



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Análisis medioambiental de los retrovisores de vehículos. Evolución temporal y escenarios de fin de vida.

Autor: Carlos Muñoz Marzá

Institución: Universitat Jaume I
E-mail: cmunoz@emc.uji.es

Otros autores: Raúl López Curiel (Universitat Jaume I); Daniel Justel Lozano (Mondragon Unibertsitatea); Daniel Garraín Cordero (Universitat Jaume I)



RESUMEN:

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. Motorizaciones alternativas 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. Las directivas recientes de la Comisión Europea referidas a la contaminación atmosférica causada por los vehículos a motor obligan a reducir las emisiones de CO₂ por su contribución al calentamiento global. 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 (ACV) se ha conseguido cuantificar el impacto ambiental de siete retrovisores fabricados durante los últimos 20 años. Los resultados muestran una tendencia creciente en el impacto medioambiental del retrovisor directamente relacionada con el incremento del peso. Por lo tanto, la estrategia de aligeramiento es clave en el desarrollo de vehículos y en el cumplimiento de los objetivos medioambientales. También se ha valorado cual es el tratamiento de fin de vida (EOL) que han seguido los retrovisores en el tiempo. Esto ha permitido ver la evolución, y determinar estrategias para mejorar el tratamiento de EOL y del ACV. La utilización de nuevos materiales más ligeros, como los plásticos reforzados con fibras de carbono (CFRPs), conjuntamente con una estrategia global para los Vehículos Fuera de Uso (VFUs) se postulan como alternativa viable.

1. INTRODUCCIÓN

Las directivas recientes de la CE referidas a la contaminación atmosférica causada por los vehículos a motor obligan a reducir las emisiones de CO₂ por su contribución al calentamiento global.

La etapa de utilización de un vehículo es la que más impacto medioambiental genera, pues en ella se da el mayor consumo energético, 86% sobre el total [1]. Motorizaciones alternativas, más eficientes energética y medioambientalmente, suscitan un gran interés por su potencial, pero es previsible que los motores de combustión interna continúen siendo durante muchos años la principal fuente de propulsión de vehículos. El consumo energético de los vehículos, sea cual sea su sistema de propulsión, está directamente relacionado con su peso y su rendimiento. Al contrario de lo que sucede en otros productos industriales, 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.

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.

La estrategia comunitaria para reducir las emisiones de CO₂ de los turismos y aumentar el ahorro de combustible tiene por objeto alcanzar una cifra media de emisiones específicas de CO₂ de los turismos nuevos matriculados en la Comunidad Europea de 120 g de CO₂/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 CO₂ en vehículos nuevos por debajo de 120 g de CO₂/km en 2005, o en 2010 como muy tarde.



En concordancia con esta estrategia comunitaria, y con el fin de limitar la contaminación producida por los vehículos de carretera, el Reglamento (CE) nº 715/2007 introduce nuevas exigencias comunes relativas a las emisiones de los vehículos de motor y de sus recambios específicos (fase EURO V y VI). Asimismo, establece medidas que permiten mejorar el acceso a la información sobre la reparación de los vehículos y promover la producción rápida de vehículos que cumplan las presentes disposiciones. Insiste en la reducción de las emisiones de partículas (PM) y óxidos de nitrógeno (NO_x), en particular para los vehículos diésel, lo que debería permitir notables mejoras en la salud. No hay que olvidar que tanto los NO_x como los hidrocarburos son precursores de ozono troposférico.

El Reglamento se refiere a los vehículos de las categorías M1, M2, N1 y N2, cuya masa de referencia no supera los 2610 kg. Esto incluye, entre otras cosas, los coches particulares, camionetas y vehículos comerciales destinados tanto al transporte de pasajeros o mercancías como a algunos usos especiales (por ejemplo, ambulancias), así como aquellos vehículos que estén equipados con motores de encendido por chispa (motores de gasolina, de gas natural o de gas licuado del petróleo -GLP-) o de encendido por compresión (motores diésel). Además, los fabricantes pueden solicitar que se incluya también a los vehículos destinados al transporte de pasajeros o mercancías con una masa de referencia de entre 2610 kg y 2840 kg.

