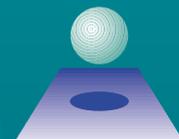
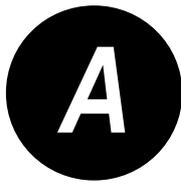




# ECO-INDICATOR'99



**IHOBE**  
Sociedad Pública Gestión Ambiental

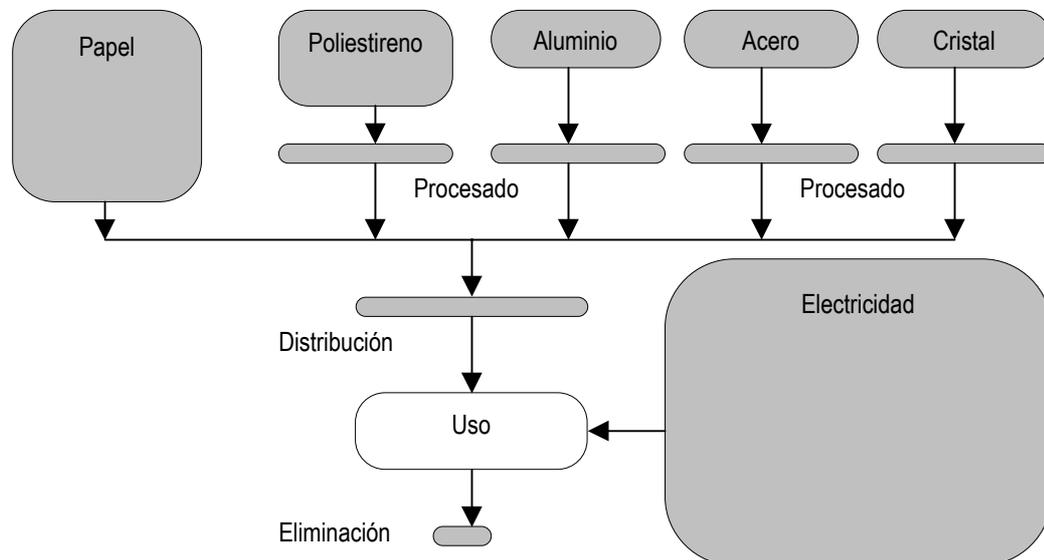


## Anexo Eco-indicador '99

Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida

### Manual para Diseñadores

5 Noviembre 1999



(representación gráfica de los resultados de un análisis de una máquina de café mediante Eco-indicadores; el tamaño de los recuadros indica la contribución relativa a la carga ambiental)

Autores

Mark Goedkoop, Suzanne Effting y Marcel Collignon

Traducción y adaptación del lenguaje



PRé Consultants B.V.  
Plotterweg 12  
3821 BB Amersfoort  
tel: +31 33 455 5022  
fax: +31 33 455 5024  
e-mail: [info@pre.nl](mailto:info@pre.nl)



IHOBE  
Ibáñez de Bilbao, 28 - 8ª planta  
48009 Bilbao  
tel: +34 94 423 07 43  
fax: +34 94 423 59 00  
e-mail: [info@ihobe.es](mailto:info@ihobe.es)

Este documento fue encargado por el Ministerio Holandés de Medio Ambiente

**Índice**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>A 4</b>
<b>1. APLICACIÓN DE ECO-INDICADORES ESTÁNDAR.....</b>	<b>A 5</b>
1.1. LOS ECO-INDICADORES.....	A 5
1.2. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS PRODUCTOS.....	A 5
1.3. ¿QUÉ SIGNIFICA EL “ECO”?.....	A 6
1.4. DIFERENCIAS CON EL MÉTODO ECO-INDICADOR 95.....	A 6
1.5. USOS Y LIMITACIONES.....	A 7
1.6. ISO Y LOS ECO-INDICADORES.....	A 7
1.7. LAS UNIDADES DE LOS ECO-INDICADORES.....	A 7
<b>2.- DESCRIPCIÓN DE LOS ECO-INDICADORES ESTÁNDAR.....</b>	<b>A 8</b>
PRODUCCIÓN DE MATERIALES.....	A 8
PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	A 8
TRANSPORTE.....	A 8
ENERGÍA.....	A 8
PROCESADO DE RESIDUOS Y RECICLADO.....	A 9
CIFRAS NEGATIVAS RELATIVAS AL PROCESADO DE RESIDUOS.....	A 10
<b>3.- INSTRUCCIONES DE MANEJO.....</b>	<b>A 10</b>
PASO 1: DEFINIR EL PROPÓSITO DEL CÁLCULO DE LOS ECO-INDICADORES.....	A 10
PASO 2: DEFINIR EL CICLO DE VIDA.....	A 10
PASO 3: CUANTIFICAR MATERIALES Y PROCESOS.....	A 11
PASO 4: RELLENAR EL FORMULARIO.....	A 12
PASO 5: INTERPRETAR LOS RESULTADOS.....	A 12
<b>4.- EJEMPLOS.....</b>	<b>A 13</b>
4.1. EJEMPLO 1: ANÁLISIS SENCILLO DE UNA MÁQUINA DE CAFÉ.....	A 13
<i>Paso 1: Establecer el objetivo del cálculo del Eco-indicador.....</i>	A 13
<i>Paso 2: Definir el Ciclo de Vida.....</i>	A 13
<i>Paso 3: Cuantificar materiales y procesos.....</i>	A 13
<i>Paso 4: Rellenar el formulario.....</i>	A 14
<i>Paso 5: Interpretar los resultados.....</i>	A 15
▮ <i>Verificación.....</i>	A 15
▮ <i>Mejoras.....</i>	A 15
4.2. EJEMPLO DE UN PRODUCTO COMPLEJO.....	A 16
<b>5.- METODOLOGÍA ECO-INDICADOR '99.....</b>	<b>A 17</b>
5.1. TRES PASOS.....	A 17
5.2. PONDERACIÓN (PASO 3).....	A 17
5.3. EL MODELO DE DAÑOS (PASO 2).....	A 18
5.3.1. <i>El modelo de daños para emisiones.....</i>	A 18
5.3.2. <i>Modelo de daños referido al uso del suelo.....</i>	A 19
5.3.3. <i>Modelo de daños referido a los recursos.....</i>	A 20
5.4. INVENTARIO DE LOS PROCESOS (PASO 1).....	A 21
5.5. INEXACTITUDES.....	A 21
<i>Inexactitudes sobre la corrección del modelo.....</i>	A 22
<i>Inexactitudes de datos.....</i>	A 22
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>A 24</b>
5.6. NOTAS SOBRE LOS DATOS DEL PROCESO.....	A 32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	A 32

Manténgase al día a través de la dirección e-mail del grupo de usuarios de Eco-indicator 99

Para que conozcamos su opinión y podamos enviarle actualizaciones, hemos creado una dirección e-mail para nuestros usuarios. Este foro estará supervisado y controlado por nuestro equipo de desarrollo, que facilitará un intercambio de opiniones objetivas y concisas centradas especialmente en las aplicaciones de Eco-indicator 99 y su metodología.

Para unirse al grupo de usuarios de Eco-indicator 99 en internet, sólo tiene que enviar un e-mail vacío a: [join-eco-indicator@lists.lvris.net](mailto:join-eco-indicator@lists.lvris.net)

Como confirmación recibirá un mensaje de bienvenida con sencillas instrucciones y algunas reglas generales. Desde ese momento, y hasta que decida darse de baja en el servicio, usted recibirá todos los e-mails que se envíen a nuestro grupo de usuarios y, por supuesto, podrá enviarlos usted mismo.

**IHOBE, la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco, ha colaborado en la traducción y adaptación del lenguaje de este documento, que junto con los Eco-indicadores que contiene han sido utilizados como herramienta de Análisis de Aspectos ambientales en el CICLO DE VIDA en las cuatro empresas del proyecto piloto Ecodiseño de IHOBE: Daisalux, S.A, Fagor Electrodomésticos - Unidad de minidomésticos, S. Coop., Ofita, S.A.M.M. y Fagor Electrodomésticos - Unidad de lavadoras, S. Coop.**

**Introducción**

La producción y el consumo sostenible sólo pueden conseguirse si todos los agentes que actúan en el mercado lo hacen de forma responsable. El mayor reto es, pues, pensar en el medio ambiente en cada etapa de toma de decisiones en el campo industrial, minorista y de consumo. Se trata de un proceso de constante crecimiento que necesita contar con incentivos suficientes, tanto desde el campo de la oferta como desde el de la demanda. Para este fin, los Países Bajos han desarrollado un completo conjunto de políticas denominadas Integrated Product Policy (IPP o Política integrada de productos).

El punto central de la IPP es la introducción de un sistema de gestión medioambiental de productos (POEM o Product Oriented Environmental Management System) que se está desarrollando de forma conjunta por la industria y el gobierno en los últimos años. El objetivo de POEM es establecer un proceso sistemático de mejora continua del comportamiento ambiental de los productos de todo tipo de empresas mediante la integración de criterios ambientales en las decisiones estratégicas de gestión.

POEM pretende ser considerado una herramienta del sistema de gestión medioambiental que se centra en el desarrollo de productos y en el (re)diseño de los mismos. La complejidad del proceso de decisión sobre aspectos ambientales supone muy a menudo un obstáculo insalvable para los diseñadores. Aunque el Análisis del Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment o LCA) es una buena herramienta para valorar el comportamiento ambiental de un producto, y aunque es utilizada a menudo por los diseñadores, LCA supone una gran inversión de tiempo y dinero. Los diseñadores tienen que tomar numerosas decisiones, especialmente cuando se trata de productos complejos. Además, los resultados del LCA no suelen inclinarse claramente hacia un producto o material frente a otro, sino que deben ser valorados e interpretados. El Eco-indicator 99 es un método LCA especialmente destinado al diseño de productos, y ha demostrado ser una poderosa herramienta para los diseñadores a la hora de interpretar los resultados de los LCA mediante sencillos números o unidades, los llamados Eco-indicadores.

La metodología Eco-indicator 95 ha sido utilizada muy a menudo por los diseñadores, pero también ha sido criticada por expertos medioambientales ya que algunos aspectos ambientales importantes no se habían tenido en cuenta a la hora de desarrollar este método. El nuevo Eco-indicator 99 incluye más aspectos y es pues más complejo que la versión 95, si bien los Eco-indicadores siguen siendo unidades sencillas.

El sistema de medidas establecido entre los diferentes aspectos ambientales (núcleo del método Eco-indicator) también ha sufrido cambios. El Eco-indicator 95 empleaba lo que se conoce como aproximación de Distancia al Objetivo, método criticado ya que no establecía objetivos claros para definir niveles objetivos sostenibles. Este problema se ha solventado en la nueva versión gracias a la introducción de una nueva aproximación en función de los daños, es decir, la relación entre el impacto y el daño a la salud humana o al ecosistema.

Numerosos expertos en LCA han contribuido al desarrollo de la versión 99 de este método. De forma particular, me gustaría agradecer la contribución de los numerosos expertos suizos y del Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente (RIVM).

El Eco-indicator 99 no refleja el estado actual de la metodología de LCA ni de su aplicación. Esto no significa, desde luego, que se hayan solucionado todos los problemas. La ciencia ambiental, la tecnología de los materiales y la metodología LCA se seguirán desarrollando, y eso podría suponer futuras mejoras del Eco-indicator.

Pero estamos convencidos de que esta metodología revisada del Eco-indicator puede contribuir a la incorporación del medio ambiente en las decisiones de desarrollo de productos.

**Jan Suurland**

**Director de Políticas de Industria y Consumo**

## 1. Aplicación de Eco-indicadores estándar.

Este manual pretende ser de utilidad a los diseñadores y gestores de producción que quieren aplicar los valores de Eco-indicadores estándar para el análisis de los aspectos ambientales de los sistemas de productos. Aunque la aplicación de estos valores estándar es muy simple, es importante comprender las bases, características, limitaciones y propósitos de este manual.

### 1.1. Los Eco-indicadores.

Los Eco-indicadores son números que expresan el impacto ambiental total de un proceso o producto. Estos indicadores pueden examinarse en las páginas anexas al final de este informe. Con el software LCA apropiado, es posible calcular indicadores opcionales. Para recibir información sobre actualizaciones e indicadores adicionales, únase al grupo de usuarios de Eco-indicator en Internet (lea el texto que aparece tras el índice).

Con los Eco-indicadores estándar, cualquier diseñador o gestor de productos puede analizar las cargas ambientales de determinados productos durante su Ciclo de Vida. Este informe describe la aplicación de los indicadores estándar así como sus limitaciones inherentes. Los Eco-indicadores estándar se calculan mediante una metodología muy compleja, resumida de forma sencilla en el capítulo 5. Para conocer más detalles, consulte el "Informe metodológico sobre el Eco-indicator 99" y el informe anexo, que se pueden encontrar en Internet ([www.pre.nl](http://www.pre.nl)).

### 1.2. Impactos ambientales de los productos.

Todos los productos dañan el medio ambiente de una forma u otra. Las materias primas tienen que extraerse, el producto tiene que fabricarse, distribuirse, embalsarse y por último, eliminarse. Durante la utilización de los productos suele producirse también un impacto ambiental, ya que en esta etapa del Ciclo de Vida se suele consumir energía o materiales. Si deseamos valorar el daño ambiental de un producto, debemos estudiar todas las etapas de su Ciclo de Vida. El análisis ambiental de todas las fases del Ciclo de Vida recibe el nombre de Análisis del Ciclo de Vida (LCA o Life Cycle Assessment)<sup>1</sup>:

En definitiva, un diseñador que quiera emplear Análisis del Ciclo de Vida en el proceso de diseño, se enfrenta a dos problemas:

1. El resultado del Análisis completo del Ciclo de Vida es muy difícil de interpretar. En este Análisis es posible determinar la contribución del Ciclo de Vida de un producto al efecto invernadero, la acidificación y otros problemas ambientales aunque se desconozca el impacto ambiental total. La razón es la falta de coeficientes mutuos de los impactos ambientales.
2. En general, la recopilación cuidadosa de los datos ambientales de los ciclos de vida de un producto es compleja y lleva mucho tiempo. Como resultado de esto, los LCAs extensivos no pueden realizarse normalmente durante el proceso de diseño.

