

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE UNA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO DE UN ORDENADOR DE SOBREMESA

Bastante-Ceca, M.J.^(p)

Viñoles-Cebolla, R.

Collado-Ruiz, D.

Pacheco-Blanco, B.

Capuz-Rizo, S.

Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia

Abstract

Nowadays, the lifetime of personal computers is being reduced more and more, mainly because of new regulations restricting the use of certain substances and also due to optimization of production processes, which make equipments become obsolete quickly, generating big quantities of wastes and, consequently, a lot of environmental impact. The ecological rucksack (quantity of materials used along the lifetime of a product), for a personal computer of 22 kg weight is of 14.000 kg only for energy, radiation, light and temperature requirements until the product is ready to sale, and of 7.000 kg during its period of use [Aranda et al., 2006]

The reduction of this ecological rucksack is possible as long as we know where the environmental impacts have been produced and which are the causes or main contributors to them. In order to find out this, in this paper we present the results of a Life Cycle Assessment of a Control Process Unit of a personal computer. These results will help us to identify which component and/or in which life cycle stage the major contribution of the total environmental impact is produced, and also to propose some improvements to reduce this all along its lifetime.

Keywords: *life cycle assessment, electrical and electronic equipment, personal computer, environmental impact, ecological rucksack*

Resumen

Actualmente, los ordenadores personales tienen un ciclo de vida cada vez más corto. La aparición de nuevas leyes con restricciones al uso de ciertas sustancias así como la optimización de algunos procesos hace que queden obsoletos rápidamente y deban ser sustituidos, suponiendo un problema debido al gran volumen de residuos que generan. Se dice que la mochila ecológica (conjunto de materiales usados durante el ciclo de vida de un producto), de un ordenador personal de unos 22 kg de peso es de unos 14.000 kg sólo de requerimientos de energía, radiación, luz y temperatura hasta que está listo para su venta, y de 7.000 kg durante su uso normal [Aranda et al., 2006].

La disminución de esta mochila ecológica pasa por conocer dónde se producen y a qué se deben los principales impactos ambientales. Para ello, se presentan los resultados de un Análisis de Ciclo de Vida de la Unidad Central de Proceso de un ordenador de sobremesa. Dichos resultados ayudarán a identificar qué componente y/o en qué fase del ciclo de vida

se realiza la mayor contribución al impacto ambiental total, y a proponer ideas de mejora que contribuyan a una disminución del mismo durante su vida útil.

Palabras clave: *análisis de ciclo de vida, equipos eléctricos y electrónicos, ordenador personal, impacto ambiental, mochila ecológica*

1. Introducción

En los últimos años se ha venido asistiendo a un enorme crecimiento y desarrollo en lo que a producción y consumo de equipos eléctricos y electrónicos se refiere. Más concretamente, los ordenadores personales, presentes cada vez más en la mayoría de los hogares, han ido ganando terreno, al tiempo que han ido reduciendo progresivamente su ciclo de vida. Según la última Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares, publicada por el Instituto Nacional de Estadística en 2008, el 63,6% de los hogares con al menos un miembro entre 16 a 74 años disponía de un ordenador en 2008, superando en 3,2 puntos el porcentaje de 2007 (INE, 2008).

Paralelamente al crecimiento del sector, ha aumentado el volumen de sus residuos debido, entre otras cosas, a que la vida útil de este tipo de productos es cada vez más corta, ya que son desplazados por otros más rápidos y con más capacidad y prestaciones. La gestión de este tipo de residuos comienza a ser un problema, tanto por el volumen de suelo que ocupan como por la presencia de elementos tóxicos. A los residuos constituidos por los equipos que van quedándose obsoletos se une también la gran cantidad de residuos generados en los distintos procesos de fabricación de los componentes, especialmente de los chips que conforman la placa base, la memoria y las tarjetas de comunicaciones y control de periféricos. Según algunos autores, la "mochila ecológica"¹ asociada a la fabricación de uno de los chips (circuito impreso), que de media contiene una placa base de séptima generación es de 32 litros de agua, 1,6 kg de combustibles derivados del petróleo, 700 gramos de gases con abundancia de carbono y 72 gramos de otras sustancias químicas (Ujaldón, 2003).