Con el fin de limitar al máximo el impacto negativo de los vehículos de carretera sobre el medio ambiente y la salud, el Reglamento contempla una amplia gama de emisiones contaminantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metanos e hidrocarburos totales, NO_x y PM. Entre dichas emisiones se incluyen las emisiones de escape, las de evaporación y las del cárter del motor.

Los valores límites de emisión se recogen en el anexo I del Reglamento para cada categoría de emisiones contaminantes y para los distintos tipos de vehículos mencionados.

1.1 NORMA EURO V

Esta norma establece los límites siguientes para las emisiones procedentes de los coches diésel:

- CO: 500 mg/km.
- PM: 5 mg/km (o una reducción del 80 % de las emisiones respecto de la norma EURO IV).
- NO_x: 180 mg/km (o una reducción del 20 % de las emisiones respecto de la norma EURO IV).
- Emisiones combinadas de hidrocarburos y NO_x: 230 mg/km.

Emisiones procedentes de los coches de gasolina o que funcionan con gas natural o con GLP:

- CO: 1000 mg/km.
- Hidrocarburos no metanos: 68 mg/km.
- Hidrocarburos totales: 100 mg/km.
- NO_x: 60 mg/km (o una reducción del 25 % de las emisiones respecto de la norma EURO IV).



- PM (únicamente para los coches de gasolina de inyección directa que funcionan con combustión pobre): 5 mg/km (introducción de un límite que no existía en la norma EURO IV).

En lo que respecta a las camionetas y otros vehículos comerciales ligeros destinados al transporte de mercancías, el Reglamento incluye tres categorías de valores límite de las emisiones en función de la masa de referencia del vehículo: inferiores a 1305 kg, entre 1305 kg y 1760 kg, y superiores a 1760 kg. Los límites aplicables a esta última categoría valen también para los vehículos destinados al transporte de mercancías (categoría N2).

1.2 NORMA EURO VI

Todos los vehículos equipados de un motor diésel tendrán la obligación de reducir considerablemente sus emisiones de NO_x a partir de la entrada en vigor de la norma EURO VI. Por ejemplo, las emisiones procedentes de los coches y de otros vehículos destinados al transporte se limitarán a 80 mg/km (lo que representa una reducción suplementaria de más del 50% respecto de la norma EURO V). Se reducirán, asimismo, las emisiones combinadas de hidrocarburos y NO_x procedentes de los vehículos diésel (coches y otros vehículos destinados al transporte) para limitarlas, en algunos casos, a 170 mg/km.

A partir de la entrada en vigor de las normas EURO V y EURO VI, los Estados miembros deberán rechazar la homologación, matriculación, venta y puesta en servicio de aquellos vehículos que no respeten los límites de emisión. Se concederá un plazo suplementario de un año a los vehículos de transporte de mercancías y a los vehículos diseñados para cubrir necesidades sociales específicas (categoría N1, clases II y III, y categoría N2).

El calendario de aplicación de las normas citadas es el siguiente:

- La norma EURO V será aplicable a partir del 1 de septiembre de 2009 en lo que respecta a la homologación, y del 1 de enero de 2011 en lo que se refiere a la matriculación y venta de las nuevas clases de vehículos.
- La norma EURO VI será aplicable a partir del 1 de septiembre de 2014 en lo que respecta a la homologación, y del 1 de septiembre de 2015 en lo que se refiere a la matriculación y venta de las nuevas clases de vehículos.

Además de respetar los límites de emisiones mencionados anteriormente, los fabricantes deberán asegurar la durabilidad de los dispositivos de control de la contaminación para una distancia recorrida de 160000 km. Asimismo, se deberá poder comprobar la conformidad en circulación transcurridos 5 años o el equivalente a 100000 km.

2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

En una primera etapa, nuestro estudio se centra en la evaluación del impacto ambiental de una parte del vehículo; el retrovisor. Mediante la metodología del ACV se ha conseguido cuantificar la evolución del impacto ambiental de siete retrovisores fabricados durante los años 1980 y 2000.

En una etapa posterior se ha evaluado el cumplimiento de la normativa europea para la disposición final del conjunto retrovisor, mostrando la evolución habida en el escenario para final de vida.

2.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo del estudio es elaborar el ACV 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 las materias primas.

