente, los vehículos deben ser diseñados de tal manera que las deformaciones ocurran fuera de las áreas donde se encuentran las personas y amortigüen los choques sufridos por los ocupantes.

En este sentido, los componentes de aluminio se utilizan cada vez más en los sectores del automóvil y de ferrocarriles. Éstos aumentan la seguridad a un precio ventajoso y con un peso mínimo.

En lo que respecta a los camiones, tras haber impuesto la protección contra empotramiento frontal, lateral y trasero, Europa parece estar dispuesta a dar un paso más para salvar vidas humanas con el establecimiento de criterios de absorción de energía. De hecho, algunos fabricantes afirman que la creación de una zona deformable en la parte delantera de las cabinas podría reducir en 900 las muertes por año en las carreteras europeas.

El presente documento expone lo que ha desarrollado la industria del aluminio en los sectores del automóvil y de los ferrocarriles, y describe lo que podría hacerse con los camiones.

## El principio

Cuando un vehículo se desplaza, genera una determinada cantidad de energía cinética que es proporcional a su masa multiplicada por el cuadrado de su velocidad. Para frenar el vehículo en caso de emergencia, la mayor parte de esta energía debe disiparse en forma de calor en los frenos y los neumáticos. Si estos no bastan para frenar, será inevitable la colisión y el vehículo absorberá la mayor parte de la energía residual mediante deformación plástica<sup>1</sup>. A fin de limitar los daños ocasionados a los pasajeros en caso de accidente, es necesario evitar la deformación del compartimiento de los pasajeros mediante control de la deformación en las partes donde no hay personas. Cualquiera que sea el material utilizado, las áreas estudiadas para soportar el choque serán, por consiguiente, menos resistentes que el compartimiento de pasajeros.

Así mismo, mientras más larga sea la zona de deformación, más bajo será el promedio de desaceleración para los pasajeros. Desgraciadamente, esto significa igualmente un volumen y peso mayores, cuando las tendencias actuales se orientan más bien hacia vehículos más compactos y ligeros. Por esta razón, se requiere encontrar el mejor compromiso entre una desaceleración de máxima suavidad y el más bajo peso.

## Necesidad de un compromiso entre una máxima suavidad en la desaceleración y la ligereza de peso

A objeto de entender mejor lo que esto significa, examinemos dos tubos cilíndricos de aluminio en el caso simplificado de un choque axial reproducido en laboratorio.

---

<sup>1</sup> Sin embargo, en caso de que el vehículo o el obstáculo sigan en movimiento después del accidente, el sistema habrá preservado una parte de su energía cinética inicial reduciendo en esa misma proporción la cantidad de energía que deberá ser absorbida por la deformación plástica. Esta situación podrá verificarse en los ejemplos de accidentes de referencia relativos al sector ferroviario.

Si, para absorber una cantidad determinada de energía, se busca la solución más compacta y el peso más ligero posible, habrá que escoger un tubo sumamente resistente, corto y grueso cuyo volumen total sufrirá importantes deformaciones plásticas<sup>2</sup>, como lo ilustra la figura 1.

Esta opción hace posible la absorción de casi 50 kilojulios (kJ) de energía por kg de aluminio<sup>3</sup> y es muy compacta aunque impondrá una fuerte desaceleración para los pasajeros en caso de accidente.

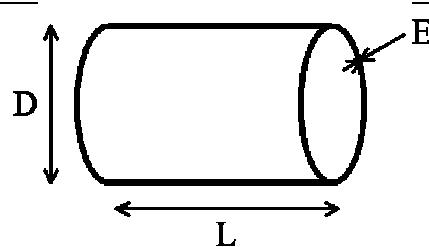
Si se requiere una solución más suave, habrá que escoger un elemento menos resistente y menos grueso que se deformará igual que una lata de refresco, como lo ilustra la figura 2. Debido a que muchas partes permanecerán planas y casi sin deformación, la absorción de energía se limitará a aproximadamente 25 kJ por kg de aluminio<sup>4</sup>, requiriéndose un elemento más largo. Lo positivo de esto es que, en caso de accidente, la desaceleración será mucho más suave.

