

# EVOLUCIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS RETROVISORES DE VEHÍCULOS. EVALUACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.

Muñoz, C.<sup>(p)</sup>; Vilar, M; Garraín, D.

## Abstract

The latest European Commission directives on air pollution due to road vehicles demand that CO<sub>2</sub> emissions be reduced, given their contribution to global warming. Thus, car manufacturers are adopting new strategies based on vehicle weight reduction through the use of lighter, stronger materials.

The effectivity of this attitudinal change of the vehicle industry is assessed in our study, which focuses on the assessment of the environmental impact of a vehicle part: the rear-view mirror. By means of the Life Cycle Assessment methodology, the environmental impact of seven different rear-view mirrors from the past 20 years was quantified.

In the 1980s, plastic materials were introduced to rear-view mirrors. In the early 1990s, aerodynamic considerations increased the volume of their structure, as light materials continued to gain ground. In the years to come, the trend towards better aerodynamism and new, lighter and stronger materials should be coupled with design for disassembly principles to favour the recycling of such materials.

The results illustrate the possibilities of reducing environmental impacts through the introduction of these lightweight and recyclable materials.

*Keywords: Life Cycle Assessment, Environmental Impact, Rear-view Mirror, Vehicle*

## Resumen

Las directivas recientes de la Comisión Europea referidas a la contaminación atmosférica causada por los vehículos a motor obligan a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por su contribución al calentamiento global. Por ello, los fabricantes están adoptando estrategias basadas en la reducción del peso del vehículo mediante el uso de materiales más ligeros a la vez que resistentes.

Para valorar la efectividad del cambio de actitud en la industria del automóvil, nuestro estudio se centra en la evaluación del impacto ambiental de una parte del vehículo: el retrovisor. Mediante la metodología del Análisis del Ciclo de Vida se ha conseguido cuantificar el impacto ambiental de siete retrovisores fabricados durante los últimos 20 años.

En los años 80, se introducen materiales plásticos en los retrovisores. Entrada la década de los 90, los criterios aerodinámicos aumentan el volumen de su estructura y se afianzan los materiales ligeros. En los próximos años la tendencia aerodinámica y la introducción de nuevos materiales mucho más ligeros y resistentes debería acompañarse por el diseño para el desensamblaje, para favorecer el reciclado de estos materiales.

Los resultados muestran las posibilidades para la reducción del impacto medioambiental aprovechando la utilización de estos materiales ligeros y reciclables.

*Palabras clave: Análisis del Ciclo de Vida, Impacto Medioambiental, Retrovisor, Vehículo*

## 1. Introducción

Las directivas recientes de la Comisión Europea referidas a la contaminación atmosférica causada por los vehículos a motor obligan a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por su contribución al calentamiento global.

Dentro del ciclo de vida de un vehículo es la etapa de utilización la que más impacto medioambiental genera, pues en ella se da el mayor consumo energético, 86% sobre el total [1]. Motorizaciones alternativas, más eficientes energéticamente y medioambientalmente, suscitan un gran interés por su potencial, pero no cabe la menor duda de que los motores de combustión interna continuarán siendo durante muchos años la principal fuente de propulsión de vehículos. El consumo energético de los vehículos sea cual fuere su sistema de propulsión, está directamente relacionado con su peso y su rendimiento. Paradójicamente, los coches actuales pesan más que los de hace unas décadas debido a las mejoras introducidas en seguridad, confort, prestaciones, etc. Por lo tanto, la estrategia de aligeramiento es clave en el desarrollo de vehículos.

La estrategia comunitaria para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos y aumentar el ahorro de combustible tiene por objeto alcanzar una cifra media de emisiones específicas de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos matriculados en la Comunidad de 120 g de CO<sub>2</sub>/km como muy tarde en 2010. El conjunto de normas EURO I, II, III, IV y V han ido regulando desde principios de los años 90 la progresión necesaria en la mejora de las emisiones para el logro de este objetivo. La fase EURO IV (Directiva 1999/96/CE), en vigor desde el 1 de octubre de 2006, marca, entre otros, el objetivo de reducir la cifra media de emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos nuevos, por debajo de 120 g de CO<sub>2</sub>/km en 2005, y en 2010 como muy tarde.

