

# **ANÁLISIS DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE UN AUTOMÓVIL, A LO LARGO DE SU CICLO DE VIDA.**

**Viñoles Cebolla, R., Bastante Ceca, M.J. <sup>P</sup>, López García, R., Vivancos Bono, J.L., Capuz Rizo, S.**

Departamento de Proyectos de Ingeniería.  
Universidad Politécnica de Valencia

## ***RESUMEN.***

Durante estos últimos años se ha prestado mucha atención al problema de los residuos ocasionados por los automóviles al final de su vida útil, siendo un hito muy relevante la elaboración por la Comisión Europea de la Directiva 2000/53/CE, relativa a los vehículos fuera de uso.

Pero hay que ser consciente de que el fin de vida no es el único problema medioambiental de los automóviles. Aspectos como las emisiones atmosféricas, el consumo de combustible, la gestión de los aceites usados, y la contaminación acústica, durante su etapa de uso, resultan igualmente importantes y requieren de actuaciones correctoras.

En esta ponencia se realiza un análisis de los impactos ambientales que se producen a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de un automóvil (desde el procesado de las materias primas hasta su retiro) y el grado de importancia de los mismos. También se ha estudiado qué legislación existe en la actualidad en relación a los diferentes impactos, en función de la fase del ciclo de vida del automóvil. Tras este análisis, se exponen las posibles medidas a adoptar para minimizar los problemas previamente identificados.

## ***ABSTRACT.***

During these last years, in the field of ecodesign, the attention has been focused on the problematic of the automobiles end of life, mainly as a result of the publication of Directive 2000/53/CE relative to the end of life of the vehicles.

But it is necessary to stand out that the “end of life” is not the only environmental problem of the automobiles. Aspects like the atmospheric emissions, the management of oils, the acoustic contamination during their use stage, the fuel consumption, etc., also have their importance and it is necessary to do something to solve these aspects.

In this communication an analysis is made of the environmental impacts that could occur throughout the different phases of an automobile life cycle (from the processing of the raw materials to the automobile disposal) and their degree of importance. Also it has been studied the characteristics of current regulations related to the different impacts and phases of the automobile life cycle. After these analyses, possible measures are indicated to solve or to diminish the problems detected in the different phases of the automobile life cycle.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El conocimiento de las herramientas y enfoques de la gestión del ciclo de vida está creciendo entre las industrias europeas y americanas del automóvil. Esto ha originado la proliferación de estudios y proyectos encaminados a analizar los impactos del ciclo de vida de diferentes materiales, procesos, y productos en el mencionado sector.

Un breve análisis del ciclo de vida del automóvil permite comprobar cuáles son los principales elementos del medio ambiente afectados por el sector [Keoleian et al, 1997]. Una visión clásica de las etapas del ciclo de vida de un automóvil es la que se muestra en la figura 1.

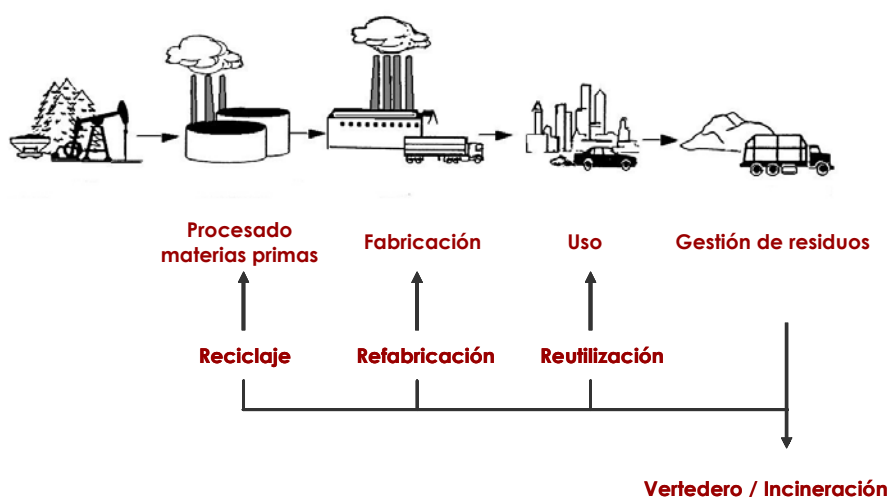


Figura 1. Ciclo de vida de un producto.

