

Guía para la aplicación conjunta
de los **Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (LCA)**
y de Costes (LCC)



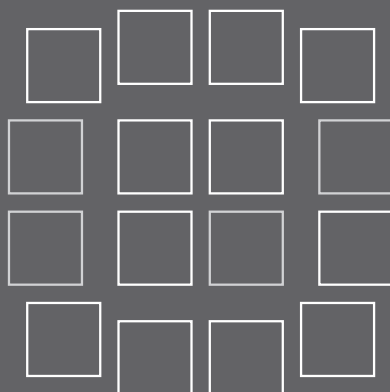
EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN
ETA AZPIEGITURA SAILA
INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

**Edición:**

1ª Marzo 2017

©

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Basque Ecodesign Center

Edita:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Medio Ambiente,
Planificación Territorial y Vivienda
Gobierno Vasco

Alda. Urquijo, 36 – 6º Planta • 48011 Bilbao

www.euskadi.eus

www.ingurumena.eus

www.ihobe.eus

info@ihobe.eus

Tel.: 900 15 08 64

Diseño y maquetación

dualxj comunicación&diseño

www.dualxj.com

Contenido

Este documento ha sido elaborado por la Sociedad Pública Ihobe con la colaboración de Simpple



Los contenidos de este libro, en la presente edición, se publican bajo la licencia:
Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons
(más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES).

Índice

Antecedentes	5
1. Introducción al coste de ciclo de vida LCC	7
1.1. ¿Qué es el Análisis de Costes de Ciclo de Vida?	7
1.2. ¿Qué metodologías existen para el cálculo de LCC?	7
1.3. ¿Qué es el Análisis Ambiental de Costes de Ciclo de Vida?	8
1.4. ¿Por qué realizar estudios conjuntos de LCA y LCC?	10
2. Aspectos metodológicos del LCA y LCC	13
3. Estructura conjunta del estudio LCA y LCC	15
4. Definición del objetivo y del alcance	17
4.1. Introducción	17
4.2. Aplicación práctica	17
5. Análisis de inventario	22
5.1. Introducción	22
5.2. Aplicación práctica	23
6. Evaluación del impacto del Ciclo de Vida	31
6.1. Introducción	31
6.2. Aplicación práctica	32
6.3. Presentación de los resultados	33
7. Interpretación	35
7.1. Introducción	35
7.2. Identificación de los asuntos significativos	36
7.3. Interpretación conjunta de los resultados de LCA y LCC	37
7.4. Evaluación	39
7.5. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones	41
8. Ventajas y limitaciones de la aplicación conjunta del LCA y LCC	43
9. Herramientas de cálculo de LCC/LCA conjunto	45
9.1. BEES	45
9.2. GaBi software	46
9.3. SimaPro	46
9.4. Open LCA	46
9.5. Metodología MEERP	47

10. Fuentes de información	48
10.1. Análisis de Ciclo de Vida	48
10.2. Análisis de Costes de Ciclo de Vida	48
10.3. Sector construcción e infraestructuras	49
10.4. Sector ferroviario	50
10.5. Sector energético	50
Anexo. Caso práctico de aplicación: frigorífico	51
Objetivo y alcance	51
Análisis de inventario	52
Evaluación de impacto	56
Interpretación	57
Interpretación conjunta de los resultados	65
Conclusiones	67

Lista de tablas

Tabla 1. Comparativa metodológica entre LCA y LCC	13
Tabla 2. Definición objetivo y alcance de estudios de LCA y LCC	18
Tabla 3. Entradas y salidas de procesos unitarios en LCA y LCC	22
Tabla 4. Diferentes categorías de coste y aspectos ambientales para diferentes actores	26
Tabla 5. Matriz de calidad de datos (Ecoinvent 3)	36
Tabla 6. Asuntos significativos para LCA y LCC en la fase de interpretación	40
Tabla 7. Aspectos a considerar en el análisis de sensibilidad para LCA y LCC	41
Tabla 8. Aspectos a considerar en el análisis de coherencia para LCA y LCC	52
Tabla 9. Desglose de componentes del producto	53
Tabla 10. Distribución horas personal de diseño y laboratorio	53
Tabla 11. Consumos considerados para el proceso de manufactura/ensamblado	54
Tabla 12. Distribución horas de producción entre los componentes	55
Tabla 13. Distribución de pesos de los componentes	55
Tabla 14. Tasas de Descuento y Apreciación consideradas en uso	57
Tabla 15. Resultados LCA.- Porcentajes de Impacto por categoría y fase	58
Tabla 16. Resultados LCC.- Distribución de costes por fase de ciclo de vida	60

Lista de figuras

Figura 1. Tipos de Análisis del Coste de Ciclo de Vida (LCC)	8
Figura 2. Comparativa estudio LCC de dos lavadoras, tras una mejora de ecodiseño	9
Figura 3. LCA y LCC como herramientas de soporte a la toma de decisiones	11
Figura 4. Etapas de un LCA según ISO-14040:2006	15
Figura 5. Etapas propuestas para el desarrollo de un LCC	16
Figura 6. Propuesta de desglose en elementos de coste	23
Figura 7. Entradas y Salidas de Procesos Unitarios (LCA y LCC)	24
Figura 8. Elementos de la Fase de Evaluación del Impacto en LCA	31
Figura 9. Ejemplos de representación resultados LCC Puesto de Recarga (GAMESA)	33
Figura 10. Elementos de la Fase de Evaluación del Impacto en LCA	35
Figura 11. Representación eco-eficiencia de diferentes alternativas	37
Figura 12. Representación resultados Metodología MEERP para varias alternativas	38
Figura 13. Análisis DAFO de la aplicación conjunta LCA y LCC	43
Figura 14. Modelo empleado por el software BEES	45
Figura 15. Datos de entrada económicos metodología MEERP.	47
Figura 16. LCA. Perfil Ambiental del producto	59
Figura 17. LCC. Perfil de Costes por componentes	61
Figura 18. LCC. Perfil de Costes por componentes (sin electricidad uso)	61
Figura 19. LCC. Perfil de Costes por componentes individualizados (sin consumo)	62
Figura 20. LCC. Perfil de Costes por Categorías y Fases de Ciclo de Vida	63
Figura 21. LCC. Perfil de Costes por Categorías y Fases (sin electricidad)	63
Figura 22. LCC. Perfil de Costes por categoría individualizados	64
Figura 23. Perfil conjunto de LCA y LCC	65
Figura 24. Comparativa conjunta de los componentes	66

Lista de acrónimos

LCA: Análisis ambiental de Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment*)

LCC: Análisis de Costes de Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing*)

VAN: Valor Actual Neto

Antecedentes

La sociedad pública del Gobierno Vasco Ihobe publicó en septiembre de 2014 el documento: *"El análisis de costes aplicado al diseño sostenible de productos"*, en el cual se explicaban los conceptos del análisis de costes de ciclo de vida y se proponía una metodología de trabajo para llevarlo a cabo.

La presente guía pretende ir más allá y explicar de forma práctica, cómo es posible realizar un estudio de análisis ambiental de ciclo de vida (LCA), conjuntamente con un estudio de Costes de Ciclo de Vida (LCC), y cómo interpretar los resultados obtenidos para poder definir y comparar estrategias de ecodiseño o ecoinnovación.

Por ello, en esta guía se tratarán de forma resumida los conceptos básicos de LCA y LCC, remitiendo a las diferentes guías publicadas sobre estas metodologías por la citada sociedad pública y otras organizaciones (para obtener una información más detallada de ellas ver apartado 10 de fuentes de información).

La presente guía se estructura en los siguientes apartados:

- Introducción al Coste de Ciclo de Vida (LCC).
- Aspectos metodológicos de aplicación conjunta LCA y LCC.
- Desarrollo de estudios conjuntos de acuerdo a la estructura definida en la ISO-14040¹.
 - Definición objetivo y alcance.
 - Análisis de Inventario.
 - Evaluación de Impacto.
 - Interpretación de los resultados.
- Ventajas y posibles limitaciones de la aplicación conjunta.
- Herramientas para el cálculo conjunto de LCA y LCC.
- Fuentes de información.

¹ UNE-EN ISO 14040:2006 - Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

1 Introducción al coste de ciclo de vida LCC

1.1. ¿Qué es el Análisis de Costes de Ciclo de Vida?

El análisis de costes de ciclo de vida (*Life Cycle Costing* -LCC- en inglés), es una metodología que permite cuantificar los costes asociados a un producto o servicio, considerando todo su ciclo de vida, es decir, desde su concepción/diseño, fabricación, distribución, uso, mantenimiento y final de vida.

Por tanto, considera no sólo aquellos costes directos propios de la adquisición del producto (precio de compra), sino también aquellos asociados a su uso (por ejemplo consumos energéticos o consumibles), su mantenimiento (p.ej. mano de obra, piezas, etc.) o su final de vida (p.ej. costes de recolección, tratamiento, etc.). Asimismo, identifica el tipo de coste incurrido en cada fase (p.ej. materiales, mano de obra, transporte, etc.).

Es por tanto una herramienta muy útil para poder definir el coste total o coste real de un producto o servicio durante su ciclo de vida, considerando los costes de los diferentes actores implicados, e identificando oportunidades de mejora.

1.2. ¿Qué metodologías existen para el cálculo de LCC?

Existen diferentes metodologías para el Análisis de Costes de Ciclo de Vida, en función del objetivo perseguido por la organización que lo aplica.

Así por ejemplo, si sólo se quieren evaluar los costes asumidos por un único actor del ciclo de vida (por ejemplo productor o usuario final del producto), se emplearían metodologías de **LCC-convencional**. Para ello, existen diversas guías y estándares, en función del objetivo y sector a analizar, por ejemplo:

- **IEC 60300-3-3:2004** - Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación Cálculo de coste de ciclo de Vida (equivalencia con UNE-EN 60300-3-3:2009).
- **ISO 15663-1** - Petroleum and natural gas industries – Life cycle costing.
- **ISO 15686-5:2008** – Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing
- **ASTM F2687-07** Standard Practice for Life Cycle Cost – Analysis of Commercial Food Service Equipment.

Si por el contrario, se quieren evaluar los costes de todos los actores implicados en el ciclo de vida del producto, se emplearía metodologías de LCC-ambiental, el cual también incluye los costes ambientales externos que se prevé internalizar en un periodo relevante para la toma de decisiones, por ejemplo aquellos asociados a las tasas por emisiones de CO₂.

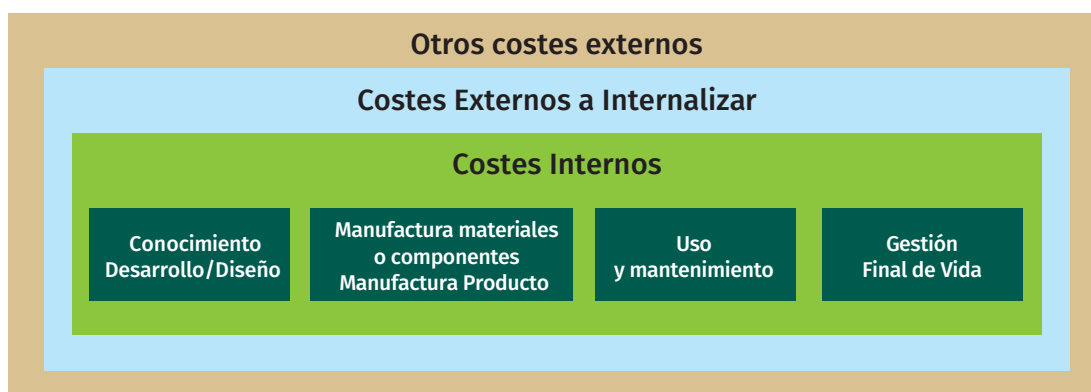
Si además se quieren incluir los costes (externalidades) asumidos por la sociedad en general, por ejemplo aquellas asociadas al tratamiento de las enfermedades causadas por las emisiones en las diferentes fases del ciclo de vida, se emplearía metodologías de **LCC-social**.

La Figura 1 muestra dicha diferenciación entre posibles metodologías en función del alcance de las mismas.

En el citado documento editado por la sociedad pública Ihobe² se analizaron las diferentes metodologías y se consideró, que la más apropiada para el desarrollo conjunto de LCAs y LCCs, es la metodología de **LCC-ambiental**, basada en la estructura de la ISO-14040:2006 y propuesta en la Guía de UNEP-SETAC³, y en los documentos de LCC publicados por SETAC⁴.

A continuación se describe brevemente la metodología de LCC-ambiental, que será la que se tomará como referencia durante todo este documento.

Así pues, si no se especifica lo contrario, de ahora en adelante cuando se hace referencia a LCC en este documento se entenderá como LCC-ambiental.



- **LCC convencional:** Evaluación de costes internos (asumidos únicamente por la parte que realiza el estudio).
- **LCC ambiental:** Evaluación adicional de los costes asumidos por todos los actores del ciclo de vida del producto (por ejemplo, se incluyen los costes asumidos por los recicladores, eliminadores finales de los residuos, etc...). Internalización de algunos costes externos asumidos por dichos actores.
- **LCC social:** social: Evaluación adicional de otros costes externos, asumidos por la sociedad en general (p.ej. externalidades asociadas a los efectos de la contaminación).

Figura 1 - Tipos de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (LCC).

1.3. ¿Qué es el Análisis Ambiental de Costes de Ciclo de Vida?

El concepto de Análisis Ambiental de Costes de Ciclo de Vida⁵ se define como el análisis de todos los costes asociados al ciclo de vida de un producto que son asumidos directamente por todos los actores en el ciclo de vida del producto (suministrador, fabricante, usuario o consumidor y gestor de residuos al final de vida). A la hora de definir el objetivo y alcance del estudio se puede limitar el número de actores analizados, siempre que dicho alcance limitado sea coherente con el objetivo del estudio.

² Ihobe – El Análisis de Costes Aplicado al Diseño Sostenible de Productos.

³ UNEP-SETAC – *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment*. 2011.

⁴ SETAC – *Environmental Life Cycle Costing*. 2008 y *Environmental Life Cycle Costing: A Code of Practice*. 2011.

⁵ Hunkeler D., Lichtenwort K., Rebitzer G. (Editors), Ciroth A., Huppes G., Klöpffer W., Rüdenauer I., Steen B y Swarr T. (Lead Authors). “*Environmental Life Cycle Costing*”. SETAC. CRC Press. ISBN: 1-880611-38-X. 2008.

Se incluye asimismo aquellos costes externos que se prevean relevantes en un futuro para la toma de decisiones, y que se prevean internalizar (por ejemplo, tasas futuras por emisiones, etc.) por alguno de dichos actores.

A continuación, se muestran en la Figura 2, los resultados de un estudio de LCC comparativo de dos lavadoras⁶, que incluye adicionalmente ciertos costes sociales de forma simplificada.

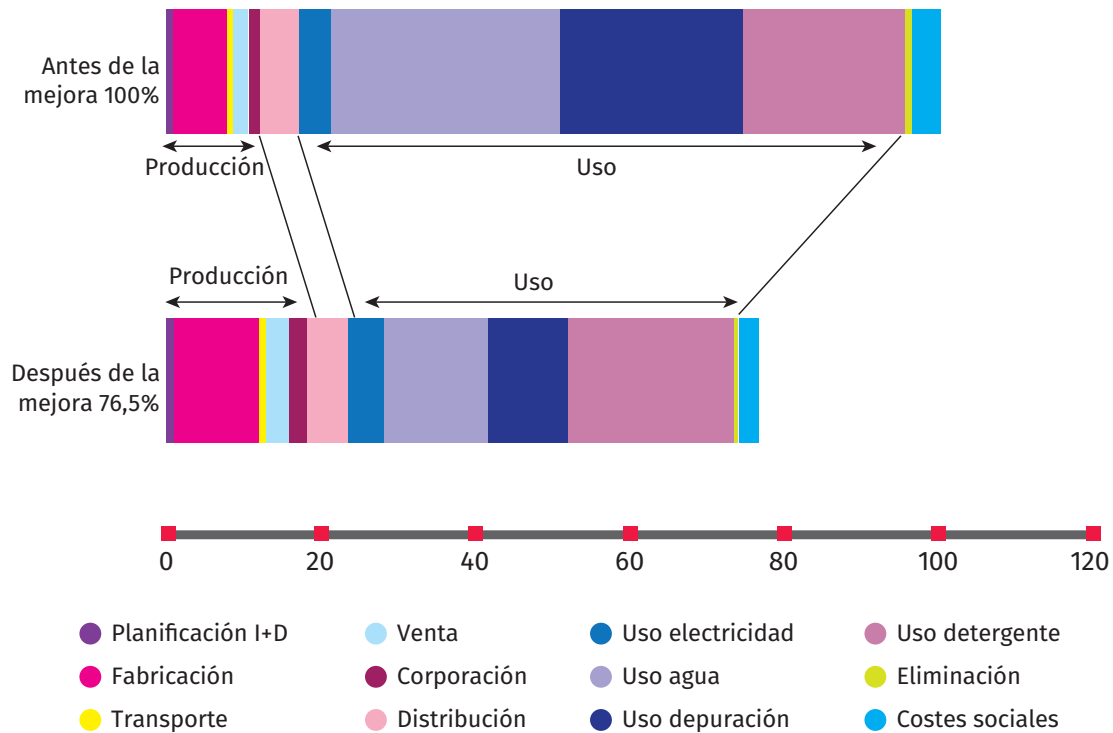


Figura 2 - Comparativa estudio LCC de dos lavadoras, tras una mejora de ecodiseño.

Como se puede apreciar en los resultados de este caso práctico, la metodología nos permite:

- conocer los costes en cada fase del ciclo de vida del producto (planificación, fabricación, transporte, uso, eliminación, etc.),
- identificar los puntos de mejora,
- comparar el caso base con el caso eco-diseñado, cuantificando la mejora obtenida en cada una de las fases.

⁶ Yamaguchi, H., et al. *Lifecycle Management Methodology using Lifecycle Cost Benefit Analysis for Washing Machines*. Proceedings of the 3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich. 2007.

Sin embargo, a diferencia del LCA, donde existen unas normas estandarizadas para la realización de este tipo de estudios (por ejemplo normas ISO-14040:2006 o ILCD Handbook⁷), no existe una norma reconocida internacionalmente para desarrollar este tipo de LCC.

La tendencia actual es integrar los estudios de LCA y LCC (adicionalmente el LCA-Social) como herramientas para evaluar la sostenibilidad de los productos, tal como se indica en el documento de SETAC: *“Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making informed choices on products”* UNEP-SETAC.- *Life Cycle Initiative*. 2011.

En esta línea, los documentos que se consideran guías de referencia en el campo de LCC serían los mencionados:

- *“Environmental Life Cycle Costing”*, Hunkeler D., Lichtenwort K., Rebitzer G. (Editors), Ciroth A., Huppes G., Klöpffer W., Rüdenauer I., Steen B y Swarr T. (Lead Authors). SETAC. CRC Press. ISBN: 1-880611-38-X. 2008.
- *“Environmental Life Cycle Costing: A Code of Practice”*, Swarr T.E., Hunkeler D., Klöpffer W., Pesonen H-L., Ciroth A., Brent A.C. y Pagan R. SETAC. 2011.

Sin embargo, esta aproximación también tiene aspectos críticos, ya que evaluar los costes asociados únicamente de los actores incluidos en el ciclo de vida de producto (con un indicador único de coste), puede conducir a optimizaciones que no consideren el beneficio global de la sociedad. Es por ello que algunos autores proponen una serie de indicadores de costes más amplios, como por ejemplo la contribución del producto al Producto Interior Bruto de los países, al empleo, etc.⁸

Está en marcha, dentro del grupo de trabajo ISO/TC 207/SC 1, el desarrollo de la ISO 14008 - *Monetary valuation of environmental impacts from specific emissions and use of natural resources*, que fijará como calcular los costes de los impactos ambientales asociados a emisiones y usos de recursos, de cara a ayudar a la organización en el proceso de toma de decisiones de su sistema de gestión ambiental.

Por último, está prevista la publicación de la ISO 14007 - *Environmental management: Determining environmental costs and benefits - Guidance*, que pretende servir de guía para definir y comunicar los costes y beneficios relacionados con los aspectos e impactos ambientales y la dependencia del consumo de recursos y los servicios ecosistémicos.

1.4. ¿Por qué realizar estudios conjuntos de LCA y LCC?

La razón básica es disponer de herramientas cuantitativas de evaluación que ofrezcan información valiosa para la toma de decisiones, desde una doble perspectiva, ambiental y económica.

El mayor potencial de uso conjunto de LCA y LCC se centra en la **fase de diseño**, lo que permite identificar oportunidades de mejora del producto (p.ej. estrategias de Eco-diseño).

⁷ European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010.

⁸ Wood R. y Hertwich E.G. *“Economic modelling and indicators in life cycle sustainability assessment”*. International Journal of Life Cycle Assessment. July 2012.

Como ya es conocido, es en esta fase de diseño donde se fija el impacto ambiental del producto (aproximadamente el 80% de todo su ciclo de vida⁹) y es donde se tienen las mayores oportunidades de mejora, a un menor coste de implementación.

Como contrapartida, es en esta fase donde se tiene una información menos detallada del producto y su futuro escenario de uso o final de vida, y es por tanto necesario hacer un mayor número de estimaciones.

El estudio conjunto de LCA y LCC también puede realizarse a posteriori, cuando el producto ya está en el mercado. El objetivo en este caso podría ser analizar posibles mejoras futuras en el ciclo de vida del producto/servicio, valorar el estado de los productos de la organización (benchmarking) o identificar nuevos modelos de negocio o estrategias de marketing. Por tanto, la aplicación del LCA/LCC en distintas fases de un producto tiene distintas utilidades y ventajas.