En respuesta a esta situación, la Unión Europea ha reaccionado y ha elaborado una serie de directivas con el objetivo de regular las sustancias peligrosas empleadas en la fabricación de estos productos, así como la gestión del fin de vida de los mismos. En concreto se han desarrollado tres directivas:

- Directiva RoHS: Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (DOUE, 2003a).
- Directiva RAEE: Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (DOUE, 2003b).
- Modificación Directiva RAEE: Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de diciembre de 2003 por la que se modifica la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (DOUE, 2003c).

En España, la transposición de las Directivas anteriormente citadas al ordenamiento jurídico español se realizó a través del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos (BOE, 2005).

¹ Mochila ecológica ("ecological rucksack" en inglés), hace referencia al volumen de tierra, agua, aire, y demás recursos naturales necesarios para producir una tonelada de material. Por ejemplo, la producción de una tonelada de oro implica el procesado de 350 toneladas de otros materiales (Trainer, 2001).

Para poder diseñar un producto reduciendo su perfil ambiental, deberá primero conocerse dónde se producen los principales impactos de cara a actuar sobre aquellos aspectos cuya mejor suponga una mayor reducción del impacto ambiental total. Para ello, la técnica más comúnmente empleada es el Análisis del Ciclo de Vida, ACV (en inglés Life Cycle Assessment, LCA), que permite realizar un inventario de los impactos ambientales asociados a productos y/o servicios, evaluarlos y generar una serie de oportunidades para mejorar la situación diagnosticada.

2. Objeto del análisis

El objetivo principal de este análisis de ciclo de vida ha sido identificar los principales impactos generados durante las distintas etapas que componen el ciclo de vida de uno de los componentes principales de un ordenador personal de sobremesa, como es la unidad central de proceso, conocida comúnmente como CPU (Central Processing Unit).

Para ello, y haciendo uso de información obtenida de la bibliografía para la obtención de datos sobre componentes y pesos (Pakson, 2005), se ha elaborado el inventario de entradas y salidas al sistema formado por la CPU, incluyendo además el material necesario para su embalaje. Posteriormente se ha empleado el programa informático SIMAPRO®, desarrollado por PRé Consultants, para realizar el Análisis de Ciclo de Vida, seleccionando el método Ecolindicator'99 como método de evaluación de impactos.

Tras analizar los resultados obtenidos, se estará en condiciones de identificar la etapa del ciclo de vida donde se producen los mayores impactos negativos, así como la categoría de impacto donde dicho impacto es más significativo y cuál de los componentes del elemento analizado contribuye en mayor proporción a la generación del mismo. Esta información será útil a la hora de tomar decisiones al respecto de en qué etapa del ciclo de vida o sobre qué componentes del elemento analizado hay que adoptar medidas que minimicen el impacto global del producto durante todo su ciclo de vida.

Además, el análisis servirá para determinar si el producto analizado cumple con las exigencias impuestas por la legislación vigente en materia de reciclado de equipos eléctricos y electrónicos, ya que pertenece a una de las categorías incluidas en el RD 208/2005 sobre Aparatos Eléctricos y Electrónicos y la gestión de sus residuos (BOE, 2005), en concreto a la categoría 3: Equipos informáticos.

3. Caso de Estudio: Análisis de Ciclo de Vida de una Unidad Central de Proceso (CPU) de un ordenador personal.

3.1. Introducción

A continuación se presenta la aplicación de la técnica Análisis de Ciclo de Vida a un caso de estudio, como es el de una Unidad Central de Proceso (CPU) de un ordenador personal.

3.2. Unidad Funcional

A la hora de seleccionar la Unidad Funcional del análisis, se ha optado por la Unidad Funcional física, consistente en una CPU, refiriendo todas las entradas y salidas del sistema a este producto.