El proyecto Eco-indicator ha resuelto estos problemas de la siguiente manera:

1. El método LCA se ha desarrollado para incluir un método de coeficientes de ponderación. Esto permite calcular un solo valor para el impacto ambiental total basado en los efectos calculados. Esta cifra recibe el nombre de Eco-indicador.
2. Los datos se han recopilado previamente en el caso de la mayoría de los materiales y procesos, y de ahí se ha calculado el Eco-indicador. Se han definido los materiales y los procesos de tal forma que encajen como las piezas de un puzzle. De esta forma, se obtiene un indicador de la producción de un kilo de polietileno, uno de su moldeado y otro indicador de la incineración de ese kilo de polietileno.

El Eco-indicador de un material o proceso consiste por lo tanto en un número que indica el impacto ambiental de dicho material o proceso, a partir de los datos obtenidos de la Análisis de Ciclo de Vida. Cuanto mayor es el indicador, mayor es el impacto ambiental.

<sup>1</sup> Se suele hacer una diferenciación entre LCA completo y LCA de sondeo. Los LCA de sondeo se basan en bases de datos estándar. Un análisis con los Eco-indicadores se puede considerar un LCA de sondeo. Para profundizar en el tema, recomendamos "Beginning LCA, a guide into environmental Life Cycle Assessment, NOH report 9453", publicado por Novem en Utrecht (Países Bajos), así como las demos software de LCA, que pueden servir como excelente aproximación al tema.

### 1.3. ¿Qué significa el “Eco”?

Las discusiones sobre el medio ambiente son con frecuencia muy controvertidas. Una importante razón es que la definición del término “medio ambiente” no está clara. En el Eco-indicador 99 hemos definido el término “medio ambiente” según tres tipos de daños:

1. **A la salud humana:** en esta categoría incluimos el número y la duración de las enfermedades, y los años de vida perdidos debido a la muerte prematura por causas ambientales. Los efectos aquí incluidos son: cambio climático, disminución de la capa de ozono, efectos cancerígenos y respiratorios y radiación ionizante (nuclear).
2. **A la calidad del medio ambiente:** en esta categoría incluimos el efecto sobre la diversidad de especies, especialmente en las plantas vasculares y los organismos sencillos. Entre los efectos incluidos están: la ecotoxicidad, acidificación, eutrofización y el uso del suelo.
3. **A los recursos:** en esta categoría incluimos la necesidad extra de energía requerida en el futuro para extraer mineral de baja calidad y recursos fósiles. La disminución de los recursos brutos, tales como arena y gravilla se incluyen dentro del uso del suelo.

Junto a los impactos ambientales aquí mencionados hay otros impactos adicionales que podrían contribuir a estas tres categorías de daño. Pensamos que hemos incluido los más relevantes, pero desgraciadamente un método como este no puede ser totalmente completo.<sup>2</sup>

Otra limitación se encuentra en la selección de las categorías propiamente dichas. Por ejemplo, podríamos haber incluido otras categorías de daños tales como el daño al buen estado del material o el daño a la herencia cultural, pero hemos preferido no hacerlo.

### 1.4. Diferencias con el método Eco-indicador 95.

El concepto de trabajo mediante Eco-indicadores estándar no es nuevo, ya que se introdujo con el Eco-indicador 95<sup>3</sup>. La diferencia más importante con el Eco-indicador 95 es que la metodología aplicada se ha mejorado de forma importante para calcular los indicadores y la expansión de las listas de indicadores.

La diferencia más importante en la metodología es que el modelo de daños ahora se basa en métodos más científicos y por tanto mucho más fiables. Además, el concepto de metodología también ha cambiado. En el Eco-indicador 95 empleábamos una mezcla de modelado de daños y aproximación de distancia a objetivo. Esta aproximación ya no se incluye en el Eco-indicador 99, sino que hemos desarrollado por completo la aproximación por daños (véase también la introducción y el capítulo 5). Además de incluir una base científica mejorada, hemos introducido otras importantes mejoras:

- Un procedimiento mejor y más explícito para establecer coeficientes entre las categorías de daños.
- Una mejor descripción y definición de los modelos de daños.
- Una detallada descripción y especificación de dudas y suposiciones.
- Introducción del factor suerte (dispersión y degradación) de las emisiones en el medio ambiente.
- Un mayor conjunto de emisiones e impactos, como la disminución de los recursos, el uso del suelo y la radiación de iones.

Como resultado de estos cambios, las valoraciones con Eco-indicadores pueden cambiar al aplicar la versión del 99 en vez de la del 95. Los efectos más importantes que se esperan son:

- Los procesos que precisan petróleo, gas o algunos minerales aumentarán de valor, debido a que se incluye la disminución de recursos.
- Al incluir el uso del suelo, los procesos de producción agrícola tendrán un indicador mayor.
- Al contemplar la dispersión y la degradación de sustancias, las sustancias que tengan un periodo de vida corto contribuirán muy poco a los valores determinados por el Eco-indicador.

<sup>2</sup> Los siguientes impactos, que pueden ser relevantes, no se han incluido:

- Salud humana: ruido, trastornos endocrinos y otros efectos no cancerígenos y no respiratorios de algunas sustancias, como los metales pesados.
  - Calidad del ecosistema: efecto invernadero y disminución de la capa de ozono (ambos incluidos en el apartado de Salud Humana) y el efecto de los fosfatos.
- En general, estas deficiencias no tiene un efecto demasiado importante, pero en determinados casos, por ejemplo en sistemas que producen alto nivel de ruido o emiten una gran cantidad de metales pesados o fosfatos, el valor del Eco-indicador puede tergiversar la carga ambiental.

<sup>3</sup> Eco-indicador 95 final report, informe NOH 9514, julio 1995, ISBN 90-72130-77-4

- Aunque tras la inclusión de la radiación nuclear se debería obtener un valor mayor, en la práctica este efecto apenas es perceptible.

Además de estas extensiones en la metodología, también hemos cambiado la importancia de algunos aspectos: por ejemplo, la emisión de gases que causan efecto invernadero se ha convertido en un factor más importante de lo que era antes.

Los valores del Eco-indicator 95 y 99 no son compatibles. Esto significa que no es posible mezclar indicadores antiguos y nuevos en un análisis, y tampoco es posible facilitar un valor de conversión.

### 1.5. Usos y limitaciones.

Durante el proceso de diseño, se genera un gran número de opciones que el diseñador puede analizar para elegir la que crea más conveniente. Para desarrollar proyectos compatibles con el medio ambiente, debe ser posible incluir los aspectos ambientales de un producto en el análisis y la selección de las opciones de diseño. Los valores estándar de Eco-indicadores se han desarrollado precisamente como una herramienta para desempeñar esa función, es decir, como herramienta útil para los diseñadores, una herramienta a emplear en la búsqueda de alternativas más ecológicas, y destinada a uso interno.

- Los valores estándar de Eco-indicadores no están destinados a ser utilizados en el marketing ambiental, el etiquetado ecológico o para hacer demostraciones en público de que el producto A es mejor que B.
- Los valores estándar de Eco-indicadores tampoco se han desarrollado para que el gobierno los utilice como patrones o líneas maestras.

Así se expresa en los comunicados de políticas sobre productos y medio ambiente en los que el gobierno holandés anuncia el desarrollo de indicadores. El uso de Eco-indicadores sólo tiene un propósito: hacer productos más compatibles con el medio ambiente. Es, por tanto, una herramienta que puede utilizarse en todas las empresas y sectores.

### 1.6. ISO y los Eco-indicadores.

Prácticamente al mismo tiempo en que se publicaba este informe, veía la luz la primera norma ISO 14042 sobre el análisis de impactos en el Ciclo de Vida. La metodología de Eco-indicadores empleada para calcular los valores estándar cumple los requisitos de dicha norma, aunque pudiera diferir en algunos detalles.

**UN DATO IMPORTANTE REFLEJADO EN ISO 14042 ES QUE LOS INDICADORES DE VALOR, COMO LO SON LOS ECO-INDICADORES, NO DEBERÍAN UTILIZARSE JAMÁS PARA REALIZAR COMPARACIONES DE CARA AL PÚBLICO GENERAL.**

### 1.7. Las unidades de los Eco-indicadores.

Los valores estándar de los Eco-indicadores se pueden considerar como cifras sin dimensión. Como base utilizamos el "punto Eco-indicador" (Pt). En las listas de Eco-indicadores se emplea normalmente la unidad de milipuntos (mPt), es decir: 700 mPt= 0.7 Pt.

El valor absoluto de los puntos no es demasiado relevante ya que el objetivo principal es el de comparar las diferencias relativas entre productos o componentes. La escala se ha elegido de tal forma que el valor de 1 Pt represente 1 centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Este valor se calcula dividiendo la carga ambiental total en Europa entre el número de habitantes y multiplicándolo por 1000 (factor escala).

## 2.- Descripción de los Eco-indicadores estándar.

Los valores estándar de Eco-indicator 99 se clasifican en:

- **Materiales:** los indicadores de materiales se miden según la medida de 1 kilo de material.
- **Procesos de producción:** tratamiento y procesado de varios materiales. Cada tratamiento se expresa en la unidad apropiada al proceso particular (metros cuadrados, kilos, metros soldados, etc. ).
- **Procesos de transporte:** se expresan normalmente en toneladas por kilómetro.
- **Procesos de generación de energía:** se determinan unidades para electricidad y calor.
- **Escenarios de eliminación:** se expresan por kilos o por materiales, subdivididos en los tipos de materiales y en los métodos para proceder a su deshecho.

Las cifras de las medias europeas se utilizan para realizar estas estimaciones, empleando una definición particular de los términos "material" y "proceso", tal y como se explica más abajo.

### Producción de materiales.

Al determinar el indicador de la producción de materiales se incluyen todos los procesos, desde la extracción de las materias primas hasta la última fase de elaboración, que tiene como resultado el material en bruto. Los procesos de transporte relacionados con este proceso también están incluidos aquí, abarcando hasta el último eslabón de la cadena de producción. Para averiguar de qué proceso se trata, habrá que examinar la explicación en la lista de Eco-indicadores correspondiente. Por ejemplo, para el plástico, se incluyen todos los procesos realizados desde la extracción del petróleo hasta la producción de gránulos; para el acero se contemplan todos los procesos pertinentes, desde la extracción de la mena y el coque hasta el proceso de elaboración de láminas. Sin embargo, no se incluye la producción de bienes de equipos, como maquinaria o edificios.

### Procesos de tratamiento.

Los Eco-indicadores de los procesos de fabricación se refieren a las emisiones del proceso en sí y a las de los procesos de generación de energía necesarios. Aquí tampoco se incluyen los bienes de equipo, tales como maquinaria o troqueles.

### Transporte.

Los procesos de transporte incluyen el impacto de las emisiones causadas por la extracción y la producción de combustible y la generación de energía de ese combustible en el transporte. La unidad de medida es el transporte de una tonelada (1000 kilos) en 1 kilómetro (1 km), aunque se utiliza una unidad distinta para medir el transporte por carretera a gran escala.

- **Transporte por carretera:** además del transporte cuyo factor crítico es la masa (ton\*km), se ha determinado otro indicador para los casos en los que el volumen es el factor determinante (m<sup>3</sup> volumen\*km).
- **Transporte por ferrocarril:** se basa en la media europea de diesel o electricidad consumidos por la media del nivel de carga.
- **Transporte aéreo para diferentes tipos de aviones de carga.**

Por supuesto, se presupone la eficiencia de las condiciones de carga en Europa. También se ha tenido en cuenta la posibilidad de un recorrido de vuelta sin carga. En estos indicadores se han incluido los bienes de equipo, como la construcción de carreteras o infraestructuras férreas, el manejo de aviones de carga en los aeropuertos etc., ya que no son nada desdeñables.

### Energía.

Los indicadores de energía se refieren a la extracción y la producción de combustibles, así como a la conversión energética y a la generación de electricidad, teniendo en cuenta criterios medios de eficiencia. Para medir la electricidad se tienen en cuenta los diferentes tipos de combustible empleados en Europa para generarla, habiéndose determinado un Eco-indicador para la electricidad de alto voltaje, destinada a procesos industriales, y para la de bajo voltaje, destinada al uso doméstico y de pequeñas empresas de bajo consumo de energía. La diferencia entre ambos indicadores reside principalmente en las pérdidas y en las infraestructuras necesarias, como cables. También se han establecido indicadores específicos para algunos países, pero cercanos a la media europea. Si bien se encuentran

grandes diferencias entre cada país, éstas pueden explicarse debido al uso de diferentes tecnologías para producir energía eléctrica.

Para medir la energía solar empleamos células fotovoltaicas que se utilizarán en los hogares. La carga ambiental procede principalmente de la producción de las células y demás equipamiento.

### **Procesado de residuos y reciclado.**

No todos los productos se eliminan de la misma forma. Por esto, es importante prestar atención para descubrir el método de eliminación de residuos adecuado a cada caso.

Si un producto consiste principalmente en papel o vidrio y ha sido diseñado de tal forma que los materiales se pueden enviar a contenedores de reciclado para vidrio o papel, lo más lógico es pensar que una determinada porción de los hogares retirarán estos residuos del cubo de la basura y los tirarán por separado. Sin embargo, si un producto contiene tan sólo una pequeña parte de papel o vidrio, casi con toda seguridad que sus restos no se tirarán de forma separada. En estos casos lo más probable es que el producto acabe en el vertedero municipal.

Para todos estos casos hemos determinado los procesos pertinentes de deshecho, como incineración, vertederos y reciclado, aunque en la práctica estos últimos no sean demasiado numerosos en determinados lugares.

