



*Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la  
REhabilitación sostenible de PAvimentos y carreteras*

## *INFORME ESTADO DEL ARTE DEL ACV/ACCV EN LA REHABILITACIÓN DE CARRETERAS (Extracto)*

*REPARA 2.0 es un proyecto de investigación industrial y desarrollo experimental, llevado a cabo gracias al soporte financiero del CDTI, por las empresas Sacyr Construcción, CHM Obras e Infraestructuras, Repsol, Fractalia, Acciona Infraestructuras, Cemosá, y Solid Forest.*

*[www.proyectorepara.com](http://www.proyectorepara.com) - email: [info@proyectorepara.com](mailto:info@proyectorepara.com) - twitter: @ProyectoREPARA2*

Informe preparado por Elena Pellón Gil dentro del Proyecto REPARA 2.0, en el Paquete de Trabajo 4, liderado por Solid Forest S.L., correspondiente al Hito 1: Entregable E4.1.1

*Madrid, Febrero 2017*

© Solid Forest S.L. - 2017

## ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Estado del ACV/ACCV de rehabilitación de carreteras	2
2.1 Estudios de ACV/ACCV	3
2.2 Software de ACV/ACCV	18
2.3. Otros parámetros: Ruido	22
2.4 Otras iniciativas de ACV/ACCV	24
3. Análisis de las iniciativas	28
4. Conclusiones	36
5. Bibliografía	38

## 1. INTRODUCCIÓN

Las crisis energéticas de principios de los años 70 dieron lugar a una creciente preocupación por el agotamiento de los recursos, a lo que se unió también diversos hitos que desembocaron en una mayor conciencia en relación a los problemas medioambientales. Esta crisis llevó a los países más industrializados a preocuparse por el ahorro energético y el uso de energías alternativas. Anteriormente, en 1963, durante la conferencia mundial de la energía, se presentó lo que puede ser considerado el primer análisis de ciclo de vida (ACV, LCA en inglés) en el que se informa de la cantidad de energía necesaria para la fabricación de productos químicos. Así mismo en 1969 Coca-Cola Company encargó un estudio para determinar las cantidades de energía, materiales e impactos ambientales asociados a la fabricación de sus productos. Durante los años 70 se desarrollaron trabajos principalmente en el ámbito universitario en los que se empieza a integrar el pensamiento de ciclo de vida en el diseño de productos.

El nombre de ACV fue la denominación que acogió la comunidad internacional de expertos en el año 1991, anteriormente denominada con otros nombres (Ecobalances, análisis de perfil ambiental...), para la evaluación de los impactos ambientales generados durante la vida de un producto u organización. En la década de 1990 se elaboraron diferentes metodologías lo que provocó que hubiera mucha dispersión de información y, en ocasiones, fuese complicado poder realizar comparaciones entre productos. Por este motivo se realizaron los trabajos de estandarización de ISO, junto a posteriores desarrollos entre UNEP y SETAC, así como otras organizaciones tales como JEMAI que contribuyeron a homogeneizar los trabajos. En 1992 la SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry) organizó el primer seminario sobre ACV entre cuyos compromisos se encontraban el estudio, análisis y solución de problemas medioambientales. Dos años más tarde la International Standardization Organization (ISO) inició los trabajos de normalización de la metodología y en 1995 nació el International Journal of Life Cycle Assessment (ILCD), que sigue siendo hoy en día la publicación de mayor reconocimiento en el mundo científico dedicada al ACV. Finalmente en 1997 se publicó la normativa ISO 14040 sobre ACV.

Desde entonces, los desarrollos de ACV se han multiplicado, publicándose diferentes normativas sectoriales y generales que han favorecido los análisis de toda índole. Actualmente es posible encontrar ACVs de todos los sectores, ya sean recogidos dentro de estudios científicos o bajo el ámbito de la gestión medioambiental de las empresas.