En lo que respecta a la fase de fabricación, se han incluido todos los componentes que forman parte del producto, así como los procesos necesarios para su fabricación. En el inventario se ha incluido también datos referidos al embalaje del producto, para aumentar la rigurosidad del análisis. Se han incluido también en esta fase los transportes necesarios hasta la llegada a la industria donde se fabrica y monta el producto de los distintos

componentes cuya fabricación tenga lugar fuera de la misma. Para ello, se ha considerado que la factoría donde se fabrica este producto está ubicada en Sevilla, y se han tomado como referencia las distancias hasta este punto, considerando que algunos componentes vienen del sureste asiático por mar, en contenedores, y que una vez llegado a puerto se emplean camiones de 40 toneladas para su transporte desde el puerto a los centros logísticos de almacenamiento, y camiones pequeños, de menos de 3,5 toneladas, para su transporte a la empresa donde finalmente se montará y producirá la CPU.

A la hora de definir las entradas y salidas al sistema durante la fase de uso, se ha considerado que el producto tendrá una vida útil de 5 años, y se empleará durante 24 horas al día, durante los 365 días al año. Esto se ha considerado así porque se prevé que tenga un funcionamiento continuo en caso de ser necesario su uso como servidor web.

En cuanto a los transportes, se ha considerado que el transporte sería a nivel nacional, dentro de la Península Ibérica, por lo que se ha adoptado una distancia de 1000 km como la máxima distancia a recorrer para entregar el producto acabado, previamente a la etapa de uso.

Por último, y en lo referente al escenario de fin de vida considerado, se ha optado por emplear el escenario que se adopta actualmente en España, y que establece que un 15% del peso del producto iría destinado a reciclaje, un 63% a vertedero y el 22% restante a incineración.

4. Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras siguientes. A la hora de analizar los resultados, se ha distinguido en función de la categoría de impacto, de la fase de ciclo de vida donde se produce, y de los distintos componentes que forman el producto, en la fase de fabricación y montaje del mismo.

4.1. Impacto ambiental, por categoría de impacto

La figura siguiente muestra el impacto ambiental producido durante todo el ciclo de vida del producto, en función de las distintas categorías de impacto contempladas por el método EcoIndicator 99. En dicha figura puede apreciarse cómo los mayores impactos se producen sobre la categoría de Reservas minerales, y en menor medida sobre la Fracción respirable inorgánica y el Cambio climático.

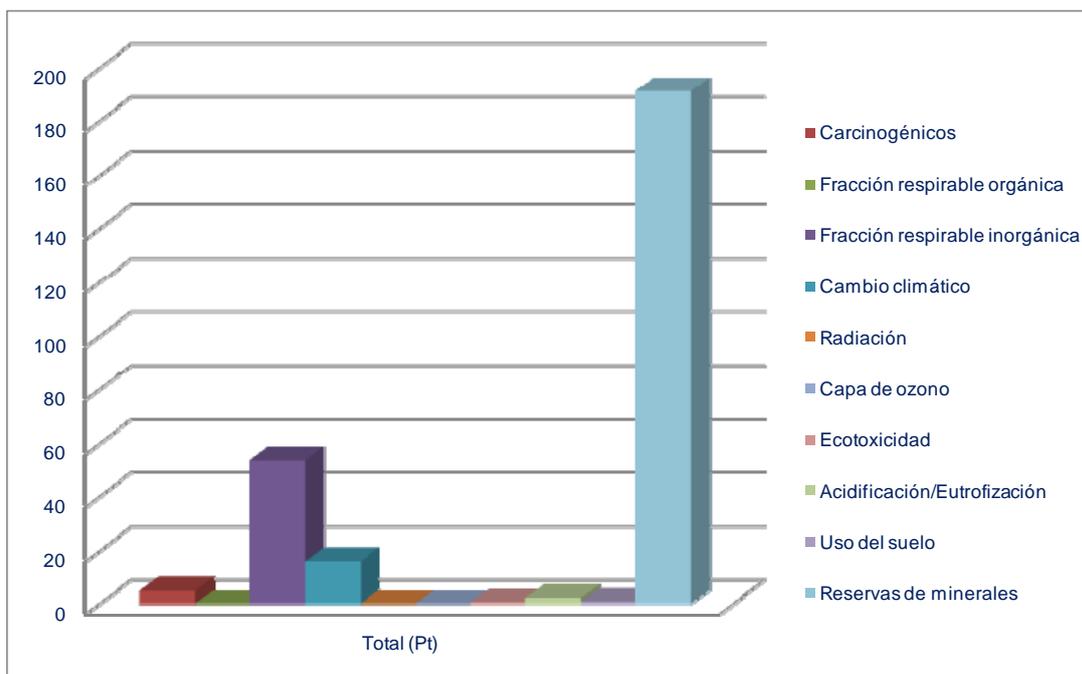


Figura 1. Impacto ambiental de la CPU durante todo el ciclo de vida, por categoría de impacto.