El retrovisor como elemento de visión indirecta no se generalizó hasta la década de los 60, en la que los vehículos son equipados habitualmente con un retrovisor metálico de forma rectangular, o redondeada en los modelos deportivos. Las formas se mantuvieron hasta más allá de la década de los 80, en la que se generalizan los retrovisores fabricados con componentes plásticos. A medida que avanzan los años este elemento va aumentando de grosor y afianzando la utilización de los plásticos. Desde los años 90 hasta la actualidad la forma ha ido evolucionando, presentando volúmenes cada vez más redondeados que derivaron en formas más aerodinámicas y orgánicas a partir del cambio de milenio.

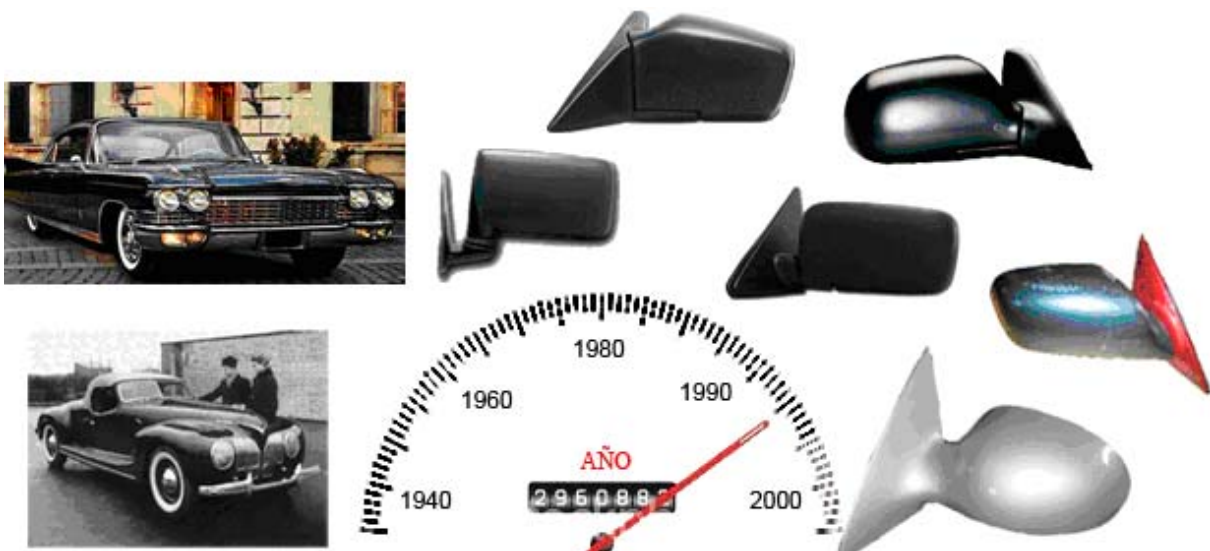


Figura 1. El retrovisor en el tiempo.

Nuestro estudio se centra en la evaluación del impacto ambiental de una parte del vehículo; el retrovisor. Mediante la metodología del Análisis del Ciclo de Vida se ha conseguido cuantificar la evolución del impacto ambiental de siete retrovisores fabricados durante los años 1980 y 2000.

## 2. Metodología

### 2.1 Objetivo y alcance

El objeto de estudio es elaborar el Análisis del Ciclo de Vida del impacto medioambiental, para constatar la evolución en el impacto ambiental en la industria del automóvil, a través del estudio de un elemento común, el retrovisor, a lo largo de 20 años, considerando únicamente la etapa de fabricación y materias primas.

El estudio muestra las diferencias y evolución del impacto debido a los materiales y proceso de fabricación de un retrovisor exterior, clase II y III, (Directiva 2003/97/CE), con regulación manual interior.