- **Residuos domésticos:** en una casa normal se recoge y recicla por separado cierta cantidad de materiales como vidrio, papel o restos orgánicos una vez se decide tirar el producto. El resto se echa al cubo de la basura, llegando hasta la planta de procesado de residuos urbanos. El indicador de residuos en el hogar representa la media de residuos generados en los hogares europeos.
- **Residuos urbanos:** la media de residuos generados por los municipios europeos es en general bastante moderada; normalmente, una cierta proporción se envía a vertederos y el resto se incinera. Este indicador incluye también el impacto del transporte de residuos.
- **Incineración:** se sobreentiende la incineración como realizada en una planta-tipo suiza con un sistema de eliminación normal (año 2000). Esta situación no representa la generalidad europea, pero cambiará poco a poco en los próximos años. En la escombrera del generador se recuperan y reciclan, así mismo, determinadas cantidades de acero y aluminio; además, se genera energía que se envía a la red de suministro en forma de electricidad.
- **Uso de vertederos:** hemos tomado como referencia los vertederos modernos suizos (año 2000) con purificadoras de agua y buenos cierres, lo cual implica que muy pocas sustancias dañinas llegarán al agua subterránea.
- **Reciclado:** en el reciclado se da por supuesto que los materiales llegan limpios y segregados en diferentes tipos.

Las interacciones entre la basura generada en el hogar, la generada en los municipios, la incineración y el uso de vertederos se muestran en la figura 1:

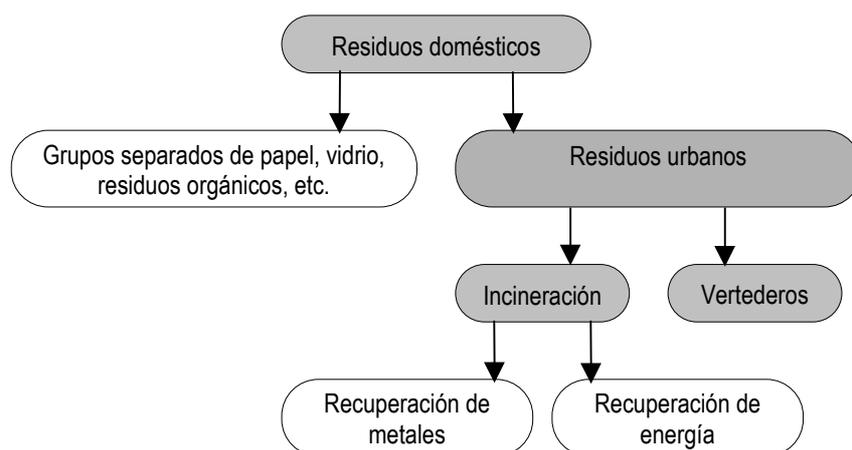


Figura 1: representación esquemática de los métodos de eliminación de residuos e interacciones. El usuario decidirá el procedimiento más conveniente.

Los datos sobre residuos se han determinado para la mayoría de los plásticos, metales y materiales de embalaje, pero no para los materiales de construcción ni los productos químicos: los materiales de construcción no arden y normalmente se envían a los vertederos o se reutilizan para construir carreteras o como grueso para fabricar cemento. Los materiales de construcción considerados como químicamente inertes no tienen otro impacto ambiental que el ocupar espacio en un vertedero, por eso se ha determinado un indicador general para la ocupación de vertederos. Esta cifra es válida cuando la basura alcance una altura de 10 metros, pero si es de sólo 5, se debería doblar el indicador.

Eliminar los residuos químicos es más complicado, no se puede determinar un valor general excepto para los refrigerantes.

### **Cifras negativas relativas al procesado de residuos.**

Algunos métodos de eliminación de desechos arrojan cifras negativas. Esto sucede cuando en el proceso se crea un producto intermedio que se puede reciclar o reutilizar. Los flujos de energía y materiales obtenidos se consideran un beneficio ambiental. Por ejemplo, si se obtiene 1 kilo de chatarra, habrá que producir menos acero en otro lugar, de tal manera que se reducirán los impactos ambientales de la producción de 1 kilo de hierro. Esto se debe a una regla de sustitución. En numerosos casos, particularmente cuando se trata de reciclado, la deducción es mayor que el impacto ambiental de un proceso, lo que da origen a las cifras negativas.

## **3.- Instrucciones de manejo.**

Para utilizar los Eco-indicadores de forma adecuada deben seguirse los siguientes pasos:

1. Definir el propósito del cálculo de los Eco-indicadores,
2. Definir el Ciclo de Vida,
3. Cuantificar los materiales y procesos,
4. Rellenar el formulario,
5. Interpretar los resultados.

En la mayoría de los casos se recomienda empezar de forma sencilla y efectuar un cálculo “por encima” al principio. Luego se podrán ir añadiendo detalles y los datos se podrán revisar o complementar después. Esto evita las pérdidas de tiempo en los detalles.

### **Paso 1: Definir el propósito del cálculo de los Eco-indicadores.**

- *Describir el componente del producto o productos que se analizan.*
- *Definir si se está llevando a cabo un análisis simplificado de producto o una comparación entre varios.*
- *Definir el nivel de precisión requerida.*

Si el objetivo del cálculo es obtener una impresión general rápida de los daños más importantes que puede ocasionar un producto al medio ambiente, bastará con incluir cierto número de datos clave. De esta forma sólo se harán reflexiones generales y sólo se incluirán los materiales y procesos más importantes. En última instancia, sin embargo, usted podrá desear buscar específica y detalladamente alternativas a determinados aspectos del problema, o por ejemplo, comparar un nuevo diseño con otro ya existente. En ese caso, se necesita realizar una aproximación más meticulosa y contar con una base sólida y fiable para realizar la comparación. También es posible separar del cálculo los componentes o procesos comunes a los ciclos de vida de esos productos que se están comparando.

### **Paso 2: Definir el Ciclo de Vida.**

- *Realizar una panorámica esquemática del Ciclo de Vida de un producto, prestando atención tanto a las fases de producción como al uso y a la eliminación de residuos de ese producto.*

Al realizar el Análisis de un Ciclo de Vida, lo más importante es analizar el Ciclo de Vida de un producto, no tanto el producto en sí. Es por tanto necesario tener no sólo una descripción general del producto, sino también conocer su Ciclo de Vida de forma general. El funcionamiento del producto y la forma de eliminar sus residuos son elementos importantes para dicha descripción. A continuación se muestra el Ciclo de Vida simplificado de una máquina de café para uso doméstico, como ejemplo que aporta una perspectiva práctica para su análisis:

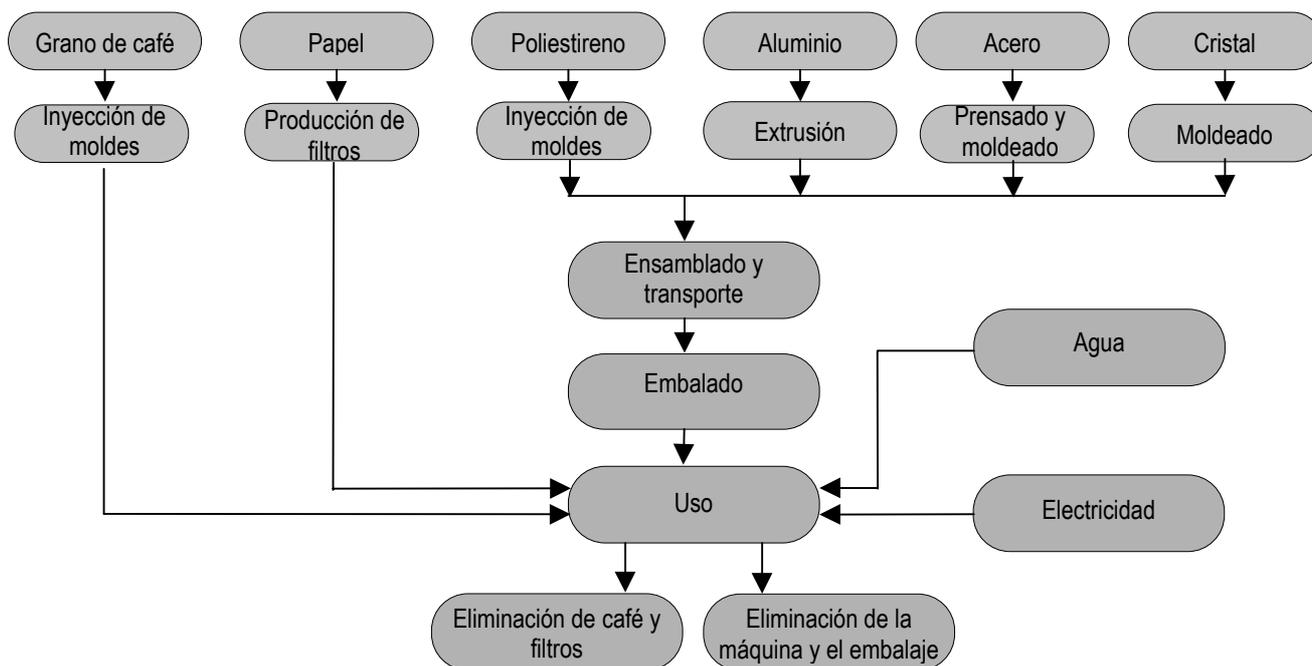


Figura 2: ejemplo de un proceso simplificado del Ciclo de Vida de una máquina de café.

### Paso 3: Cuantificar materiales y procesos.

- Determinar una unidad funcional.
- Cuantificar los procesos relevantes del árbol de procesos.
- Valorar los datos que faltan.

Con el método LCA, la descripción del producto, su Ciclo de Vida y funcionamiento durante su vida útil recibe el nombre de unidad funcional. Así puede determinarse una cantidad para cada proceso del diagrama de procesos en base a esta unidad funcional y los datos sobre el producto. Es importante, sobre todo al establecer comparaciones, que el funcionamiento de los productos analizados sea el mismo.

No pueden conocerse todos los detalles del Ciclo de Vida de un producto, también hay que hacer estimaciones, que pueden tener dos resultados:

- Omisión de un componente del proceso: sólo aceptable si su contribución es menor a la del resto;
- El usuario estima por sí mismo la cantidad.

En general, es mejor hacer primero un número de estimaciones y después buscar datos más exactos si resultara necesario.

#### Ejemplos de unidad funcional:

1. Una unidad funcional para una máquina de café de uso doméstico se determina de esta forma: el objetivo de la máquina de café es hacer café y mantenerlo caliente. De esta forma se eligen los datos para la unidad funcional: todos los productos y procesos necesarios para hacer el café de una casa en un cierto periodo de tiempo, que debe ser especificado (por ejemplo, 5 años), así como el consumo medio de café, que debe ser calculado. Por ejemplo, puede considerarse que se harán 5 tazas de café dos veces al día manteniéndolas calientes durante media hora. El número de filtros (3.650) y el consumo de energía se pueden incluir también, basándose en este supuesto. Habrá que tener en cuenta que los resultados pueden variar dependiendo de si se utiliza una jarra termo y un plato caliente.
2. Un pañal desechable se compara con uno de tela. Los pañales sirven para absorber las heces y la orina de un niño que aún no sabe ir al baño. Uno de los supuestos que se pueden establecer para realizar la comparación

puede ser: el número de pañales y procesos requeridos en un periodo de 30 meses antes de que el niño aprenda a ir al baño. Entonces, debería incluirse el lavado y secado de los pañales de tela.

#### **Paso 4: Rellenar el formulario.**

- Anotar los materiales y procesos en el formulario, así como sus cantidades.
- Anotar los valores de los Eco-indicadores relevantes.
- Calcular los resultados multiplicando las cantidades por el valor de los indicadores.
- Sumar los resultados totales.

Hemos creado un formulario sencillo para realizar los cálculos con los Eco-indicadores. Este formulario, al igual que las listas de Eco-indicadores, se incluye al final de este manual. Esta hoja puede copiarse para uso personal. También disponemos de un software especializado Eco-indicador.

Si falta el indicador de un material o proceso, esto ocasiona un problema que puede resolverse de la siguiente forma:

- Comprobando si el indicador que falta podrá contribuir de forma significativa al impacto total en el medio ambiente,
- Sustituyendo un factor conocido por el factor que se desconoce. Si estudia la lista verá que los valores de los indicadores de plásticos son todos del mismo orden de magnitud. Basándose en esto, es posible estimar el valor de un plástico desconocido que esté dentro de este grupo.
- Solicitando a un experto medioambiental que calcule un nuevo valor para el indicador. Se dispone de paquetes de software para tal fin.

La omisión de un material o proceso debido a que no se dispone de valor de indicador sólo resulta admisible en caso de que exista constancia de que la aportación prevista de dicha parte es muy escasa. En términos generales es preferible efectuar una estimación antes que una omisión.

#### **Paso 5: Interpretar los resultados.**

- Combinar las conclusiones (provisionales) con los resultados.
- Comprobar el efecto de las suposiciones realizadas y de las incertidumbres detectadas.
- Modificar las conclusiones (si procede).
- Comprobar si se ha logrado el objetivo del cálculo.

Analizar qué procesos y fases del Ciclo de Vida resultan más importantes o qué alternativa presenta la peor puntuación. Verificar siempre el efecto de las asunciones e incertidumbres referidas a estos procesos prioritarios. ¿Qué ocurre con el resultado si se modifica ligeramente una suposición? ¿Se mantiene la conclusión principal o varían las prioridades o la preferencia de un producto? En caso afirmativo, la suposición deberá evaluarse de nuevo y se deberá buscar información complementaria.

Rogamos que se tenga en cuenta el hecho de que los valores estándar de los Eco-indicadores que aparecen en la lista no son exactos. Al final del capítulo 5 se plantea un debate referido a determinadas causas de esta incertidumbre y sugerimos un procedimiento para hacer frente a la misma.

## 4.- Ejemplos.

A continuación incluimos algunos ejemplos que ilustran el manejo de los Eco-indicadores. El primero es un análisis sencillo de una máquina de café en los pasos definidos en el capítulo anterior.

### 4.1. Ejemplo 1: Análisis sencillo de una máquina de café.

Un equipo de diseñadores está diseñando una nueva cafetera para uso doméstico y desea tener en cuenta los aspectos ambientales. Para permitir establecer prioridades desde el principio del proyecto, se analiza el modelo actual.