4.2. Impacto ambiental, por fase del ciclo de vida

A la hora de analizar los impactos en función de las diferentes etapas del ciclo de vida donde se producen, únicamente se han considerado aquellas categorías relevantes, ya comentadas en el punto anterior. Los resultados se muestran en la figura siguiente.

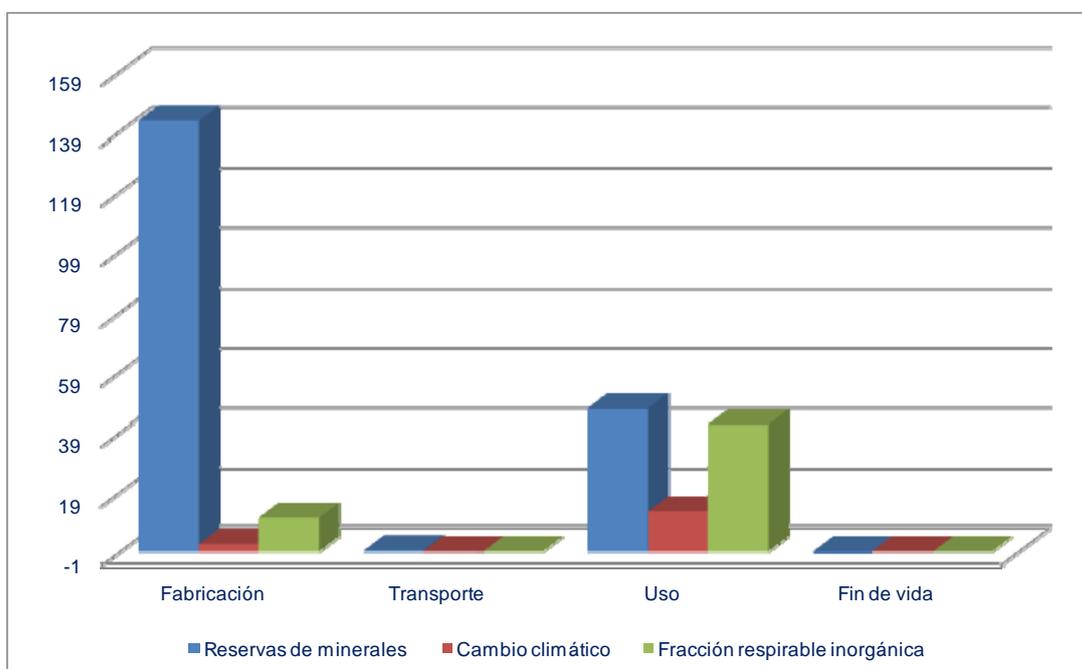


Figura 2. Impacto ambiental de la CPU en las categorías más afectadas, por fase del ciclo de vida

Como puede apreciarse en la figura, son las fases de fabricación del equipo y el uso del mismo las que generan los principales impactos, lo que era de esperar debido al consumo

de recursos naturales y al consumo eléctrico durante la fase de uso. En ambos casos, vuelve a ser la Reserva de minerales la categoría de impacto más afectada.

4.3. Impacto ambiental, por componentes

Con el objetivo de identificar los puntos críticos donde debería actuarse para disminuir el impacto ambiental total del producto durante su fase de fabricación, ya que ha demostrado ser la que en mayor medida contribuye a la generación de dicho impacto, se muestra a continuación una gráfica donde aparece el impacto total producido durante la etapa de fabricación y montaje del producto, esta vez desglosado en función de los distintos componentes o piezas que componen el mismo.