Como se muestra en la Figura 3, el empleo de estas dos metodologías de forma conjunta permitirá conocer mejor el desempeño del producto durante las diferentes fases de su ciclo de vida, tanto desde la perspectiva ambiental (p.ej. contribución al Calentamiento Global), como también desde la económica (p.ej. coste de la fase de uso). A estas dos metodologías se podría añadir el LCA-social, para completar los tres pilares de la **sostenibilidad**, pero esta metodología está todavía en una fase inicial de desarrollo, y por eso no se incluye en esta guía.



Figura 3 - LCA y LCC como herramientas de soporte a la toma de decisiones.

⁹ German Federal Environmental Agency.

Los resultados cuantitativos de los estudios conjuntos de LCA y LCC ayudarán a la organización en la toma de decisiones, permitiéndole:

- conocer los aspectos más relevantes asociados al producto/servicio (*hot spots*),
- identificar oportunidades de mejora para reducir el impacto ambiental y económico del producto o servicio,
- fijar objetivos de mejora, monitorizarlos y cuantificar el grado de mejora obtenido, por ejemplo mediante la aplicación de estrategias de ecodiseño,
- mantener una comunicación más clara y objetiva con sus grupos de interés, mostrando los logros obtenidos.

En ningún caso se debe entender el LCC propuesto como una herramienta de contabilidad interna de la empresa, ya que para ello existen otras herramientas. Sin embargo, puede emplearse como una herramienta de identificación de oportunidades económicas, tanto internas como externas a la organización.

Cabe mencionar también la importancia que está adquiriendo el LCC en la Compra Pública Verde, a raíz de la publicación de la nueva Directiva Europea 2014/24/UE sobre contratación pública, que permite a los poderes públicos adjudicadores determinar cuál es la oferta económicamente más ventajosa y el coste más bajo mediante un planteamiento basado en el coste del ciclo de vida. La Sociedad Pública Ihobe también ha publicado a este respecto una *“Guía para la compra pública verde y el análisis de costes del ciclo de vida”*, que se puede consultar en su página web.

Como ejemplo de método común de evaluación se puede mencionar la Directiva Europea 2009/33/CE relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes, la cual indica un **método de cálculo simplificado** de los costes de ciclo de vida de los vehículos, considerando también algunos costes externos asociados a las emisiones de los mismos.

2 Aspectos metodológicos del LCA y LCC

En la Tabla 1 se indican las diferencias entre las metodologías de LCA y LCC. Como se puede apreciar, el alcance, propósito, etc. del LCC se ha adaptado con respecto a la visión clásica para que se asemejen al LCA y puedan realizarse de forma conjunta. A pesar de ello, existen diferencias de cobertura temporal, etc., propias de las diferentes visiones de ambas metodologías.

Método	LCC	LCA
Propósito	Determinar los costes asumidos por los diferentes actores del ciclo de vida del producto/servicio, incluyendo costes ambientales internos y aquellos externos que se prevean internalizar.	Determinar los impactos ambientales (es decir el perfil ambiental) de un producto/servicio durante todo el ciclo de vida.
Flujos considerados	Flujos monetarios (costes/beneficios) que impactan a los diferentes actores del ciclo de vida del producto/servicio.	Emisiones, recursos y flujos entre procesos de materiales y energía.
Unidades para considerar dichos flujos	Unidades monetarias (p.ej. euros).	Unidades físicas (masa, volumen, etc.), unidades de energía, etc.
Actividades consideradas	Actividades que causan un coste o beneficio a los diferentes actores del ciclo de vida, durante la vida económica del producto/servicio.	Todos los procesos conectados con la vida física del producto, desde la adquisición de la materia prima hasta su gestión como residuo.
Tratamiento temporal y alcance	Factor clave, expresado en valor actual de los costes y beneficios (usando una tasa de descuento). Se considera como horizonte temporal el ciclo de vida del producto/servicio analizado.	Habitualmente no se considera esa variable temporal para los procesos y sus emisiones o consumos. En el caso de evaluación de impacto, se puede fijar una ventana de impacto (p.ej. GWP-100 años), pero por lo general no se descuentan los impactos futuros.
Impactos analizados	Impactos económicos potenciales para todos los actores implicados, durante el ciclo de vida del producto.	Impactos ambientales potenciales sobre el medio ambiente.

Tabla 1 - Comparativa metodológica entre LCA y LCC¹⁰.

¹⁰ Fuente: Basado parcialmente en G.A. Norris. *Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. InLCA: Selected Papers*. 2001.

Como ya se ha comentado, la base para esta realización conjunta de LCA y LCC es seguir una estructura común, de acuerdo con la ISO-14040:2006.

A continuación se indican las normas que se han empleado como referencia en este documento:

LCA	UNE-EN ISO 14040:2006. - Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. UNE-EN ISO 14044:2006. - Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.
LCC	UNE-EN 60300-3-3:2009. - Gestión de la confiabilidad.Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste de ciclo de vida. VDMA 34160:2006-06. - Forecasting model for lifecycle cost of machines and plants. VDI 2884:2005-12. - Purchase, operating and maintenance of production equipment using Life Cycle Costing (LCC).

En el siguiente apartado se describe con mayor detalle las diferentes etapas a seguir en cada una de las metodologías, de acuerdo a esa norma internacional.

3 Estructura conjunta del estudio LCA y LCC

El documento de SETAC: *“Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making informed choices on products”* UNEP-SETAC.- *Life Cycle Initiative*. 2011 propone que la estructura conjunta de análisis de LCA y LCC sea la Norma ISO-14040:2006. La Figura 4 muestra las etapas básicas de un LCA, tomando como ejemplo el esquema mostrado en el *ILCD Handbook*, basado a su vez en dicha norma.

Las diferentes etapas están interrelacionadas, y deben seguir una serie de requisitos para que se pueda indicar que siguen los requerimientos de esta norma ISO.

Sin embargo, no hay un método único para realizar un LCA, y por tanto las organizaciones tienen flexibilidad para implementar un LCA según está establecido en esta norma, de acuerdo con la aplicación prevista y los requisitos de la organización.

Así, el nivel de detalle y la duración de un LCA (o LCC en este caso), pueden variar de manera considerable, dependiendo de la definición del objetivo y el alcance.

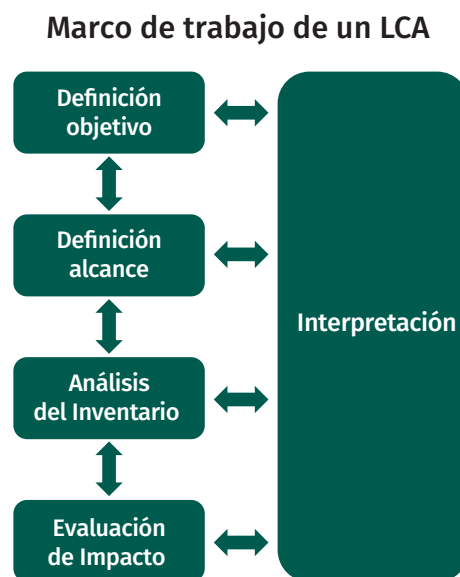


Figura 4 - Etapas de un LCA según la Norma ISO-14040:2006.

En los siguientes apartados se revisarán los aspectos a considerar para cada etapa y se indicará como aplicarla en el caso de desarrollo conjunto con un LCC.

El objetivo es identificar aquellos puntos comunes que permitan facilitar el desarrollo de los dos estudios, por ejemplo en las etapas de inventario (recogida de datos, etc.).

La Figura 5 muestra los pasos propuestos en el documento de Ihobe¹¹ para el desarrollo de un LCC compatible con el esquema indicado anteriormente para LCA.

¹¹ Ihobe - El Análisis de Costes Aplicado al Diseño Sostenible de Productos. 2014.

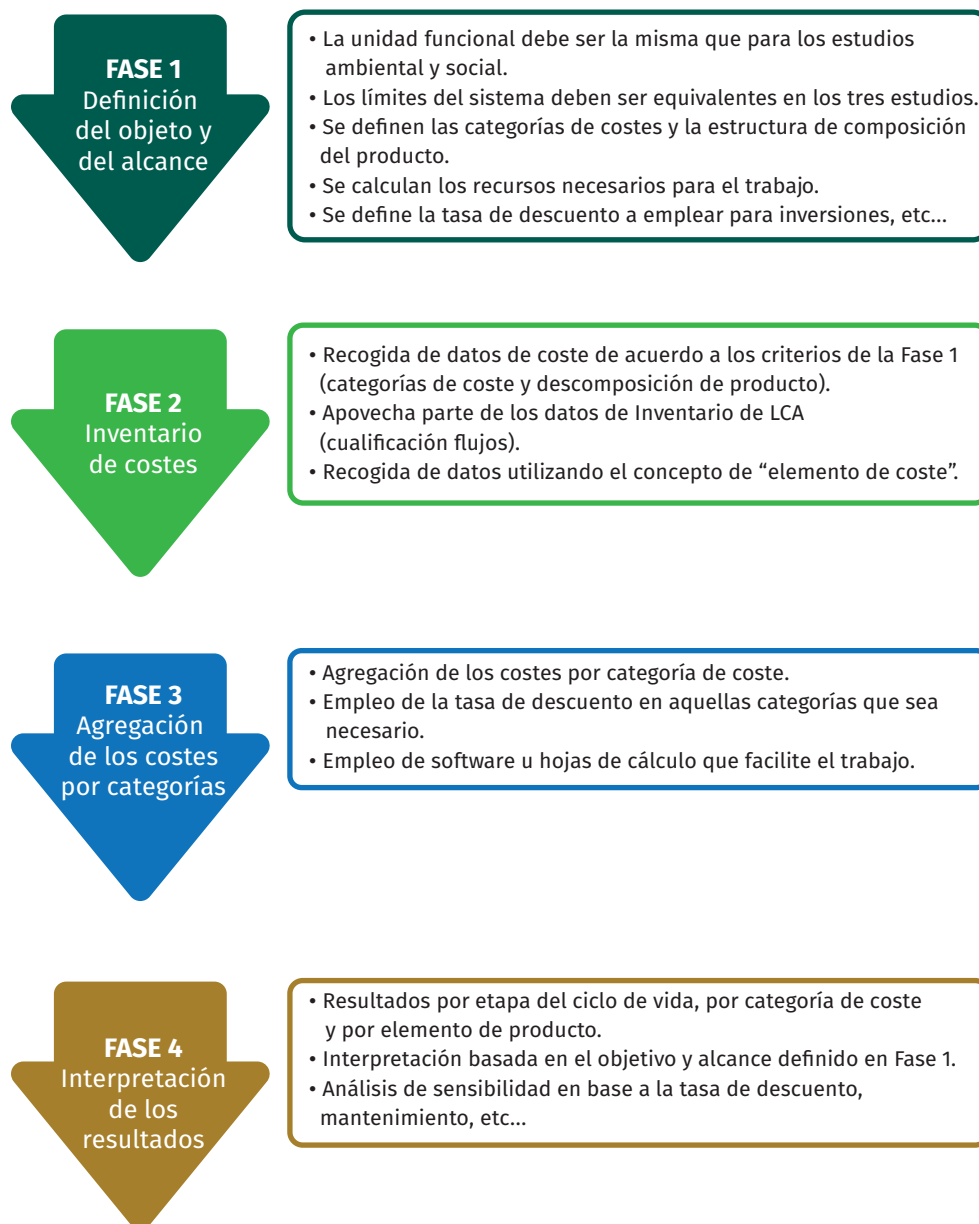


Figura 5 - Etapas propuestas para el desarrollo de un LCC.

4 Definición del objetivo y del alcance

4.1. Introducción

En esta Etapa se define:

- El **objetivo**, que debe definir el uso previsto y los motivos para llevar a cabo el análisis, la audiencia y partes interesadas a las que se les comunicarán los resultados y si se harán públicas comparativas con otros productos.
- El **alcance**, debe definirse adecuadamente para garantizar la compatibilidad y la capacidad con el objetivo anterior.
 - sistema o producto objeto del estudio, su(s) función(es), y la unidad funcional de referencia,
 - los límites del sistema analizado y los criterios de corte empleados,
 - los procedimientos de asignación (*allocation rules*),
 - las categorías de impacto cubiertas en el estudio y los métodos específicos de evaluación a aplicar,
 - el tipo, calidad y fuente de los datos y la precisión e incertidumbre máxima permitida,
 - las hipótesis de cálculo y suposiciones a realizar,
 - las limitaciones encontradas para el desarrollo del estudio,
 - otros requerimientos de calidad de los datos de inventario relativos a representatividad temporal, tecnológica o geográfica,
 - el tipo de revisión crítica que se realizará (si la hay),
 - el modelo y características en que se presentarán los resultados (informe requerido).

A medida que se desarrolla el/los estudio(s), se puede ir revisando los diversos aspectos del alcance para que pueda lograrse el objetivo original del estudio(s).

A continuación se explica la aplicación práctica de estos requisitos en los estudios de LCA y LCC.

4.2. Aplicación práctica

La Tabla 2 muestra la aplicación práctica de esta etapa para ambos tipos de estudios, y cómo aprovechar posibles sinergias entre ambos.

Aspecto	LCA	LCC	Comentarios
Definición del Objetivo del estudio	Indicación de la aplicación prevista (p. ej. evaluar el perfil ambiental de un producto, comparativa entre productos, definición de estrategias, etc.) y razones para realizar el estudio. Asimismo, se debe indicar el público previsto (p.ej. interno para actividades de ecodiseño o externo para comunicación a clientes, sociedad, etc.).	Indicación de la aplicación prevista (p. ej. evaluar el perfil de costes de un producto, comparativa entre productos, definición de estrategias, etc.) y razones para realizar el estudio. Asimismo, se debe indicar destino de los resultados (p.ej. interno para actividades de optimización de costes, externo para comunicación a cliente, etc.) y desde qué perspectiva se ha realizado el estudio (p.ej. productor, consumidor, etc.).	En este caso, los objetivos pueden ser diferentes, al proporcionar los estudios visiones diferentes (ambiental y económica). Si se presentan los dos estudios en el mismo informe/documento, se deberían indicar los objetivos específicos de ambos estudios y del informe final, especialmente si se realiza una interpretación conjunta de los resultados obtenidos por ambos estudios.
Definición del alcance Sistema del producto a estudiar (caracterizado por sus funciones)	Subdivisión del sistema del producto en procesos unitarios, identificando las entradas : productos intermedios, materiales, recursos o energía, así como las salidas : productos intermedios/finales, materiales, recursos, energía, residuos, emisiones (al aire, agua y suelo), etc.	Subdivisión del sistema del producto en procesos unitarios, identificando los costes/beneficios incurridos por el proceso para realizar la función esperada (por ejemplo costes energéticos, laborales, transporte, etc.). Algunos de estos flujos monetarios irán asociados a flujos físicos (materiales, energía, productos intermedios, etc.), pero otros irán asociados a costes directos (personal, etc.) o indirectos (gestión, infraestructuras, etc.). En este caso se recomienda definir la estructura de desglose de costes, compatible con el objetivo del estudio, de cara a facilitar la recogida posterior de datos.	En este caso el sistema producto a estudiar debe ser el mismo, de cara a poder interpretar los resultados de forma conjunta. Sin embargo los flujos son diferentes al considerarse en un caso flujos físicos y en el otro monetarios. A pesar de ello, en algunos casos se podrá realizar una conversión directa de uno a otro, p.ej. LCA: kWh de energía consumida. LCC: €/kWh de energía consumida. El nivel de detalle del modelado del sistema del producto dependerá del objetivo del estudio, el cual determinará los límites de cada proceso unitario.
Unidad funcional	La unidad funcional define la cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto. Esta unidad funcional será la referencia sobre la que se relacionan las entradas y salidas. Por ejemplo, para la función "lavado de ropa" de una lavadora, la unidad funcional podría ser "una unidad -lavadora-" (estimando un número de ciclos de usos durante su vida útil) ó "lavado de X kgrs de ropa" (especificando tipo de ropa y condiciones de lavado). El análisis analizaría los flujos de entrada y salida de materiales, energía, etc. necesarios para conseguir esa unidad funcional, en sus diferentes fases del ciclo de vida (p.ej. fabricación, uso, final de vida, etc.).	De forma análoga al anterior, en este caso el análisis identificaría todos los costes asociados a la consecución de esa unidad funcional (p.ej. costes fabricación equipo, costes energéticos/agua, costes de mantenimiento, costes de consumibles, etc.).	En este caso, la unidad funcional ha de ser la misma, de cara a poder analizar los resultados de forma conjunta. Esa unidad funcional debe seleccionarse en base al objetivo del estudio, ya que en función del público destinatario del mismo (p.ej. enfocado a uso interno, enfocado a cliente o usuario final, etc.), la elección de la unidad funcional puede ser diferente.

Aspecto	LCA	LCC	Comentarios
Límites del sistema	Los límites del sistema definen los procesos unitarios a ser incluidos en el sistema y deben ser coherentes con el objetivo y alcance del estudio. Esos límites del sistema deben cubrir aquellas etapas del ciclo de vida del producto que sean necesarias y relevantes para obtener un suficiente grado de confianza de los resultados, acorde con el objetivo del estudio.	En este caso, la definición de los límites del sistema se realizará de forma análoga a lo indicado anteriormente.	En caso de análisis conjunto de los resultados de LCA y LCC, los límites del sistema escogidos en ambos estudios deben ser equivalentes (es decir, considerar a priori los mismos procesos unitarios), pero no tienen porqué ser exactamente iguales, ya que las fases relevantes pueden ser diferentes en cada caso. Por ejemplo, es habitual que la fase de Diseño y de I+D+i de un producto tenga un peso relevante en los costes globales del producto, pero sin embargo, para un LCA, esta etapa habitualmente no representa un impacto ambiental significativo. Otro ejemplo podría ser el Marketing, poco relevante para LCA, pero puede ser significativo para LCC. Por ello, un LCC incluirá dichas etapas en el análisis y un LCA habitualmente las descartará por poco relevantes.
Criterios de corte	Los criterios de corte se emplean para definir qué entradas y salidas se incluyen en la evaluación. Por tanto dichos criterios de corte se deben describir, así como las suposiciones sobre las cuales se han establecido. Esta definición se debe basar en tres aspectos: masa, energía e importancia ambiental. Habitualmente para los dos primeros se indica un % por debajo del cual no se considera esa entrada o salida.	En este caso, el criterio de corte se basaría en descartar costes que representen un % inferior al límite fijado.	En ambos casos, dichos criterios de corte se deben describir claramente, especialmente si se tiene previsto una revisión crítica. En el caso de aseveraciones comparativas para su divulgación al público, los criterios de corte se deben incluir en el análisis de sensibilidad final. La elección de los criterios de corte es relevante ya que fijará los recursos necesarios para la recopilación de los datos de la fase de Inventario. Unos criterios de corte muy estrictos implicarían la necesidad de recoger información de un elevado número de entradas y salidas. Unos criterios de corte muy amplios implicarían que los resultados no fueran representativos.
Procedimientos de asignación	Dado que los procesos unitarios pueden tener más de un producto de salida, es necesario definir procedimientos de asignación, entre ellos, de los flujos de entrada y salida. Metodológicamente se propone evitar al máximo dichas asignaciones (por ejemplo ampliando el sistema o subdividiéndolo en unidades de proceso más detalladas), pero cuando es inevitable, se recomienda realizar dicha asignación basado en aspectos físicos (peso, volumen, número de unidades, etc.).	En este caso, la asignación de costes puede ir fijada por criterios físicos como económicos (por ejemplo precio de venta del producto, horas de fabricación necesarias, etc.). En el caso de LCC, estos procedimientos de asignación se deben aplicar cuando los costes indirectos son significativos. Por otra parte, no se aplica en LCC la opción de ampliación del sistema.	En este caso, los criterios de asignación para el LCA y el LCC pueden ser diferentes. En caso de necesitar procedimientos de asignación para LCA (ampliando o subdividiendo el sistema), se debe garantizar que los límites de sistema finales sean compatibles con el LCC (donde no se aplica la ampliación del sistema). En cualquier caso se debe indicar en este apartado el procedimiento de asignación elegido en ambos casos.