#### Paso 1: Establecer el objetivo del cálculo del Eco-indicador.

El objetivo del cálculo es establecer prioridades; en otras palabras: ¿por dónde puede empezar un diseñador para conseguir los mejores resultados ambientales? El propósito no es comparar dos máquinas de café. En primera instancia se pueden hacer cálculos "a ojo" y también se puede simplificar.

#### Paso 2: Definir el Ciclo de Vida.

La figura 3 ilustra el diagrama del proceso. Las cantidades recogidas en el paso 3 también se incluyen en este diagrama. Hemos utilizado un modelo simple de máquina de café que sólo tiene armazón de poliestireno, jarra de cristal, placa térmica de acero y tubo de aluminio (hemos omitido el cable y el enchufe).

Los recuadros que aparecen en blanco se han eliminado del cálculo del Eco-indicador. El consumo de café y agua se ha omitido ya que es difícil para el diseñador influir en ese campo, y tampoco se incluye el embalaje ya que no se estudia en este capítulo.

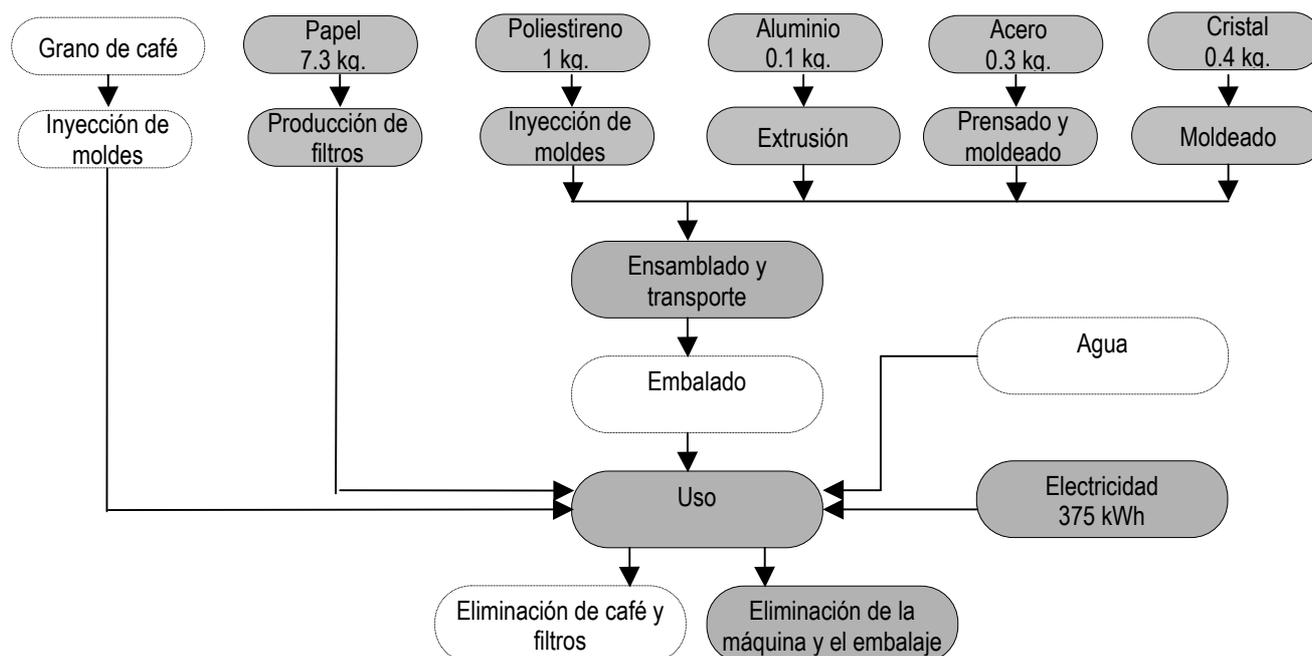


Figura 3: diagrama procesal de una máquina de café sencilla con cantidades y estimaciones. Algunos recuadros no se incluyen en el análisis.

#### Paso 3: Cuantificar materiales y procesos.

Las cantidades de material y los procesos de fabricación se pueden calcular o medir a partir de ahora. Las cantidades de material empleado pueden derivarse de las especificaciones de diseño o, si ya hay una máquina, pesando los componentes. Es necesario realizar una estimación de la frecuencia de utilización para establecer la electricidad necesaria y el número de filtros. En este ejemplo se ha determinado que la máquina se utiliza dos veces al día durante cinco años a media capacidad (5 tazas). También se ha supuesto que el café se mantiene caliente durante media hora después de hacerlo. Es la misma unidad funcional descrita en el paso 3 del capítulo anterior.

Se puede calcular fácilmente que en este caso se necesitan 3.650 filtros, con un peso total de 7,3 kgs. El consumo de electricidad es algo más difícil de determinar, pero se podría realizar una aproximación inicial multiplicando el tiempo empleado en hacer el café por la potencia de la cafetera. El consumo de electricidad para mantener el café caliente es aún más difícil de medir, pero se puede calcular con mediciones sencillas.

La estimación debe recoger también el comportamiento del consumidor a la hora de deshacerse de la máquina. No es lógico pensar que desmontará la máquina y tirará los componentes según su naturaleza. Nosotros asumimos, por tanto, que el consumidor tirará la máquina a la basura y que será procesada por el municipio. Sólo la jarra de cristal, suponiendo que esté diseñada para caber por la abertura del contenedor, puede considerarse como basura doméstica. En este caso tenemos en cuenta que en muchos hogares se dispone de contenedores especiales para el vidrio, y que entonces se podrá reciclar la jarra. Por esto no es necesario incluir un paso separado de reciclado del cristal en nuestro cálculo (véase el formulario). Algunos de los filtros acaban en el cubo de basura y algunos se tiran como basura orgánica.

#### **Paso 4: Rellenar el formulario.**

El formulario puede rellenarse ahora completando cada etapa del Ciclo de Vida y registrando los valores de los Eco-indicadores relevantes. Tenga muchísimo cuidado con las unidades. Seguidamente se puede calcular el resultado de cada proceso y apuntarlo en la columna "resultado".

Cuando se consulta la lista de Eco-indicadores, a veces resulta que no se han incluido todos los procesos necesarios. Entonces se tendrán que realizar estimaciones para los datos que faltan. En el ejemplo que nos ocupa, esto incluye procesos de elaboración y de eliminación, para los que sería necesario realizar las siguientes estimaciones:

- Los indicadores de estampación y producción del acero son muy bajos. Por eso, se puede ignorar el procesado de metales.
- No se tiene datos sobre la fabricación del cristal. Sin embargo, se puede hacer una estimación de la cantidad de energía (en este caso, 4 MJ) basándose en el punto de fusión, el calor específico y la supuesta eficiencia del horno.

La fase de eliminación no aporta datos sobre la basura orgánica. Se pueden hacer dos estimaciones:

- Ignorar la posibilidad de convertir los restos en abono y asumir que todo el papel acaba siendo procesado por el municipio.
- Suponer que la fabricación de abonos tiene un impacto mínimo y que por tanto puede omitirse. En este ejemplo se ha decidido elegir el supuesto de que todo el papel es procesado por el municipio.

A continuación se muestra un formulario completo.

<b>Producto o componente</b> Cafetera	<b>Proyecto</b> Ejemplo
<b>Fecha</b> 17-07-95	<b>Autor</b> Pré
<b>Notas y conclusiones</b> Análisis de una cafetera. Supuestos: uso durante 5 años, 2 veces al día, a media capacidad, manteniendo caliente el café durante 30 minutos.	

**Producción** (Materiales, procesos y transporte).

Material o proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Poliestireno expandible (EPS)	1 kg	360	360
Moldeado por inyección-1 (PS)	1 kg	21	21
Aluminio 0% rec.(Al)	0,1 kg	780	78
Extrusión – aluminio	0,1 kg	72	7
Acero	0,3 kg	86	26
Vidrio (blanco)	0,4 kg	58	23
Calor por gas (modelado)	4 MJ	5,3	21
<b>Total</b>			<b>536</b>

**Uso** (Transporte, energía y materiales auxiliares).

Material o proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Electricidad BV Países Bajos	375 Kwh	37	13.875
Papel	7,3 kg	96	701
<b>Total</b>			<b>14.576</b>

**Desecho** (Para cada tipo de material).

Material y tipo de proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Residuos urbanos de PS.	1 kg	2	2
Residuos urbanos de acero.	0,4 kg	-5,9	-2,4
Basura doméstica, vidrio.	0,4 kg	-6,9	-2,8
Residuos urbanos de papel.	7,3 kg	0,71	5,2
<b>Total</b>			<b>2</b>

**TOTAL**(todas las fases) **15.114****Paso 5: Interpretar los resultados.**

Los resultados del formulario revelan que la fase de utilización tiene el mayor impacto. El equipo de diseño tendrá, por tanto, que asignar una mayor prioridad a disminuir el consumo de energía al diseñar el nuevo modelo de cafetera. Reducir el consumo de papel de los filtros será la segunda prioridad.

Entre los materiales, el impacto del poliestireno es predominante.

- Verificación**

El efecto de las suposiciones es mínimo en este caso, a parte de la suposición sobre utilización (y la vida útil). La medida del consumo de electricidad es razonablemente fiable, pero la estimación de que se hará café dos veces al día durante 5 años y de que estará caliente media hora no se basa en datos concretos. De todas formas, se asume que la cafetera se utiliza sólo una vez a la semana la conclusión de que el gasto de energía es el factor predominante sigue siendo válida.

Los indicadores relativos a la eliminación del aluminio y el papel no dan lugar a ninguna conclusión. Incluso con cifras exactas, la contribución de la fase de eliminación será sólo una fracción mínima del indicador de la fase de utilización.

- Mejoras**

Basándose en este cálculo de Eco-indicadores, el equipo de diseñadores podrá pensar en desarrollar una cafetera con jarra termo en lugar de placa térmica. Además, la cafetera podría mejorarse con un filtro permanente en vez de filtros desechables. Estas alternativas de diseño pueden, por supuesto, evaluarse de la misma forma con los Eco-indicadores.

Este cálculo permitirá que el usuario conozca el impacto ambiental de las alternativas del diseño de la cafetera tal y como se describió anteriormente. El resultado de este análisis se muestra de nuevo en la figura 4 en forma de diagrama, en el que cada recuadro muestra la medida de la contribución relativa al total.

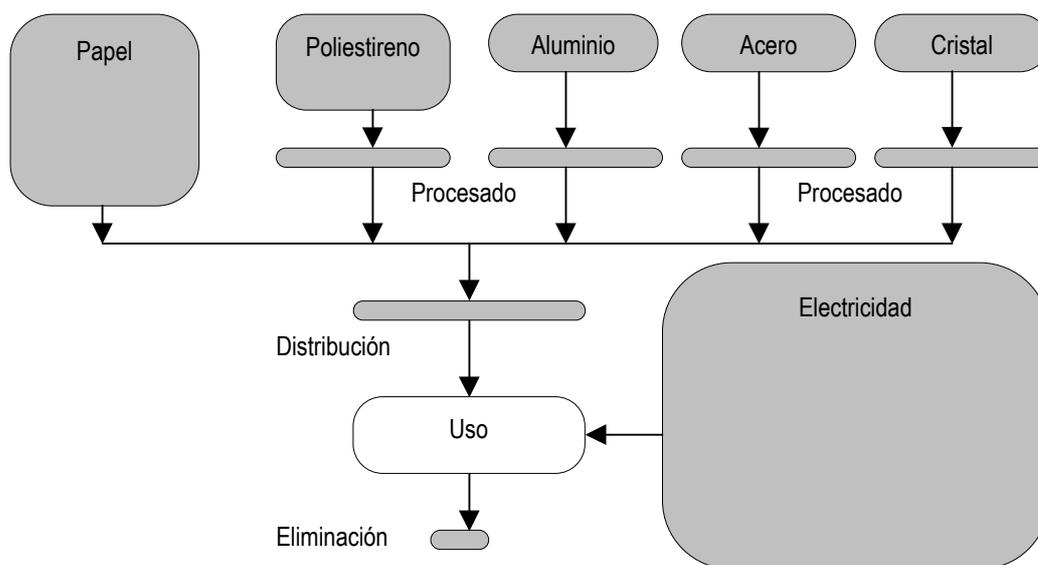


Figura 4: diagrama de proceso de la cafetera, el tamaño de los bloques es proporcional a la importancia relativa del proceso.

#### 4.2. Ejemplo de un producto complejo.

Si los productos contienen numerosos componentes, este formulario se queda pequeño muy pronto. En estos casos, se puede definir un producto subdividiéndolo en partes, de la misma forma que en los dibujos técnicos. Se puede utilizar una columna del formulario para cada parte, y los resultados totales de los mismos pueden trasladarse al formulario principal. La fase de utilización también se puede incluir en este formulario. La figura 5 muestra este método de cumplimentación de un formulario para un frigorífico:

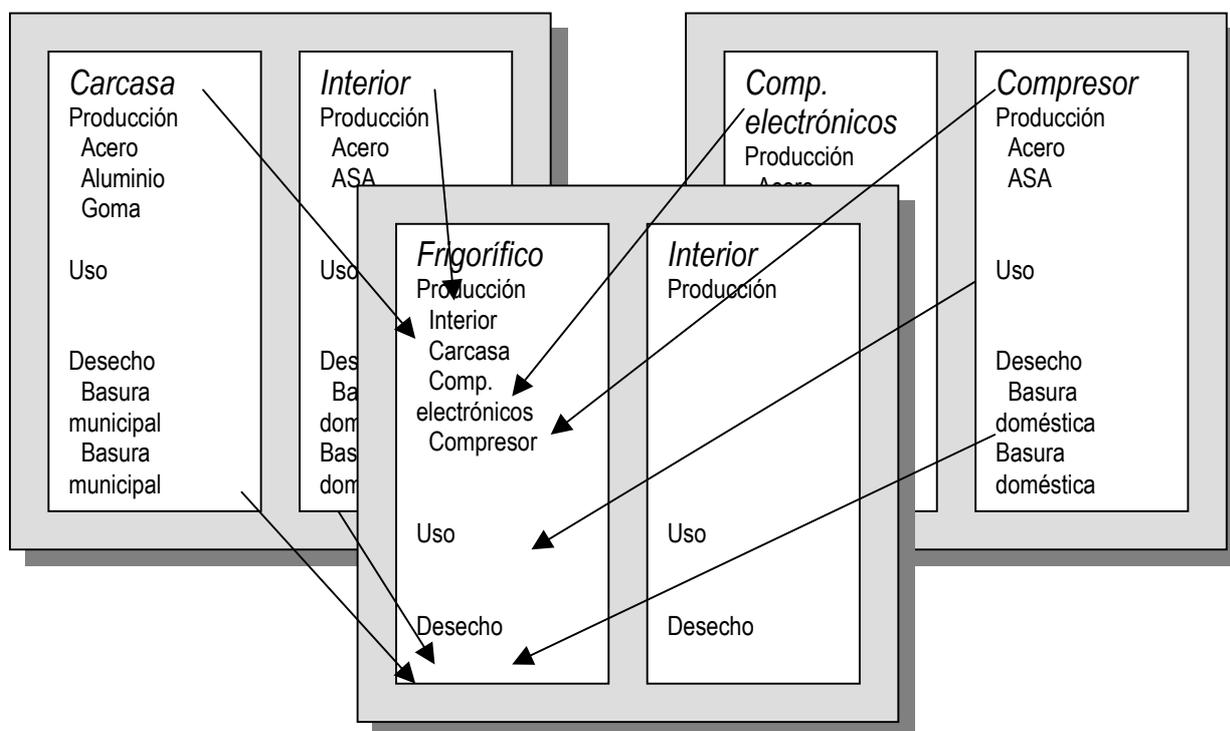


Figura 5: Ejemplo de un formulario completo (en este caso sin cifras) de un producto subdividido.