El estudio muestra las diferencias y evolución del impacto debido a los materiales y procesos 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 dm² de superficie reflectante del espejo retrovisor.

2.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO

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). Los modelos considerados tienen niveles de funcionalidad semejantes. Todos 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.

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 han identificado el material que lo conforma y el proceso genérico para su fabricación.

Tabla 1. Datos obtenidos para el inventario de los retrovisores.

		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
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
		dm²						
Superficie		1,4545	1,0642	1,6000	1,2387	1,5887	1,4925	1,5715

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, Acidificación y Eutrofización.

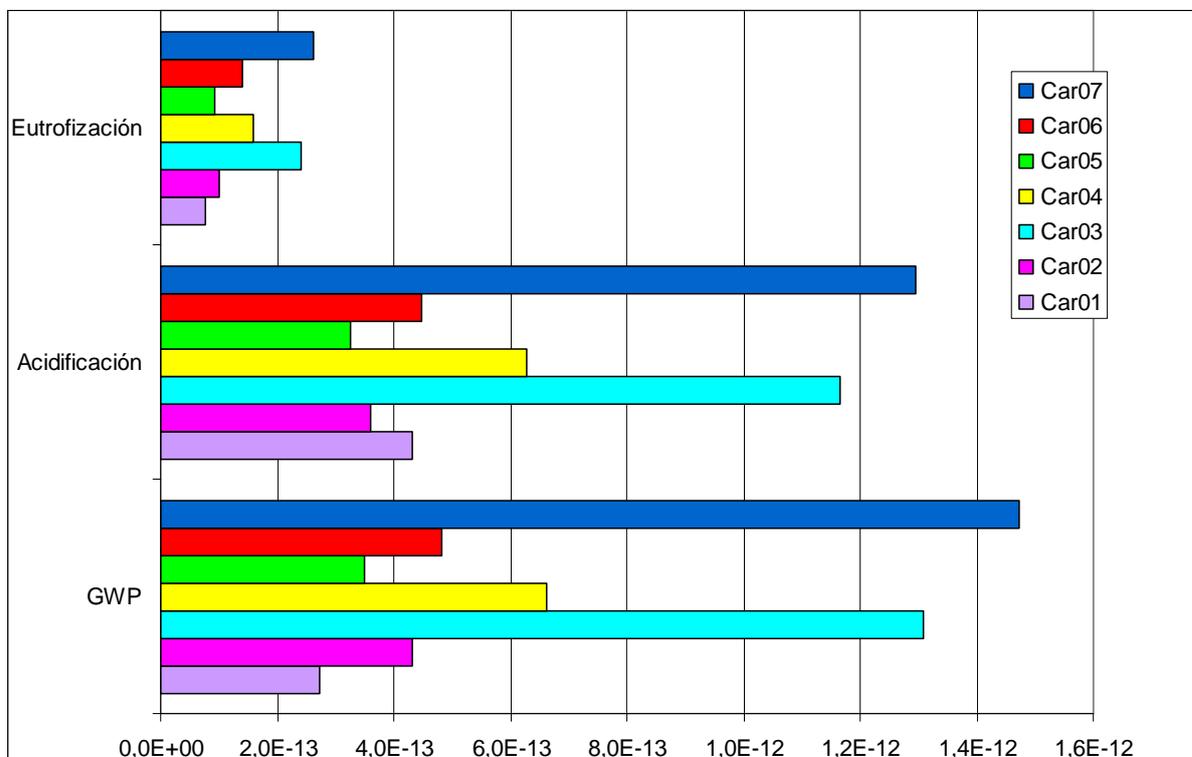


Figura 2. Eco-perfil normalizado de los retrovisores por dm^2 .

2.4 INTERPRETACIÓN

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

- La tendencia creciente de los impactos medioambientales es atribuible al incremento del peso de los retrovisores a igualdad 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 dm^2 de superficie.
- Los retrovisores Car07 y Car03 tienen los impactos medioambientales mayores, debido, además de por un peso por 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 dm^2 de superficie es en estos dos modelos de los más bajos.