### Comparación entre dos soluciones extremas con aluminio para una misma capacidad de absorción de la energía (7,5 kJ)

#### Dimensiones antes del impacto

##### Cilindro corto y grueso

D = 70 mm  
E = 5 mm  
L = 54 mm  
Peso: 150 g



##### Cilindro largo y delgado

D = 92 mm  
E = 1,5 mm  
L = 261 mm  
Peso: 300 g

#### Resultados tras impacto

Pandeo plástico del 100%

Fuerte desaceleración

Absorción de 7,5 kJ, es decir, 50 kJ/kg<sub>alu</sub>

Mezcla de pandeo elástico y plástico

Baja desaceleración

Absorción de 7,5 kJ, es decir, 25 kJ/kg<sub>alu</sub>



Fig. 1



Fig. 2

<sup>2</sup> Tipo de deformación: 100% de pandeo plástico.

<sup>3</sup> + o -20% en función de la composición exacta de la aleación de aluminio y del tratamiento térmico aplicado.

<sup>4</sup> Tipo de deformación: mezcla de pandeo elástico y plástico.

En la práctica, no es posible alcanzar un 100% de pandeo plástico, por lo cual habrá que encontrar un compromiso entre las dos posibilidades.

Existen múltiples soluciones intermedias y las secciones pueden ser mucho más complejas (rectangulares, multicámara, con diferentes espesores, etc.).

Las soluciones que con más frecuencia se emplean en el sector automotor se sitúan entre 20 y 35 kJ absorbidos por kg de aluminio<sup>5</sup>, logrando un índice de desaceleración aceptable. Su deformación se asemeja a la ilustrada en la figura 2.

Los sistemas que se deforman como en la figura 1 se encuentran en el sector ferroviario.

En la práctica, los escenarios de choque son mucho más complejos y los sistemas de absorción de energía no se limitan a un único elemento. Sin embargo, los principios anteriormente ilustrados siguen siendo aplicables.

### **Ventajas de los elementos de seguridad de aluminio**

#### Ligeras

Teniendo en cuenta los tipos de deformación que sufren las partes que absorben la energía, los sistemas de aluminio permiten una absorción de energía por unidad de peso mucho más importante que los sistemas tradicionales de acero. Por regla general, la posibilidad de reducción de peso supera el 40%.

#### Semiproductos con alto valor añadido

El aluminio puede ser extruído fácilmente y la complejidad de los perfiles que se pueden obtener a partir de él es casi infinita. Esto permite no sólo un mejor control de la deformación en caso de choque, sino también la integración de un gran número de funciones en una sola parte.

En caso de necesidad, los perfiles pueden ser transformados adicionalmente (por curvado, estampado, perforado, etc.).

En función del volumen de producción, también podrán utilizarse alternativas con chapas, piezas moldeadas o forjadas.

#### Diversidad de aleaciones y tratamientos

En función de las limitaciones técnicas y económicas, los diseñadores tendrán la posibilidad de optimizar sus productos gracias al amplio abanico de aleaciones y tratamientos térmicos disponibles.

Las aleaciones más frecuentemente utilizadas son las de aluminio, magnesio y silicio (series 6000) y las de aluminio y zinc (series 7000).

---

<sup>5</sup> En el caso de choques axiales unidireccionales.

## Algunos ejemplos

### Automóviles

El Renault Megane II, elegido coche del año 2003, está equipado con un parachoques delantero de aluminio y dos estructuras deformables de aluminio.

Entre otros criterios, el sistema está calculado para absorber la energía de un impacto hasta una velocidad de 16 km/h.

Este sistema evita las deformaciones en la estructura del automóvil en los accidentes típicos de ciudad y facilita las reparaciones.