La unidad funcional de medida que se ha tomado en este estudio es 1 dm<sup>2</sup> de superficie reflectante del espejo retrovisor.

### 2.2 Análisis de inventario del ciclo de vida

Los datos sobre consumos de materia prima y energía para fabricación han sido extraídos de la cuantificación de los componentes de siete espejos retrovisores comercializados en los años 1980-1985 (Car01 y Car02), 1985-1990 (Car03 y Car04), 1990-1995 (Car05) y 1995-2000 (Car06 y Car07). Todos los modelos considerados cumplen las mismas funciones: estética, aerodinámica, regulación interior manual, plegado y visión indirecta. La tabla 1 muestra los datos de inventario para las materias primas y procesos.

		Car01	Car02	Car03	Car04	Car05	Car06	Car07
Material	Procesado	Cantidad (g)						
ABS	Moldeo por inyección	64,82	x	396,61	600,00	295,42	242,26	151,49
PA	Moldeo por inyección	x	x	56,70	x	7,85	187,79	48,01
PVC	Moldeo por inyección	x	x	21,33	12,49	X	x	158,44
PVC	Extrusión	x	x	14,62	4,40	X	2,00	2,07
EPDM	Termo conformado	5,12	32,87	21,82	10,00	47,75	x	x
PC	Moldeo por inyección	x	248,47	x	x	X	x	26,16
PP	Moldeo por inyección	316,11	x	x	48,00	68,59	x	x
PP	Extrusión	x	x	x	20,00	X	x	x

		Car01	Car02	Car03	Car04	Car05	Car06	Car07
Material	Procesado	Cantidad (g)						
PE	Moldeo por inyección	x	x	x	x	X	2,37	x
PE	Extrusión	4,59	x	x	x	X	x	x
SAN	Moldeo por inyección	x	x	x	x	X	39,44	x
PB	Extrusión	x	x	8,01	x	X	x	x
Acero	Colada	x	218,80	95,03	450,00	535,13	58,88	40,30
Acero	Trefilado	42,31	x	9,72	x	14,66	x	8,18
Acero	Laminado	x	x	31,79	x	2,78	26,35	18,44
Acero	Screwing	x	23,90	9,80	60,81	13,34	x	19,05
Al	Colada	3,56	x	575,91	21,04	X	21,35	718,94
Al	Extrusión	x	x	x	x	X	4,9,	5,04
Cu	Trefilado	x	x	9,60	x	X	x	x
Espejo		118,29	76,98	79,35	102,00	73,81	81,36	75,35
		<b>dm<sup>2</sup></b>						
<b>Superficie</b>		1,4545	1,0642	1,6000	1,2387	1,5887	1,4925	1,5715

Tabla 1. Inventario retrovisores.

Los datos considerados para realizar el inventario de esta comparativa han sido las cantidades exactas que conforman cada una de las partes del retrovisor. Para cada componente se identificó el material que lo conforma y se consideró el proceso genérico para su fabricación.

### 2.3 Evaluación del impacto ambiental

Los datos del análisis de inventario de los 7 retrovisores se introdujeron en el programa de evaluación medioambiental comercial SimaPro® v7.0 [2]. Se siguió el modelo desarrollado por el Instituto de Ciencias Medioambientales de Leiden (Holanda) (CML) con el conjunto de caracterización de factores de Europa del Oeste de 1995 [3]. En esta fase se llevó a cabo una clasificación de los resultados mediante las siguientes categorías de impacto: Calentamiento Global (GWP), Acidificación y Eutrofización.