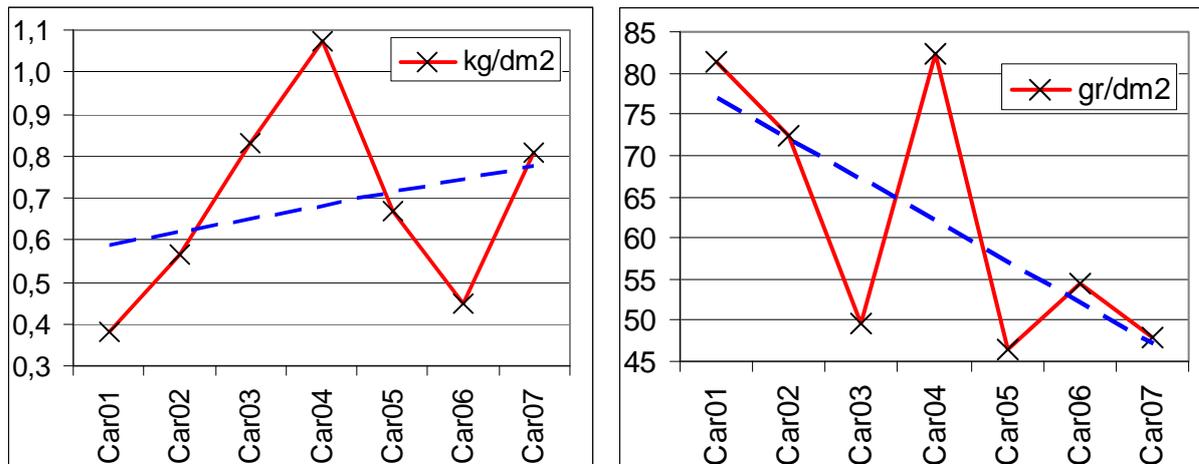


Figura 3. Evolución peso total retrovisor por dm^2 (izquierda) y peso componente espejo por dm^2 (derecha).

3 TRATAMIENTO FIN DE VIDA DE LOS VFU EN ESPAÑA

En la figura 4 se muestra el EOL de los Vehículos Fuera de Uso (VFU) derivado de la entrada en vigor del Real Decreto RD 1383/2002. Como se puede apreciar en la misma en el EOL interviene cinco agentes clave:

- El usuario: al final de la vida útil del vehículo debe llevarlo a un Centro de Autorizado de Tratamiento o en su defecto a un concesionario de automóviles, el cual, se encarga de llevarlo a un CAT.
- El CAT: emite un certificado de destrucción del vehículo y realiza la descontaminación de los residuos peligrosos del mismo. Además, también realiza el desmontaje para reutilizar componentes o para reciclar la materia prima. Finalmente el CAT transporta los restos de VFU a una planta fragmentadora.
- La planta fragmentadora: en ella se trituran los VFUs y se separa la fracción ligera de los metales férricos y de los denominados metales sucios (mezcla de Cu, Al, plásticos, inertes, etc.). La fracción ligera se deposita en vertedero, los metales férricos son enviados a acerías y a fundiciones, mientras que los metales sucios son remitidos a una planta de medios densos.
- La planta de tratamiento de medios densos: en ella se separa cada metal de la mezcla de plásticos. Los metales obtenidos: Cu, Al, Zn, latón, etc. son llevados a fundición. Por otra parte, los plásticos pueden terminar en el vertedero o valorizarse.
- Los agentes finales (recicladores, gestores de residuos autorizados, etc.).