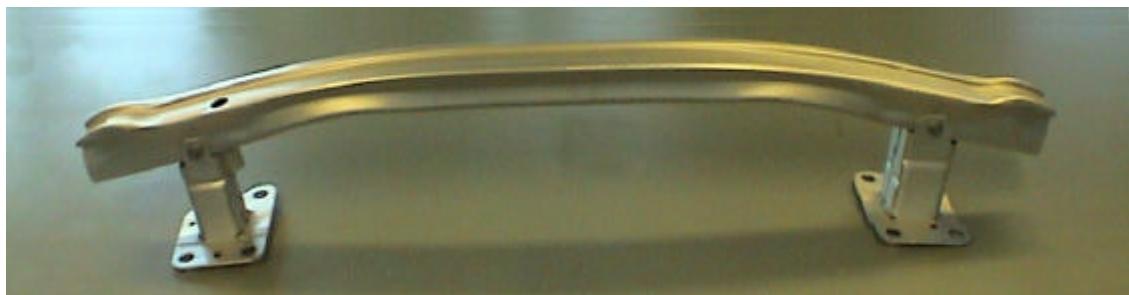


Fig. 3

Resultado: para un mismo rendimiento, la reducción de peso inducida por la solución de aluminio supera el 40%<sup>6</sup>.

El ahorro en peso logrado en el parachoques delantero mejora igualmente el rendimiento del automóvil en las curvas.

Los parachoques de aluminio delanteros y traseros ya han conquistado un tercio del mercado europeo automovilístico.

### En el ferrocarril

En el marco del programa European Safetram, se desarrolló y puso a prueba recientemente un módulo de absorción de energía de aluminio con el objetivo de mejorar la seguridad pasiva de los tranvías.

A fin de estudiar múltiples escenarios de accidentes, el sistema desarrollado permite la absorción de los choques con distintos obstáculos procedentes de distintas direcciones.

El sistema está diseñado, entre otras cosas, para amortiguar un choque frontal a 20 km/h con un tranvía de peso idéntico, es decir 35t (ver figuras 4, 5 y 6) o una colisión a 45° y a una velocidad de 25 km/h con un vehículo comercial ligero (3t).

El peso no fue un criterio decisivo para este proyecto. Sin embargo, gracias al aluminio, el módulo no pesa más de 68 kg.

<sup>6</sup> Comparado con soluciones tradicionales utilizadas en vehículos de la misma categoría y con la misma puntuación (5 estrellas) en el ensayo de impacto EURO NCAP.

En cuanto a los trenes, cabe mencionar, sin entrar en detalles, los vagones de dos pisos del TGV, hechos de aluminio y diseñados para resistir a un choque a 110 km con un obstáculo de 80t, sin que los vagones se empotren y sin que haya deformaciones en el compartimiento de los pasajeros<sup>7</sup>.

#### Pruebas de choque (“Crash-test”) realizadas en el marco del programa Safetram



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

<sup>7</sup> Velocidad después del choque: 90 km/h. Se prevé otros escenarios de referencia en la futura norma europea de capacidad de absorción de energía de choque para las estructuras de ferrocarriles: 1) tren a una velocidad de 36 km/h contra un tren idéntico a 0 km/h; 2) tren a una velocidad de 36 km/h contra un vagón de carga de 80t; 3) tren a una velocidad de 110 km/h contra un camión de 15t;

## ¿Qué puede hacerse con los camiones?

La solución adoptada dependerá de las normas de absorción de energía para los camiones y de reglamentos que de momento no existen. Sin embargo, se han realizado y siguen llevándose a cabo proyectos de investigación básica sobre los que podrían basarse las posibles soluciones<sup>8</sup>.

Sea cual sea la reglamentación final, el peso y las dimensiones del área deformable dependerán directamente de los factores siguientes:

- La resistencia de los obstáculos y ángulos de impacto que se deben tener en cuenta: Son los que determinarán la resistencia del área deformable. Así, para un ángulo de choque dado, ésta deberá estar por debajo de la resistencia del obstáculo más débil que pueda venir de esa dirección.
- La masa del camión y los obstáculos a tener en cuenta, así como su velocidad y naturaleza (fijos o móviles, deformables o no deformables): estos factores definirán las cantidades de energía que el sistema deberá poder absorber en cada dirección.