## 2. IMPACTO AMBIENTAL DEL AUTOMÓVIL EN SU CICLO DE VIDA.

Seguidamente se analiza el ciclo de vida de un automóvil, con la finalidad de detectar los impactos medioambientales que se producen en cada una de las etapas del mismo.

Los impactos y las consideraciones medioambientales que se derivan de la obtención y tratamiento de recursos naturales que sirven de entrada para el material del automóvil incluyen el consumo de recursos (material y energía). Además, se consumen grandes cantidades de energía en el calentamiento, enfriamiento/refrigeración, y producción de millones de toneladas de acero, aluminio, plástico y vidrio. Procesar estos materiales implica la utilización de una variedad de metales pesados, compuestos químicos tóxicos y disolventes clorados.

En la fase de fabricación, junto a las operaciones de pintado y recubrimiento, están las operaciones de fundición de metal, que son las principales operaciones donde se originan emisiones atmosféricas. Aproximadamente, el 56% de todas las emisiones son causadas por las operaciones de pintado y recubrimiento. La mayoría de las corrientes de residuos sólidos generadas en una planta de montaje de automóviles son lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales, residuos de aceite, basura de la planta, y desechos de componentes metálicos.

La fase de uso de un automóvil es responsable, aproximadamente, del 80% del consumo de energía primaria total del ciclo de vida de un automóvil. La mayoría de las emisiones

de CO<sub>2</sub> y CO son liberadas durante el uso del mismo. La emisión de COV (compuestos orgánicos volátiles) durante el uso de un automóvil (p.e. gases de escape y evaporación de combustible) es mayor que la generada en cualquier otra etapa del ciclo de vida.

El segundo proceso que más contribuye a las emisiones de COV es el pintado de un automóvil, lo que ocurre no sólo durante su fabricación sino durante su reparación y mantenimiento.

Además, el consumo de recursos cuando un vehículo circula, la infraestructura necesaria (carreteras, autopistas, estacionamientos, estaciones de servicio, etc.) y las operaciones de mantenimiento y servicio, contribuyen significativamente a los efectos medioambientales del uso de un automóvil.

Los impactos ambientales en la etapa de retiro consisten en residuos generados durante diferentes procesos de desmantelamiento y eliminación de los vehículos desechados, así como del consumo de energía empleado en estas actividades. El impacto es fuertemente dependiente de la composición del material de los vehículos.

El hecho de que los materiales utilizados para fabricar un automóvil cambien constantemente, tanto en morfología como composición, dificulta el proceso de desmantelamiento y reciclado, a la vez que aparecen intereses contrapuestos. Sirva como ejemplo el siguiente: la sustitución de piezas metálicas por otras de un material más ligero, utilizando diferentes familias de polímeros plásticos, reduce el consumo de combustible y en consecuencia las emisiones atmosféricas, a la vez que dificulta los procesos de separación y clasificación de piezas, lo que hace más complejo el reciclado de las mismas.

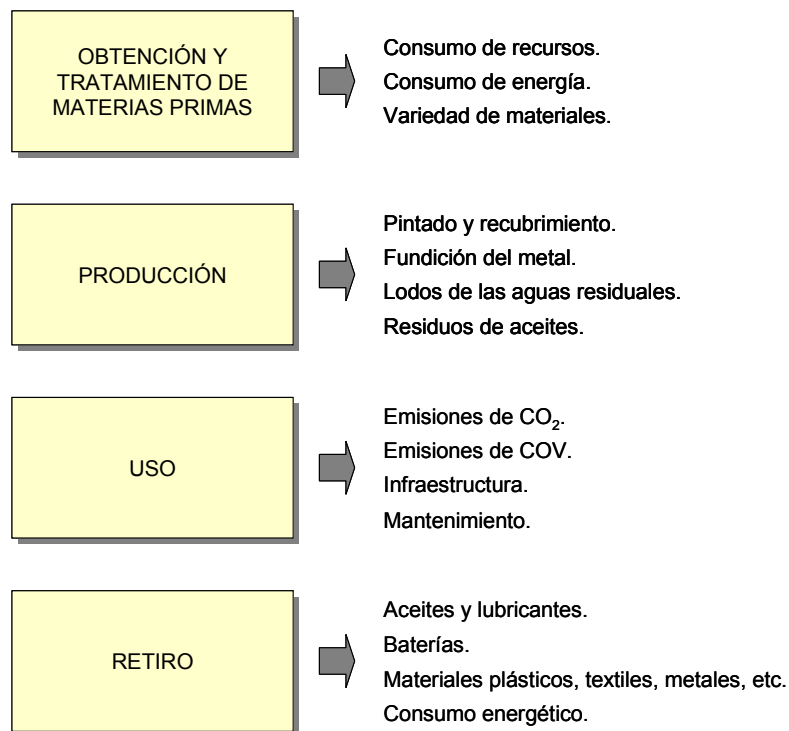


Figura 2. Impactos ambientales más importantes de cada etapa del ciclo de vida de un automóvil.