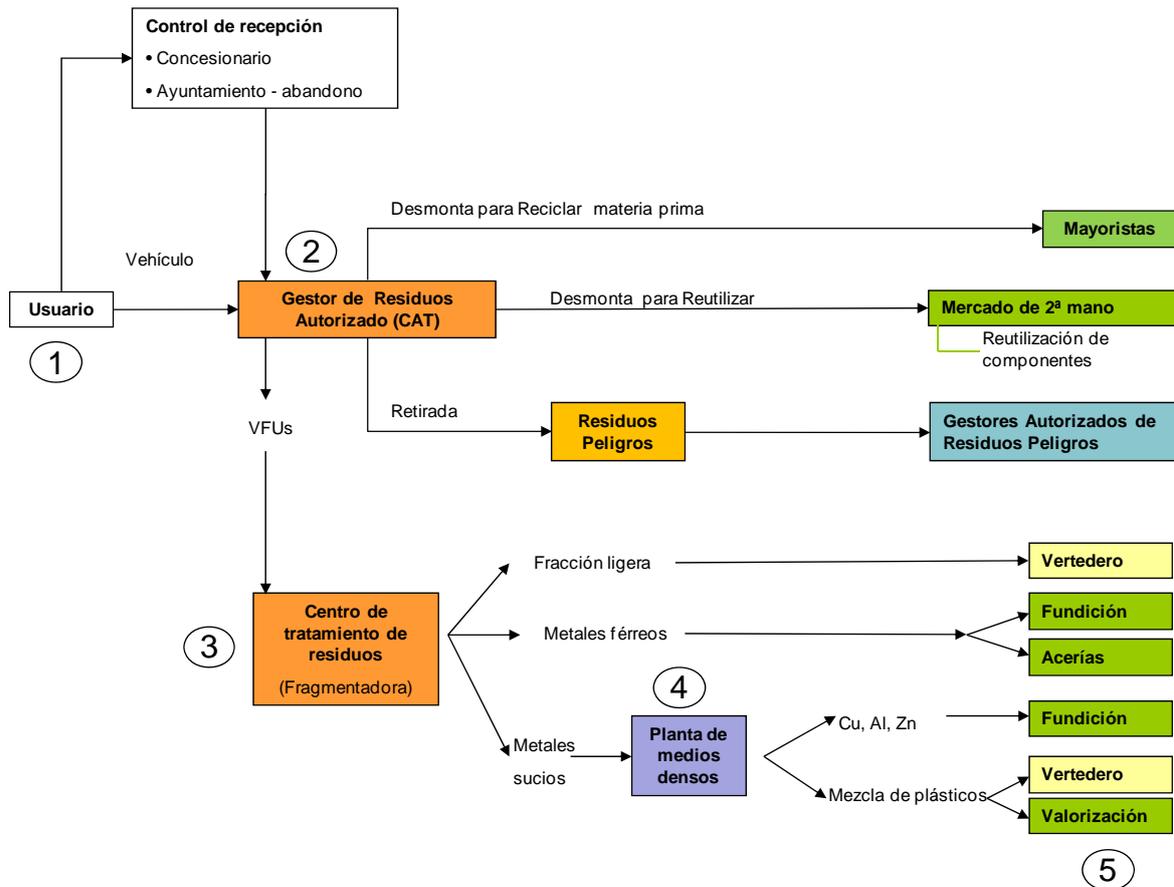


Figura 4. Fin de vida de los VFU en España.

3.1 EOL DEL RETROVISOR DEL AUTOMÓVIL

En general, el retrovisor no se desmonta en los CATs, por lo que se tritura en las plantas fragmentadoras para separar los materiales de los que está compuesto. Si en la tabla 1 se observaba la composición de los materiales empleados en los retrovisores analizados, en la tabla 2 se puede ver la tipología de los mismos.

Tabla 2. Tipos de materiales de los retrovisores.

	Car01	Car02	Car03	Car04	Car05	Car06	Car07
Peso Total (g)	555	601	1330	1329	1059	667	1271
Plásticos (g)	391	281	519	695	420	474	386
% Plásticos	70,4%	47%	39%	52%	40%	71%	30%
Termoplásticos (g)	381	248	497	17	372	432	344
Termoestables (g)	5	x	x	x	x	39	x
Elastómeros (g)	5	33	22	10	48	x	x
Material compuesto (g)	x	x	x	668	x	x	48
Metales (g)	46	243	732	532	566	111	810
% Metales	8,3%	40%	55%	40%	53%	17%	64%
Vidrio (g)	118	77	79	102	74	81	75
% Vidrio	21,3%	13%	6%	8%	7%	12%	6%

El reciclaje y la valorización del retrovisor es función del escenario EOL y de la composición de los componentes. En la tabla 3 se muestran una serie de escenarios posibles para los retrovisores:

- El escenario E1 es el más optimista y sostenible; en él se reciclan los metales, los plásticos y el resto de inertes que se desmontan en el CAT. El resto de componentes que no se desmontan se valorizan. Se supone que se recicla la carcasa de plástico solamente.
- En el escenario E2 es el segundo más optimista; los metales se reciclan, los plásticos se valorizan y el resto de materiales inertes se depositan en vertedero. En este escenario se supone que los plásticos del retrovisor a pesar de ser de pequeñas dimensiones, van con los metales sucios y no con la fracción ligera que se deposita en vertedero.
- El último escenario E3 es el más pesimista. Se recicla el metal y el resto de materiales se deposita en vertedero.