## 5.- Metodología Eco-indicator '99.

El Eco-indicator '99 se ha desarrollado con una metodología especialmente desarrollada para ello. Los detalles de esta metodología se pueden encontrar en el informe sobre metodología del Eco-indicator 99 disponible en [www.pre.nl](http://www.pre.nl)

### 5.1. Tres pasos.

Para calcular los Eco-indicadores es necesario dar tres pasos:

1. Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el Ciclo de Vida de un producto. Es un procedimiento estándar de los LCA.
2. Cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la salud humana, a la calidad del ecosistema y a los recursos.
3. Ponderación de las tres categorías de daño.

La figura 6 ilustra estos tres pasos. Más tarde discutiremos los mismos en orden inverso, es decir, empezando por el paso 3. Este orden inverso fue el que seguimos durante el desarrollo del proceso.

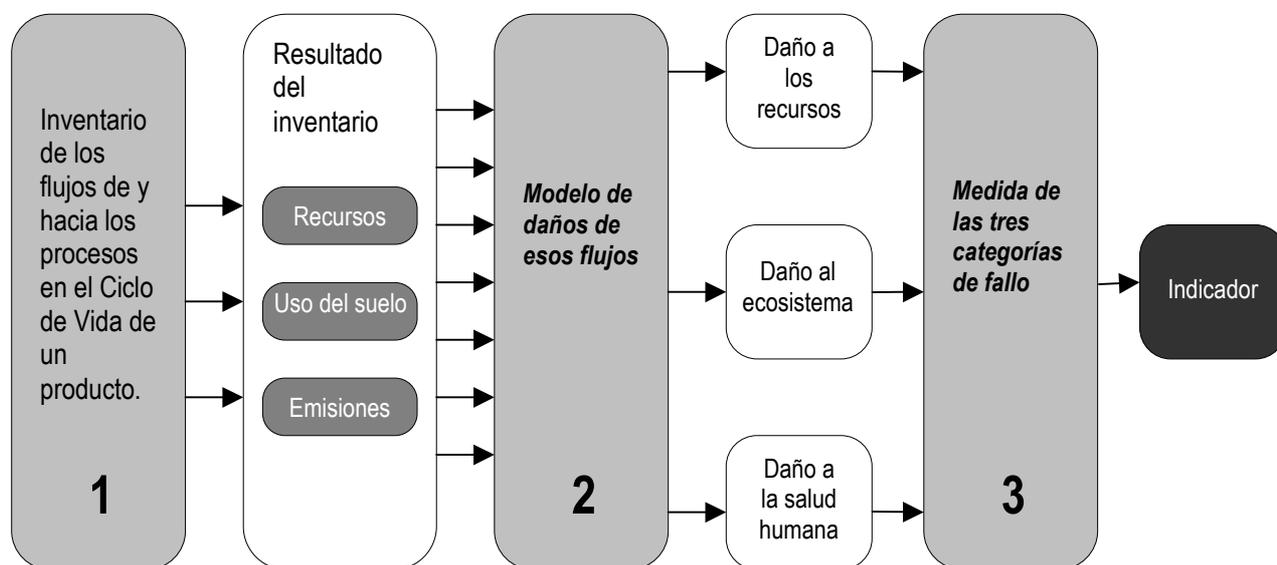


Figura 6: procedimiento general del cálculo de los Eco-indicadores.

### 5.2. Ponderación (paso 3).

El paso más crítico y controvertido en una metodología es el paso de ponderación.

En el método tradicional LCA, las emisiones y las extracciones de recursos se expresan en forma de 10 o más categorías diferentes, como la acidificación, la disminución de la capa de ozono, la ecotoxicidad y la extracción de recursos. Para un grupo formado por expertos y no expertos es muy difícil establecer factores significativos para un número tan grande y tan abstracto de categorías de impacto. El problema es que los miembros del grupo no pueden comprender realmente la seriedad de esas categorías sin saber qué efectos llevan asociadas. Un problema adicional es que 10 es un número relativamente alto de elementos a medir.

En el desarrollo de la metodología Eco-indicator 99 empezamos diseñando el procedimiento de ponderación y nos preguntamos qué tipo de información podía manejar un equipo de personas para realizar el procedimiento de ponderación. Nuestra conclusión fue que no deberíamos medir las categorías de impacto, sino los diferentes tipos de daños que causan esos impactos. La otra mejora es limitar sólo a tres el número de elementos a analizar. De esta forma, los expertos sólo tienen que evaluar la seriedad de estas tres categorías de impactos:

1. **Daño a la salud humana:** expresado como el número de años de vida perdidos y el número de años que ha sufrido una enfermedad. Se combinan bajo el nombre de “años de vida sometidos a una discapacidad” (DALYs), término también utilizado por el banco mundial y la OMS.

2. **Daño a la calidad del ecosistema:** expresado como la pérdida de especies en un área determinada durante un tiempo determinado.
3. **Daño a los recursos:** expresados como el exceso de energía que se necesitará para extraer minerales y combustibles fósiles en el futuro.

Quien realizó este estudio fue un grupo de 365 expertos suizos en LCA (Metier 1999). Este grupo no puede, por desgracia, considerarse representativo de la población europea. La razón por la que elegimos este grupo fue la suposición de que este tipo de personas comprenderían más fácilmente las preguntas que les haríamos.

Los resultados obtenidos indican que los miembros de este grupo consideran igualmente importante los daños ocasionados a la salud y al ecosistema, considerando la mitad de importante los daños a los recursos.

### 5.3. El modelo de daños (paso 2).

Para poder utilizar las medidas de las tres categorías de daño se ha desarrollado una serie de modelos de daño complejos. La figura 7 representa los mismos de forma esquemática.

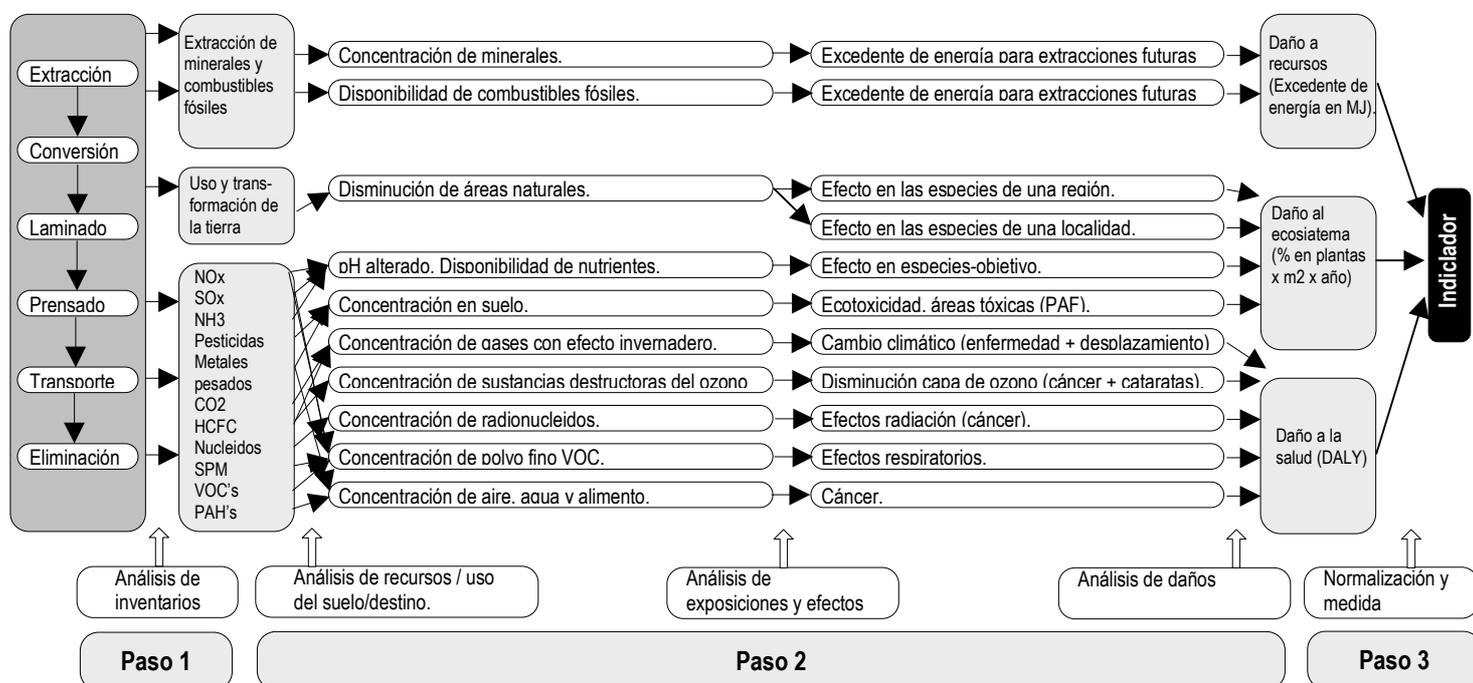


Figura 7: Representación detallada del modelo de daños (paso 2)

#### 5.3.1. El modelo de daños para emisiones.

Para calcular el daño de las emisiones es necesario hacerlo en cuatro pasos (Hofstetter 1998).

- **Análisis de destino.**

Cuando se libera una sustancia química, ésta se abre paso a través del aire, el agua y el suelo. Hacia dónde irá y el tiempo que perdure dependerán de las propiedades de la sustancia y del medio. Una sustancia muy soluble llegará al agua, mientras que otra que se una a las partículas orgánicas puede terminar en determinados tipos de suelo. Otro aspecto importante es la degradabilidad, pues la mayoría de las sustancias orgánicas tienen un tiempo de vida limitado. El llamado modelo de "análisis de destino" contempla la relación entre los medios de dispersión y la degradación de las sustancias. Como resultado, se puede calcular la concentración en aire, agua, suelo y alimentos.

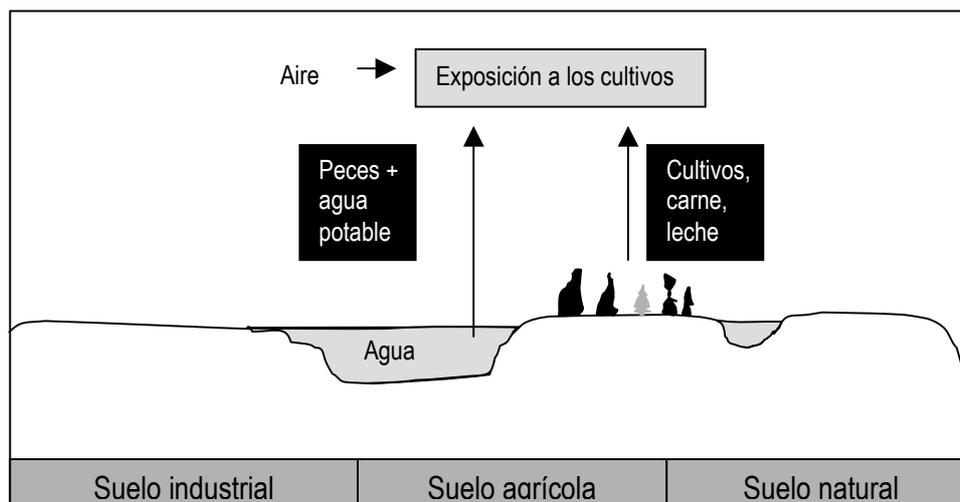


Figura 8: Representación esquemática del modelo de destino empleado para medir la toxicidad. Para otro tipos de sustancias se emplean otros modelos de destino.

- **Análisis de exposición.**

Basándonos en las concentraciones calculadas, se puede determinar cuánto tiempo afectará una sustancia al ser humano, a las plantas y a otras formas de vida.

- **Análisis de efectos.**

Una vez conocemos el tiempo de exposición de una sustancia, es posible predecir los tipos y frecuencia de enfermedades así como otros posibles efectos.

- **Análisis de daños.**

Las enfermedades predichas pueden expresarse ahora en nuestra unidad de daños. Por ejemplo, sabemos que un cierto nivel de exposición causa 10 casos extra de un determinado tipo de cáncer. Por otra parte, podemos encontrar datos sobre la media de edad de las personas que contraen esa enfermedad y la media de posibilidades que tienen esas personas de fallecer. Basándonos en estos datos, podemos calcular el número de años perdidos y cuantos años se ha estado impedido, ya que las personas enfermas tienen que recibir tratamiento hospitalario. Para evaluar los efectos tóxicos en el ecosistema, calculamos qué porcentaje de plantas y especies sencillas se han expuesto a sustancias tóxicas, mientras que para calcular la acidificación y la eutrofización consideramos el porcentaje de plantas en peligro de desaparición (fracción potencial de desaparición). Los daños ocasionados a especies superiores tales como pájaros y mamíferos no pueden calcularse, pero hay buenas razones para considerar que el daño a las plantas y los organismos sencillos es también representativo del daño ocasionado a los animales más complejos.