A modo de resumen, la tabla 1 muestra que los principales impactos de un automóvil se producen en la extracción y procesamiento de las materias primas y en la fase de uso. Los impactos medioambientales creados por el conjunto de la infraestructura necesaria para mantener el transporte por carretera son considerables y muy visibles en el paisaje. Un análisis de este tipo debería guiar a los fabricantes de automóviles en la búsqueda de oportunidades de mejora medioambiental.

	Extracción y tratamiento de las materias primas			Fase de uso		Fin de vida
	Mat. Primas	Premontaje	Montaje	Conducción	Infraestructura	Disposición
Uso de energía y emisiones CO <sub>2</sub>	Red	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde
Uso de energía y emisiones CO <sub>2</sub>	Amarillo	Amarillo	Verde	Red	Amarillo	Verde
Impacto del uso del suelo	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Red	Verde
Residuos sólidos	Amarillo	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Red
Agentes contaminantes del aire	Red	Amarillo	Amarillo	Red	Amarillo	Amarillo
Contaminación por ruido	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Verde
Daño directo en seres humanos	Verde	Verde	Verde	Red	Verde	Verde

Elevado Imp. Ambiental    
 Moderado Imp. Ambiental    
 Bajo Imp. Ambiental

Tabla 1. Impactos del automóvil a lo largo de su ciclo de vida. [Bolli, 1999]

### 3. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE AL AUTOMÓVIL.

El automóvil siempre ha estado muy reglamentado, tanto por normas nacionales como internacionales, en cuestiones de seguridad activa y pasiva. Pero, debido a la gran cantidad de vehículos que circulan en estos momentos en el mundo, y pensando especialmente en el efecto que están causando las grandes aglomeraciones urbanas, el automóvil ha pasado a estar ampliamente reglamentado por normas<sup>1</sup> medioambientales, relativas al control de emisiones y medio ambiente.

Ello queda patente en la gran cantidad de Directivas comunitarias o Reglamentos relacionados con el vehículo y que afectan directamente a estos temas, así como en la extensión de la obligatoriedad de las inspecciones (de seguridad y ambientales) periódicas a todo tipo de vehículos.

Si se estudia la relación entre automóvil y medio ambiente, debe hacerse hincapié en varios aspectos. Por un lado se tiene el clásico problema de las emisiones de los vehículos, en el que se está invirtiendo muchos recursos para conseguir los objetivos de reducción fijados por los diferentes gobiernos. Y por otro lado, el reciclado de los automóviles, en el que actualmente se está realizando grandes esfuerzos, tanto por las empresas ensambladoras como por la administración.

<sup>1</sup> Debido a la apertura de los mercados y a la concentración de las empresas fabricantes de vehículos, aumenta la tendencia a la internacionalización de estas normas y reglamentos.

	MMPP	PRODUCCIÓN	DISTRIBUCIÓN	USO	RETIRO
E. Atmosf.					
Vertidos					
Residuos Sol.					
Residuos Pel.					
Ruido/vibrac.					
Consumo recursos					

Muy restringido

Bastante restringido

Medio restringido

Poco restringido

Nada restringido

Tabla 2. Restricciones legislativas para cada fase del ciclo de vida de un automóvil. [Gómez et al., 2003]

### 3.1. Normativa de rango europeo.

Concretamente, desde la Comisión Europea, se está impulsando la política de gestión y eliminación de residuos, recogida en la Directiva 91/156/CEE (legislación española: Ley 10/1998).

Más recientemente, la Comisión Europea ha desarrollado normativa específica para ciertos residuos, entre los que cabe destacar los vehículos al final de su vida útil, que además se encuentran clasificados como residuos peligrosos en el Catálogo Europeo de Residuos<sup>2</sup> (CER).



Figura 3. Marco legislativo europeo en relación al fin de vida de los vehículos. [Kindelan, 2002]

<sup>2</sup> Decisión 94/3/CE por la que se establece la lista de residuos de conformidad con la letra a) el artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del consejo relativa a los residuos peligrosos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos.