Tabla 3. Escenarios posibles para EOL.

		E1	E2	E3
Metales férricos y no férricos		R	R	R
Fracción ligera (plásticos)	No se desmonta	V	V	VER
	Se desmonta	R		
Resto de materiales inertes	No se desmonta	V	VER	VER
	Se desmonta	R		

R: Reciclaje; V: Valorización; VER: Deposición en vertedero

A partir del sistema EOL de la figura 4 y de los escenarios EOL de la tabla 3 se ha determinado la cantidad y los porcentajes de material que se depositan en vertedero, se valorizan o se reciclan.

Tabla 4. Simulación de los escenarios EOL.

	Car01	Car02	Car03	Car04	Car05	Car06	Car07
Peso Total (g)	555	601	1330	1329	1059	667	1271
Escenario E1							
Reciclar (g)	0,316	0,249	0,037	0,601	0,296	0,242	0,159
Valorizar (g)	0,239	0,352	1,294	0,728	0,763	0,424	1,113
Escenario E2							
Reciclar (g)	0,046	0,243	0,732	0,532	0,566	0,111	0,810
Valorizar (g)	0,391	0,281	0,519	0,695	0,420	0,474	0,386
Vertedero (g)	0,118	0,077	0,079	0,102	0,074	0,081	0,075
Escenario E3							
Reciclar (g)	0,046	0,243	0,732	0,532	0,566	0,111	0,810
Vertedero (g)	0,509	0,358	0,598	0,797	0,493	0,555	0,462
% Escenario E1							
Reciclar (%)	57,0%	41,4%	2,8%	45,2%	27,9%	36,4%	12,5%
Valorizar (%)	43,0%	58,6%	97,2%	54,8%	72,1%	63,6%	87,5%
% Escenario E2							
Reciclar (%)	8,3%	40,4%	55,0%	40,0%	53,4%	16,7%	63,7%
Valorizar (%)	70,4%	46,8%	39,0%	52,3%	39,6%	71,1%	30,4%
Vertedero (%)	21,3%	12,8%	6,0%	7,7%	7,0%	12,2%	5,9%
% Escenario E3							
Reciclar (%)	8,3%	40,4%	55,0%	40,0%	53,4%	16,7%	63,7%
Vertedero (%)	91,7%	59,6%	45,0%	60,0%	46,6%	83,3%	36,3%

El RD 1383/2002 establece unos objetivos ambientales en cuanto al reciclado y reutilización de componentes y a la valorización de la materia prima, mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentajes de reciclado - reutilización y valorización del RD 1383/2002.

	Año 2006	Año 2015
% Reciclado y reutilizado	80 %	85 %
% Valorizado (incluye el reciclado y reutilizado)	85 %	95 %

En la figura 5 se muestra el grado de cumplimiento del RD 1383/2002 de los retrovisores analizados.