Hemos calculado así los daños que la mayoría de las sustancias ocasionan a escala europea. Sin embargo, en algunas de ellas, como gases de efecto invernadero, gases que disminuyen la capa de ozono y las sustancias radioactivas de larga duración, hemos calculado el daño a nivel mundial, ya que estas sustancias se dispersan por todo el mundo.

### 5.3.2. Modelo de daños referido al uso del suelo.

La humanidad ocupa grandes porciones de tierra con propósitos urbanísticos y agrícolas. Este es un factor importante que determina que muchas especies estén en peligro de extinción, por lo que es esencial incluir en el Eco-indicador los efectos del uso del suelo de los sistemas humanos. Aquí la desaparición de especies cuenta también como unidad de daños.

Los diferentes tipos de uso del suelo tendrán diferentes efectos. Por ejemplo, un aparcamiento pavimentado tendrá menos plantas que un prado orgánico. Basándonos en estudios de conservación de los terrenos (Kölmer 1999) hemos desarrollado una escala que recoge la diversidad de especies en cada tipo de tierra, teniendo en cuenta la complicación que supone el hecho de que la diversidad de especies depende del tamaño del área. Esto significa que la construcción y uso de un aparcamiento no sólo tiene efectos en el área real del aparcamiento sino también en el área circundante, y

debido a esto las áreas naturales serán un poco más pequeñas. Llamamos a esto efecto regional. El Eco-indicator 99 tiene en cuenta tanto el efecto regional como el local.

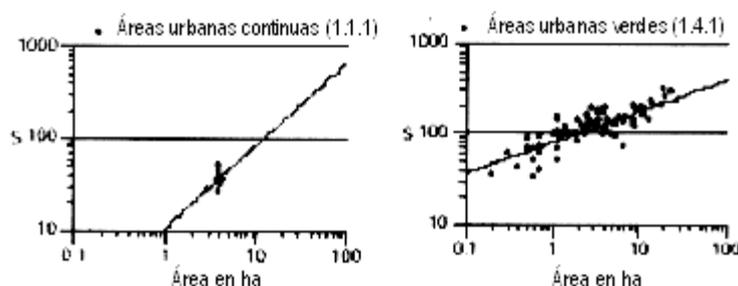


Figura 10: algunos ejemplos de la relación entre especies en un área. Cada punto se basa en observaciones reales. La línea es la correlación calculada entre el tamaño del área (horizontal) y el número de especies (vertical). (Tomado por Kölner 1999).

### 5.3.3. Modelo de daños referido a los recursos.

Al extraer minerales reducimos la calidad de los recursos restantes. Esto es debido a que la humanidad siempre extrae primero los mejores recursos, dejando los de baja calidad a las generaciones futuras. Por ejemplo, en la Edad de Bronce, nuestros antepasados encontraron menas con elevados porcentajes de cobre, mientras que ahora éste alcanza alrededor del 0,7%.

Las generaciones futuras experimentarán el daño referente a los recursos ya que tendrán que emplear más esfuerzo para extraer los recursos que queden. Hemos expresado este esfuerzo extra como "excedente de energía". (Müller-Wenk 1996)

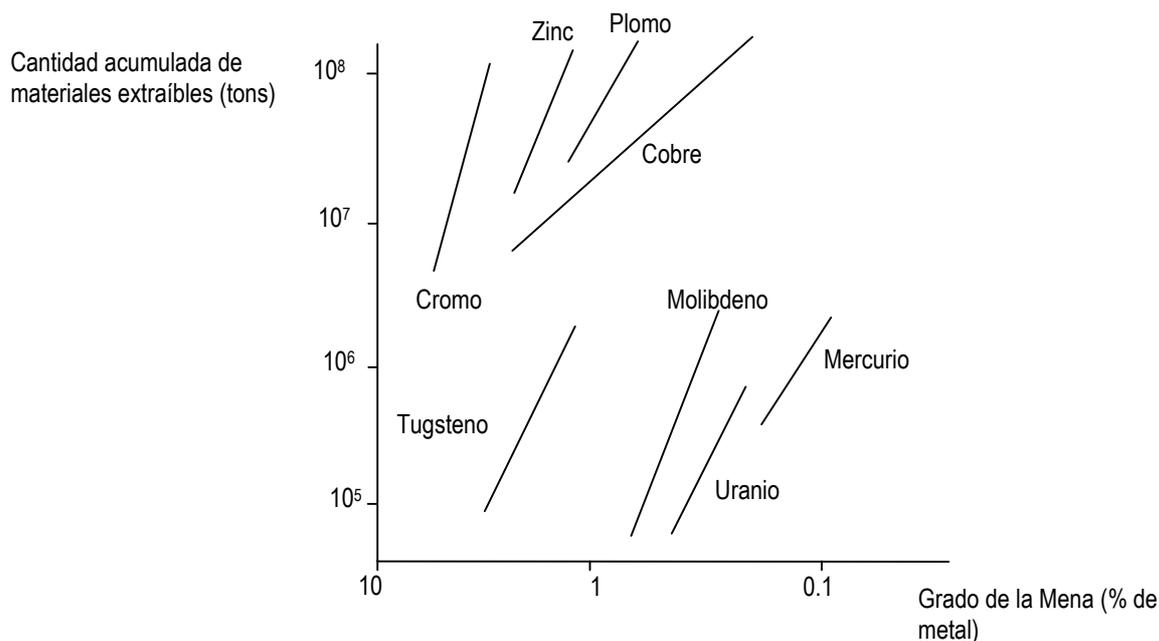


Figura 10: la relación entre la disponibilidad de los recursos y la mena generan un logaritmo para cierto número de minerales. Una línea pendiente indica que la disponibilidad aumenta de forma acusada si la humanidad puede y quiere aceptar una baja concentración de menas. Las líneas horizontales indican que incluso en bajas concentraciones, la disponibilidad no aumentará demasiado. El último caso es quizás más problemático que el primero. (Tomado de Chapman 83)

Se aplica el mismo razonamiento para los combustibles fósiles, aunque aquí no podemos hablar de concentración. Sin embargo, la riqueza de datos estadísticos indica que, de forma gradual, la disponibilidad de combustible fósil de fácil extracción, como el petróleo, va disminuyendo. Esto no significa que nos enfrentemos al final de los recursos fósiles, sino que deberán utilizarse otros combustibles de menor calidad, como el aceite de pizarra. Aquí también se puede interpretar la menor calidad como excedente de energía, ya que la exploración para encontrar pizarra, por ejemplo, requerirá un consumo de energía mayor que la extracción de petróleo.

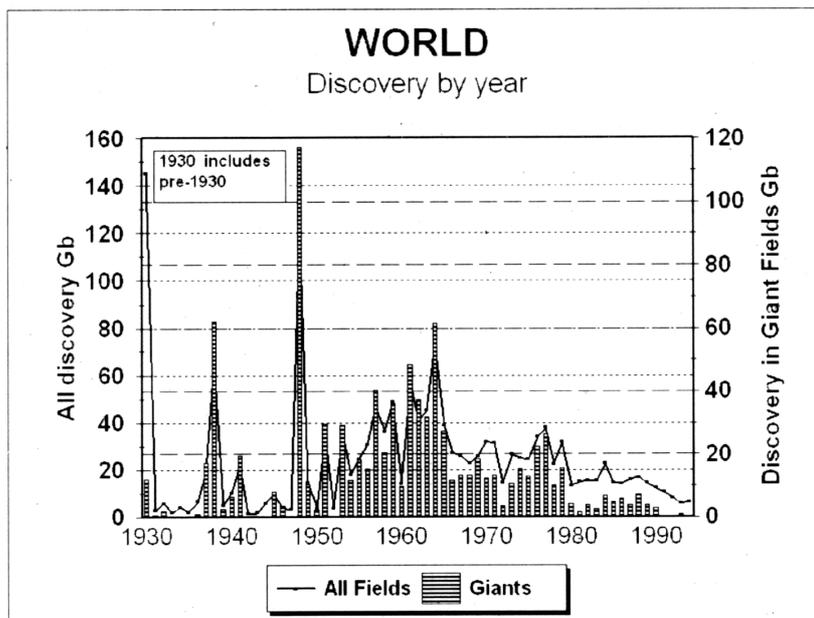


Figura 11: el descubrimiento de yacimientos de petróleo ha descendido hasta una media de unos 6 gigabarriles por año, mientras que la extracción casi se ha multiplicado por diez. Las llamadas “grandes bolsas” se han explotado por completo durante los años 50, 60 y 70. El conocimiento actual de geología está tan desarrollado que es poco probable que se descubran más grandes bolsas.

#### 5.4. Inventario de los procesos (paso 1).

Para establecer los Eco-indicadores estándar hemos utilizado principalmente la base de datos sobre energía desarrollada por ESU-ETH en Zurich (ESU 1996). Estos datos son muy conocidos y están muy bien documentados. Además de estos datos, también hemos empleado datos software de SimaPro LCA.

En el inventario de esos datos es muy importante emplear una metodología consistente que incluya elementos tales como:

- **Límites del sistema:** lo que se incluye y lo que no;
- **Clasificación:** cómo tratar procesos industriales que generan más de una salida;
- **Aspectos regionales:** si se utilizan datos alemanes, suizos o de otros países europeos;
- **Temas sobre la calidad de los datos generales:** edad, representatividad, medias, tecnología moderna etc.

El apéndice 1 incluye una breve descripción de estos temas.

Quisiéramos advertir a los usuarios que no deben mezclar las bases de datos con los indicadores desarrollados con diferentes metodologías, tal y como han hecho algunos programas de desarrollo de software con la metodología Eco-indicator 95.

#### 5.5. Inexactitudes.

Por supuesto, es muy importante prestar atención a las inexactitudes de la metodología empleada para calcular los indicadores. Se distinguen dos tipos:

1. Inexactitudes sobre la corrección de los modelos empleados.
2. Inexactitudes de los datos.

El primer tipo incluye valores tales como la elección del espacio de tiempo en el modelo de daños o la pregunta sobre si debemos incluir un efecto incluso si las pruebas científicas demuestran que la existencia de ese efecto es incompleta.

Las inexactitudes de datos se refieren a las dificultades para medir o predecir efectos. Este tipo de inexactitudes es relativamente fácil de manejar y se puede expresar como la medida de una desviación estándar. Las inexactitudes sobre la corrección del modelo son muy difíciles de determinar.

**Inexactitudes sobre la corrección del modelo.**

En los debates sobre los efectos ambientales, las opiniones son normalmente muy diversas. Esto puede deberse a las diferencias en el conocimiento pero también a diferencias fundamentales en actitud y perspectiva, que desempeñan un papel fundamental. Algunas personas alegarán que los efectos a largo plazo son más importantes que los efectos a corto plazo, mientras otras dirán que los problemas ambientales a largo plazo podrán solucionarse mediante desarrollos tecnológicos y si se toman las medidas adecuadas. Otra diferencia podrá ser que algunas personas sólo tendrán en cuenta elementos que vengan acompañados de numerosas pruebas científicas, mientras otras pensarán que deben tenerse en cuenta todos los posibles efectos.

Estas perspectivas tan diferentes no pueden reconciliarse, y no hay forma de determinar cuál es la correcta. Esto supone un problema, ya que, como creadores de la metodología Eco-indicator 99 nos enfrentamos con frecuencia a modelos que dependen de estas perspectivas tan distintas. Ya que no podemos elaborar una versión diferente para cada perspectiva individual, hemos establecido tres “arquetipos” de perspectivas.

Una caracterización muy simple, empleando sólo tres criterios de estas versiones es la siguiente:

	Perspectiva de tiempo	Razonabilidad	Nivel de evidencia necesario
J (Jerárquico)	Balance entre plazos largos y cortos de tiempo	Una política apropiada puede evitar muchos problemas	Inclusión basada en el consenso
I (Individualista)	A corto plazo	La tecnología puede evitar muchos problemas	Sólo efectos probados
Ig (Igualitario)	A muy largo plazo	Los problemas pueden llevar a la catástrofe	Todos los efectos posibles

Esos “arquetipos” están tomados del marco de Teoría Cultural (Thompson 1990 y Hofstetter 1998) y se utilizan frecuentemente en ciencias sociales. Por supuesto, esta teoría no implica que necesariamente haya tres tipos de personas: los arquetipos son modelos conceptuales, la mayoría de la gente emplea las tres perspectivas en su vida diaria.

Como consecuencia, aparecen tres versiones diferentes de la metodología Eco-indicator 99. Las cifras publicadas en este informe se basan en la versión J (jerárquica), que se ha elegido por defecto. Las otras versiones también están disponibles en el software de LCA y se pueden utilizar para investigar la influencia de los diferentes modelos de elección en el resultado.

También en el comportamiento del grupo estudiado (paso 3) hemos distinguido estos arquetipos. Para realizar el inventario (paso 1) no hemos tenido en cuenta estas diferencias ya que utilizamos los datos estándar disponibles.

**Inexactitudes de datos.**

Las **inexactitudes de datos** abarcan los más diversos temas. Por ejemplo, nos hemos encontrado con inexactitudes en el número de casos de cáncer esperados cuando se expone a un grupo de personas a ciertas sustancias, o con inexactitudes en la concentración de un mineral determinado. En el informe de la metodología se determinan y describen las inexactitudes de datos para casi todos los efectos sobre la salud humana y para casi todos los efectos en el ecosistema, así como para el comportamiento de los miembros del grupo estudiado. Desgraciadamente, las inexactitudes en acidificación, eutrofización y recursos, así como las de los valores de normalización, no están disponibles.