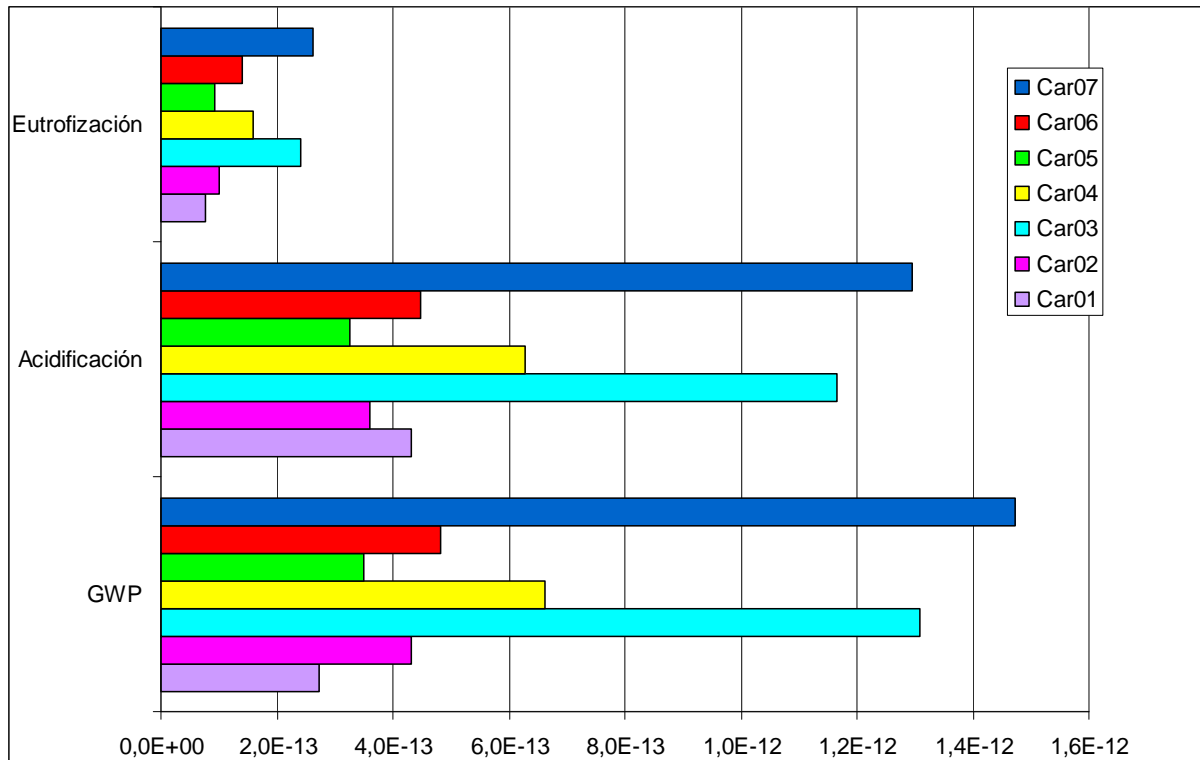


Figura 2. Eco-perfil normalizado de los retrovisores por  $\text{dm}^2$ .

## 2.4 Interpretación

El conjunto de valores del análisis muestra una tendencia creciente en las tres categorías de impacto: Eutrofización, Acidificación y Calentamiento Global (GWP). Un análisis más detallado del impacto imputable de los distintos componentes que forman el conjunto de retrovisores, se observa que:

- La tendencia creciente en la cuantificación de los impactos medioambientales es atribuible al incremento del peso de los retrovisores por  $\text{dm}^2$  de superficie de espejo. Se ha observado además, que, el componente principal del retrovisor, el espejo propiamente dicho, tiene por el contrario una tendencia decreciente de peso por  $\text{dm}^2$  de superficie.
- Los retrovisores Car07 y Car03 se corresponden con los impactos medioambientales mayores, debido, además de por un peso por  $\text{dm}^2$  elevado, a la significativa utilización de componentes fabricados en Aluminio (57% y 43% del peso total del retrovisor). Por el contrario, el peso del componente principal, el espejo, por  $\text{dm}^2$  de superficie es en estos dos modelos de los más bajos.