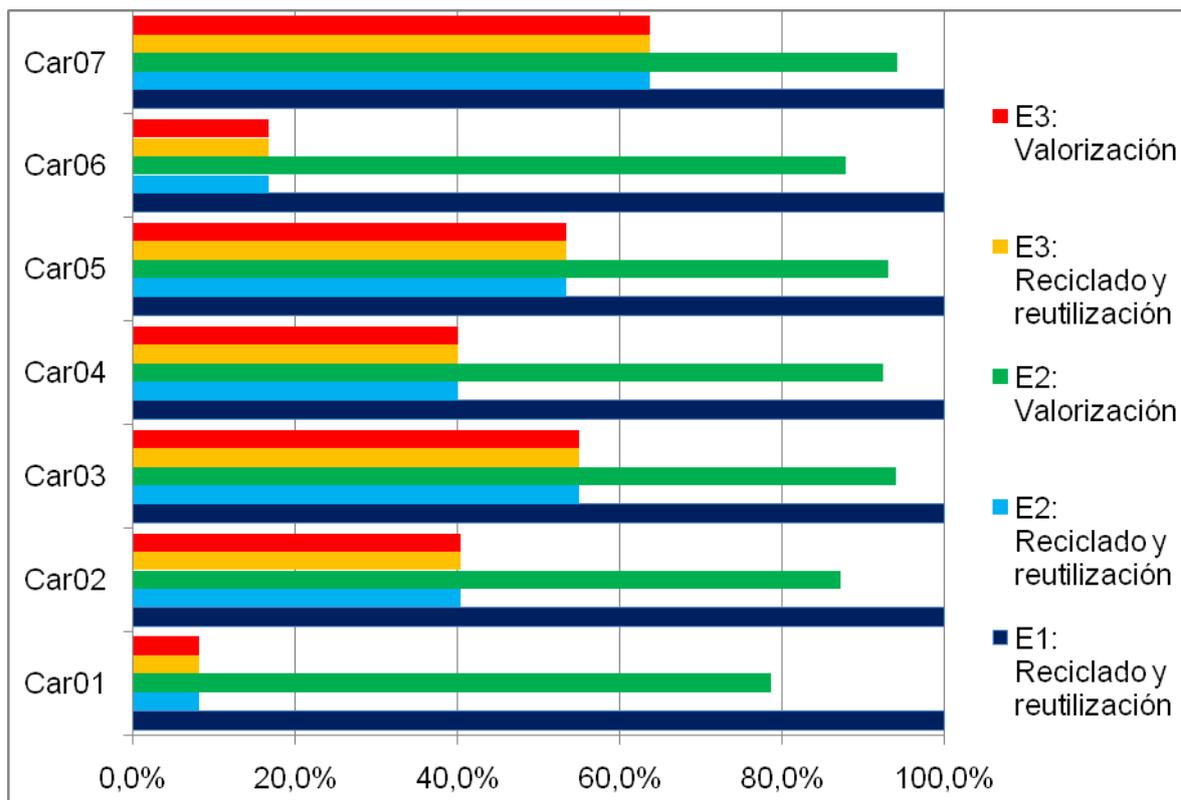


Figura 5. Grado de cumplimiento del RD 1383/2002.

Tal y como se puede observar en la tabla 5 y en la figura 5 si estos retrovisores se hubieran diseñado en el año 2006 y actualmente fueran VFU no cumplirían el Real Decreto, ya que el escenario más común para los retrovisores es el E3, aunque en poco tiempo se estará en el escenario E2 [4].

4 DISCUSIÓN

Ante la necesidad de reducir la tendencia alcista del peso de los vehículos para reducir el consumo de combustible y su impacto medioambiental, debe contrastarse y verificarse que, efectivamente, el aligeramiento 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 evaluar si los impactos asociados a la fabricación y el EOL de dichos componentes contrarrestan la mejora indicada [5]. Por esta razón, 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 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 [6]. 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 [7] y [8]. 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, Land Rover 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 residuos se generan [9], la etapa de EOL de vehículos (ELVs) puede conllevar 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.