Al examinar las inexactitudes es importante distinguir entre inexactitudes absolutas y relativas. Con esto nos referimos a las inexactitudes en las diferencias ENTRE los indicadores. Esta inexactitud relativa es el factor más importante para la aplicación práctica del usuario que desea comparar materiales u opciones de diseño.

La inexactitud relativa puede ser mucho menor que la inexactitud absoluta. Esto se debe a que las inexactitudes están correlacionadas y tienen tendencia a compensarse unas a otras.

Ejemplos:

1. Supongan que el producto A está compuesto de 5 kilos de polietileno y el producto B de 6 kilos de idéntico material. En este caso, es lógico pensar que el producto B tendrá una carga ambiental mayor, sin tener en consideración lo importante que sean las inexactitudes en los indicadores, puesto que cualquier defecto en la metodología se compensaría totalmente.
2. Supongan ahora que el producto B está hecho con polipropileno. En este caso, las inexactitudes desempeñan un papel limitado, ya que los procesos de producción y las emisiones más importantes y las materias primas no serán muy diferentes. Por ejemplo, si hay un fallo importante en los datos sobre extracción de petróleo en el modelo de daños a los recursos, este fallo tendrá el mismo efecto en ambos casos. De manera similar, un error en el modelo de daños por CO<sub>2</sub> también funcionaría de forma similar. Como resultado podemos concluir que las inexactitudes en los Eco-indicadores que se refieren a procesos más o menos similares serán muy pequeñas.
3. Supongan ahora que el producto B está hecho de madera. Ahora las inexactitudes pueden ser muy significativas, ya que el procesado y las emisiones más importantes, así como los recursos, son casi totalmente diferentes. Un error en el modelo de daño para la extracción de petróleo no se compensa con un error similar en el proceso de producción de madera, ya que se utiliza una cantidad relativamente pequeña de petróleo para recolectar y transportar la madera. De forma similar, un error en el modelo establecido para una refinería, tal y como la cantidad de tierra empleada por cada kilo de petróleo es pequeña. Esto significa que cuando se utilizan los Eco-indicadores para comparar dos materiales o procesos totalmente diferentes, uno de ellos debe permitir un gran margen de error antes de llegar a una conclusión.

Tras esto, podemos concluir que es muy difícil generalizar las inexactitudes en el indicador, ya que depende en gran medida en la forma en que los errores en los modelos se compensan unos a otros. Como línea general y provisional recomendamos tener en cuenta lo siguiente si se comparan diferentes ciclos de vida:

1. **Determinar los procesos más importantes: los procesos con mayores contribuciones.**
2. **Determinar si se espera que esos procesos tengan materias primas, procesos de operación y emisiones similares o diferentes.**
3. **Si se considera que los procesos dominantes son muy parecidos, la diferencia entre los resultados del Eco-indicador debería oscilar entre el 10 y el 50% si se quiere llegar a la conclusión de que un producto es mejor que otro.**
4. **Si los procesos dominantes no son parecidos o son completamente diferentes. Los resultados del Eco-indicador deberían diferir al menos más del 100% antes de llegar a una conclusión fiable.**

Cuando las decisiones estratégicas importantes se basan en el análisis, recomendamos utilizar la metodología del Eco-indicador con un software LCA transparente o imparcial, ya que esto permitiría comprender las inexactitudes mucho mejor.

**Bibliografía**

- Campbell 1998 Campbell, C.J.; *A guide to determining the world's endowment and depletion of oil*, 31 marzo 1998; Petroland Consultants. Véase también [www.hubbertpeak.com/campbell/guide.htm](http://www.hubbertpeak.com/campbell/guide.htm)
- Chapman 1983 Chapman, P.F., Roberts F. (1983): *Metal resources and energy*. Butterworks Monographs in Materials
- ESU 1996 Frischknecht R. (editor final), U. Bollens, S. Bosshart, M. Ciot, L. Ciseri, G. Doka, R. Hischer, A. Martin (ETH Zurich), R. Dones, U. Gantner (PSI Villigen), 1996. *Ökoinventare von Energiesystemen, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*, tercera edición, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt, ETH Zurich, Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, PSI Villigen
- Goedkoop 1995-1 Goedkoop M.J., *De Eco-indicator 95, eindrapport; NOH rapport 9514*, julio 1995, ISBN 90-72130-77-4
- Goedkoop 1995-2 Goedkoop, M. J., Demmers M., Collignon M., *De Eco.indicator 95 Handleiding voor ontwerpers, eindrapport; NOH rapport 9510*, julio 1995, ISBN 90-72130-78-2
- Goedkoop 1999 Goedkoop, M.J., Spriensma R.S., *The Eco-indicator 99, Methodology report, A damage oriented LCIA method; VROM report-----*, La Haya, 1999
- Heijungs 1992 Heijungs R. (editor final) et al., *Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten, handleiding en achtengronden, NOH rapport 9253 en 9254*; Leiden, 1992 *In opdracht van der Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH) in samenwerking met CML, TNO en B&G*
- Hofstetter 1998 Hofstetter, P. (1998): *Perspectives in life cycle impact assessment; A structured approach to combine models of the technosphere, ecosphere and valuesphere*. Kluwers Academic Publishers, 1998. Información en: [www.wkap.nl/book.htm/07923-8377-X](http://www.wkap.nl/book.htm/07923-8377-X)
- Kölner 1999 Kölner T., *Life-cycle impact assessment for land use. Effect assessment taking the attribute biodiversity into account*. Publicado en el Journal of Cleaner Production. Abril 1999
- Mettier 1999 Mettier T.: *Der Vergleich von Schutzgütern- Ausgewählte Resultate einer Panel-Befragung*, en: Hofstetter P., Mettier T., Tietje O. (eds.), *Ansaetze zum Vergleich von Umweltschaeden, Nachbearbeitung des 9. Diskussionsforums Oekobilanzen vom 4. Dezember 1998*, ETH Zurich
- Müller-Wenk 1998 Müller-Wenk, R. (1998-1): *Depletion of abiotic resources wighted on the base of "vital" impacts of lower grade deposits in future*. TWÖ Diskussionsbetrag Nr. 57. Universität St. Gallen, Marzo 1998, ISBN 3-906502-57-0
- Thompson 1990 Thompson M., Ellis R., Wildavsky A.: *Cultural theory*. Westview Print Boulder 1990

**Producción de metales férricos (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Hierro fundido	240	Hierro fundido con >2% de carbón	1
Acero de convertidores	94	Bloques de material que sólo contienen acero primario	1
Acero de arco eléctrico	24	Bloques de material que sólo contienen chatarra (acero secundario)	1
Acero	86	Bloques de material que sólo contienen 80% de hierro primario y 20% de restos	1
Acero de alta aleación	910	Bloques de material que sólo contienen 71% de acero primario, 16% Cr, 13% Ni.	1
Acero de baja aleación	110	Bloques de material que sólo contienen 93% de acero primario, 5% de restos y 1% de materiales de aleación	1

**Producción de metales no férricos (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Aluminio 100% rec.	60	Bloques de material que sólo contienen materiales secundarios	1
Aluminio 0% rec.	780	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cromo	970	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cobre	1400	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Plomo	640	Bloques de material que contienen 50% de plomo secundario	1
Níquel enriquecido	5200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Paladio enriquecido	4600000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Platino	7000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Rodio enriquecido	12000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Zinc	3200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios (baño de calidad)	1

**Procesado de metales (en milipuntos).**

Proceso	Indicador	Descripción	
Curvado-aluminio	0,000047	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Curvado-acero	0,00008	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Curvado-RVS	0,00011	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Soldadura fuerte (con plata, cobre o latón)	4000	Por kg de cobresoldadura, incluyendo material de cobresoldado (45% de plata, 27% de cobre, 25% de latón)	1
Laminado en frío de rollos	18	Reducción de 1 mm en cada bandeja de 1 m <sup>2</sup> .	4
Cromado electrolítico	1100	Por m <sup>2</sup> , de 1 µm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Galvanizado electrolítico	130	Por m <sup>2</sup> , de 2,5 µm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Extrusión – aluminio	72	Por kg	4
Fresado, torneado, perforación	800	Por dm <sup>3</sup> de material eliminado sin producción de material de desecho	4
Prensado	23	Por kg de material deformado sin incluir las partes no deformadas	4
Soldado por puntos – aluminio	2,7	Por soldadura de 7 mm de diámetro, ancho de la lámina: 2 mm	4
Corte / estampación – aluminio	0,000036	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Corte / estampación – acero	0,00006	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Corte / estampación – RVS	0,000086	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Laminado	30	Por kg producido de láminas fuera del material del bloque	4
Zincado de bandas	4300	(Baño de zinc sedzimir) por m <sup>2</sup> , de 20-45 µm de espesor, incluyendo el zinc	1
Galvanizado en caliente	3300	Por m <sup>2</sup> , espesor de 100 µm incluyendo zinc	1
Baño de zinc (conversión um)	49	Por m <sup>2</sup> , espesor extra µm, incluyendo zinc	1

**Producción de plástico granulado (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
ABS	400		3
HDPE	330		1
LDPE	360		1
PA 6.6	630		3
PC	510		1
PET	380		1
PET botellas	390	Para botellas	3
PP	330		1
PS (GPPS)	370	Uso general	3
PS (HIPS)	360	Gran impacto	1
PS (EPS)	360	Expandible	3
PUR absorción de energía	490		3
PUR bloques de espuma flexible	480	Para muebles, camas, ropa	3
PUR espuma dura	420	Para elaborar electrodomésticos, aislamientos, materiales de construcción	1
PUR espuma semirígida	480		3
PVC gran impacto	280	Sin estabilizador de metales (Pb o Ba) ni plastificantes (véase químicos)	1
PVC rígido	270	PVC rígido con 10% de plastificantes (estimación aproximada)	1
PVC flexible	240	PVC flexible con 50% de plastificantes (estimación aproximada)	1
PVDC	440	Para capas finas	3

**Procesado de plásticos (en milipuntos).**

Proceso	Indicador	Descripción	
Extrusión con soplado de aire de PE	2,1	Por kg de PE granulado, pero sin producción de PE. Láminas para fabricar bolsas	2
Calandrado de láminas de PVC	3,7	Por kg de PVC granulado, pero sin producción de PVC	2
Moldeado por inyección -1	21	Por kg de PE; PP; PS y ABS granulado, pero sin producción de material	4
Moldeado por inyección -2	44	Por kg de PVC y PC, pero sin producción de material	4
Granceado, taladrado	6,4	Por dm <sup>3</sup> de material procesado, pero sin producción de material de desecho	4
Modelado por presión	6,4	Por kg	4
Moldeado de PUR por inyección	12	Por kg, sin producción de PUR ni otros posibles componentes	4
Soldadura ultrasónica	0,098	Por metro soldado	4
Moldeo o conformado en vacío	9,1	Por kg de material, pero sin producción del mismo	4

**Producción de caucho (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Gomas EPDM	360	Vulcanizado con 44% de carbono, incluyendo el moldeado	1

**Producción de materiales de embalaje (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Cartón de embalaje	69	Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de dilatación	1
Papel	96	Contiene 65% de papel de desecho, omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de dilatación	1
Vidrio (marrón)	50	Vidrio para envases que contiene un 61% de vidrio reciclado	2
Vidrio (verde)	51	Vidrio para envases que contiene un 99% de vidrio reciclado	2
Vidrio (blanco)	58	Vidrio para envases que contiene un 55% de vidrio reciclado	2

**Producción de productos químicos y otros (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Amoniaco	160	NH <sub>3</sub>	1
Argón	7,8	Gas inerte empleado en bombillas, soldadura de metales reactivos como el aluminio	1
Betonita	13	Para la arena de los gatos, porcelana etc.	1
Negro de humo	180	Empleado como colorante y relleno	1
Productos químicos inorgánicos	53	Valor medio de producción de químicos inorgánicos	1
Productos químicos orgánicos	99	Valor medio de producción de químicos orgánicos	1
Cloro	38	Cl <sub>2</sub> producido mediante procesos de diagrama (tecnología punta)	1
Dimetil p-pathalate	190	Como plastificante para suavizar el PVC	1
Etilenglicol / óxido de etileno	330	Como disolvente artificial y limpiador	1
Fueloil	180	Sólo para producción. Sin combustión	1
Gasolina sin plomo	210	Sólo para producción. Sin combustión	1
Diesel (Gasóleo)	180	Sólo para producción. Sin combustión	1
H <sub>2</sub>	830	Gas hidrógeno. Empleado en procesos de reducción	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	Ácido sulfúrico. Empleado para limpieza y mordentado	1
HCl	39	Ácido hidroclorehídrico. Empleado para procesar metales y en limpieza	1
HF	140	Ácido fluorhídrico	1
N <sub>2</sub>	12	Nitrógeno. Empleado como atmósfera inerte	1
NaCl	6,6	Cloruro de sodio	1
NaOH	38	Sosa cáustica	1
Ácido nítrico	55	HNO <sub>3</sub> . Empleado para evitar la oxidación de los metales (mordentado)	1
O <sub>2</sub>	12	Oxígeno	1
Ácido fosfórico	99	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Empleada en preparados y fertilizantes	1
Polipropilén glicol	200	Utilizado como anticongelante y disolvente	1
R134a (refrigerante)	150	Sólo producción de R134. La emisión de 1 kg de R134 genera 7300 mPt	1
R22 (refrigerante)	240	Sólo producción de R22. La emisión de 1 kg de R22 genera 8400 mPt	1
Silicato (vidrio soluble)	60	Empleado en la fabricación de gel de sílice (sílica gel), detergentes y en la limpieza de metales	1
Sosa	45	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Empleado en detergentes	1
Urea	130	En fertilizantes	1
Agua descarbonizada	0,0026	Sólo procesado. No se contemplan los efectos en aguas subterráneas (si los hubiera)	1
Agua desmineralizada	0,026	Sólo procesado. No se contemplan los efectos en aguas subterráneas (si los hubiera)	1
Zeolita	160	Utilizada en procesos de absorción y en detergentes	1