Mientras más grande sea el número de obstáculos a tener en cuenta, más complejos serán la geometría y la optimización del peso.

### ¿Serán así las tractoras del futuro?

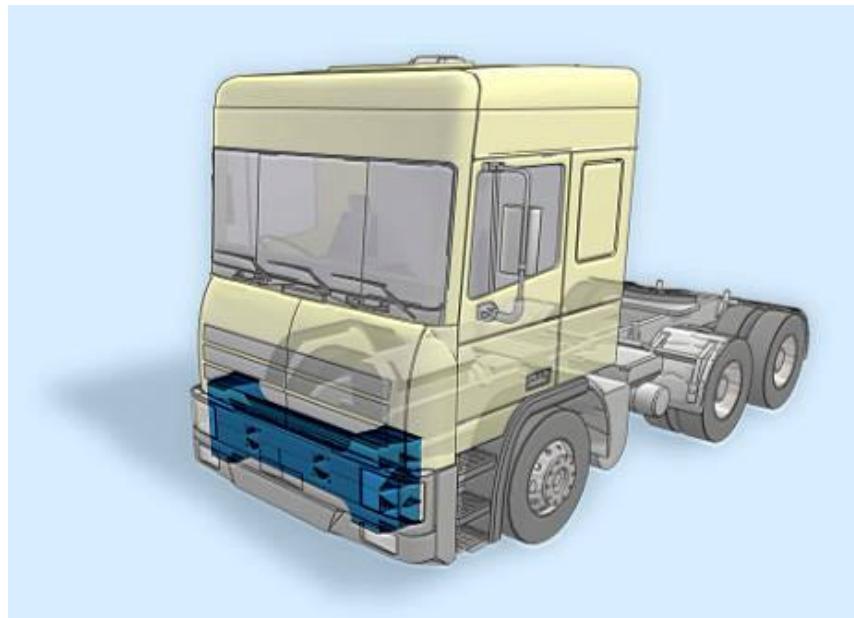


Fig. 7

<sup>8</sup> El Comité Europeo para el Incremento de la Seguridad de los Vehículos (European Enhanced Vehicle-safety Committee: EEVC) ha trabajado en torno a un procedimiento de ensayo y criterios de rendimiento para la absorción de energía de sistema de protección contra empotramiento frontal ([www.eevc.org](http://www.eevc.org)).

El consorcio para la mejora de los ensayos de compatibilidad vehículos (Vehicle Crash Compatibility consortium: VC-COMPAT) prosigue en la actualidad el trabajo del EEVC (<http://vc-compat.rtdproject.net>)

A partir del 1 de julio de 2004, entrará en funciones un grupo de expertos sobre investigaciones de los accidentes de transporte que asesorará a la Comisión Europea en su estrategia de seguridad en el transporte.

En la figura 7 podemos observar a lo que se parecería una tractora de carretera si las normas sobre accidentes fueran comparables a las del programa Safetram.

Por último, debemos destacar que las otras partes del vehículo, como los dispositivos contra empotramiento frontal y trasero, podrían igualmente desempeñar un papel importante en la absorción de energía.

Basándose en lo que podría ser desarrollado para responder a las expectativas de los sectores del automóvil y del ferrocarril, no hay duda que la industria del aluminio está en condiciones de responder al reto que significa mejorar la seguridad en los camiones.

**Referencias:**

- Dr. Pius Schwellinger & Dr Ernst Lutz (Alcan): *Aluminiumprofilwerkstoffe für energieabsorbierende Bauteile im Fahrzeugbau*; ATZ/MTZ Special Issue "Werkstoffe im Automobilbau 98/99"
- Dr. Wolfgang Guth & Dipl.-Ing. Christian E.Lodgaard (Hydro): *Leichtes Design für leistungsstarke passive Sicherheit*; ATZ/MTZ Special Issue
- Dipl. Ing Jürg Zehnder (Alcan): *Ueber die Crash-Sicherheit von Aluminium-Wagenkästen*