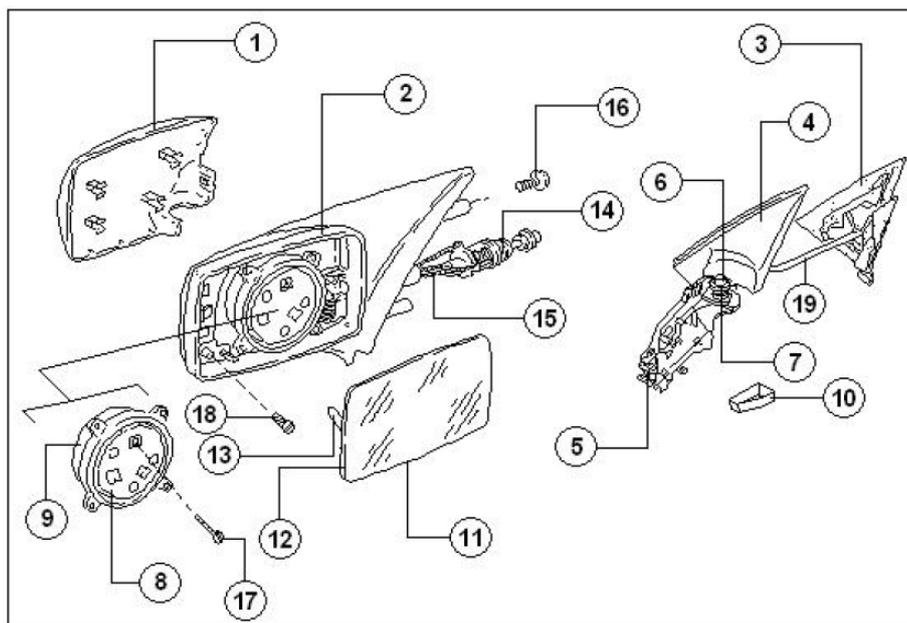


Figura 7. Detalle componentes retrovisor Car07.

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 siendo además rentable económicamente. El resto, plásticos, espumas de asiento, cristal y goma, se retiran a vertedero. De estos residuos, el 50% son plásticos y espumas. Los residuos llegan triturados al vertedero, siendo este triturado un peligro, pues puede incluir metales pesados, aceites, refrigerantes, líquidos de freno, gases, aire acondicionado, etc., además de precisar de extensiones importantes de terreno. Para 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.

En cuanto a los materiales empleados actualmente en los retrovisores de automóvil, la tendencia es ir hacia materiales plásticos y materiales compuestos de matriz polimérica. Los retrovisores están constituidos por materiales reciclables, pero eso no quiere decir que en la realidad ese material se llegue a reciclar en su totalidad. En general todos los metales se reciclan, pero en el caso de los plásticos no sucede lo mismo; habría que buscar la rentabilidad económica para que se diera esa actividad. Se observan varias posibilidades para aumentar la reciclabilidad:

- Separar los componentes de plástico antes de ir a la planta de tratamiento de residuos. Para ello, los fabricantes de los vehículos deben diseñar sus productos de tal manera que sean fácilmente desmontables, para que se puedan separar los componentes de plástico y sea más rentable su reciclado.
- Reciclar los plásticos que llegan a las plantas de medios densos. Si esto no se realiza actualmente es porque no es económicamente viable.
- Llegar a acuerdos entre fabricantes para que los plásticos que utilizan sean compatibles entre sí.
- Crear un mercado de plásticos reciclados.

Como se ha podido observar, cada vez es más común encontrar en los VFU componentes de material composite de matriz polimérica (Car 04 y Car 07). Por tanto, si se quiere reciclar este tipo de material es necesario desmontar el componente; de lo contrario se mezcla con el resto de plásticos y acaba valorizándose en el mejor de los casos.

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 Fibras de Carbono / Polipropileno (CF/PP) y Fibras de Carbono / Acrilonitrilo Butadieno Estireno (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 [10].

5 CONCLUSIONES

Indicamos 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.

En la simulación efectuada para la estimación del grado de cumplimiento de la normativa europea, realizada para un elemento aislado del vehículo, se observa una desviación



importante sobre los objetivos marcados. Sin embargo, cuando se considera el vehículo como un todo, el objetivo fijado por la Directiva 2000/53/CE de reutilizar y valorizar el 85% del peso medio de los vehículos a partir de 2006 es alcanzado [11]. Para el cumplimiento de los objetivos futuros, será necesario desarrollar estrategias que permitan el tratamiento adecuado –reciclado, reutilización o valorización- de aquellos componentes que actualmente van a vertedero.

Por último, 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 presente en los vehículos.

Referencias

- [1] Zushi, H., et al. “Mechanical properties of CFRP and CFRTTP 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, Amersfoot, 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] III Encuentro Nacional sobre Gestión y Reciclado de Vehículos Fuera de Uso de Sigrauto. Junio de 2008. Madrid.
- [5] 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.
- [6] Arakaki, Francisco K., Gonçalves, Waldir, G. “Embraer composite material application.” 16TH International Conference On Composite Materials For Scala Lecture, Kioto, Japan, 2007.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Kuhndt, M. “Towards a green automobile.” The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University, 1997.
- [10] 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.
- [11] “Memoria Anual 2007.” Sigrauto. Mayo de 2008. Madrid.

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.

A Luis Espiñeira (VFUs Armonía, As Somozas, A Coruña) por su colaboración en la elaboración del presente estudio.