Aspecto	LCA	LCC	Comentarios
Categorías de impacto y metodología	El LCA trata los impactos ambientales potenciales, referidos a la unidad funcional. Para ello, se seleccionan las categorías de impacto más significativas para el sistema, de acuerdo al objetivo fijado (p. ej. Cambio Climático) y se selecciona un indicador de impacto (p.-ej. kg CO ₂ -eq-100 años) y el método de cálculo. Existen diferentes categorías de impacto, en función de su impacto sobre el medio (aire, agua, suelo), uso de recursos (abióticos, tierra, etc.), o sobre el ser humano o la fauna/flora (toxicidad, etc.). Cada uno de ellos puede tener uno o varios métodos de cálculo.	En el caso de LCC, el único impacto considerado de forma más frecuente es el monetario (p.ej. euros a valor actual). Por ello es preciso fijar la Moneda de referencia y la referencia temporal (año del estudio). Asimismo, en esta fase se debe definir la " tasa de descuento ", (y en su caso "tasa de aumento" para ciertos flujos), que se empleará para calcular el valor actual de los costes/beneficios futuros. Esta tasa de descuento puede variar en función de la perspectiva indicada en el objetivo del estudio (p.ej. visión del fabricante, consumidor, etc.). Por otro lado, se deben definir la estructura de desglose de costes (<i>Cost Breakdown Structure</i> -CBS-) o categorías de costes que se analizarán, función del objetivo del estudio, por ejemplo "Costes laborales", "Costes transporte", "Costes energéticos", "coste materiales", etc.	En este caso, las categorías de impacto del LCA y LCC son claramente diferentes, acorde con la visión de ambas metodologías. Esta diferencia hace que en realidad la fase de Evaluación de impacto no exista en el LCC, ya que es simplemente la agregación de los costes identificados en la fase de Análisis de Inventario. Sin embargo, algunos autores recomiendan ampliar los indicadores de impacto económico para evaluar el beneficio sobre la sociedad (p.ej. generación de empleo, producto interior bruto, etc.). En esta guía se propone la primera aproximación al ser actualmente la más extendida.
Requisitos de los datos y su calidad	La calidad y el origen de los datos es relevante para identificar el grado de confianza de los resultados obtenidos. En el caso de los LCAs, generalmente se emplean datos primarios para cubrir la etapa del ciclo de vida donde interviene directamente el agente que realiza el estudio y datos secundarios (de bases de datos de inventario) para las etapas aguas arriba y aguas abajo de esa etapa. En algunos casos, se incluyen datos primarios de los suministradores de primer nivel más relevantes (en función del objetivo y del alcance fijados para el estudio). En el mercado existen bases de datos públicas y privadas para obtener dichos datos secundarios, pero es preciso analizar su grado de representatividad con el sistema evaluado.	Al igual que en el caso de LCA, se incluyen datos primarios para la etapa del ciclo de vida donde interviene directamente el organismo que realiza el estudio y datos secundarios para el resto. En este caso, no existe un gran número de bases de datos de costes, siendo necesario en ocasiones considerar directamente el "coste de compra" del flujo como referente para los costes asociados aguas arriba. Sin embargo, estos costes de referencia pueden presentar una gran variabilidad (p.ej. en función del país, tipo de cambio moneda, situación económica, etc.)	Es posible que la calidad de los datos de los estudios de LCA y LCC sea diferente, y por tanto su grado de representatividad. En todo caso, dicha información debe indicarse en el informe y tenerla en consideración a la hora de realizar la interpretación de los resultados.
Suposiciones y limitaciones	Se deben describir claramente en el alcance las suposiciones a realizar en el estudio de LCA (p.ej. en el caso de la lavadora el número de ciclos, la vida útil, el consumo por ciclo, etc.), así como las limitaciones del estudio (p.ej. limitaciones de cobertura del impacto, limitaciones metodológicas, limitaciones de las suposiciones realizadas).	Al igual que en el LCA, se deben indicar dichas suposiciones (p.ej. tasa de aumento coste de la energía, costes laborales, etc.), y las posibles limitaciones (p.ej. indefinición costes futuros de mantenimiento, etc.).	Al ser metodologías diferentes, las limitaciones y suposiciones serán diferentes para el estudio de LCA y el de LCC. En cualquier caso, deben quedar claramente identificadas y descritas para facilitar la revisión posterior.

Aspecto	LCA	LCC	Comentarios
Tipo de Revisión crítica (si procede)	En el alcance del estudio se debe describir si se realizará revisión crítica del mismo, y si es el caso, cómo y por quién se realizará.	Idem LCA.	De acuerdo a la ISO-14044:2006, un panel de partes interesadas debe realizar las revisiones críticas de estudios de LCA cuando los resultados se van a utilizar para apoyar una aseveración comparativa prevista para su divulgación al público. Este criterio puede emplearse también para LCC.
Tipo y formato del informe requerido para el estudio	En función del objetivo del estudio (público objetivo, etc.), se describirá el tipo y formato del informe requerido para el estudio.	Idem al LCA.	Se debe buscar la homogeneidad del tipo y formato del informe tanto para LCA y LCC, especialmente si se pretende realizar una interpretación de los resultados de forma conjunta. Sin embargo, al presentar resultados diferentes, el formato de presentación de los mismos no puede ser idéntico.

Tabla 2 - Definición objetivo y alcance de estudios de LCA y LCC.

5 Análisis de inventario

5.1. Introducción

Esta fase implica, tanto para el LCA como para el LCC, la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas del sistema de producto definido en el estudio.

Este proceso es un proceso iterativo, dado que durante la recopilación de datos puede ser necesario modificar los requisitos y limitaciones del estudio, de cara a cumplir con el objetivo del mismo.

Por tanto, el primer paso es definir el sistema producto a analizar, dividiendo las etapas principales del ciclo de vida en procesos unitarios, e identificando las entradas y salidas de los mismos (Ver Tabla 3).

	LCA	LCC
Entradas	- energía - materias primas - auxiliares - otras entradas físicas	- inversiones - tasas/impuestos - costes materiales - costes de servicios - costes laborales - costes energéticos - costes logísticos - costes tratamiento residuos y/o emisiones a la atmósfera, agua o suelo - externalidades internalizadas - Otros costes (p.ej. no disponibilidad)
Salidas	- productos, co-productos y residuos - emisiones al aire, vertidos al agua y al suelo - otros aspectos ambientales	- ingresos por gestión residuos (reciclado) - otros ingresos asociados al proceso

Tabla 3 - Entradas y salidas de procesos unitarios en LCA y LCC.

Una vez recopiladas esas entradas y salidas, se deben referir a la unidad funcional definida en el alcance del estudio.

En el siguiente apartado se dan consejos para desarrollar el análisis de inventario para LCC basado en el concepto de **"elemento de coste"** propuesto en la Norma UNE-EN 60300-3-3:2009 (adaptación de la Norma Internacional IEC 60300-3-3:2004).

5.2. Aplicación práctica

5.2.1. Desglose del LCC en elementos de coste

En la citada norma se UNE-EN 60300-3-3:2004 y en el documento de UNEP-SETAC *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: Making informed choices on products*, se recomienda el uso del concepto de "desglose en elementos de costes" de cara a definir un método sistemático y ordenado para desglosar el LCC y recoger los datos necesarios para desarrollar el estudio.

El concepto de "elemento de coste" se presenta en la Figura 6, tomando como ejemplo una lavadora.

Ejemplo de un elemento de coste de ciclo de vida

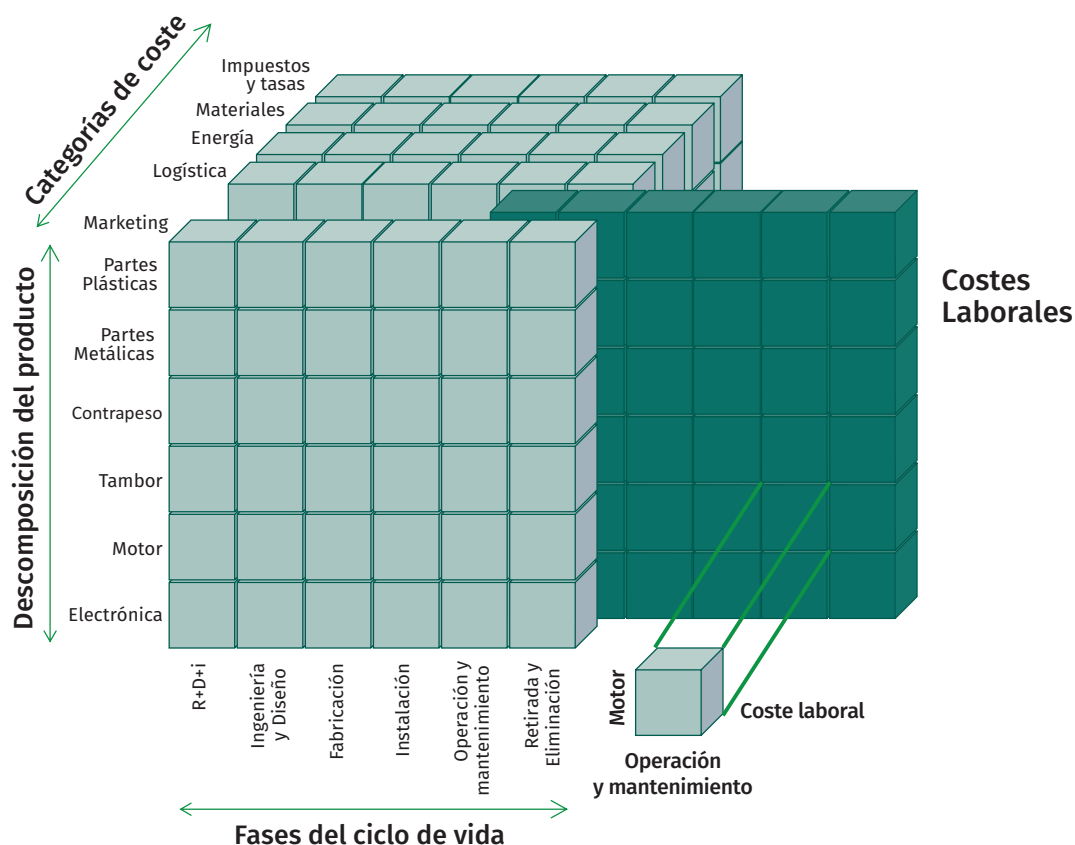


Figura 6 - Propuesta de desglose en elementos de coste¹².

La matriz tridimensional resultante supone la identificación de los siguientes aspectos del producto o servicio analizado:

- 1 Desglose del sistema del producto en procesos unitarios (fases del ciclo de vida).

¹² Fuente: UNEP-SETAC (2011).

- 2 Descomposición del producto en componentes/elementos (estructura de descomposición del producto).
- 3 Descomposición en categorías de costes (estructura de desglose de costes).

En los siguientes apartados se describen en detalle cada uno de dichos aspectos. El nivel de desglose (y por tanto de nivel de detalle del estudio y número de elementos de coste) dependerá del objetivo y alcance del estudio.

Siguiendo esta estructura tridimensional de elementos de coste, es posible que algún elemento sea cero (o coste no significativo siguiendo los criterios de corte), pero se garantiza que se revisan todos los posibles elementos de forma sistemática.

5.2.2. Desglose del sistema del producto en procesos unitarios

Los límites del sistema definirán qué procesos unitarios deben ser incluidos en el LCA/LCC, siendo necesario definir en el alcance del proyecto el nivel de detalle al cual se debe estudiar estos procesos unitarios.

Esta etapa es crítica, ya que definirá el número de procesos unitarios a analizar y por tanto la cantidad de datos a recopilar (por consiguiente los recursos necesarios para ello).

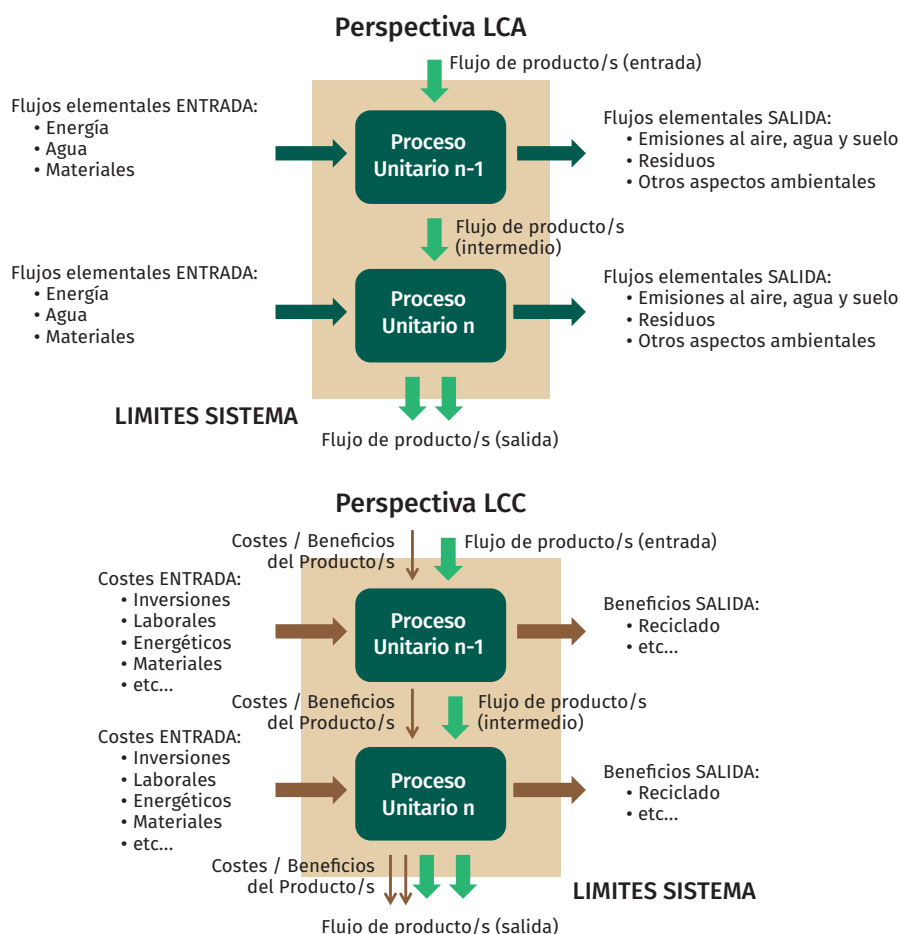


Figura 7 - Entradas y Salidas de Procesos Unitarios (LCA y LCC).

Idealmente, se debería modelar el sistema del producto de tal forma que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales y flujos de productos. Sin embargo, en función del objetivo y el alcance del estudio, se puede ajustar el nivel de detalle de este modelado.

Como se puede apreciar, puede haber ciertas sinergias a la hora de recoger los datos, ya que en ocasiones los flujos de entrada (p.ej. kWh electricidad o m³ agua), pueden convertirse directamente a Costes, aplicando factores de conversión relacionados con el proceso (p. ej. €/kWh electricidad).

Sin embargo hay ciertas categorías de costes que se tienen que analizar específicamente para el estudio de LCC, como pueden ser inversiones, costes laborales, etc. Estas categorías de costes se basarán en la estructura de desglose de costes definido en el alcance del estudio.

5.2.3. Descomposición del producto/servicio en componentes

El objetivo es descomponer el producto o servicio en elementos que presenten unas características propias y relevantes para el estudio de LCC (por ejemplo componentes específicos que requieran mayores costes de mantenimiento, laborales, etc.).

Sin embargo, esta descomposición del producto añade complejidad al estudio de LCC, ya que aumenta el número de elementos de costes. Por ello, es habitual que, basado en el objetivo y alcance del estudio, no se realice esta descomposición y se trate todo el producto como un conjunto (una única fila en la matriz tridimensional).

En el caso de realizar un estudio conjunto de LCA y LCC, esta descomposición de producto debe aplicarse de forma similar en ambos estudios (si se quiere realizar una interpretación conjunta de los resultados).

Así por ejemplo, el desglose de materiales (Bill of Materiales - BOM-) del producto puede servir tanto para LCA (identificación de flujos de entrada de materiales/componentes), como para LCC (coste de compra de dichos materiales/componentes).

5.2.4. Categorías de costes

La selección de las categorías de costes a considerar en el estudio de LCC (es decir, la estructura de desglose de costes) es una de las partes metodológicas que presenta mayores desafíos, ya que tendrá una influencia directa en la representatividad de los resultados y en la cantidad de recursos a emplear para recoger los datos asociados a dichas categorías.

Por tanto, en esta etapa se debe decidir qué costes se van a considerar y como se van a organizar los datos. El objetivo es modelar los elementos claves del sistema físico que influyen en los costes totales de ciclo de vida. Sin embargo, no sería operativo considerar todos los posibles elementos que tengan relación con la unidad de proceso, el producto o el medio ambiente.

Asimismo, se debe considerar que algunos costes pueden ser valorados de forma relativamente sencilla por el actor implicado (p.ej. costes directos de fabricación como puede ser costes energéticos, de materiales, o laborales, etc.), pero otros pueden ser más difíciles de valorar (por ejemplo, costes de gestión residuos, o elementos de control de la polución). Asimismo, se debe valorar qué costes externos se prevé internalizar en el periodo de referencia del estudio.

Otro aspecto a considerar es que el estudio de LCC debe agregar los costes de actores diferentes en la cadena de valor del producto analizado, los cuales pueden tener categorías de costes relevantes diferentes.

En la Tabla 4 se muestra un ejemplo para una lavadora, indicando las diferentes categorías de costes y aspectos ambientales asumidos por diferentes actores. Se resalta en negrita aquellos que pueden ser significativos para el global del estudio.

Fase del ciclo de Vida	LCC (Categorías de coste)	LCA (Aspectos-ambientales)
Desarrollo	Coste I+D (OEM) Coste Diseño/ Ingeniería (OEM) Coste Validación (OEM) Coste Marketing (OEM)	Uso de energía y agua (OEM) Consumo de materiales (OEM) Emisiones (OEM)
Producción	Costes de manufactura (OEM) Costes logísticos (OEM) Inversión (OEM) Precio de venta (OEM/C)	Emisiones factoría (OEM) Uso de energía y agua (OEM) Consumo de recursos (metales, plásticos, etc.) (OEM) Emisiones logística (OEM)
Uso	Coste energía y agua (C) Costes de mantenimiento (C) Costes de reparación (C) Costes de consumibles (jabón, etc.) (C)	Uso de energía y agua (C) Uso de consumibles (C) Piezas de recambio (C)
Final de vida	Valor reventa o coste residuo (C) Coste/beneficio reciclado (R) Coste energía y agua (R)	Uso energía y agua (R) Emisiones Logística (R) Valorización materiales (R) Vertedero (R)

(OEM) Fabricante; (C) Consumidor; (R) Reciclador

Tabla 4 - Diferentes categorías de coste y aspectos ambientales para diferentes actores.

Cada uno de estas categorías de costes globales, se pueden subdividir en categorías de coste más detalladas (p.ej. el coste de manufactura se puede dividir en costes laborales, costes energéticos, costes indirectos, etc.).

Es por ello importante seleccionar aquellas categorías de costes que sean representativas para el estudio, considerando el objetivo y el alcance del mismo. En principio sería recomendable que fueran las mismas para toda la cadena de valor, siempre y cuando queden claramente definidas y todos los actores las interpreten de la misma manera (p. ej. costes laborales).

En casos excepcionales, si así lo requiere el objetivo y el alcance del estudio, se pueden definir diferentes categorías de costes para actores concretos, de cara a reflejar sus especificidades.

Si el estudio de LCC se realiza asociado a un estudio de LCA, se debe asegurar que los datos de costes están alineados con los datos ambientales, es decir, los límites del sistema son compatibles.

5.2.5. Obtención de Datos

Una vez identificados los diferentes elementos de costes, el siguiente paso es asignarle un valor a las diferentes categorías de costes.

Similar al LCA, existen dos fuentes básicas de información:

- 1) **Datos primarios.** Serían aquellos datos que el actor implicado puede obtener directamente del análisis de su sistema (ingeniería, contabilidad, compras, facturas, etc.).
- 2) **Datos secundarios.** Serían aquellos datos obtenidos de terceras fuentes, ya sea a través del análisis de mercado, estimaciones, bases de datos, etc.

En el caso de LCC, la Norma EN 60300-3-3:2004, se describen tres métodos básicos para estimar los parámetros de un elemento de coste:

- 1) **Método de coste de ingeniería.** Estimación directa de los atributos del coste de los elementos particulares de coste, examinando el producto componente a componente o pieza a pieza. A menudo se emplean factores de coste ya preestablecidos en ingeniería. Por ejemplo, se estimarían los costes laborales de fabricación de una pieza basándose en el tiempo de producción de la misma (horas-persona) y el coste laboral (€/persona-hora).
- 2) **Método de coste por analogía.** Se basa en la experiencia de productos o tecnologías similares. Se utilizan datos históricos, actualizados para reflejar el escalado de costes, avances tecnológicos, etc. Ésta técnica es sencilla y de menor dedicación de tiempo. Sin embargo, estos costes de referencia pueden variar con las condiciones del mercado, países analizados, cambio de moneda, etc. y por tanto pueden causar cierta incertidumbre en el resultado.
- 3) **Método de coste paramétrico.** Usa parámetros y variables para desarrollar relaciones para la estimación de costes, empleando ecuaciones que relacionan las mismas. Sin embargo, no siempre se dispone de dichas ecuaciones para los diferentes elementos de coste a analizar.

Cuando se realiza un LCC, pueden usarse uno o más de estos métodos según las necesidades del objetivo y alcance del estudio.

5.2.6. Calidad de datos

Similar al LCA, es conveniente definir y registrar la calidad de los datos de costes obtenidos con el fin de poder evaluar su representatividad y posible influencia en los resultados finales obtenidos (Fase de Interpretación de los resultados).

En esta fase de interpretación es recomendable realizar un estudio de sensibilidad que identifique la necesidad en su caso de mejorar la calidad de aquellos datos que afecten significativamente a los resultados obtenidos.

Existen diferentes aproximaciones para analizar la calidad de datos de LCA. En la Tabla 5 se presenta la matriz de calidad de datos propuesta por Ecoinvent 3¹³, la cual podría ser aplica-

¹³ ECOINVENT. *Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3*. Weidema B P, et.al (2013).

ble también para los datos obtenidos de LCC. Aproximaciones similares se pueden encontrar en el ILCD-Handbook, en su Anexo A.

En este caso, el índice 5 representarían los datos de menor calidad, mientras que el índice 1 sería el de calidad más elevada.