En cuanto al Análisis de Ciclo de Vida de Costes (ACCV ó LCCA en inglés), está basado en el mismo principio que el ACV, sólo que en vez de estudiar los

impactos ambientales se centra en los costes que se generan durante la vida de un producto. Con este método se evalúan los costes derivados de la propiedad, operación, mantenimiento y fin de vida de un proyecto por lo que ha sido empleado en muchas ocasiones para la comparación y selección de proyectos, especialmente en el sector privado como medio para detectar las opciones financieras más interesantes. También ha llegado a ser utilizado en inversiones estatales como por ejemplo en el área de carreteras en EEUU.

## 2. ESTADO DEL ACV/ACCV EN LA REHABILITACIÓN DE CARRETERAS

Durante los últimos veinte años se han publicado diversas referencias de análisis de ciclo de vida y costes en el sector de la construcción de carreteras.

El interés por el análisis específico de los impactos ambientales asociados a la construcción de carreteras se ha ido incrementando en los últimos años. Si tomamos como ejemplo la revista especializada en ACV The International Journal of Life Cycle Assessment, los artículos científicos para las palabras clave *asfalto* y *pavimento* se han duplicado y cuadruplicado respectivamente en los últimos diez años.



Desde el punto de vista de la temática de los estudios, podemos agruparlos en las siguientes categorías generales:

- Inventario de ciclo de vida: Estudios que realizan exclusivamente una recopilación de entradas y salidas del sistema de estudio y se concentran en evaluar los principales emisores contaminantes.
- Evaluación de un impacto ambiental: Estudios de ACV parciales, en tanto que solamente consideran la evaluación de un impacto ambiental. Estos

trabajos son numerosos ya que aquí se engloban los estudios de huella de carbono, en los que sólo se evalúa la categoría de cambio climático. Los estudios de ruido también se podrían incluir aquí.

- Evaluación de un conjunto de impactos ambientales: Estudios de ACV completos, analizando las diferentes categorías de impacto que se producen sobre una variedad de aspectos ambientales, por ejemplo, eutrofización, acidificación, calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono, formación de ozono troposférico, etc.
- Estudios metodológicos: También hay algunos estudios que se han centrado en algún aspecto concreto relacionado con la aplicación de la metodología de ACV y las incertidumbres que las distintas opciones generan.
- Evaluación de costes: Serían los estudios de ACCV en los que se evalúan los costes del sistema de estudio propuesto.

A su vez, los anteriores se pueden clasificar según el objeto estudiado:

- Los focalizados en alguna fase o material empleado en la construcción o rehabilitación de carreteras, por ejemplo, los estudios sobre un aditivo o una mezcla templada concreta.
- Los que consideran todo el ciclo de vida del firme, por ejemplo, los que comparan el funcionamiento de una carretera de hormigón y una de asfalto.

En ocasiones, los estudios pueden abordar varios aspectos de los enumerados anteriormente.

## 2.1 Estudios de ACV/ACCV

A continuación, se realiza una selección en la que se consideran tanto artículos revisados como no revisados en el área del análisis de ciclo de vida o de análisis de costes del ciclo de vida de los últimos veinte años (1996-2016), los cuales han sido referencia en el sector o bien se ha estimado que aportaban una visión o resultado novedoso en algún aspecto del análisis.

Para cada uno de ellos se realiza una breve descripción, haciendo hincapié en aspectos de interés como pueden ser el alcance considerado, las unidades de estudio y los resultados obtenidos.

En la recopilación se ha perseguido que los estudios cubran todas las tecnologías utilizadas en España en la construcción y/o rehabilitación de pavimentos, tanto las convencionales como las experimentales, en caliente, en frío en central o in situ, diferentes variedades de templadas, hormigón o uso de residuos. Se ordenan de forma cronológica:

**a) Häkkinen and Mäkelä (1996) Environmental adaptation of concrete – Environmental impact of concrete and asphalt pavements**

Se considera el primer estudio dentro del ámbito de ACV en carreteras. En el estudio finlandés se considera el impacto ambiental de carreteras de hormigón y asfalto. La unidad funcional es un kilómetro de carretera con una anchura de 8,5m, considerando un tráfico de 20.000 vehículos al día, sin diferenciar entre vehículos pesados o ligeros. Analiza el consumo energético y varios tipos de emisiones atmosféricas, incluido el dióxido de carbono, partículas y metales pesados. También incluye la iluminación y la generación de polvo por abrasión del pavimento. El principal contribuidor al impacto es el uso de la carretera, siendo de dos órdenes de magnitud superior comparado con el resto de etapas analizadas, incluidas, por un lado, el contenido en cemento, y por otro, el bitumen.