**Producción de material de construcción (en milipuntos por kg).**

Material	Indicador	Descripción	
Barniz alquídico	520	Producción y emisiones durante el barnizado, conteniendo 55% de disolventes	5
Cemento	20	Cemento portland	1
Material cerámico	28	Ladrillos etc.	1
Hormigón sin refuerzo	3,8	Hormigón con densidad de 2200 kg/m <sup>3</sup>	1
Vidrio templado revestido	51	Para ventanas. Cubierta de estaño, plata y níquel (77 g/m <sup>2</sup> )	1
Vidrio templado no revestido	49	Para ventanas	1
Yeso	9,9	Selenita. Empleada como relleno	1
Gravilla	0,84	Extracción y transporte	1
Cal (quemada)	28	CaO. Empleado para producir cementos. También se puede utilizar como base consistente.	1
Cal (hidratada)	21	Ca(OH) <sub>2</sub> . Empleado para fabricar mortero	1
Lana mineral	61	Para aislamientos	1
Construcción sólida	1500	Estimación para un edificio (cemento) por m <sup>3</sup> de volumen (bienes de equipo)	1
Construcción en metal	4300	Estimación para un edificio (cemento) por m <sup>3</sup> de volumen (bienes de equipo)	1
Arena	0,82	Extracción y transporte	1
Tableros de madera	39	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de crecimiento	1
Madera maciza	6,6	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de crecimiento	1
Uso del suelo	45	Ocupación como suelo urbano por m <sup>2</sup> al año	1

**Calor (en milipuntos por MJ).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción (se incluye la producción de carburantes)</b>	
Briqueta de carbón (estufas)	4,6	Combustión de carbón en un horno de 5-15 kW	1
Carbón para hornos industriales	4,2	Combustión de carbón en un horno industrial (1-10 MW)	1
Aglomerado de lignito	3,2	Combustión de lignito en un horno de 5-15 kW	1
Gas (calderas)	5,4	Combustión de gas en una caldera atmosférica (<100 kW) con NO <sub>x</sub> bajo	1
Gas para hornos industriales	5,3	Combustión de gas en un horno industrial (>100 kW) con NO <sub>x</sub> bajo	1
Petróleo (calderas)	5,6	Combustión de petróleo en una caldera 10 kW	1
Petróleo para hornos industriales	11	Combustión de petróleo en un horno industrial	1
Madera para combustión	1,6	Combustión de madera. Omisión de la absorción y emisión de CO <sub>2</sub>	1

**Energía solar (en milipuntos por kWh).**

<b>Tipo de placa</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Placa solar de fachada m-Si	9,7	Pequeña instalación (3 kWp) con células monocristalinas, empleada en fachadas de edificios	1
Placa solar de fachada p-Si	14	Pequeña instalación (3 kWp) con células policristalinas, empleada en fachadas de edificios	1
Techo solar m-Si	7,2	Pequeña instalación (3 kWp) con células monocristalinas, empleada en techos de edificios	1
Techo solar p-Si	10	Pequeña instalación (3 kWp) con células policristalinas, empleada en techos de edificios	1

**Electricidad (en milipuntos por kWh).**

<b>Tipo de electricidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción (Se incluye la producción de carburantes)</b>	
Electricidad AV Europa (UCPTE)	22	Alto voltaje (>24 kV)	1
Electricidad MV Europa (UCPTE)	22	Voltaje medio (1kV-24 kV)	1
Electricidad BV Europa (UCPTE)	26	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Austria	18	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Bélgica	22	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Suiza	8,4	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Gran Bretaña	33	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Francia	8,9	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Grecia	61	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Italia	47	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Países Bajos	37	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Portugal	46	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1

AV.- Alto Voltaje    MV.- Medio Voltaje    BV.- Bajo Voltaje

**Transporte (en milipuntos por tkm).**

<b>Tipo de transporte</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción (se incluye la producción de carburante)</b>	
Camión de reparto <3,5 t	140	Transporte por carretera con 30% de carga, 33% de gasolina sin plomo, 38% de gasolina con plomo, 29% de diesel (38% sin catalizador). Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 16 t	34	Transporte por carretera con 40% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 28 t	22	Transporte por carretera con 40% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 28 t (volumen)	8	Transporte por carretera por m <sup>3</sup> km. Se emplea cuando el factor determinante es el volumen y no la carga	1
Camión 40 t	15	Transporte por carretera con 50% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Utilitario W-Europa	29	Transporte por carretera por km	1
Transporte por ferrocarril	3,9	Transporte por tren, 20% diesel y 80% mediante trenes eléctricos	1
Buque cisterna fluvial	5	Transporte marítimo con 65% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque cisterna oceánico	0,8	Transporte marítimo con 54% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque carguero fluvial	5,1	Transporte marítimo con 70% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque carguero oceánico	1,1	Transporte marítimo con 70% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Transporte aéreo medio	78	Transporte aéreo con 78% de carga. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo continental	120	Transporte aéreo en un Boeing 737 con carga del 62%. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo intercontinental	80	Transporte aéreo en un Boeing 747 con carga del 78%. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo intercontinental	72	Transporte aéreo en un Boeing 767 o MD 11 con carga del 71%. Media de todos los vuelos	6

**Reciclado de basuras (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>			<b>Descripción (valores de reciclaje de mat. primarios)</b>	
	<b>Total</b>	<b>Proceso</b>	<b>Prod. elim.</b>		
Reciclado de PE	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PP	-210	86	-300	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PS	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PVC	-170	86	-250	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de papel	-1,2	32	-33	El reciclado evita producir papel virgen	2
Reciclado de cartón	-8,3	41	-50	El reciclado evita producir cartón virgen	2
Reciclado de vidrio	-15	51	-66	El reciclado evita producir vidrio virgen	2
Reciclado de aluminio	-720	60	-780	El reciclado evita producir aluminio primario	1
Reciclado de metales de hierro	-70	24	-94	El reciclado evita producir acero primario	1

**Tratamiento de residuos (en milipuntos por kg).**

Tratamiento		Indicador	Descripción	
<b>Incineración</b>			Realizada en una planta de incineración de basuras europea. Medio de recuperación de energía, el 22% de la residuos urbanos de Europa es incinerada	
Incineración de PE	-19		Este indicador puede utilizarse para HDPE y LDPE	2
Incineración de PP	-13			2
Incineración de PUR	2,8		Este indicador puede utilizarse para todos los tipos de PUR	2
Incineración de PET	-6,3			2
Incineración de PS	-5,3		Producción de energía relativamente baja, también puede usarse para ABS, HIPS, GPPS, EPS	2
Incineración de nylon	1,1		Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de PVC	37		Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de PVDC	66		Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de papel	-12		Gran liberación de energía. Emisiones de CO <sub>2</sub> no contempladas	2
Incineración de cartón	-12		Gran liberación de energía. Emisiones de CO <sub>2</sub> no contempladas	2
Incineración de acero	-32		40% de separación magnética para reciclado, eliminando el hierro crudo (media europea)	2
Incineración de aluminio	-110		15% de separación magnética para reciclado, eliminando aluminio primario	2
Incineración de vidrio	5,1		Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
<b>Vertederos</b>			Vertederos controlados. El 78% de los residuos urbanos europeos se lleva a vertederos	
Vertederos de PE	3,9			2
Vertederos de PP	3,5			2
Vertederos de PET	3,1			2
Vertederos de PS	4,1		Este indicador también puede aplicarse a los vertederos de ABS	2
Vertederos de espuma EPS	7,4		Espuma de PS, 40 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertederos de espuma 20 kg/m <sup>3</sup>	9,7		Vertederos de espuma tipo PUR con 20 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertederos de espuma 100 kg/m <sup>3</sup>	4,3		Vertederos de espuma tipo PUR con 100 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertedero de Nylon	3,6			2
Vertederos de PVC	2,8		Se excluye el filtrado de estabilizadores del metal	2
Vertederos de PVDC	2,2			2
Vertederos de papel	4,3		No se consideran las emisiones de CO <sub>2</sub> y metano	2
Vertederos de cartón	4,2		No se consideran las emisiones de CO <sub>2</sub> y metano	2
Vertederos de vidrio	1,4		Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de acero	1,4		Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de aluminio	1,4		Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de 1 m <sup>3</sup> de volumen	140		Volumen del vertedero por m <sup>3</sup> , empleo de restos voluminosos, como espuma y derivados	2
<b>Residuos urbanos</b>			En Europa, el 22% de la residuos urbanos se incinera y el 78% se lleva a vertederos. Este indicador no es válido para residuos voluminosos y materiales secundarios	
Residuos urbanos de PE	-1,1			2
Residuos urbanos de PP	-0,13			2
Residuos urbanos de PET	1			2
Residuos urbanos de PS	2		No aplicable a espumas	2
Residuos urbanos de PA 6.6	3,1			2
Residuos urbanos de PVC	10			2
Residuos urbanos de PVDC	16			2
Residuos urbanos de papel	0,71			2
Residuos urbanos de cartón	0,64			2
Residuos urbanos de acero ECCS	-5,9		Sólo válido para acero primario	2
Residuos urbanos de aluminio	-23		Sólo válido para aluminio primario	2
Residuos urbanos de vidrio	2,2			2
<b>Basura doméstica</b>			Separación por consumidor de la Residuos destinados al reciclado (media europea)	
Papel	-0,13		44% de separación	2
Cartón	-3,3		44% de separación	2
Vidrio	-6,9		52% de separación	2



## 5.6. Notas sobre los datos del proceso.

La última columna de la lista de indicadores contiene un código que hace referencia a los datos del proceso, tales como las emisiones, los recursos extraídos y el uso del suelo. En el capítulo 5 del *Manual para diseñadores* nos referimos a ellos como los datos recogidos del Paso 1.

Más adelante se describen brevemente las fuentes de obtención de datos. En todos los casos se han procesado mediante software LCA (SimaPro) y después se han evaluado con la metodología Eco-indicator 99.

1. Casi todos los datos se han tomado directamente de la tercera edición de la base de datos de ESU-ETH *Ökoinventare für Energiesystemen* (Datos ambientales sobre sistemas de energía), producida por ETH en Zurich. Esta extensa base de datos incluye bienes de equipo (es decir, por ejemplo cemento para presas hidroeléctricas y cobre para la distribución de electricidad), y elementos tales como las exploraciones de perforación para sistemas energéticos, incluyendo así mismo el transporte, los bienes de equipo y la infraestructura (mantenimiento y construcción de carreteras, ferrocarriles y puertos). Los bienes de equipo necesarios para producir materiales no están incluidos. Para acabar, es importante señalar que el uso del suelo se tiene en cuenta en todos los procesos.
2. El Ministerio suizo de Medio Ambiente (BUWAL) ha creado una base de datos sobre materiales de embalaje partiendo de la base de datos de ESU-ETH ya mencionada. Sin embargo, esta base no incluye ningún bien de equipo. Para el proyecto Eco-indicator 99, empleamos los datos sobre eliminación de residuos y de algunos materiales de embalaje determinados. Para obtener los datos sobre eliminación de residuos, recalculamos las cifras para incluir los efectos "positivos" de reutilización del material (reciclado) o la energía (incineración de residuos). Además, utilizamos el compendio OECD 1997 para estudiar los lugares de eliminación de residuos de municipios y hogares de Europa. Una diferencia importante con el Eco-indicator 95 es que ahora empleamos datos europeos en vez de datos alemanes. (BUWAL 250-1998)
3. La Industria Europea del Plástico (APME) también ha recogido datos sobre la carga media ambiental de muchos plásticos. Empleamos la versión de ESU-ETH (véase punto 1) tanto como fue posible, ya que combina los datos de la APME con datos detalladísimos sobre energía y transporte. Los marcados con un 3 son, por tanto, los originales, pero puesto que emplean datos bastante sencillos sobre energía y transporte, pueden desviarse alrededor de un 10% de los otros indicadores (APME/PWMI).
4. Los datos del proceso se han tomado casi en su totalidad del proyecto Eco-indicator 95. Prácticamente en todos los casos se ha tenido en cuenta tan sólo el consumo primario de energía, sin incluir la pérdida de material y los materiales y lubricantes adicionales. Debemos apuntar que el consumo de energía de un proceso está determinado de forma decisiva por el tipo de equipamiento, la geometría del producto y la escala de operación. Por eso sugerimos considerar estos indicadores como meras estimaciones, y calcular datos más exactos determinando el consumo exacto de energía en un caso particular, empleando el indicador de consumo de electricidad para encontrar un valor mejor. La experiencia nos demuestra que el procesado mecánico contribuye muy poco a la carga ambiental en el Ciclo de Vida. Esto significa que la crudeza de los datos no tiene por qué suponer un problema. (Kemma 1982)
5. Los datos sobre producción de pinturas alquídicas se han añadido tomando como referencia un estudio anterior de AKZO.
6. El informe anual sobre medio ambiente de KLM fue la base de los datos sobre transporte aéreo. Estos datos incluyen el manejo de los aviones en tierra. (KLM 1999)
7. Los datos sobre reciclado de plásticos se han tomado de un extenso estudio del Centro para la Conservación de la Energía y las Tecnologías Limpias (CE 1994).

## Referencias bibliográficas.

(ESU 1996) Frischnecht R. (editor final), U. Bollens, S. Bosshart, M. Clot, L. Ciseri, G. Doka, R. Hirschier, A. Marin (ETH Zurich), R. Dones, U. Gentner (PSI Villigen), 1998. *Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*. Tercera edición, Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt ETH Zurich, Sektion Genzeitliche Systemanalysen, PSI Villigen (en alemán).

(Buwal 250) Buwal 1998. *Environmental series No. 250. Life Cycle inventories for packagings*. Volumen I y II. SAEFL.

APME. *Ecoprofiles of the European plastic industry*. Reportajes publicados por APME. Bruselas 1992-1999.

(OECD 1997). *OECD environmental data. Compendium 1997*. Paris 1997.

(Kemna 1982). Kemna R., *Energiebewust ontwerpen*. Technische Universiteit Delft 1982.

(KLM 1999). *Milieujaärvverslag 98/99*. Amsterdam, 1999.

(Sas 1994). Sas H. J. W., *Verwijdering van hulshoudelijk kustsofval; analyse van milieueffecten en kosten*. CE Delft 1994.