Indicador	1	2	3	4	5
Fiabilidad	Datos verificados basados en mediciones directas.	Datos verificados parcialmente basados en hipótesis o datos no verificados basados en mediciones directas.	Datos no verificados parcialmente basados en hipótesis calificadas.	Estimaciones calificadas (por ej. por experto industrial).	Estimaciones no calificadas y datos con origen desconocido.
Integridad	Datos representativos de todos los sitios relevantes para el mercado considerado, en un periodo adecuado para nivelar fluctuaciones normales.	Datos provenientes de > 50% de los sitios relevantes para el mercado considerado, en un periodo adecuado para nivelar fluctuaciones normales.	Datos representativos de solo algunos sitios (< 50%) relevantes para el mercado considerado o >50% de los sitios pero en periodos más cortos.	Datos representativos de solo un sitio relevante para el mercado considerado o algunos sitios pero en periodos más cortos.	Representatividad desconocida o datos de un número pequeño de sitios y en periodos más cortos.
Correlación temporal	Menos de 3 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos.	Menos de 6 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos.	Menos de 10 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos.	Menos de 15 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos.	Años de los datos desconocido o más de 15 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos.
Correlación geográfica	Datos del área bajo estudio.	Datos medios procedentes de un área mayor que abarca el área bajo estudio.	Datos procedentes de un área con similares condiciones de producción.	Datos procedentes de un área con condiciones de producción ligeramente similares.	Datos procedentes de un área desconocida o un área claramente diferente.
Correlación tecnológica	Datos procedentes de empresas, procesos y materiales bajo estudio.	Datos procedentes de procesos y materiales bajo estudio (idéntica tecnología) pero de diferentes empresas.	Datos procedentes de procesos y materiales bajo estudio pero diferente tecnología.	Datos relacionado con los procesos y materiales.	Datos relacionados con los procesos a escala de laboratorios o procedentes de diferente tecnología.

Tabla 5 - Matriz de calidad de datos (Ecoinvent 3).

5.2.7. Procedimientos de asignación

Como muestra la Figura 7, una unidad de proceso puede tener varios flujos de salida (co-productos), lo que hace necesario distribuir o asignar las entradas y salidas (tanto para LCA, como para LCC) a cada uno de ellos. Estos procedimientos de asignación deben documentarse y explicarse, y deben quedar claramente especificados.

De acuerdo a la Normas ISO-14040/44:2006, para el LCA se debería evitar dicha asignación en la medida de lo posible. Los métodos propuestos serían:

- 1) dividiendo el proceso unitario en dos o más subprocesos y recopilando datos de entrada y salida relacionados con estos subprocesos, o

- 2) ampliando el sistema del producto para incluir las funciones adicionales relacionadas con los co-productos.

En el caso de LCC, no se aplica el criterio de ampliación del sistema. Por ello, en el caso de realizarse estudios conjuntos de LCA y LCC, y se aplique el método propuesto de ampliación del sistema para LCA, se debe ser cuidadoso para evitar que la afectación a los límites del sistema del LCA haga que sea incompatible con los límites del sistema del LCC.

Por otra parte, es práctica habitual asignar los costes directos a cada producto, ya que es un aspecto básico para poder definir el precio de venta del producto o servicio en cuestión. Por ello la asignación en el caso de LCC se deberá realizar para aquellos costes indirectos que se consideren significativos. Un método habitualmente empleado para ello es el de ABC (*Activity-Based Costing*), pero su aplicación detallada puede requerir muchos esfuerzos. Por ello, antes de realizar esta asignación es preciso valorar la importancia de los costes indirectos y la necesidad, de acuerdo al objeto y alcance del estudio, de realizar esa asignación detallada.

En caso de ser necesarios, los criterios de asignación pueden ser diferentes para los estudios de LCA y LCC. Sin embargo, se debe considerar esta diferencia al realizar la interpretación conjunta de los resultados, ya que puede afectar de forma significativa a los mismos. Por ello, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos, considerando diferentes procedimientos de asignación posibles (p.ej. por masa, por costes, etc.).

En el caso de LCC, existen diferentes posibilidades de criterios de asignación, tal como se indican a continuación, dependiendo del nivel de detalle de la información de partida, del grado de conocimiento del co-producto/unidad de proceso involucrado y del objetivo y alcance del estudio (nivel de detalle).

- 1) **Procedimiento de asignación basado en causa-efecto**

Si dadas las características de un co-producto o unidad de proceso, se puede establecer una relación directa entre uso de un determinado flujo (masa, energía, etc.) y el valor final de los co-productos, se puede realizar la asignación de costes empleando ese flujo como referencia (p.ej. contenido en metales preciosos).

- 2) **Procedimiento de asignación basado en relaciones físicas/químicas**

En este caso los costes se distribuirían teniendo en cuenta aspectos físicos ó químicos (p.ej. masa, contenido energético, flujos molares) entre los diferentes co-productos.

- 3) **Procedimiento de asignación por precio (o valor) del co-producto:** En este caso se asignarían los costes/beneficios generales (p.ej. costes energéticos, laborales, etc.) del proceso en función del valor relativo de cada co-producto, asignando mayor porcentaje a aquel co-producto con mayor precio (actual o futuro de venta).

- 4) **Procedimiento de asignación por características generales de la unidad de proceso**

En un proceso productivo habitualmente lo que se conoce es el tiempo de fabricación de cada producto, con lo que los costes generales de la unidad de proceso puede asignarse a cada co-producto empleando este criterio (horas de fabricación necesarias).

- 5) **Procedimiento de asignación por características específicas de la unidad de proceso**

En este caso se asignarían los costes/beneficios considerando las características y necesidades propias del proceso para fabricar un co-producto determinado, por ejemplo, consumo eléctrico de la maquinaria empleada para ese co-producto y horas

de fabricación necesarias, horas de personal necesarias para su fabricación, etc. En este caso se requiere mucha información del proceso involucrado y la generación de dicha información puede ser costosa.

Se recomienda que dichos criterios de asignación sean idénticos para cada categoría de coste identificada (p.ej. coste laboral o coste energético), pero puede darse el caso que se requieran criterios de asignación propios en función de la categoría de coste analizada.

En cualquier caso, la suma de las entradas y salidas una vez aplicado el procedimiento de asignación a un proceso unitario debe ser igual a las entradas y salidas del proceso antes de dicha asignación.

En el caso de que puedan ser aplicables varios procedimientos de asignación alternativos, es recomendable realizar un análisis de sensibilidad para mostrar las consecuencias de dicha selección.

6 Evaluación del impacto del Ciclo de Vida

6.1. Introducción

La fase de evaluación de impacto de un LCA tiene como finalidad determinar el grado de relevancia de los impactos ambientales potenciales considerados, basándose en los resultados obtenidos en la fase de previa de inventario. Básicamente este proceso consiste en la asociación de los datos de inventario con las categorías de impacto ambientales seleccionadas y con los indicadores de esas categorías.

La Figura 8 muestra los pasos propuestos en la normativa para la realización de esa evaluación de impacto. Identifica una serie de elementos obligatorios (Clasificación y Caracterización) y otras optativas (Normalización y Ponderación), ya que estas últimas pueden presentar mayor subjetividad.

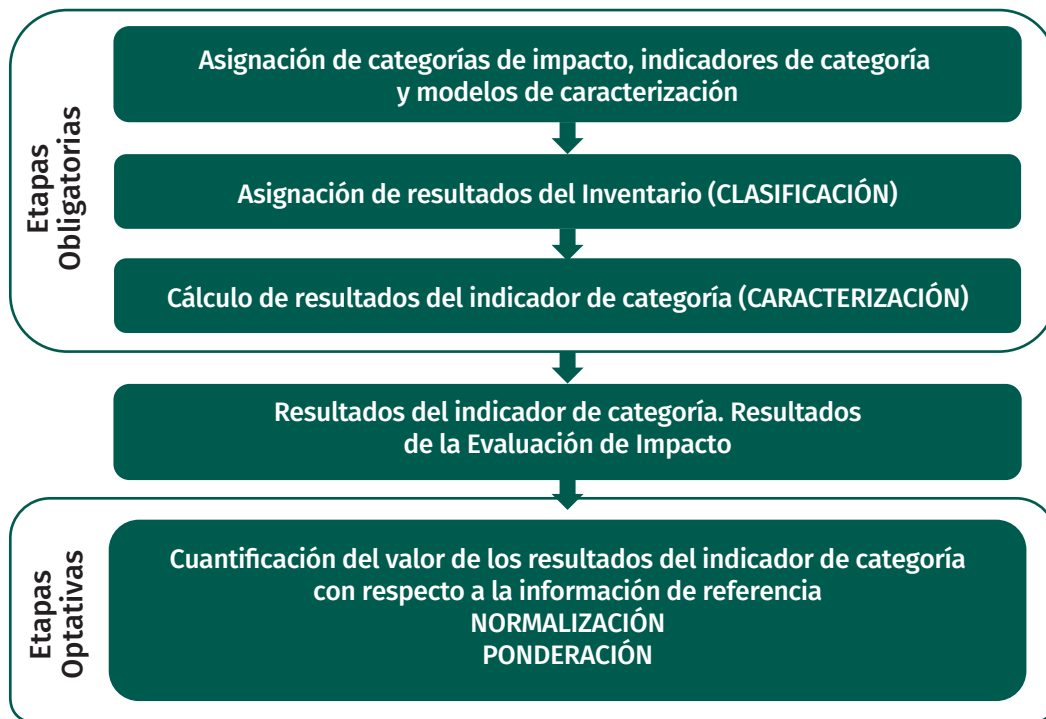


Figura 8 - Elementos de la Fase de Evaluación del Impacto en LCA.

En el caso del LCC, al analizarse un único indicador de Impacto (coste/beneficio), en realidad no existen estas etapas de Clasificación, Caracterización, Normalización y Ponderación, consistiendo esta Fase únicamente en la agregación de los costes por categorías de costes, resultado de la fase de Inventario.

6.2. Aplicación práctica

En el caso del LCC, la agregación de costes se realiza empleando el concepto de valor actual neto (VAN). La idea es pasar a valor presente los posibles costes futuros considerando una tasa de descuento y en su caso, una tasa de aumento para ciertos flujos que se prevea que incrementarán su precio en el futuro.

Básicamente lo que se pretende es estimar el valor actual de los costes futuros. Así por ejemplo, de la misma forma que para invertir en el momento presente 1.000€ exigimos una cantidad de dinero mayor en el futuro, determinada por el tipo de interés (menos la inflación) pactado para la inversión; un coste de 1000€ en el futuro tendrá en el presente un valor inferior. Este valor actual inferior se obtiene a partir de la tasa de descuento.

Dado que el LCC puede ser realizado por diferentes actores, la tasa de descuento depende de las expectativas individuales. En general, el interés esperado para una inversión realizada por una entidad privada será superior al interés esperado por una inversión realizada por una entidad pública.

Así, se puede calcular el valor actual de futuros costes empleando la siguiente fórmula:

$$\sum_{t=0}^n \frac{St}{(1+k)^t}$$

siendo:

- n vida útil del equipo considerada en el análisis
- t año en que se evalúa el coste (con relación al año seleccionado como referencia)
- k tasa de descuento seleccionada
- St es el coste neto esperado en el año t

Puede suceder que se prevea que St sea superior al actual, por ejemplo para flujos en que se prevea un incremento de los costes con los años, como consumo de energía, etc. En estos casos se aplicará una tasa neta de aumento (generalmente lineal) que se considere adecuada (incremento esperado + inflación), tras lo cual la ecuación anterior quedaría:

$$\sum_{t=0}^n \left[St \frac{(1+e)^t}{(1+k)^t} \right]$$

siendo:

- n vida útil del equipo considerada en el análisis
- t año en que se evalúa el coste (con relación al año seleccionado como referencia)
- k tasa de descuento seleccionada
- e tasa de aumento seleccionada
- St es el coste neto esperado en el año t

Por tanto, se deben fijar esas tasas de descuento, y en su caso de aumento, para poder evaluar el valor actual neto de cada categoría de coste y poderlas agregar en esta fase de agregación de costes de ciclo de vida.

Así por ejemplo, en el caso de la evaluación de LCC asociada a la metodología MEErP, se proponen las siguientes tasas:

- tasa de descuento media neta: 4% (intereses - inflación),
- tasa de aumento del precio de la electricidad del 5% por año,
- tasa de aumento del precio del agua del 2,5% por año.

6.3. Presentación de los resultados

En el caso de LCC, se propone presentar los resultados de la evaluación de costes aprovechando la matriz tridimensional de elementos de costes presentada en el punto 5.2.1. Para facilitar la representación y el análisis se propone representar las dimensiones de 2 en dos, es decir, representar:

- Categorías de costes por fase del ciclo de vida.
- Categorías de costes por elemento de producto.

A continuación se presentan dos ejemplos extraídos de la publicación de IHOBE sobre LCC, referente a un estudio de GAMESA realizado para un puesto de recarga de vehículo eléctrico (Figuras 9a y 9b).

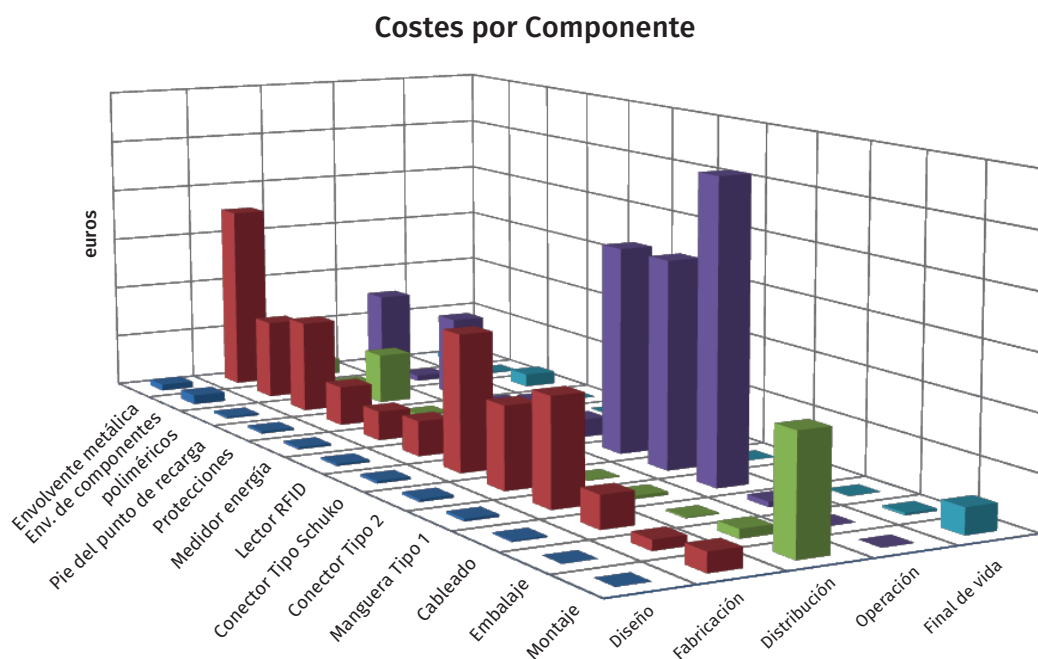


Figura 9a - Ejemplos de representación resultados LCC Puesto de Recarga (GAMESA).

Costes por Categoría

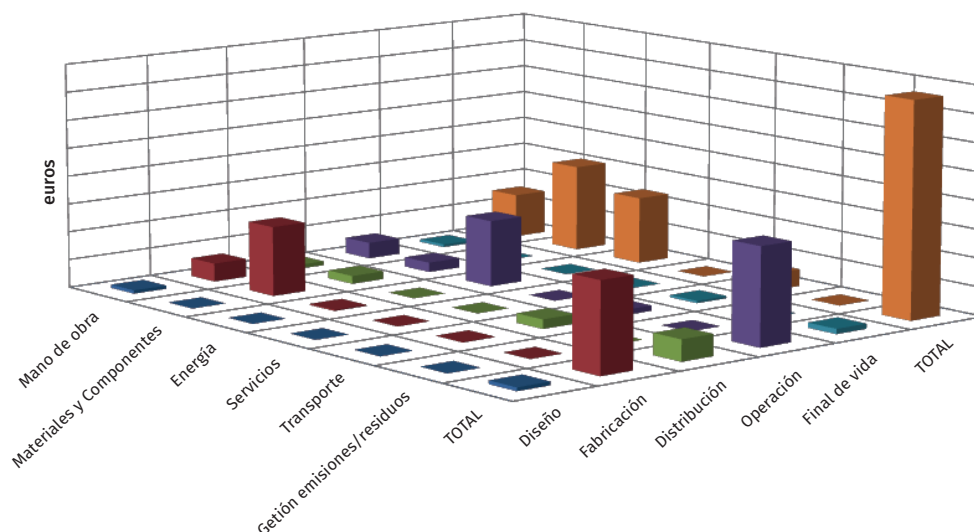


Figura 9b - Ejemplos de representación resultados LCC Puesto de Recarga (GAMESA).

También, en función del objetivo y alcance de los estudios de LCA y LCC, sería recomendable una representación conjunta de los resultados globales (por fases de ciclo de vida), de los impactos ambientales más relevantes vs. costes de ciclo de vida.

Costes por Categorías

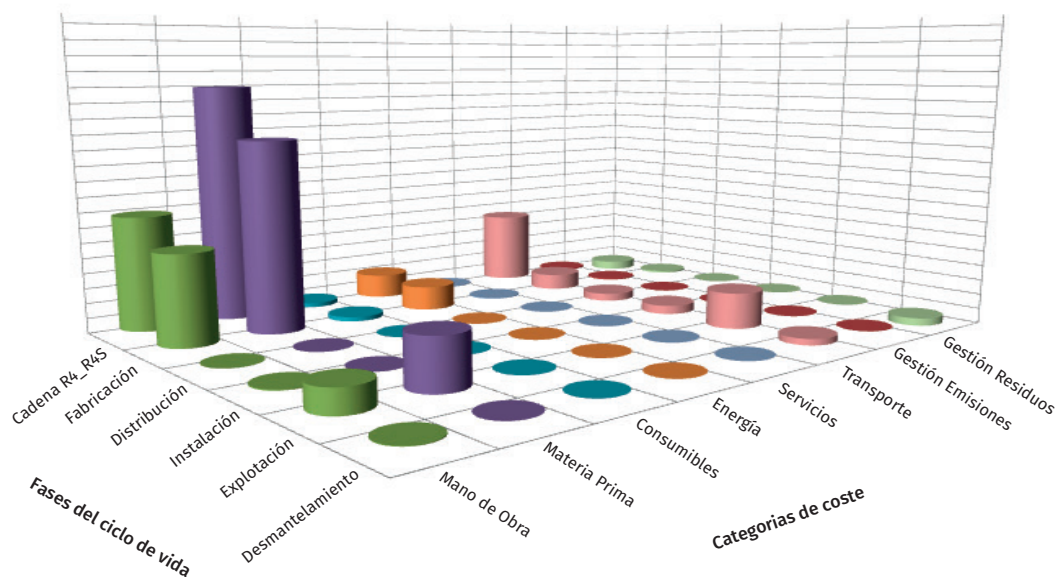


Figura 9c - Ejemplos de representación resultados LCC. Cadena para fondeo (VICINAY SESTAO).

En la Figura 9c se presenta otro ejemplo de representación de categorías de coste para cada fase de ciclo de vida. En este caso se trata de los resultados obtenidos de un estudio conjunto de LCA y LCC realizado por Vicinay Sestao para diversos grados de cadena empleados para el fondeo de ingenios flotantes offshore. En concreto se presentan los resultados obtenidos para una cadena grado R4/R4S empleada para el fondeo de una plataforma flotante para un aerogenerador *off-shore*, donde se han analizado los costes durante las diferentes fases del ciclo de vida (fabricación, distribución, instalación, explotación y final de vida) en un caso de aplicación real.

7 Interpretación

7.1. Introducción

En la fase de Interpretación de estudios de LCA se debe considerar el marco de trabajo indicado en la Figura 10, el cual muestra los elementos a considerar y la relación con otras fases del LCA, de acuerdo al ILCD handbook, y basado en la norma ISO-14044:2006.

Este marco de referencia puede ser considerado también como referente para los resultados del estudio de LCC, salvo por la entrada de la Evaluación del Impacto que sería la fase de "Agregación de Costes por categorías".

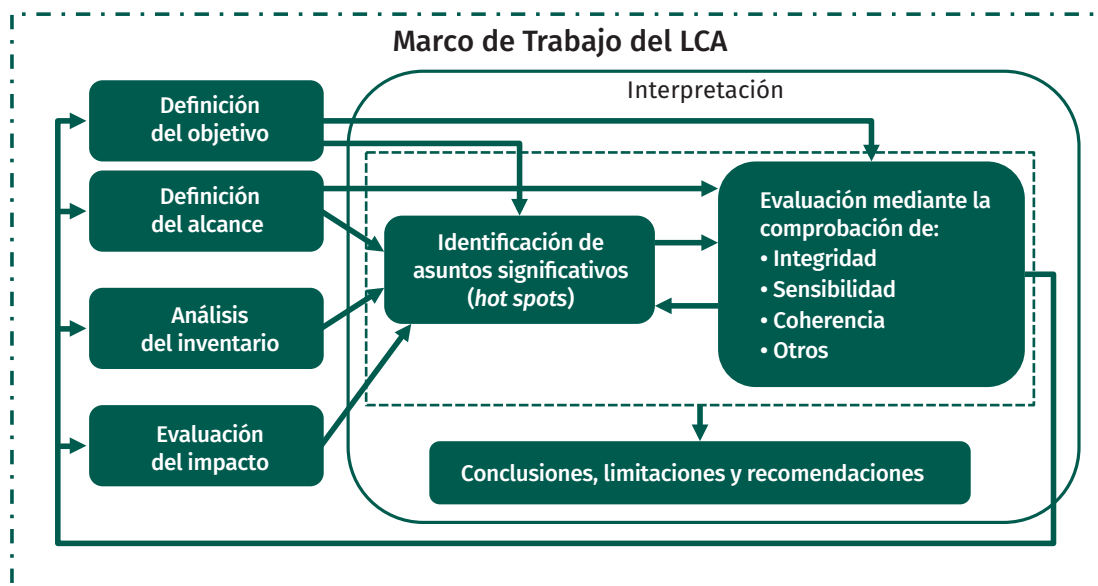


Figura 10 - Elementos de la Fase de Evaluación del Impacto en LCA.