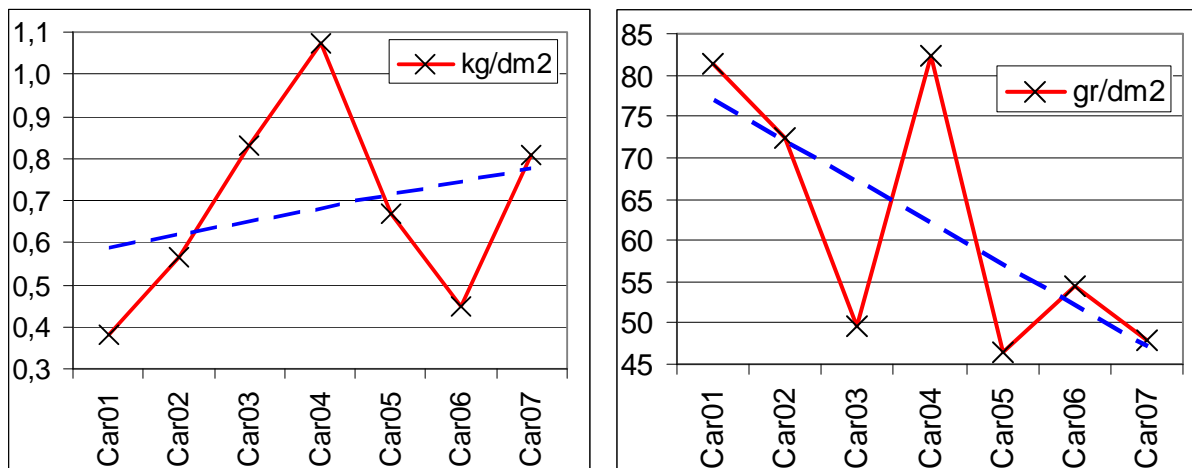


Figura 3. Evolución peso total retrovisor por  $\text{dm}^2$  (izquierda) y peso componente espejo por  $\text{dm}^2$  (derecha).

### 3 Discusión

Ante la necesidad acuciante de reducir la tendencia alcista del peso de los vehículos para reducir el consumo de combustible, y el impacto medioambiental, deben de contrastar y verificarse que efectivamente el decremento que se pueda lograr en la fase de utilización del vehículo es mayor que el incremento debido al consumo energético y de recursos en otras fases del ciclo de vida de los vehículos.

Se hace evidente que la estrategia de utilizar materiales más ligeros para reducir el impacto medioambiental es adecuada, pues el consumo de energía durante la etapa de utilización del vehículo se reduce considerablemente. La utilización de aleaciones de aluminio, hierro grafito compactado (CGI) o aleaciones de magnesio pueden lograr reducciones en peso del 66% al 75%, pero se deberá de evaluar si la fabricación y el End-of-life (EOL) de dichos componentes contrarrestan la mejora indicada [4]. Por lo que la selección del material, el proceso de fabricación y la estrategia para el EOL del producto son cuestiones de vital importancia.

La utilización de materiales plásticos con refuerzos es la estrategia que han seguido otras industrias para lograr una significativa reducción del peso sin reducir la funcionalidad, calidad o prestaciones. Así, los plásticos reforzados con fibras de carbono (CFRP) se utilizan con éxito en aplicaciones con altas exigencias mecánicas en la industria aérea desde los años 80, timones, flaps, estructuras portantes, superficies, etc., se fabrican actualmente con estos composites. Sustituyen aplicaciones tradicionales del aluminio por carbon/epoxy logrando mejorar prestaciones, peso y diseño de los elementos, reduciendo el número de componentes y por tanto tiempos de fabricación [5]. Otras aplicaciones en las que se utilizan con éxito estos composites son la fabricación de pequeños barcos, palas de aerogeneradores, carenados de motocicletas, etc. Se ha logrado reducir el consumo de combustible y el mantenimiento de los aparatos, así como el nivel de ruido [6] y [7]. Los logros obtenidos se basan en la reducción del peso de los elementos. Existen actualmente vehículos comerciales con porcentajes significativos de componentes fabricados con CFRP: Nissan X-Trail, Landrover Freelander, Smart Car, etc.