### 3.2. Normativa de rango nacional.

En el ámbito español, la legislación ha evolucionado de forma paralela a la normativa europea. Y por lo que respecta a la vida útil de los vehículos, la normativa en relación a los residuos se puede estructurar de la siguiente forma<sup>3</sup>:

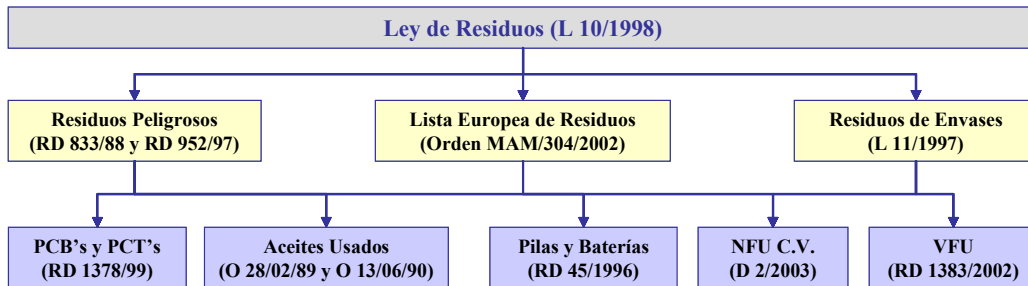


Figura 4. Marco legislativo español en relación al fin de vida de los vehículos. [Kindelan, 2002]

#### 4. ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR EL IMPACTO EN CADA FASE.

La mejora continua orientada a la optimización en la utilización de los recursos debe comenzar en el diseño de un nuevo modelo de vehículo. Desde el punto de vista del **diseño**, para conseguir que se cumplan las exigencias de la Directiva 2000/53/CE [DOCE, 2000] e incrementar las posibilidades de recuperación de los vehículos, los diseñadores deben emplear las siguientes estrategias:

- Reducir las mezclas de materiales.
- Emplear técnicas de unión que sean compatibles en el proceso posterior de reciclado.
- Facilitar el desmontaje, y la posterior limpieza (descontaminación) de las partes desensambladas.
- Facilitar el acceso a las piezas de alto valor.
- Marcar e identificar los componentes, para simplificar su posterior clasificación.
- Promover los mercados de materiales reciclados.

Pero estos aspectos se ven frenados, en ocasiones, por la necesidad de asegurar una calidad y/o fiabilidad a los componentes, que puede exigir la utilización de mezclas de materiales, así como el problema de resistencia y durabilidad que puede suponer el utilizar sistemas de fácil desmontaje, o los problemas de reparabilidad que puede conllevar la mayor o menor accesibilidad de los componentes.

En la fase de *obtención y tratamiento de materias primas* los fabricantes de automóviles tienen sólo una influencia indirecta sobre los impactos presentados durante la extracción y procesamiento de las materias primas. Sin embargo, el impacto del uso de materiales puede ser reducido usando menos cantidad o materiales más ligeros, eligiendo materiales con bajo impacto en el medio ambiente, usando recursos reciclables y

<sup>3</sup> No se han incluido aquí los diferentes Planes Nacionales.

renovables y reduciendo la complejidad de la construcción. El análisis del ciclo de vida (ACV) puede ser usado como una herramienta de decisión para elegir los materiales que generan el mínimo impacto durante su ciclo de vida.

En la fase de *producción* la labor se centra en minimizar los residuos (sobre todo en lo que se refiere a ciertos metales pesados), reducir el consumo energético y reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Durante la fase de *uso* las estrategias a implantar se pueden diferenciar según se analice el uso propio del automóvil (emisiones de CO<sub>2</sub>, menor peso, menor consumo de combustible, etc.) o el mantenimiento que se realiza al mismo (minimización del impacto ambiental del taller de reparación: gestión de los aceites usados, empleo de pinturas con base acuosa, materiales alternativos a los disolventes orgánicos, etc.)

	MMPP	Producción	Distribución	Uso	Retiro
ACV	X	X	X	X	X
Reducción de materiales	X		X		X
Materiales reciclables	X		X		X
Materiales renovables	X				
Identificación y etiquetado de materiales		X			X
Piezas de plástico coloreadas		X			
MTD's		X			
Eliminación de materiales peligrosos	X	X			X
Menor consumo de agua		X			
Reducción del peso del vehículo	X			X	
Mejor rendimiento del motor				X	
Mejor calidad del combustible	X			X	
Nuevos sistemas de propulsión				X	
Vehículos eléctricos				X	
Conducción inteligente				X	
Sistemas GPS				X	
Infraestructura adecuada para el desensamblaje					X
Compatibilidad de materiales					X
Reutilización de piezas	X	X			X

Tabla 3. Medidas para mejorar los impactos en cada fase del ciclo de vida de un automóvil.