Los resultados de las fases de Inventario y Evaluación de Impacto (Agregación de costes en el caso de LCC) se deben considerar y analizar teniendo en cuenta el objetivo y alcance definido para el estudio. Esta interpretación debería abarcar un estudio de sensibilidad de las entradas, salidas y métodos relevantes empleados para poder evaluar el grado de incertidumbre de los resultados (posibles limitaciones de los resultados obtenidos).

Asimismo debe incluir una identificación de los asuntos significativos (hot spots), de cara a poder realizar recomendaciones de mejoras.

Esta interpretación debe considerar los siguientes aspectos en relación al objetivo del estudio:

1. Idoneidad de las definiciones, de las funciones del sistema, la unidad funcional y los límites del sistema considerados en el estudio.
2. Las posibles limitaciones identificadas por la calidad de los datos y el análisis de sensibilidad recomendado previamente.

3. En el caso de LCC, este análisis de sensibilidad debe incluir especialmente la Tasa de descuento y de aumento (si procede) y los criterios de asignación de costes.

A continuación se indican una serie de recomendaciones prácticas para la fase de interpretación.

7.2. Identificación de los asuntos significativos

En esta etapa se estructuran los resultados obtenidos en las fases previas de Inventario y Evaluación de impacto (o costes en el caso de LCC), de cara a identificar qué asuntos son los más significativos. Ejemplos de estos asuntos podrían ser los indicados en la Tabla 6, tanto para LCA como para LCC:

LCA	LCC
Datos de inventario de cargas ambientales como energía, emisiones, vertidos, residuos, etc.	Datos de inventario de categorías de coste como energía, mano de obra, inversiones, vertidos.
Categorías de impacto tales como uso de recursos, cambio climático, etc.	Datos de inventario de categorías de descomposición del producto (p.ej. motor, etc.).
Contribuciones significativas de las etapas de ciclo de vida a los resultados globales, considerando los diferentes procesos unitarios (o grupos de ellos, por ejemplo "Transporte").	Contribuciones significativas de las etapas de ciclo de vida, considerando los diferentes procesos unitarios (o grupos de ellos, por ejemplo "Transporte").

Tabla 6 - Asuntos significativos para LCA y LCC en la fase de interpretación.

En el caso concreto del LCC, otro aspecto que puede ser significativo, siempre que el alcance del estudio lo incluya, serían los **costes asociados a la confiabilidad** del producto (es decir su disponibilidad). Este concepto no sólo cubre los costes asociados al mantenimiento correctivo y preventivo del producto durante su vida útil, sino que considera también los costes de las consecuencias de su no disponibilidad (por ejemplo falta de producción, etc.). Tal como describe la norma UNE-EN-60300-3, para dicha evaluación es preciso considerar tasas de fallos del producto, etc.

En función del tipo de producto analizado, por ejemplo productos del sector energético (p.ej. aerogeneradores "off-shore" o estaciones transformadoras), del sector del transporte (p.ej. ferrocarriles) o del sector de construcción o infraestructuras (p.ej. carreteras), este coste puede ser muy significativo. En el apartado 10 de esta guía se indican referencias bibliográficas de estudios realizados en estos sectores.

Es importante prestar especial atención a aquellos procesos unitarios que presenten una mayor influencia por parte de la entidad promotora del estudio, por ejemplo procesos propios en los que se puedan controlar los cambios y mejoras a aplicar, etc.

Habitualmente, los resultados se presentan en forma de porcentaje de contribución sobre el total, permitiendo definir clasificaciones y priorizaciones, por ejemplo, cuando se supere un determinado %.

7.3. Interpretación conjunta de los resultados de LCA y LCC

La interpretación conjunta de los resultados del LCA y LCC, si se han cumplido los requerimientos indicados anteriormente (p.ej. misma unidad funcional, límites del sistema equivalentes, etc.), permitirá evaluar la eco-eficiencia del producto/servicio analizado, permitiendo realizar comparativas entre diferentes productos.

Se presentan a continuación varias aproximaciones que pueden ser empleadas para esta interpretación conjunta.

7.3.1. Método de Análisis de Ecoeficiencia de BASF

Este método fue desarrollado inicialmente por BASF en 1996. Para la evaluación ambiental sigue las normas ISO 14040:2006 y 14044:2006, mientras que para los costes de ciclo de vida y la agregación general para la ecoeficiencia se basa en la norma ISO 14045:2012: Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices.

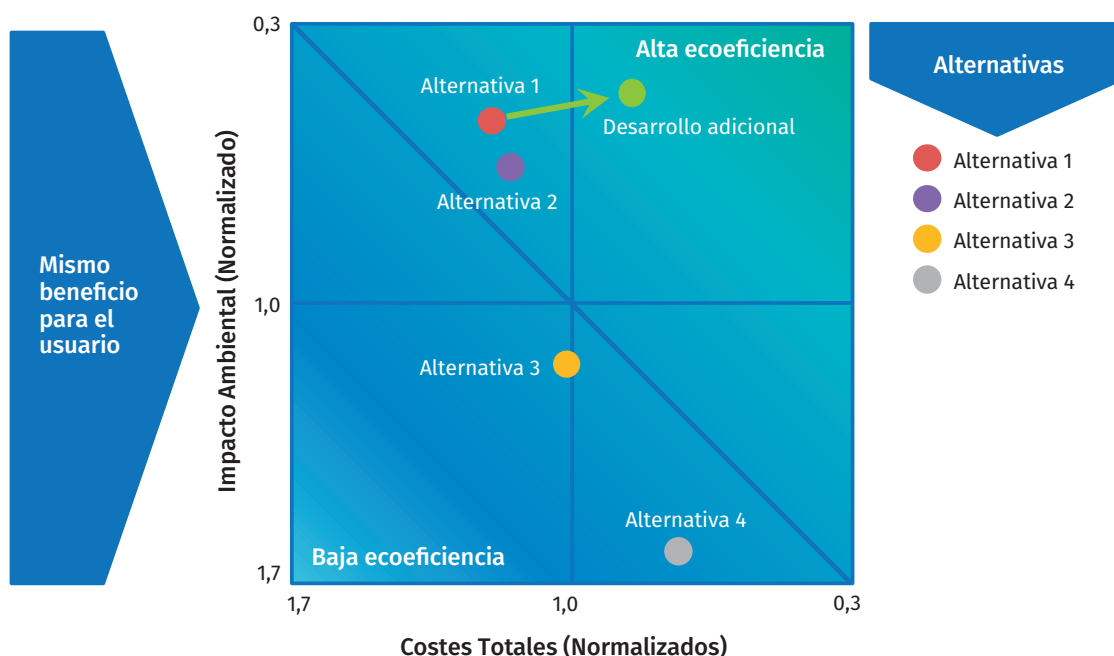


Figura 11 - Representación eco-eficiencia de diferentes alternativas.

Se presenta un ejemplo basado en el Análisis de Ecoeficiencia de BASF¹⁴ (Figura 11), el cual representa en una gráfica normalizada, las diferentes alternativas de diseño.

Cuanto menor sea el coste y menor el impacto ambiental (esquina superior derecha), mayor será la ecoeficiencia de la alternativa propuesta. Por tanto, los nuevos desarrollos deben buscar estar próximos ese óptimo.

En el eje de impacto ambiental puede representarse un indicador de Impacto (p.ej. Calentamiento Global) o un indicador de impacto agregado (p.ej. ReCiPe¹⁵).

7.3.2. Método del Menor Coste de Ciclo de Vida (metodología MEERP)

Este método se propone en la Metodología MEERP 2011 (*Methodology for Ecodesign of Energy-related Products*), empleada en los Estudios preparatorios asociados a la Directiva Europea de Ecodiseño (Directiva 2009/125/CE, transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 187/2011).

La metodología se basa en una evaluación ambiental y de costes a lo largo del ciclo de vida de un producto de cara a identificar aquellas tecnologías que permitan una mayor reducción del impacto ambiental a un menor coste para el consumidor.

La Figura 12 muestra como se representarían los resultados obtenidos para diferentes opciones de diseño que emplean diferentes tecnologías.

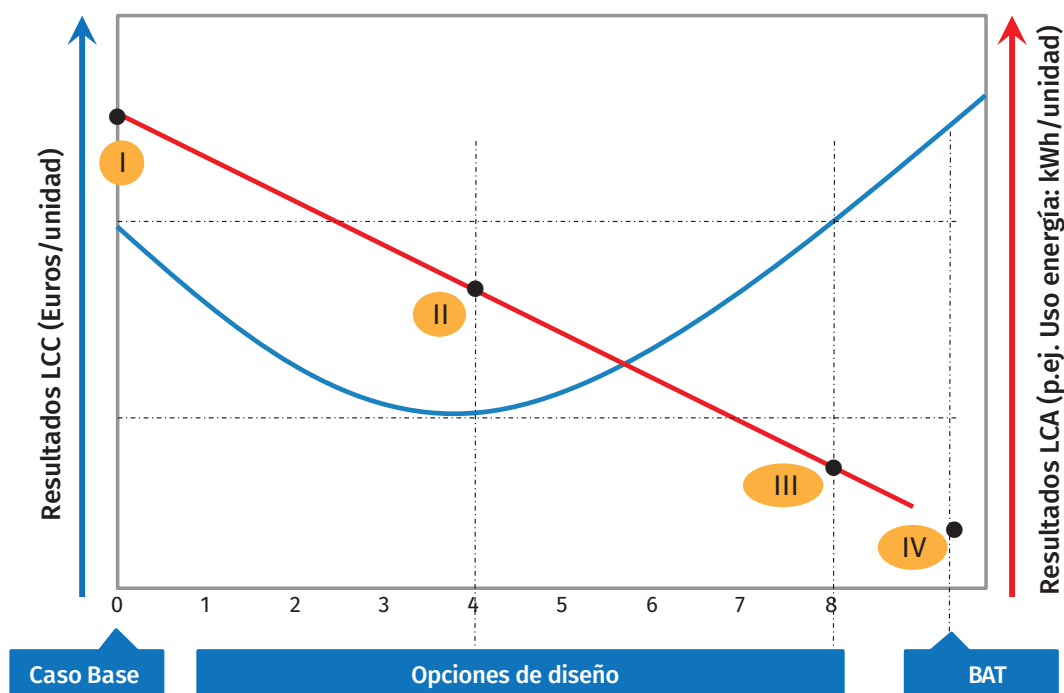


Figura 12 - Representación resultados Metodología MEERP para varias alternativas.

¹⁴ <https://www.basf.com/za/en/company/sustainability/management-and-instruments/quantifying-sustainability/eco-efficiency-analysis.html>

¹⁵ <http://www.lcia-recipe.net/>

En el eje Y de la izquierda se representa el Coste de Ciclo de vida de cada alternativa de diseño y en el eje Y de la derecha el impacto ambiental que se quiere evaluar (en este caso consumo energético, pero podría ser otro o incluso un valor de impacto ambiental agregado tipo ReCiPe).

En el eje de las X se indican las diferentes opciones de diseño, ordenadas de acuerdo al periodo de retorno de la inversión (precio de compra del equipo en este caso).

Las alternativas se comparan con respecto a un caso base (colocado en el punto 0 del eje X).

En la figura se muestra un caso tipo de un producto con altos consumos asociados a su uso (por ejemplo energía), que sería el caso de productos relacionados con la energía.

La inclusión de tecnologías más eficientes hace reducir el coste de ciclo de vida del producto y también su impacto ambiental. Sin embargo, llega un punto donde los costes asociados a las nuevas tecnologías empiezan a no verse compensados por el ahorro obtenido durante el uso (punto II), haciendo disminuir el impacto ambiental, pero incrementando el coste de ciclo de vida.

Puede llegar un extremo, punto III de la opción 8, que el coste de ciclo de vida sea igual al caso base o incluso superior, a pesar de verse reducido considerablemente el impacto ambiental.

La opción BAT (*Best Available Technology*) representaría la tecnología más eficiente del mercado (punto IV), pero que sin embargo, tendría un coste global de ciclo de vida superior al caso base, debido al coste de implementación de dicha tecnología.

Por tanto, este tipo de interpretación conjunta LCA y LCC permite identificar la opción óptima de diseño (en nuestro caso la opción 4), considerando los costes de ciclo de vida y los beneficios ambientales obtenidos.

7.4. Evaluación

El objetivo de esta etapa es generar y fortalecer la confianza y la fiabilidad de los resultados del estudio, incluyendo los asuntos significativos identificados anteriormente.

Se recomienda que los resultados de la evaluación se muestren de forma clara y comprensible, tanto a quien encarga el estudio como otra parte interesada. Este aspecto es aún más relevante si se pretende realizar una revisión crítica del estudio por terceras personas.

La evaluación debe realizarse de acuerdo al objetivo y el alcance del estudio, y tener en cuenta el uso final previsto de los resultados del estudio.

A continuación se presentan brevemente las tres técnicas recomendadas en la ISO-14044:2006 para realizar dicha evaluación, si bien son también aplicables para estudios de LCC.

Estas técnicas se deberían completar con los resultados del análisis de incertidumbre (i.e. procedimiento para cuantificar la incertidumbre introducida en los resultados debido a efectos acumulativos de la imprecisión del modelo, hipótesis de cálculo, datos de entrada o variabilidad de los mismos) y el análisis de calidad de datos (ver apartado 5.2.6) realizado en la fase de Análisis de Inventario.

7.4.1. Análisis de integridad

El objetivo de la verificación del análisis de integridad es garantizar que la información y los datos necesarios para realizar la interpretación de los resultados están disponibles y son completos.

En el caso de detectarse que hay información pertinente que falta o está incompleta, se debe analizar la necesidad de obtener dicha información para cumplir con el objetivo y el alcance del estudio, y en caso necesario, recalcular los resultados considerando esa información adicional.

En caso de decidirse que dicha información, de acuerdo al objetivo y al alcance del estudio, es innecesaria, se debe registrar la correspondiente justificación.

7.4.2. Análisis de sensibilidad

El objetivo es analizar la confiabilidad de los resultados y conclusiones finales, evaluando como están condicionados por las incertidumbres de los datos, métodos de asignación o cálculo de los resultados.

Para ello se varían los valores de entrada y se comparan los resultados obtenidos en relación con el dato de entrada. De esta forma se identifican qué resultados se ven más influenciados por esta variación.

Una vez identificados los valores de entrada con mayor influencia en los resultados, se debe analizar la fiabilidad y calidad de dichos valores. En caso de que datos con baja calidad tengan una influencia significativa en los resultados, se debe intentar mejorar dichos datos, y si no es posible, reportar dicha limitación.

Métodos probabilísticos, como la simulación Monte-Carlo, etc. permiten realizar este análisis empleando variaciones probabilísticas en los datos de entrada, y obteniendo la distribución probabilística de los resultados.

A continuación se indican algunos aspectos a considerar en los estudios de sensibilidad, para los estudios de LCA y LCC (Tabla 7).

LCA	LCC
Métodos de asignación de cargas ambientales.	Métodos de asignación de costes.
Indicadores de impacto ambiental.	Tasas de descuento (o de aumento) consideradas para costes futuros.
Hipótesis de cálculo que sean relevantes para los resultados (asuntos significativos).	Hipótesis de cálculo que sean relevantes para los resultados (asuntos significativos).
Datos relevantes para los resultados (p.ej. mix eléctrico a considerar)	Datos relevantes para los resultados (p.ej. precio de compra de componentes relevantes o precio mano de obra). En caso de ser objeto del estudio, tasas de fallo empleadas para evaluar la no disponibilidad
Criterios de corte aplicados.	Criterios de corte aplicados.

Tabla 7 - Aspectos a considerar en el análisis de sensibilidad para LCA y LCC.

7.4.3. Análisis de coherencia

El objetivo de este análisis es determinar si las suposiciones, métodos y datos son coherentes con el objetivo y el alcance del estudio.

A continuación se indican una serie de preguntas que se habrían de tratar (Tabla 8):

LCA	LCC
¿Son las diferencias en la calidad de los datos coherentes con el objetivo y el alcance del estudio? (a través del ciclo de vida de un sistema del producto y entre sistemas del producto distintos).	
¿Se han aplicado de forma coherente las diferencias regionales y/o temporales?	
¿Se han aplicado de forma coherente las reglas de asignación y los límites del sistema a todos los sistemas del producto?	
¿Se han aplicado de forma coherente los elementos de la evaluación de impacto?	¿Se han aplicado de forma coherente los elementos de las categorías de coste?

Tabla 8 - Aspectos a considerar en el análisis de coherencia para LCA y LCC.

7.5. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

El objetivo de esta última etapa de la Interpretación es llegar a conclusiones, identificar limitaciones y realizar recomendaciones para el público objetivo previsto de los estudios de LCA y LCC.

7.5.1. Conclusiones

La obtención de las conclusiones se debería realizar de forma iterativa con las diferentes etapas de la fase de interpretación del ciclo de vida. La secuencia propuesta sería:

1. Identificar los asuntos significativos (*hot spots*), tal como se indica en el punto 7.2.
2. Analizar la integridad, sensibilidad y coherencia de la metodología y de los resultados obtenidos, tal como se indica en el punto 7.4.
3. Identificar conclusiones preliminares y comprobar que son coherentes con los requisitos del objetivo y el alcance del estudio. En especial, se deben considerar:
 - a. calidad de datos,
 - b. hipótesis y suposiciones,
 - c. limitaciones de los métodos empleados,
 - d. aplicación de los resultados.
4. Si mediante los pasos previos se concluye que las conclusiones identificadas son coherentes con el objetivo y el alcance, se pueden considerar como finales. En caso contrario se deberían repetir las etapas anteriores.

7.5.2. Limitaciones

La identificación de los asuntos significativos y la evaluación de los resultados debe permitir identificar qué limitaciones pueden presentar los resultados de los estudios de LCA y LCC, en especial con los siguientes aspectos:

1. Limitaciones en la calidad de los datos (p.ej. representatividad, fiabilidad, etc.).
2. Limitaciones metodológicas (p.ej. procedimientos de asignación, criterios de corte, representatividad de la unidad funcional, límites del sistema, etc.).
3. Limitaciones de métodos evaluación de impacto (en el caso de LCA) y categorías de costes seleccionadas (en el caso de LCC).
4. Limitaciones en las predicciones de costes futuros (en el caso de LCC).
5. Limitaciones en la participación de las partes interesadas, etc. (en especial para estudios comparativos a ser publicados).

Estas limitaciones tienen que ir en línea con el objetivo y el alcance del estudio.

7.5.3. Recomendaciones

Las recomendaciones propuestas en el estudio deben fundamentarse en las conclusiones finales obtenidas.

Como en los casos anteriores, deben ir en línea con el objetivo y el alcance del estudio. Por ello estas recomendaciones deberían ser específicas para el público objetivo del estudio (p.ej. responsable toma de decisiones, consumidor, administración, etc.).

Esta secuencia de conclusiones, limitaciones y recomendaciones sería aplicable tanto para los estudios de LCA como de LCC. En algunos casos las conclusiones pueden ser similares, por ejemplo, relevancia del impacto ambiental de la energía durante la fase de uso y el coste de esa energía (para productos que utilizan energía). Por ello, en algunos casos, las recomendaciones pueden estar en línea, tanto para el estudio de LCA como el de LCC.

8 Ventajas y limitaciones de la aplicación conjunta del LCA y LCC

De cara analizar las ventajas y limitaciones de la aplicación conjunta de estudio de LCA y LCC, se ha realizado un pequeño análisis DAFO, que se presenta a continuación (Figura 13).

Este análisis pretende reflejar esas debilidades y fortalezas de la posible aplicación conjunta, teniendo en cuenta posibles influencias tanto internas y como externas.



Figura 13 - Análisis DAFO de la aplicación conjunta LCA y LCC.

Como **Debilidades** se han identificado principalmente:

- La falta de formación del personal involucrado en estos campos (LCA y LCC).
- La mayor disparidad de datos a recopilar (ambientales, económicos, etc.), tanto interna como externamente, lo que implicará un mayor número de partes involucradas.
- Existencia de cuestiones metodológicas a considerar, que pueden repercutir en los resultados y en su interpretación (p.ej. aspectos temporales diferentes en el LCA y LCC, internalización de externalidades y el riesgo de doble contabilidad, etc.).

Como **Amenazas** se han identificado principalmente:

- La no existencia de un desarrollo metodológico para la aplicación de estudios conjuntos de LCA y LCC, suficientemente consensuado y de uso extendido.
- La dificultad de obtener datos económicos directos de las partes involucradas en el sistema del producto (mayor reticencia incluso que para aportar datos ambientales).

- Posible disparidad entre los resultados ambientales y económicos obtenidos (asuntos significativos diferentes para ambas aproximaciones o contrapuestos), lo que implicaría una mayor dificultad a la hora de definir futuras estrategias para el producto analizado,

Como **Fortalezas** se han identificado principalmente:

- Un mayor conocimiento de los aspectos ambientales y económicos del producto en todo su ciclo de vida, lo que puede permitir la identificación de puntos de mejora considerando ambas perspectivas.
- Las posibles sinergias a la hora de recoger los datos, si se realizan los estudios de forma conjunta, para algunos tipos de flujos (p.ej. consumo energético, etc.).
- Aproximación metodológica común, para los estudios de LCA y LCC, basada en las normas ISO-14040/44:2006, lo que permite abordar aspectos comunes, como por ejemplo unidad funcional, límites del sistema, calidad de datos, etc.