Considerando que en la etapa de obtención y refinado como proceso minero de las materias y materiales básicos del vehículo, acero, gomas, plásticos, etc., es donde más basura se genera [8], la etapa de EOL de vehículos (ELVs) puede generar impactos medioambientales negativos si se reutiliza, recicla y recupera. La utilización de materiales ligeros como los

composites deberá coordinarse con políticas y estrategias para el ELVs. Durante el estudio realizado se ha evidenciado que un conjunto relativamente sencillo, como los retrovisores, presenta una alta variedad de materiales, tanto plásticos como metales, con diseños optimizados para la fabricación y ensamblaje, pero con importantes carencias en cuanto a un posible desensamblaje para la reutilización, recuperación o reciclado de las partes o del total. Destacar que sólo un retrovisor no tiene tornillos metálicos, y todos presentan piezas metálicas dentro del conjunto. Ninguno de ellos aplica criterios de diseño para el desensamblaje y la separación de los componentes para un posible reciclado es cuanto menos costosa.

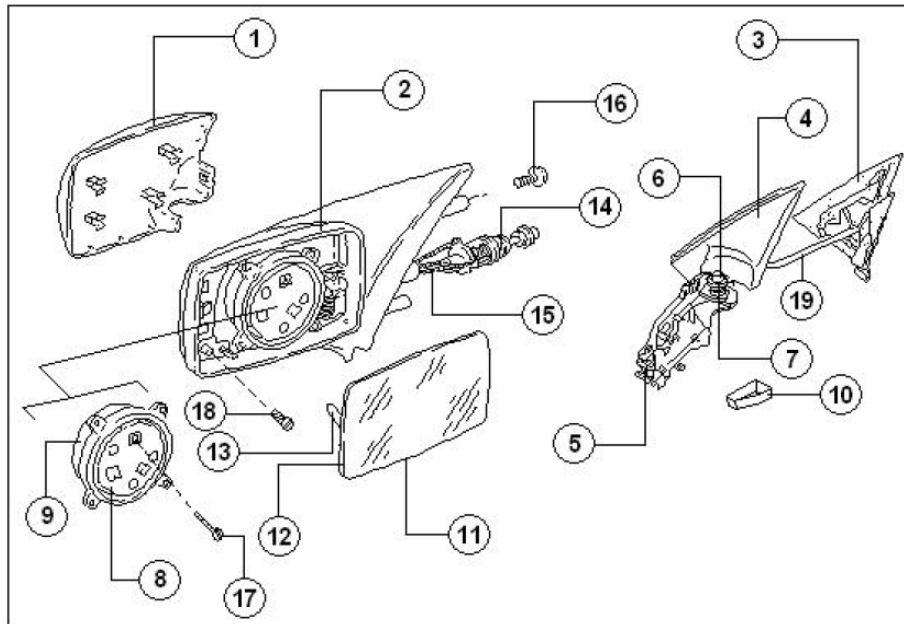


Figura 4. Detalle componentes retrovisor Car07.

En la figura 4, componentes del retrovisor Car07, se observa que:

- Coexisten distintos tipos de unión: uniones por presillas (componentes 1, 3 y 13) y tornillos (componentes 16, 17 y 18).
- Los distintos materiales no están agrupados: plásticos (componentes 1, 2, 3, 8, 9, 10, 12 y 19), metales férricos (componentes 7, 13, 14, 16, 17 y 18) y metales no férricos (componentes 4, 5, 6 y 15).
- El acceso a los elementos de unión, para un eventual desensamblaje, es difícil.

Si bien es cierto que actualmente en el ELVs, el 70% del peso del vehículo se recicla, este porcentaje coincide con la fracción metal, generando reducciones en el impacto medioambiental y es además rentable económicamente. El resto, plásticos, espumas de asiento, cristal y goma, se retiran a vertedero. De esta basura, el 50% son plásticos y espumas. Las basuras llegan trituradas al vertedero, siendo este triturado un peligro, pues pueden incluir metales pesados, aceites, refrigerantes, líquidos de freno, gases, aire acondicionado, etc., además de precisar de extensiones importantes de terreno. En conjuntos, como el retrovisor, se deberán adoptar, conjuntamente con la utilización de composites, criterios de diseño para el desensamblaje que permitan hacer viable económicamente su reciclado.