En el análisis de resultados se emplean diferentes métodos de evaluación y se ve que hay diferencias significativas entre la comparación de las carreteras de hormigón y las de asfalto. Por ejemplo, según el método Swedish Ecoscarcity el hormigón tiene mayores impactos que el asfalto mientras que según el EPS system sería al revés. Señalan como aspecto de gran incertidumbre las diferencias de conducción y, por tanto, de consumo de fuel, entre las carreteras de hormigón y asfalto, por lo que no pueden hacer una distinción en el análisis. También analizan el desgaste de las carreteras pero sólo pudieron tener acceso a información de un año de funcionamiento, descubriendo que el desgaste en carreteras de asfalto era 1,4 veces mayor que en el hormigón debido, fundamentalmente, al uso de neumáticos de invierno. Para el análisis escogen un valor de abrasión de 20t/km/año para asfalto y 10t/km/año para hormigón. También consideran el ruido, viéndose que es normalmente superior en carreteras de hormigón que en asfalto. Se realiza un cálculo teórico sobre la distancia a la cual se alcanzan los 55dB(A) considerando dos velocidades, 80km/h y 110km/h. Las diferencias con respecto a la primera fueron de 12 hectáreas y en el segundo caso 18 hectáreas.

En cuanto al mantenimiento, en la estrategia finlandesa para el asfalto se consideran seis actividades durante los 50 años de vida, mientras que para las carreteras de hormigón el doble. En cuanto a los trabajos de construcción, parece que durante la misma las señales en las carreteras de asfalto se ponen sucias más rápidamente que en las de hormigón, debido a las partículas de bitumen liberadas durante el uso del pavimento.

**b) Mroueh, U., Eskola, P., Laine-Ylijoki, J., Wellman, K., Juvankoski, E.M.M., Ruotoistenmaki, A. (2000) Life Cycle Assessment of road construction**

Propone una metodología común para cualquier estudio de ACV de carreteras de la que se deriva un programa basado en Excel para el cálculo de ACV de carreteras, considerando los materiales más comunes. Para probar el programa se evalúan cinco prototipos de carretera en el que se comparan el uso de hormigón triturado, cenizas y el de agregados naturales. Se centra exclusivamente en la fase de construcción haciendo hincapié en los diferentes materiales y en su transporte, aunque también se da referencias promedio para la fase de uso y mantenimiento. Además de los compuestos tradicionales de betún y hormigón incorpora al estudio el uso de residuos como las cenizas de fundición o residuos de hormigón triturado. La unidad funcional escogida es 1km de carretera. El periodo de análisis es de 50 años, las infraestructuras como maquinaria son excluidas y el fin de vida de la carretera también.

Para su desarrollo se toman algunas suposiciones, por ejemplo, el uso del camión para el transporte de cualquier material, el consumo y emisiones de la maquinaria se obtiene a partir de diferentes publicaciones científicas, así como los lixiviados o el ciclo de vida tipo para los componentes.

Los impactos evaluados son: uso de recursos, efluentes al suelo y agua, emisiones al aire, ruido y residuos inertes. Destaca algunos importantes elementos para los que no existe todavía información como el cambio de uso de suelo o la demanda química de oxígeno.

El resultado de los casos analizados demuestra que la producción y transporte de los materiales empleados en la carretera producen ----- (*continúa en la versión completa del documento*)

Para obtener el documento completo de 41 páginas "INFORME ESTADO DEL ARTE DEL ACV/ACCV EN LA REHABILITACIÓN DE CARRETERAS" puede ponerse en contacto con los responsables del proyecto por correo electrónico en [info@proyectorerepara.com](mailto:info@proyectorerepara.com) o con los autores en [info@solidforest.com](mailto:info@solidforest.com)