Y por último, en la fase de *retiro*, las estrategias deben ir orientadas a cumplir con los requisitos marcados por la Directiva 2000/53/CE:

- Descontaminación, primer tratamiento del vehículo.
- Red de centros autorizados de tratamiento.
- Certificado de destrucción.
- Aumento de los porcentajes de reutilización, reciclaje y valorización.
- Traslación al productor de la responsabilidad del reciclado.
- Normas para la reutilización de piezas.

Pero no hay que olvidarse que el reciclaje debe ser compatible con el mantenimiento de la rentabilidad de la producción y de las operaciones [Graedel, 1998].

En la tabla 3 se ha sintetizado algunas de las posibles opciones para abordar los problemas medioambientales causados por los automóviles, clasificadas siguiendo las etapas del ciclo de vida.

## **5. CONCLUSIONES.**

Una vez analizados los principales impactos medioambientales de los automóviles, la legislación aplicable, y las estrategias de mejora disponibles, es posible destacar las siguientes consideraciones:

- o Las etapas del ciclo de vida que mayor impacto generan en la actualidad en el medio ambiente son, por este orden, uso, obtención y tratamiento de materias primas, y retiro.
- o La legislación que actualmente resulta de aplicación al sector del automóvil está muy orientada a controlar y restringir los impactos que se producen en las etapas anteriormente citadas, pero la tendencia de los últimos años ha sido endurecer los requisitos relativos al fin de vida de los automóviles.
- o Para solucionar los problemas ambientales que producen los automóviles es posible hacer dos planteamientos. Por un lado seguir investigando en el desarrollo de tecnologías más eficientes y de menor impacto (fundamentalmente para la fase de uso), y por otro lado abordar el problema desde el punto de vista del diseño, reduciendo el consumo de recursos y favoreciendo su reciclado (fundamentalmente para las fases de fabricación y retiro).

## **REFERENCIAS.**

Arregui, C.; Aguilera, P.; Domenech, J.M.; Gassó, S. *Análisis de las mejoras introducidas en el diseño del automóvil para facilitar el reciclaje al final de su ciclo de vida útil*. XV Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos. León. 1999.

BOE. *Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil*. Boletín Oficial del Estado, BOE núm. 3, de 3 de enero de 2003. Madrid. 2003.



Bolli, A. *Environmental communication and competitiveness. Case study in the car industry*. Thesis. International Institute for Industrial Environmental Economics, IIIIEE. Lund University. Lund. 1999.

CAPV. *Monografía sobre vehículos al final de su vida útil*. Comunidad Autónoma del País Vasco. Bilbao. 2001.

DOCE. *Directive 2000/53/CE of the European Parliament and of the Council of 18 of september 2000 on end-of-life vehicles*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000.

Gómez T., Capuz S., Viñoles R., López R., Bastante M.J. *Are designers fully equipped to succeed with new environmental requirements?* International Conference on Engineering Design (ICED). Estocolmo. 2003.

Graedel, T.E.; Allenby, B.R. *Industrial ecology and the automobile*. Prentice Hall. New Jersey. 1998.

Keoleian, G.A. *Industrial ecology of the automobile: a life cycle perspective*. Society of Automotive Engineers. Michigan. 1996.

Kindelan, M.; Rodríguez, E. *Estrategias ambientales en la recuperación de los materiales en el sector de la automoción*. VI Congreso Nacional del Medio Ambiente, Grupo de trabajo nº 20. Madrid. 2002.

Kuhndt, M. *Towards a green automobile. Life cycle management in Europe an the United States*. Tesis. Lund University. Lund. 1997.

### **AGRADECIMIENTOS.**

La presente comunicación se enmarca dentro del proyecto de investigación "Ecodiseño de Productos para la industria de componentes de automóvil", financiado por el Programa de Incentivo a la Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (PPI-05-02).

### **CORRESPONDENCIA.**

Rosario Viñoles Cebolla. ✉ Departamento de Proyectos de Ingeniería. E. T. S. Ing. Industriales. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. 46022. Valencia. ☎ 96 387 70 00 ext. 75659. Fax: 96 387 98 69. 📧: [rovice@dpi.upv.es](mailto:rovice@dpi.upv.es)