Como **Oportunidades** se han identificado principalmente:

- El fomento de productos de productos/servicios más eco-eficientes, al permitir mejorar los aspectos ambientales y económicos del producto, en todo su ciclo de vida, de forma conjunta.
- Disponibilidad de información más detallada de aspectos ambientales y económicos del producto en todo su ciclo de vida, lo que permitiría comunicar mejor a las diferentes partes interesadas sobre estos aspectos.
- El hecho de comunicar los resultados obtenidos, y de aplicar las recomendaciones identificadas, puede permitir la diferenciación y el reconocimiento en el mercado de los productos/servicios y de la marca.

9 Herramientas de cálculo de LCC/LCA conjunto

Algunos software, inicialmente enfocados a LCA, incluyen funcionalidades para cubrir los estudios de LCC. A continuación se citan algunos ejemplos:

9.1. BEES

Este software, denominado BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) (<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>), ha sido desarrollado por NIST (*National Institute of Standards and Technology*) de Estados Unidos.

Esta herramienta on-line dirigida a los diseñadores, constructores y fabricantes de productos incluye información ambiental y de coste de 230 productos del sector de la edificación.

La herramienta mide el perfil ambiental de los productos empleando el enfoque de LCA especificado en la serie de normas ISO-14040. Se analizan todas las fases del ciclo de vida del producto: obtención materias primas, fabricación, transporte, instalación, uso y reciclado y gestión de residuos.

El perfil económico se mide empleando la norma ASTM E917 - 05(2010)¹⁶, la cual cubre los costes iniciales de inversión, reposición, operación, mantenimiento y operación y deposición final.

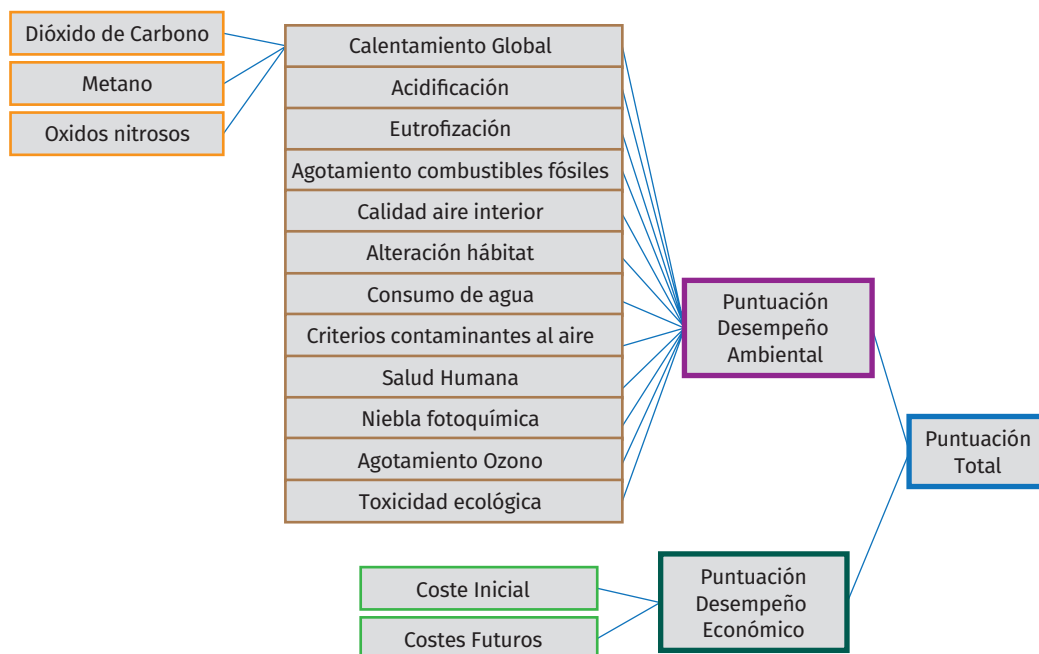


Figura 14 - Modelo empleado por el software BEES¹⁷.

¹⁶ Standard Practice for Measuring Life Cycle Costs of Buildings and Building Systems (www.astm.org).

¹⁷ <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>

Adicionalmente, se puede obtener un índice global, basado en la importancia relativa que el usuario asigna a cada criterio (del 0% al 100%). La Figura 14 muestra este proceso de ponderación y los aspectos considerados.

9.2. GaBi software

El software de LCA GaBi (<http://www.gabi-software.com/>) permite analizar los factores de coste asociados a un proceso o flujo a través del ciclo de vida.

Para ello, al caracterizar un determinado proceso o flujo, además de la información ambiental ya incluida en su base de datos para realizar estudios de LCA, permite al usuario añadir factores de coste (como coste de la materia prima/energía, costes laborales, costes de transporte, indirectos, etc.) por unidad de proceso o flujo.

El programa permite después mostrar esos costes durante el ciclo de vida.

Sin embargo, aspectos como la tasa de descuento de los mismos, etc. no están tan detalladamente cubiertos como en herramientas de LCC específicas¹⁸.

9.3. SimaPro

Similar al caso anterior, en (<http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>) es posible incluir factores de coste en el software SimaPro. Para ello, se debe crear un nuevo método de evaluación, y luego ser completado con información sobre las categorías de daño, subcategorías y los flujos o "sustancias" que representan los impactos económicos. Por último, estos impactos económicos deben ser asignados a los procesos en que se producen.

Con esta información, se pueden calcular los costes del ciclo de vida de un producto, y el resultado ser analizado con las funciones numéricas y gráficas que permite SimaPro¹⁹.

Ciertos aspectos mencionados en el LCC como son fluctuaciones de costes, tasa de descuento, etc. son más difíciles de cubrir y en algún caso (por ejemplo, factores de agregación) se deben parametrizar externamente e incluir posteriormente en el software.

9.4. Open LCA

También en este caso el software libre Open LCA (www.openlca.org) permite incluir factores de coste. Para ello, es preciso primero crear flujos de coste (flujos elementales), posteriormente asignar esos flujos de costes a procesos (al ser tratados como emisiones) y finalmente calcular el inventario (en este caso de costes).

Para comparar procesos es preciso añadir un nuevo método de evaluación de impacto (LCC). La tasa de descuento o inflación se puede incluir como un factor de Normalización.

Para más detalle se puede consultar el enlace: http://openlca.org/documentation/index.php/Life_Cycle_Costing_with_openLCA

¹⁸ Para más detalle sobre herramientas de cálculo de LCC puede consultarse la publicación de IHOBE: *El Análisis de Costes Aplicado al Diseño Sostenible de Productos*.

¹⁹ Ciroth A. y Franze J. (2009).

9.5. Metodología MEErP

Esta metodología MEErP (<http://www.meerp.eu>), propuesta por VHK para la Comisión Europea, dispone de unas hojas de cálculo que permite realizar el análisis ambiental y económico del producto de forma simplificada y conjunta. Los datos económicos de entrada de la hoja de cálculo se muestran en la Figura 15.

La metodología identifica los costes de adquisición, instalación, reparación/mantenimiento y uso (consumos energéticos, agua y otros consumibles), ajustándolos mediante el factor de valor presente (PWF), basado en los factores de descuento (interés – inflación) y de incremento (aumento costes de la energía).

Inputs for EU-Totals & LCC

INPUTS FOR EU-Totals & economic Life Cycle Costs			unit
nr	Description		
A	Product Life	0	years
B	Annual sales	0	mln. Units/year
C	EU Stock	0	mln. Units
D	Product price		Euro/unit
E	Installation/acquisition costs (if any)		Euro/ unit
F	Fuel rate (gas, oil, wood)		Euro/GJ
G	Electricity rate		Euro/kWh
H	Water rate		Euro/m ³
I	Aux. 1: None		Euro/kg
J	Aux. 2 :None		Euro/kg
K	Aux. 3: None		Euro/kg
L	Repair & maintenance costs		Euro/ unit
M	Discount rate (interest minus inflation)	4%	%
N	Escalation rate (project annual growth of running costs)	4%	%
O	Present Worth Factor (PWF) (calculated automatically)	0,00	(years)
P	Ratio efficiency STOCK: efficiency NEW, in Use Phase	1,00	

Figura 15 - Datos de entrada económicos metodología MEErP²⁰.

²⁰ EcoReport 2011 Final.xls.

10 Fuentes de información

A continuación se indican diferentes fuentes de información tanto para LCA como para LCC. Asimismo se indican fuentes de información para aquellos sectores en los que el uso del LCC está más extendido, fundamentalmente al tratarse de sectores con productos de larga vida útil y con altos costes tanto de fabricación, como de operación y mantenimiento.

10.1. Análisis de Ciclo de Vida

A continuación se indican una serie de fuentes de información para la realización de análisis de ciclo de vida, así como metodologías simplificadas de análisis.

- Comisión Europea y Joint Research Center: *ILCD Handbook*, el cual incluye una serie de documentos guía (http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=86).
- UNE-EN ISO 14040:2006.- *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.
- UNE-EN ISO 14044:2006.- *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices*.
- *Análisis de Ciclo de vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco (<http://www.ihobe.eus>).
- ECO-IT.- *Herramienta software simplificada de Análisis de ciclo de Vida (LCA) y Huella de Carbono (HC) para producto*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco (<http://www.ihobe.eus>).
- MEErP.- “*Final Report. Methodology for Ecodesign of Energy-related Products. MEErP 2011. Methodology Report Part 1: Methods*”. COWI Belgium sprl –in association with– Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK). Prepared for the European Commission, DG Enterprise and Industry. November 2011.

10.2. Análisis de Costes de Ciclo de Vida

A continuación se indican una serie de fuentes de información para la realización de análisis de costes de ciclo de vida, así como metodologías simplificadas de análisis.

- SETAC.- Hunkeler D., Lichtenvort K., Rebitzer G. (Editors) , Ciroth A., Hupples G., Klöpffer W., Rüdenauer I., Steen B y Swarr T. (Lead Authors). “*Environmental Life Cycle Costing*”. SETAC. 2008 (<http://www.setac.org>).
- SETAC.- Swarr T.E., Hunkeler D., Klöpffer W., Pesonen H-L., Ciroth A., Brent A.C. y Pagan R. “*Environmental Life Cycle Costing: A code of Practice*”. SETAC. 2011 (<http://www.setac.org>).
- *El análisis de costes aplicado al diseño sostenible de productos*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco (<http://www.ihobe.eus>).
- *Herramienta de evaluación de los costes de ciclo de vida y las emisiones de CO₂*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco (<http://www.ihobe.eus>).
- Hupples G., van Rooijen M., Kleijn R., Heijungs R., de Koning A. y van Oers L. “*Life Cycle Costing and the Environment*”. CML, April 2004.
- UNE-EN 60300-3-3:2009.- *Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida* (<http://www.aenor.es/>).

- UNEP-SETAC.- *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment* ISBN: 978-92-807-3175-0. 2001. (http://www.unep.org/publications/contents/pub_details_search.asp?ID=6236).
- MEERp.- "*Final Report. Methodology for Ecodesign of Energy-related Products. MEERp 2011. Methodology Report Part 1: Methods*". COWI Belgium sprl -in association with- Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK). Prepared for the European Commission, DG Enterprise and Industry. November 2011.
- SMART SPP Project (www.smart-spp.eu). "*Guía del usuario de la herramienta CCV-CO₂. Guía visual para utilizar la herramienta de evaluación de los costes de ciclo de vida y CO₂ (Herramienta CCV-CO₂)*". 2011.

10.3. Sector construcción e infraestructuras

El análisis del coste del ciclo de vida en el sector de la edificación tiene su origen en los años setenta, relacionado con las políticas institucionales de los gobiernos británicos y norteamericano hacia el ahorro de energía en los edificios públicos. El Departamento de Industria británico publicó en 1977 una guía práctica sobre la aplicación del coste del ciclo de vida en la gestión de su patrimonio inmobiliario. El *National Bureau of Standards* estadounidense publicó un año después una guía para la selección de proyectos de ahorro energético en edificios públicos. Desde entonces, otros países como Canadá, Australia o Nueva Zelanda han introducido criterios de LCC en los procesos de licitación, adjudicación, construcción y gestión de edificios de sus administraciones.

A continuación se indican algunas referencias a guías de aplicación y herramientas en el sector:

- Davis Langdon para la Comisión Europea. "*Life-cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: towards a common methodology*". May 2007. (http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/support-tools-studies/index_en.htm).
- ISO 15686-5:2008. *Buildings and constructed assets –Service-life planning– Part 5: Life-cycle costing*.
- Building Cost Information Service. *Standardized Method of Life Cycle Costing for Construction Procurement. A supplement to ISO 15686-5:2008 Buildings and constructed assets –Service life planning– Part 5: Life cycle costing*.
- UNE-EN 15643-4:2012. *Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico*.
- Building Life-Cycle Cost Program (*Programa de Coste de Ciclo de Vida en Edificación*). (<http://energy.gov/eere/femp/building-life-cycle-cost-programs>). ENERGY.GOV. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (USA). Incluye software de cálculo y guía de aplicación.
 - NIST Handbook 135. *–Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program.–* 1995 Edition. Fuller S.K. & Petersen S.R. US Department of Energy.
- ASTM E917 - 05(2010) *Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems*.
- Proyecto Europeo CILECCTA, con el desarrollo de una metodología y una herramienta para la evaluación conjunta de LCA y LCC en el sector de la construcción. <http://www.cileccta.eu/>

10.4. Sector ferroviario

El uso de LCC en la contratación en el sector ferroviario empezó con el tren suizo de alta velocidad X2000, contrato firmado por Adtranz y Swedish State Railways en 1986. Desde entonces se ha focalizado el análisis tanto en los vehículos como en las infraestructuras, siendo preciso destacar el trabajo de UNIFE (*Unión de las Industrias del Ferrocarril Europeas*: <http://www.unife.org/>) en el desarrollo de métodos estándares de LCC para el sector.

Se indican a continuación una serie de referencias de uso de LCC en el sector ferroviario:

- *Introducción al cálculo del LCC de vehículos ferroviarios*. David González de la Peña. Anales de mecánica y electricidad / noviembre-diciembre 2004.
- Proyecto MAINLINE (*MAINTenance, renewaL and Improvement of rail transport INfrastructure to reduce Economic and environmental impacts*).- <http://www.mainline-project.eu/>
- Proyecto INNOTRACK (<http://www.innotrack.net/>).- Desarrollo de una metodología de LCC para este sector. Existen varios documentos resaltando el siguiente:
 - Guideline for LCC and RAMS analysis. Deliverable D6.5.4.
- Proyecto ECORAILS.- *Energy efficiency and environmental Criteria in the awarding of Regional Rail Transport Vehicles and Services*. Issue 10.- LCC analysis. (http://www.ecorails.eu/ecorails_guide_english.pdf).
- Proyecto SMARTAIL. *Optimized Whole Life Management of Rail Infrastructure Elements* (<http://smartrail.fehr.org/>), con el desarrollo de herramientas de evaluación de LCC y LCA.
- Jun H.K. and Kim J.H..- *Life Cycle Cost Modeling for Railway Vehicle*. Proceeding of International Conference on electrical Machines and systems. Seoul, Korea, 2007.

10.5. Sector energético

El uso de LCC en el sector de la generación de energía trata de analizar los costes de ciclo de vida asociado a diferentes fuentes de generación (p.ej. eólica, térmica carbón, etc.) y compararlas entre sí. El factor coste es un factor relevante en este sector, considerando la larga vida útil de las instalaciones generadoras, su coste de instalación y operación, y su influencia en el coste global de la energía que paga el usuario final.

A continuación se indican una serie de referencias bibliográficas sobre el tema:

- *Power Generation Technology Comparison from a Life Cycle Perspective*. March 15, 2013. DOE/NETL-2012/1567. National Energy Technology Laboratory (www.netl.doe.gov). Department of Energy. US. Presenta una comparativa ambiental y de costes durante todo el ciclo de vida de diferentes fuentes de generación de energía.
- ExternE “*External Costs of Energy*”(<http://www.externe.info/>). Análisis de los costes externos de diferentes fuentes de generación de energía.
- *Life Cycle Inventory and Cost Analysis of Advanced Fossil Electricity Generation Technology: Coal & Liquefied Natural Gas Power Case Studies* Robert James, Tim Skone. Office of Systems, Analyses and Planning. National Energy Technology Laboratory (NETL), U.S. DOE. September 30, 2009. Presentación.
- *Life Cycle Cost of Electricity Generation from Biomass Gasifier*. Debabrata Lahiri and Gokul Acharjee. Rural Development Centre, Indian Institute of Technology. Journal of Energy and Power Engineering 7 (2013) 2060-2067.
- *Economic and Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems*. Dr. Kendrick T. Aung, Lamar University. Paper ID #6502. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. June 2013.

Anexo. Caso práctico de aplicación: frigorífico

En este anexo se describe un caso práctico de aplicación conjunta de LCA y LCC. Dicho caso tiene un objetivo meramente ilustrativo y no representa un caso real, ya que para su desarrollo se han empleado datos bibliográficos, principalmente del Estudio Preparatorio LOT 13 (Diciembre 2007) y se han realizado estimaciones y suposiciones para facilitar la recogida de datos.

Dicho caso pretende ilustrar como se desarrollaría un caso real y los resultados esperados, si bien se ha simplificado tanto la parte de análisis ambiental como de costes.

Objetivo y alcance

El producto seleccionado es un frigorífico-congelador, con las siguientes características generales:

- Volumen bruto: 294 l.
- Volumen neto: 277 l.
- Volumen compartimento comida fresca: 209 l.
- Volumen congelador: 67 l.
- Consumo energético: 324,4 kWh/año.
- Vida útil: 15 años.

El **alcance** de los estudios intenta cubrir todas las fases del ciclo de vida del producto, incluyendo: **Diseño, Fabricación, Distribución, Uso/mantenimiento y Final de Vida**.

El **sistema producto** es el frigorífico-congelador con dos compartimentos para la conservación en frío y en congelación de bebidas y alimentos a nivel doméstico.

El **objetivo** del estudio de LCA y LCC es meramente ilustrativo, como complemento de la presente guía. Por ello, los resultados presentados pueden no ser representativos de un caso real.

La **unidad funcional** será un electrodoméstico, es decir "un frigorífico-congelador de las características indicadas anteriormente".

Las **categorías de coste** consideradas han sido las siguientes:

- Mano de Obra.
- Materiales y Componentes.
- Energía.
- Servicios.
- Transporte.
- Gestión Emisiones/residuos.

El método de **evaluación de impacto** empleado es el propuesto por la Metodología MEEuP. Como **herramienta de cálculo de LCA** se emplea el software gratuito EuPeco-profiler²¹, el cual emplea los datos de la citada metodología.

²¹ Descargable desde la web del proyecto europeo LiMaS (<http://limas-eup.eu/>).

Los **cálculos de LCC** se han realizado empleando una hoja EXCEL personalizada para este caso.

Los **datos** se han obtenido de diferentes fuentes bibliográficas, principalmente:

- *Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs* (Tender TREN/D1/40-2005). LOT 13: Domestic Refrigerators & Freezers. ISIS para la Comisión Europea.
- Caso de Ecodiseño de Fagor Electrodomésticos. *GUIA DE ECODISEÑO Sector eléctrico y Electrónico* (Ihobe).
- Información en la web (páginas de recambios componentes, etc.).
- Estimaciones de ingeniería.

Por tanto, al tratarse de datos secundarios, la calidad de los mismos puede ser limitada y no deben considerarse fiel reflejo de la realidad. Sin embargo, son una buena estimación para el objetivo de los estudios que se han desarrollado de LCA y LCC.

Análisis de inventario

Desglose del producto en componentes

El primer paso común para ambos estudios ha sido descomponer el producto en componentes. A continuación se indican en la Tabla 9 los pesos de los mismos, materiales y la estimación de costes.

Para este caso ejemplo, se han considerado que los costes de los componentes son costes de compra/venta, no desglosándose el margen de beneficio de la empresa fabricante.

Se han estimado dichos costes a partir de información bibliográfica y aplicando ciertos descuentos a los precios de mercado de piezas de repuesto, al considerar que el precio para el fabricante sería menor al trabajar con mayores volúmenes.

Componentes y materiales	Peso (gr)	Coste (€)
Estructura		41,6
• Acero	14.760	
• Metales Férrico	15.265	
• Hierro	710	
Bandejas		7,8
• Vidrio	6.220	
Aislamiento		6.4
• PU	7.950	
Parte eléctrica/electrónica		72
• Circuitos Impresos	160	
• Cableado	275	
• Termostato	145	

Componentes y materiales	Peso (gr)	Coste (€)
Partes plásticas		32,9
• ABS	840	
• PP	1.550	
• PS	8.900	
Evaporador/condensador		96
• Cu	1.545	120
• Acero	6.300	
• Cu	788	
• Aluminio	150	
• PP	75	
Peso Total Producto	65.633	381
Embalaje		5
• Cartón	2.600	
• EPS	1.240	
• PE film	260	

Tabla 9 - Desglose de componentes del producto.

Análisis de la fase de diseño

La dedicación en horas considerados para la fase de diseño (personal de ingeniería) y de validación (personal de laboratorio) se muestran en la Tabla 10. Se han distribuido dichas horas para cada componente del producto, basado en la complejidad propia de cada uno de ellos.

Se ha estimado un **coste laboral medio** de 35 €/h.

Categorías coste	Mano de obra	
	personal diseño (Ingeniería) h/unid	personal laboratorio (Validación) h/unid
Estructura	960	100
Bandejas	160	40
Aislamiento	160	40
Eléctrico y electrónica	1.200	100
Plásticos	1.200	100
Evaporador, condensador	600	40
Motor/Compresor	800	100
Embalaje	320	40
Montaje		0

Tabla 10 - Distribución horas personal de diseño y laboratorio.