La viabilidad energética de la utilización de CFRP depende de la utilización de termoplásticos reforzados con fibras de carbono (CFRTP) que permitan su reciclado. El

reciclado de Carbon-Fiber / Polypropylene (CF/PP) y Carbon-Fiber / Acrylonitrile butadiene styrene (CF/ABS) permite la obtención de CFRTP con un 15 - 24% de volumen reciclado que ofrece las mismas prestaciones estructurales que los termoplásticos reforzados con fibras de vidrio (GFRTP) para aplicaciones en automóviles [9].

#### 4 Conclusiones

Indicar como conclusión, que, la utilización de CFRP y otros composites, para la reducción del peso de los vehículos con el objeto de reducir el impacto medioambiental del ciclo de vida, deberá realizarse considerando no sólo las necesidades funcionales, de calidad, prestaciones y fabricabilidad, sino que se deberán abordar como parte fundamental del problema el desensamblaje y las estrategias de reciclado y reutilización. Se observa que el éxito en la reducción del impacto medioambiental debido a la utilización de estrategias de aligeramiento de peso dependerá en gran medida de la aplicación de buenas prácticas medioambientales en la fabricación y del incremento en la cuantía de material reciclado.

#### Referencias

- [1] Zushi, H., et al. "Mechanical properties of CFRP and CFRTP after recycling." *Proceedings of Fifteenth International Conference on Composite Materials*, International Convention Centre (ICC) in Durban, South Africa, 2005. ISBN:1-86840-589-3.
- [2] SimaPro® software versión 7.0. Pré Consultants, 2004, Amersfoort, The Netherlands.
- [3] Guinée, J. G., Gorreé, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Weneger, A., Suh, S., Udo de Haes, H. A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M. "Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards", Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, 2001, The Netherlands.
- [4] A. Tharumarajah, A., Koltun, P. "Is there an environmental advantage of using magnesium components for light-weighting cars?", *Journal of Cleaner Production* 15, 2007, pp. 1007 – 1013.
- [5] Arakaki, Francisco K., Gonçalves, Waldir, G. "Embraer composite material application." *16TH International Conference On Composite Materials For Scala Lecture*, Kioto, Japan, 2007.
- [6] Shinoda, T. et al. "A-VARTM technology application for japan's new regional jet aircraftembraer composite material." *16TH International Conference On Composite Materials For Scala Lecture*, Kioto, Japan, 2007.
- [7] Nagao, Y. et al. "Low cost composite wing structure manufacturing technology development program in JAXA." *16TH International Conference On Composite Materials For Scala Lecture*, Kioto, Japan, 2007.
- [8] Kuhndt, M. "Towards a green automobile." *The International Institute for Industrial Environmental Economics*, Lund University, 1997.
- [9] Takahashi, J., et al. "Mechanical properties of recycled cfrp by injection molding method." *16TH International Conference On Composite Materials For Scala Lecture*, Kioto, Japan, 2007.



## **Agradecimientos**

Este estudio ha sido parte del proyecto singular “Reducción del impacto ambiental de automóviles mediante el aligeramiento estructural basado en composites de carbono de bajo coste, sin comprometer la seguridad y el confort (ref. PSE-370100-2007-1)”, subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia español.

## **Correspondencia** (Para más información contacte con):

Carlos Muñoz Marzá.  
GID – Grupo de Ingeniería del Diseño.  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I.  
Av. Sos Baynat, s/n. E-12071 Castellón.  
Tel.: +34 964729252  
Fax: +34 964728106  
e-mail: [cmunoz@emc.uji.es](mailto:cmunoz@emc.uji.es)  
URL: <http://www.gid.uji.es>

Maite Vilar Vilar.  
GID – Grupo de Ingeniería del Diseño.  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I.

Daniel Garraín Cordero.  
GID – Grupo de Ingeniería del Diseño.  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I.