Asimismo, se ha considerado que serían necesarios 20 prototipos para realizar las pruebas de validación, con un coste unitario de 381 €/unidad.

Dichos costes se asignarán a cada unidad producida. Se debe estimar por tanto la producción durante los años de fabricación del producto:

- Producción Total de la planta de fabricación: 400.000 unidades/años.
- Producción Total anual del modelo analizado: 20.000 unidades/año.
- Número de años de producción: 3 años.
- Producción total del modelo analizado: 60.000 unidades.

Por tanto, los costes de diseño y laboratorio indicados anteriormente, serán divididos por el total de unidades producidas.

Análisis de la fase de manufactura

En la Tabla 11 se indican los consumos considerados para el proceso de manufactura y ensamblado del frigorífico:

	Consumo	Costes
Electricidad	25,34 kWh/unidad	0,118 €/kWh
Gas (Calor)	15,69 kWh/unidad 1,43 Nm ³ /unidad	0,51 €/Nm ³
Agua	0,228 m ³ /unidad	2,5 €/m ³

Tabla 11. - Consumos considerados para el proceso de manufactura/ensamblado.

Generación de residuos en proceso (scraps). Esta cantidad se considera también como materia prima adicional necesaria para el proceso.

- Metales férricos 3%
- Plásticos 5%
- Embalaje 2%

El procesado de cada material se ha considerado teniendo en cuenta los procesos definidos por la Metodología MEEuP para cada tipo de material (p.ej. laminado metales, inyección de plásticos, etc.).

De cara a estimar las horas de producción necesarias para cada componente, se han estimado los siguientes valores:

- Nº operarios: 630 personas.
- Jornada laboral anual por persona: 1.700 h/año.
- Total horas productivas: 1.071.000 h.
- Horas productivas por equipo unidad: $1.071.000 / 400.000 = 2,68$ h/unidad.

Se ha estimado un **coste laboral** medio de 30 €/h.

Tanto estas horas de producción totales, como los consumos de energía, agua y gas, se han distribuido entre los componentes de acuerdo a la siguiente distribución (Ver Tabla 12), la cual intenta reflejar la complejidad de producción de los mismos.

	%
Estructura	20%
Bandejas	5%
Aislamiento	5%
Eléctrico y electrónica	10%
Plásticos	20%
Evaporador, condensador	10%
Motor/Compresor	10%
Embalaje	5%
Montaje	15%
PRODUCTO TOTAL	100%

Tabla 12 - Distribución horas de producción entre los componentes.

Los costes del transporte de los materiales hasta la planta se ha considerado que están incluidos en el coste de cada componente.

Análisis de la fase de distribución

Para el análisis del proceso de distribución del producto desde la planta de fabricación hasta el usuario, se han considerado las siguientes distancias y costes:

- Distancia de transporte: 1030 km.
- Medio de transporte: Camión.
- Coste medio de transporte: 0,934 €/km.
- Cantidad transportada por viaje: 20 unidades.

La distribución de los costes de transporte se ha realizado entre los diferentes componentes de acuerdo a su porcentaje en peso sobre el total, tal como se indica en la Tabla 13.

	gr	%
Estructura	30.735	44%
Bandejas	6.220	9%
Aislamiento	7.950	11%
Parte eléctrica/Electrónica	580	1%
Partes plásticas	11.290	16%
Evaporador/Condensador	1.545	2%
Motor/compresor	7.500	11%
Embalaje	4.100	6%
Total	69.920	100%

Tabla 13 - Distribución de pesos de los componentes.

Se estima 0,5 h de operario para la carga del camión, con un coste medio de 30 €/h.

Análisis de la fase de uso

Se ha considerado un **consumo eléctrico** de 324,4 kWh/año, durante 15 años.

Como **coste de mantenimiento** se ha considerado que en el año 8, será preciso cambiar la placa electrónica del producto, con el consiguiente coste asociado al material, el transporte del técnico de mantenimiento y su coste laboral. Para ello se estiman los siguientes valores

- Coste electricidad: 0,17 €/kWh
- Horas de mantenimiento totales: 2,36 h.
- Coste hora técnico mantenimiento: 35 €/h.
- Distancia transporte técnico mantenimiento: 14,3 km.
- Coste Transporte técnico manteniendo: 0,515 €/km.
- Precio pieza a reparar (circuito electrónico): 90€.

Análisis de la fase de fin de vida

Para el análisis del escenario de fin de vida, al cabo de 15 años, se han considerado los siguientes valores:

- Tiempo de desmontaje: 1 h.
- Coste hora de desmontaje: 35 €/h.
- Distancia de transporte a planta de tratamiento: 50 km.
- % de carga asociada a producto: 40%.
- Coste transporte: 0,934 €/km.
- Coste gestión residuos: 61 €/unidad de producto.

La distribución de estos costes por componente se ha realizado considerando su distribución en peso (ver Tabla 13).

Evaluación de impacto

Análisis de Ciclo de Vida (LCA)

La evaluación de impacto se ha realizado empleando los indicadores de impacto definidos en la Metodología MEEuP, que son los siguientes:

- Energía bruta (MJ primario).
- Agua proceso (litr. agua).
- Agua refrigeración (litr. agua).
- Residuos peligrosos (g residuo).
- Residuos no peligrosos (g residuo).
- Calentamiento global (kg CO₂ eq.).
- Acidificación (g SO₂ eq.).
- Compuestos Orgánicos Volátiles - COVs- (g NMVOCs).

- Contaminantes Orgánicos Persistentes -COPs- (ng TCDD eq.).
- Metales pesados aire (mg Ni eq.).
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos -PAHs- (mg Ni eq.).
- Partículas (g partículas).
- Metales pesados agua (mg Hg/20 eq.).
- Eutrofización (mg PO₄ eq.).

Adicionalmente, evalúa dos parámetros auxiliares

- Electricidad (MJ primario).
- Poder calorífico neto (MJ primario).

La herramienta EUPecoprofiler permite su evaluación directa, una vez definido el Análisis de Inventario.

Análisis de Costes de Ciclo de Vida (LCC)

En este caso, se agregan los diferentes costes, considerando el Valor Actual de los costes futuros, básicamente durante la Fase de Uso y de Final de Vida.

Para ello se han empleado las tasas de descuento y de apreciación o incremento indicadas en la Tabla 14.

	Tasa de Descuento	Tasa de Apreciación
Electricidad	4%	6%
Coste Laboral	4%	1%
Materiales/Componentes	4%	2%
Transporte	4%	2%
Gestión residuos	4%	3%

Tabla 14 - Tasas de Descuento y Apreciación consideradas en uso.

Interpretación

A continuación se presentan los resultados obtenidos tanto para el LCA como para el LCC del producto analizado.

Análisis de Ciclo de Vida (LCA)

En la Tabla 15 se presentan los resultados de Impacto para los diferentes indicadores y fases del ciclo de vida. Se presenta en código de colores de mayor relevancia (rojo) a menor relevancia (verde).

Como se puede apreciar, la **Fase de Uso** es la más significativa para la mayoría de categorías de impacto, incluyendo por ejemplo Energía bruta, Calentamiento Global, Acidificación, etc.

Sin embargo, hay impactos como por ejemplo Compuestos orgánicos persistentes, Residuos peligrosos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesado al agua, Eutrofización, o poder calorífico, que son más significativos para la **Fase de Fabricación**.

Indicador/unidad	Producto	Diseño	Fabricación	Distribución	Uso	Final de vida
Energía bruta (MJ primario)	100%	0%	9%	2%	90%	0%
Agua proceso (litr. agua)	100%	0%	24%	1%	76%	-1%
Agua refrigeración (litr. agua)	100%	0%	4%	0%	96%	0%
Residuos peligrosos (g residuo)	100%	0%	23%	1%	68%	9%
Residuos no peligrosos (g residuo)	100%	0%	57%	0%	40%	3%
Calentamiento global (kg CO ₂ eq.)	100%	0%	10%	2%	85%	3%
Acidificación (g SO ₂ eq.)	100%	0%	11%	1%	87%	0%
Compuestos orgánicos volátiles (g NMVOCs)	100%	0%	16%	37%	44%	4%
Compuestos orgánicos persistentes (ng I-TEQ)	100%	0%	65%	0%	32%	3%
Metales pesados aire (mg Ni eq.)	100%	0%	24%	2%	67%	7%
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (mg Ni eq.)	100%	0%	88%	4%	8%	0%
Partículas (g partículas)	100%	0%	10%	65%	10%	15%
Metales pesados agua (mg Hg/20 eq.)	100%	0%	61%	0%	38%	1%
Eutrofización (mg PO ₄ eq.)	100%	0%	82%	12%	6%	1%
Electricidad (MJ primario)	100%	0%	3%	0%	97%	0%
Poder calorífico neto (MJ primario)	100%	0%	120%	11%	0%	-32%

Tabla 15 - Resultados LCA. Porcentajes de Impacto por categoría y fase.

La **Fase de Distribución** tiene por lo general poco peso, a excepción del indicador de Impacto de Partículas (asociado a emisiones de vehículos).

La **Fase de Final de Vida**, es poco significativa, salvo para Poder Calorífico (recuperación plásticos).

El impacto de la **Fase de Diseño**, es despreciable comparativamente con el resto.

La Figura 16 muestra el perfil ambiental del producto, es decir, realizando la media de los valores en % de los respectivos impactos. Las líneas verticales representan la desviación de esa media.

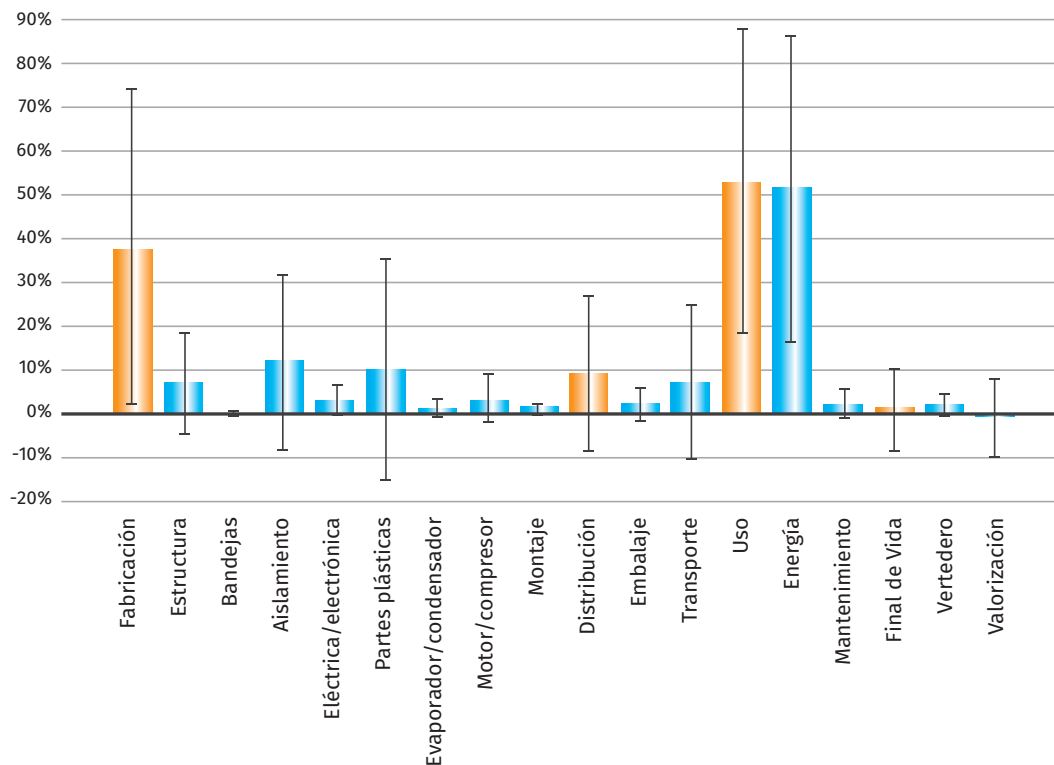


Figura 16 - LCA. Perfil Ambiental del producto.

Como se puede apreciar, la contribución al impacto de los componentes es significativa para el aislamiento, partes plásticas, electrónica y motor.

Es importante resaltar aquí que la metodología MEEuP asigna un impacto menor a los metales que otras metodologías, ya que considera el beneficio de su reciclado directamente en su impacto de partida (como materia prima), de forma diferente que los plásticos, donde el beneficio del reciclado queda reflejado en el final de vida (Valorización).

Dicho perfil y los resultados obtenidos permitirían identificar las estrategias de ecodiseño que contribuyen de una forma más significativa a la mejora ambiental del producto, por ejemplo:

- Reducir el consumo energético durante su uso, por ejemplo mediante la mejora del aislamiento, mejora eficiencia motor/compresor, mejora eficiencia evaporador/condensador, etc.
- Reducir el uso de materiales en la estructura.
- Integración de los módulos electrónicos.
- Reducción de partes plásticas y de su peso, etc.

Análisis de Costes de Ciclo de Vida (LCC)

A continuación se presentan los resultados del LCC, cubriendo las diferentes perspectivas de componentes y categorías de costes.

La Tabla 16 muestra los resultados globales de costes por **fase de ciclo de vida**.

Costes por Fase	€/unid	%
Diseño	3,6	0,2%
Fabricación	474,1	27,2%
Distribución	63,5	3,6%
Uso	1.115,4	63,9%
Final de vida	89,3	5,1%
TOTAL	1.745,9	100,0%

Tabla 16 - Resultados LCC.- Distribución de costes por fase de ciclo de vida.

Como se puede apreciar, la fase con mayor coste es la **Fase de Uso**, debido fundamentalmente al consumo eléctrico durante la vida útil del producto. Le sigue en importancia la **Fase de Fabricación** (27% del total), **Fin de Vida** (5% del total) y **Distribución** (4 %). La **Fase de Diseño** no es representativa en este caso.

Si analizamos los resultados desde la perspectiva de diferentes actores, el precio de adquisición del producto por parte del consumidor sería de unos 541 €, cuando el coste asumido por éste durante la fase de uso sería de más del doble (1.115 €). Por ello la importancia de la consideración de compra de productos más eficientes en este tipo de productos, que si bien pueden tener un coste inicial más alto, el coste global final es menor. Asimismo, para el consumidor es relevante el coste de mantenimiento, y por tanto es importante considerar la fiabilidad del producto durante su vida útil.

Otro aspecto podría ser los costes de final de vida, en principio para ciertos productos asumidos parcialmente por el fabricante a través de sistemas integrados de gestión, pero para otros productos asumidos por la administración. Un correcto diseño que facilite este escenario de fin de vida podría reducir dichos costes (por ejemplo, reducción de la mano de obra necesaria para su desmontaje).

La Figura 17 muestra la distribución **de costes por componentes y Fases de Ciclo de vida**.

Como se puede apreciar, el mayor coste viene asociado a la Fase de Uso, por el consumo eléctrico del producto, que ha sido asignado al motor/compresor.

La Figura 18 muestra la distribución de costes por componentes y Fases de Ciclo de vida, sin considerar el consumo eléctrico durante el uso. Ello permite analizar con mayor detalle los costes asociados a los diferentes componentes.

En este caso, adquiere importancia el módulo electrónico, al ser significativo su coste inicial y su coste de mantenimiento (hipótesis de fallo en año 8). Le sigue en importancia el motor, el evaporador/condensador y la estructura metálica.

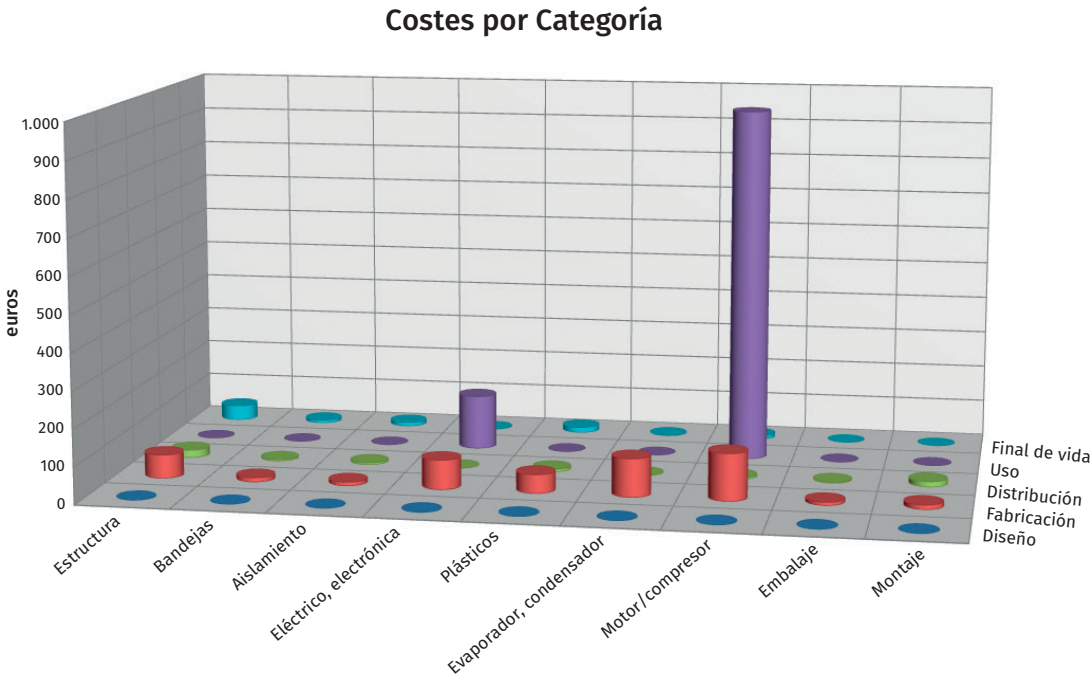


Figura 17 - Resultados LCC. Perfil de Costes por componentes.

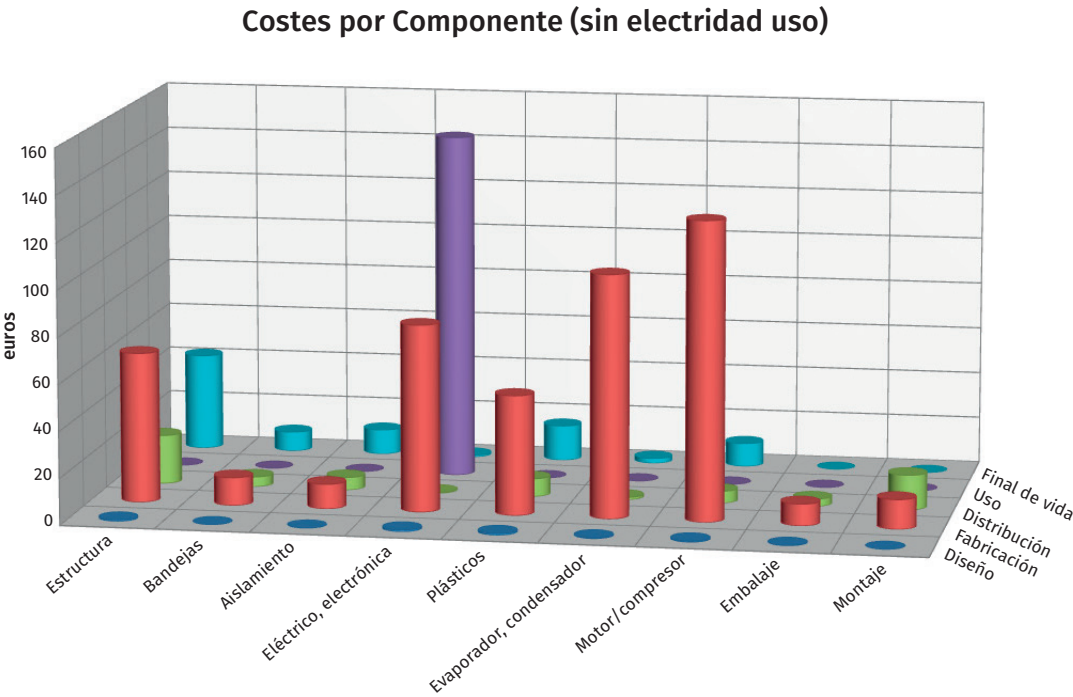


Figura 18 - Resultados LCC. Perfil de Costes por componentes (sin electricidad uso).

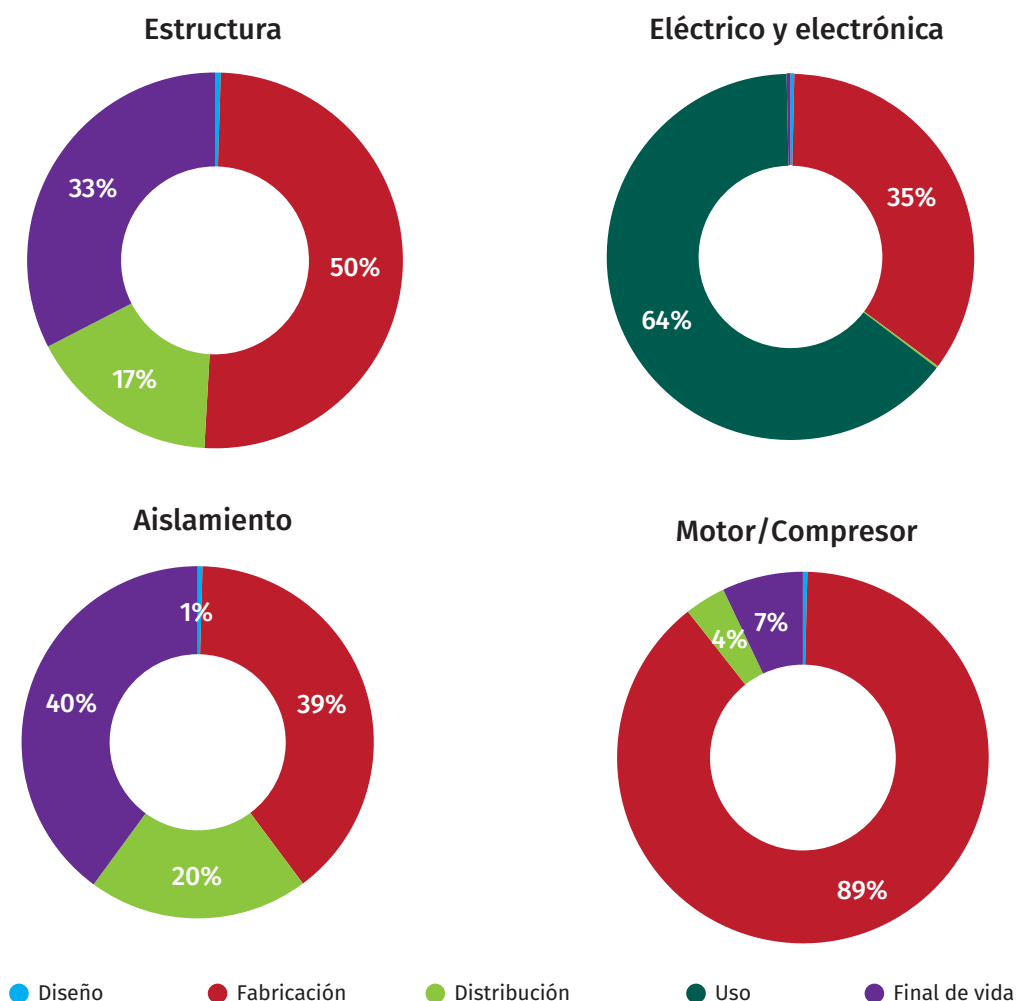


Figura 19 - LCC. Perfil de Costes por componentes individualizados (sin consumo).

Otro tipo de análisis que puede realizarse es la distribución de costes por componentes. La Figura 19 muestra dicha distribución para algunos de ellos. Como se puede apreciar, el perfil de costes por ciclo de vida de cada componente es diferente, reflejando por ejemplo aquellos que requieren mayor mantenimiento durante su uso, o mayor coste en fabricación.

La Figura 20 muestra la distribución de costes por **categoría de coste y Fase de Ciclo de vida**. Como se puede apreciar, el mayor coste viene asociado a la "Energía" en uso, que representa prácticamente el 56 % del total. Le sigue en importancia "Materiales/Componentes" con un 27% del total y "Mano de obra", que representa un 11%. "Transporte" y "Gestión de Residuos" están alrededor de un 4 % y un 3 % respectivamente.

Para analizar en mayor detalle las diferentes categorías de coste, se muestra en la Figura 21, dicha distribución, descartando el consumo de Energía en la fase de uso. En este caso, adquiere mayor relevancia los costes de "Materiales" y "Mano de obra", tanto para la Fase de Fabricación como para la de Uso (mantenimiento/repación del producto).

Costes por Categoría (con consumo eléctrico)

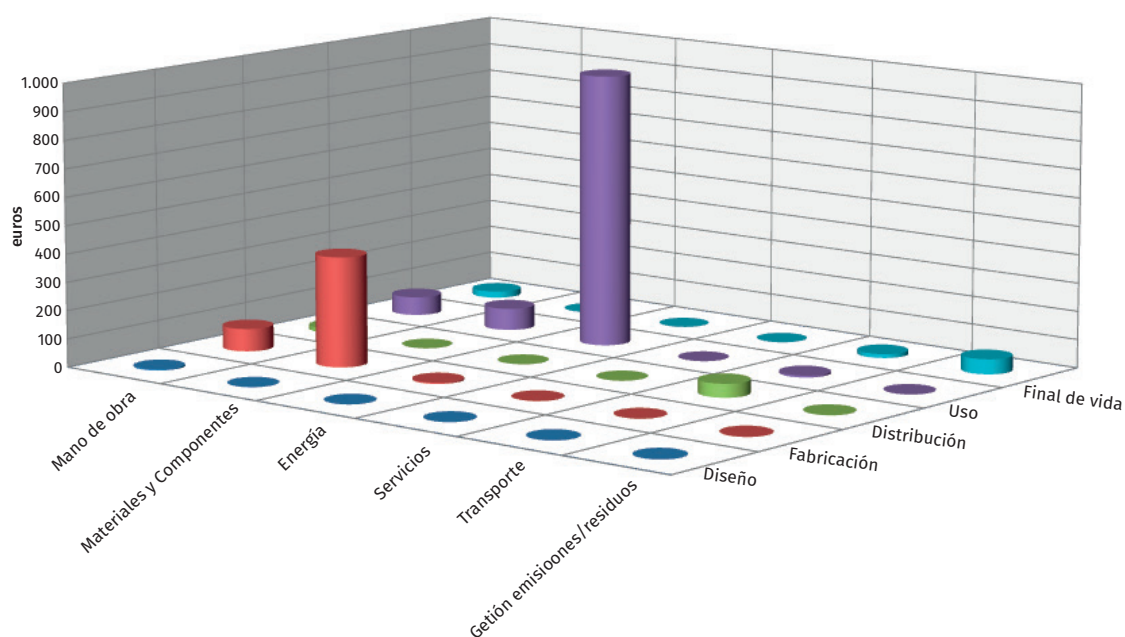


Figura 20 - Resultados LCC. Perfil de Costes por Categorías y Fases de Ciclo de Vida.

Costes por Categoría (sin consumo eléctrico)

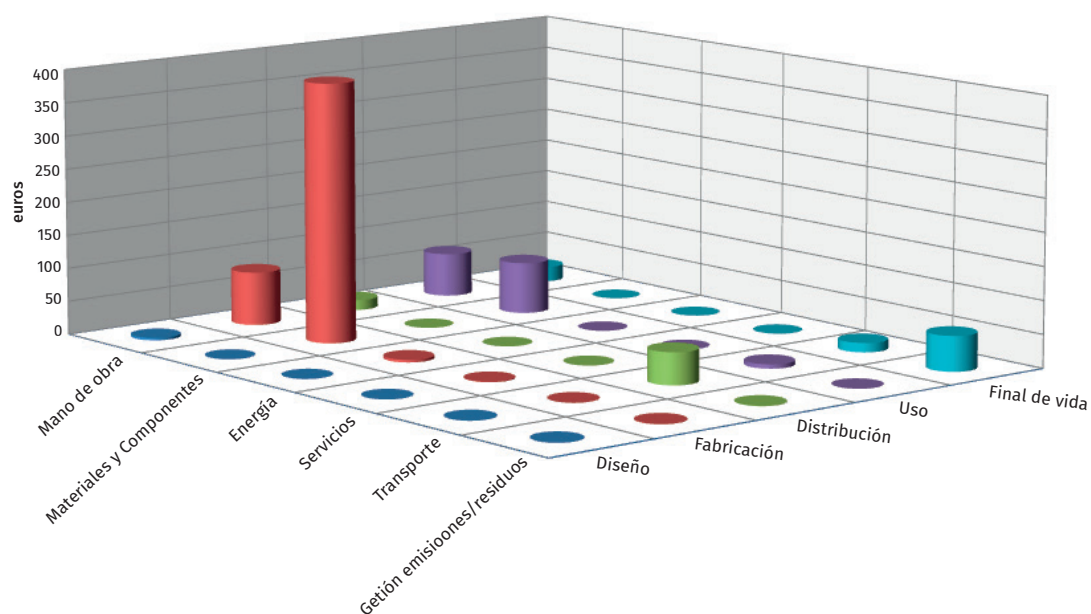


Figura 21 - Resultados LCC. Perfil de Costes por Categorías y Fases (sin electricidad uso).

Asimismo adquiere relevancia los costes de "Transporte" en Distribución y los de "Gestión de Residuos" en Final de Vida.

De forma similar al caso anterior, también se puede analizar las diferentes categorías de coste de forma individualizada (ver Figura 22). Por ejemplo, analizando "Mano de obra", se puede apreciar que los costes están distribuidos de forma similar entre Fabricación y Uso (reparación).

En el caso de "Trasporte" por ejemplo, se centra mayoritariamente en Distribución, pero es relevante el coste en Final de Vida y Uso (reparación).

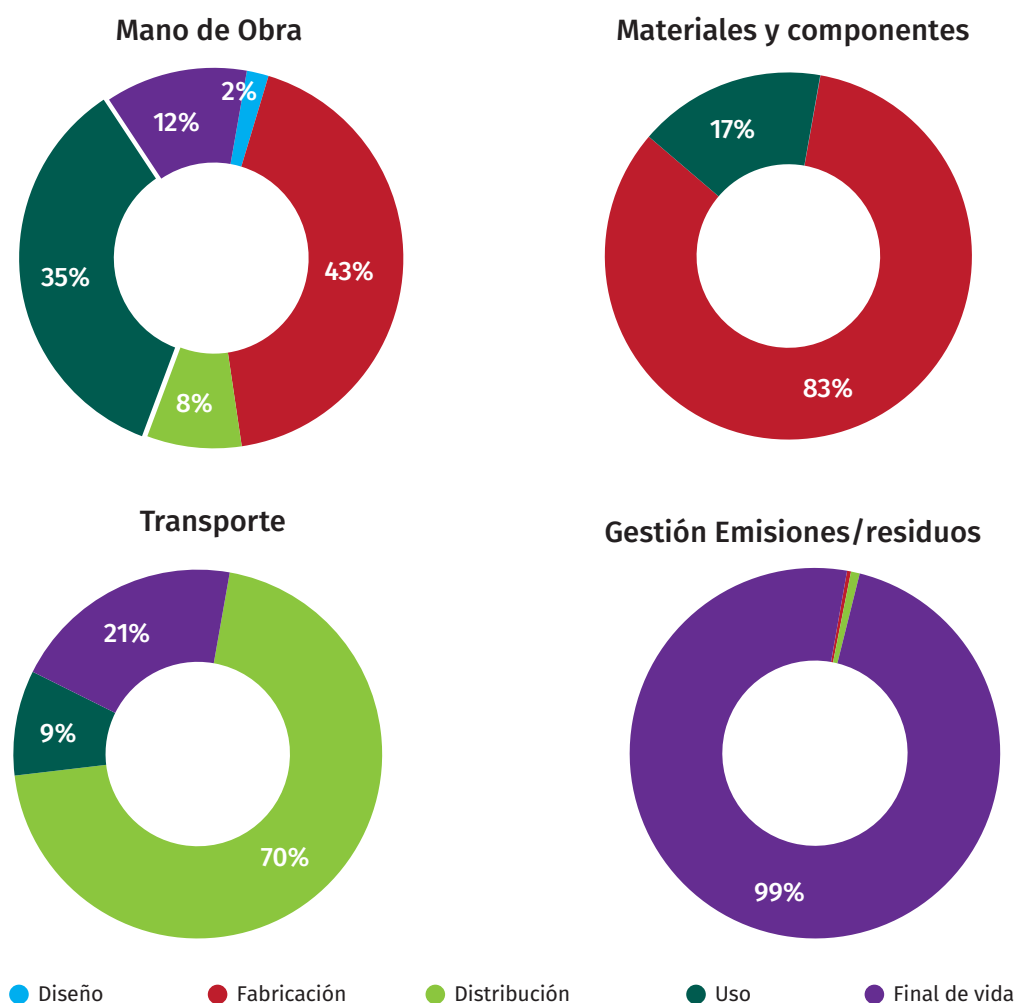


Figura 22 - LCC. Perfil de Costes por categoría individualizados.

Analizando los costes de ciclo de vida, la empresa que diseña y fabrica el producto podría plantearse diferentes estrategias para reducir el coste global del producto, por ejemplo:

- Reducir el consumo eléctrico del equipo (en este caso el beneficiario sería el usuario final),
- Alargar la vida útil de los componentes, evitando su reparación durante la vida del equipo (en este caso el beneficiario final sería también el usuario),
- Reducir el peso total del equipo, lo que por una parte podría reducir los costes de fabricación y por otra los costes de distribución,
- Facilitar el desmontaje del producto al final de su vida útil (lo que reduciría el tiempo y por tanto el coste de dicho desmontaje),
- Facilitar la reutilización y/o reciclado de componentes y materiales (lo que reduciría el coste de la gestión al final del ciclo de vida),
- Emplear materiales no peligrosos para el medio ambiente, lo que reduciría también el coste de gestión a final de vida.

Interpretación conjunta de los resultados

Los resultados obtenidos se pueden analizar de forma conjunta para la definición de estrategias de mejora. Esta interpretación se muestra en este caso práctico desde diferentes perspectivas:

Vision global

La Figura 23 muestra el perfil ambiental y económico de forma conjunta, considerando las diferentes fases del ciclo de vida. En este caso, para ambas perspectivas queda claro que la etapa más relevante a mejorar sería la fase de uso, por ejemplo mediante estrategias de ecodiseño que reduzcan el consumo energético del frigorífico.

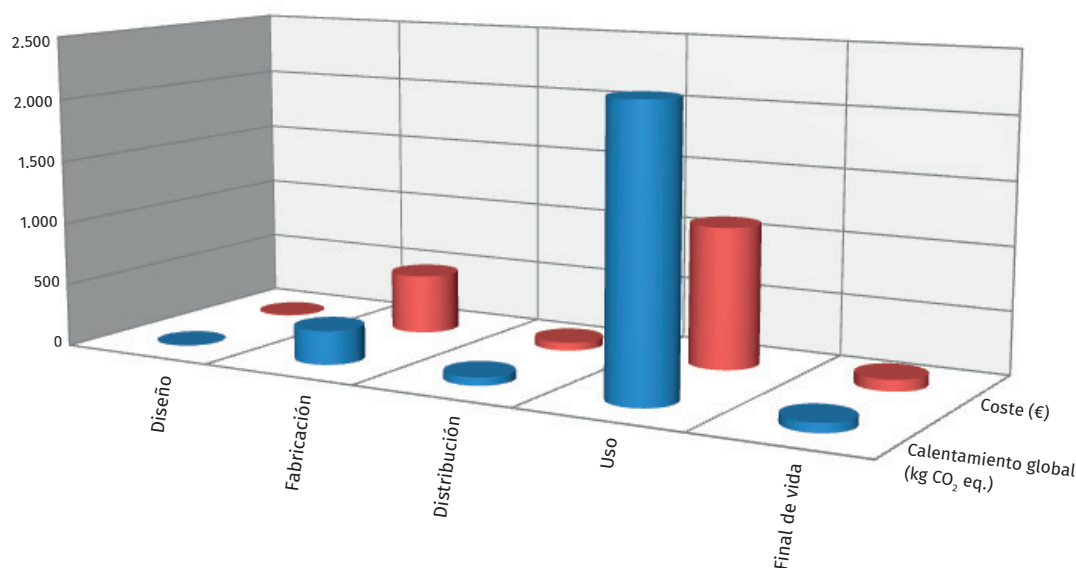


Figura 23 - Perfil conjunto de LCA y LCC.

Le sigue en importancia, también en ambos casos, la fase de fabricación.

Para otro tipo de productos, estos perfiles podrían ser completamente diferentes, y por tanto podría ser más complicado definir las etapas del ciclo de vida a considerar como relevantes desde ambas perspectivas.

Vision del fabricante

La visión del Fabricante se podría centrar en un análisis de los componentes empleados en el producto final, y sobre todo en la fase de fabricación. La Figura 24 muestra el perfil de la comparativa conjunta de los diferentes componentes.

La gráfica muestra los resultados de Costes (Fase Fabricación) *versus* el impacto ambiental de los componentes (expresado como Calentamiento Global).

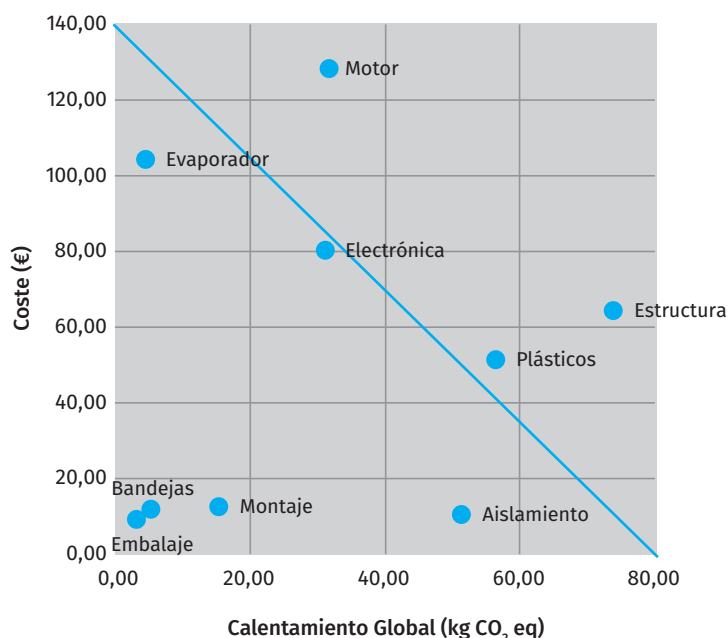


Figura 24 - Comparativa conjunta de los componentes.

La gráfica permite **identificar** aquellos **componentes** con mayor coste/impacto (los más próximos a la esquina superior derecha), y por tanto los componentes que podrían ser prioritarios para acciones de mejora.

También permite ver que si bien hay componentes en que su coste vs. impacto es similar (p.ej. bandejas), otros componentes tiene un coste relativamente más bajo que su impacto (p.ej. aislamiento). Al revés pasaría por ejemplo con el motor (mayor coste que impacto relativo).

Cabe recordar aquí de nuevo que la metodología empleada para el estudio de LCA "premia" a los metales como materia prima, al deducir de su impacto el beneficio del futuro recicla-

do. Esto tiene especial efecto en aquellos componentes con alto contenido en metales, por ejemplo estructura, evaporador o motor.

Una aproximación similar se podría emplear para decidir entre **diferentes alternativas de ecodiseño**, comparando varios modelos de frigorífico que incluyan diferentes mejoras. La evaluación conjunta podría permitir por ejemplo cuantificar el impacto económico y ambiental de diferentes estrategias, por ejemplo:

- Incluir un mayor control electrónico y la mejora del termostato, lo que por una parte aumentaría el impacto de los componentes y su coste, pero por otra permitiría reducir el consumo eléctrico durante la fase de uso.
- Aumentar el espesor de aislamiento, lo que aumentaría la cantidad de material (por tanto su coste e impacto de fabricación), pero reduciría el consumo eléctrico de la fase de uso al reducir las pérdidas
- Mejorar la eficiencia del motor/compresor, lo que puede implicar una mayor contenido de cobre en el bobinado o nuevos materiales (con su consiguiente coste e impacto ambiental), pero que también reduciría su consumo en la fase de uso

Vision del consumidor

Los resultados de este tipo de análisis también podrían ser útiles para el consumidor (o en su caso la administración a través de compra pública), para identificar aquellos productos que tengan un mejor perfil conjunto económico y ambiental.

En este caso, el análisis se centraría en la fase de uso y final de vida, incluyendo el coste e impacto del producto puesto en la puerta del consumidor, y los costes e impacto asociados al uso, mantenimiento, reparación y final de vida del mismo.

Como ya se ha comentado con anterioridad (ver apartado de interpretación de los resultados de LCC del caso práctico), en productos de larga vida útil y con consumos significativos durante el uso (energía o consumibles), de costes significativos de mantenimiento o de final de vida, el coste de adquisición del producto no es el coste más relevante del ciclo de vida. Por tanto el consumidor final, tanto consumidor particular como administración, debe estar informado de los costes reales durante todo el ciclo de vida para poder tomar una decisión de compra acertada. Ejemplos de este tipo de productos podrían incluir electrodomésticos, medios de transporte, sistema de generación de energía, construcción, infraestructuras, etc.

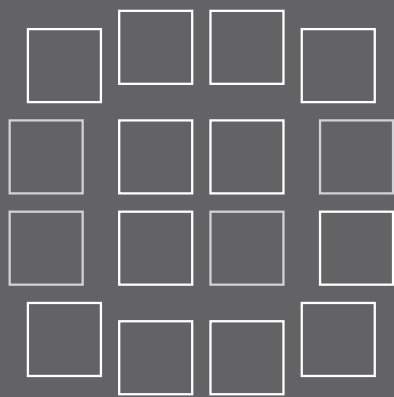
Conclusiones

El ejemplo indicado muestra el potencial del empleo conjunto de un LCA y LCC, y el tipo de información necesaria para su desarrollo, la cual en gran parte puede recogerse de forma conjunta para ambos estudios.

Asimismo, muestra el tipo de resultados que pueden obtenerse y como realizar el análisis de los mismos, de cara a mejorar el perfil ambiental y económico del producto. La interpretación de los resultados puede realizarse desde las diferentes perspectivas de los diferentes actores (p.ej. fabricante, consumidor, etc.).

Esta aproximación permite también la comparación de componentes, estrategias de ecodiseño o productos finales, por ejemplo mediante la representación conjunta de los resultados de LCA y LCC empleando alguno de los modelos indicados en la Guía. Esta comparativa permitirá seleccionar el producto con un mejor perfil ambiental y económico en todo su ciclo de vida.

Por tanto, la integración del LCC y LCA proporciona una información más detallada y cuantificada, tanto para la toma de decisiones a nivel de organización (p.ej. selección de estrategias de ecodiseño), como para la comunicación a las partes interesadas (p.ej. información sobre la reducción del impacto ambiental o costes conseguida).





basque ecodesign center

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN
ETA AZPIEGITURA SAILA
INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