A la hora de llevar a cabo el Análisis de Ciclo de Vida, para la etapa de fabricación se ha considerado el producto compuesto por distintos montajes o subconjuntos: subconjunto cables, subconjunto placa base, subconjunto fuente de alimentación, subconjunto carcasa, subconjunto disco duro, y subconjunto embalaje. Las piezas o componentes que forman parte de cada uno de los submontajes se muestran en la tabla 1.

Subconjunto	Componentes
Subconjunto cables	Cables
Subconjunto placa base	PCB Cooling body for processor
Subconjunto fuente de alimentación	Capacitores electrolíticos Cabinet Cooling body Disipador de calor PCB Cable and plug Inductor coils + transformers
Subconjunto carcasa	Estructura metálica Hard disk socket Cover Front
Subconjunto disco duro	Cubierta PCB Hard disk plates
Subconjunto embalaje	Caja Inserts Material de embalaje

Tabla 1. Composición de los distintos subconjuntos que conforman la CPU.

Se incluyen aquí, además de los impactos generados por la fabricación de los componentes, los transportes que se han considerado necesarios en esta etapa (transportes desde el punto de fabricación de los componentes, situado en el sudeste asiático, hasta la planta de montaje, ubicada en Sevilla, tanto en barco como en camioneta). Tal como puede apreciarse

en la figura 3, es la producción de la placa base la que contribuye en mayor proporción al impacto total.

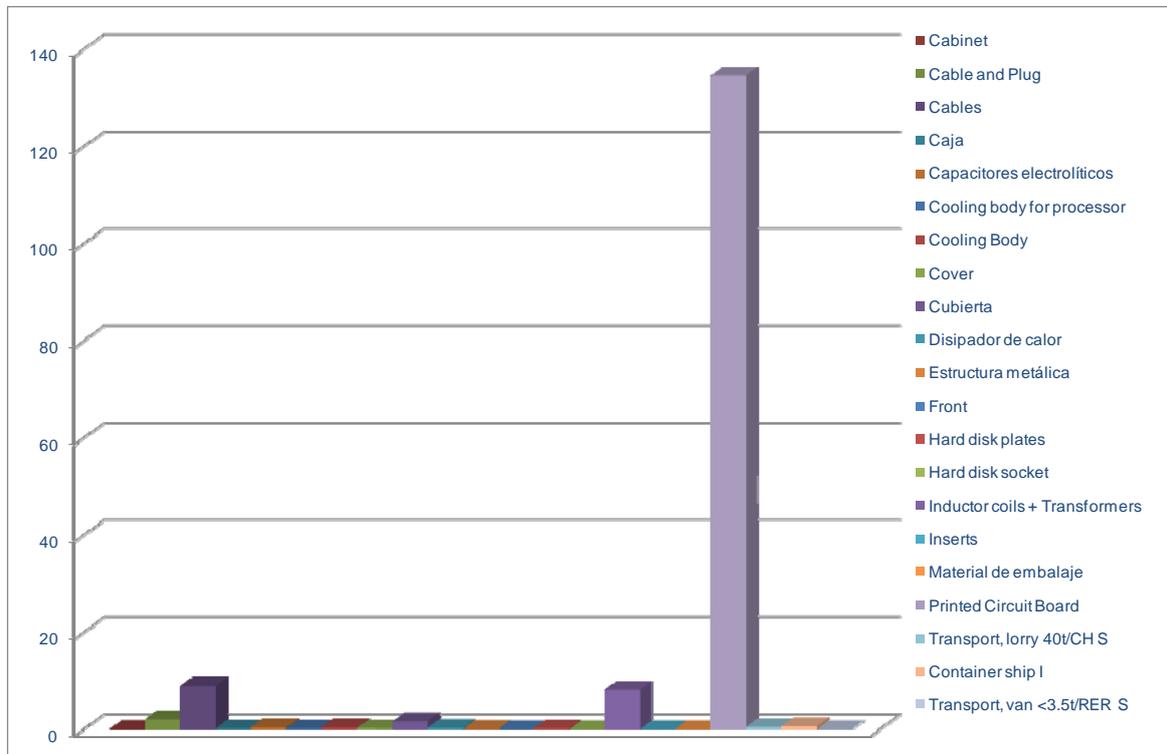


Figura 3. Impactos producidos en la etapa de fabricación de la CPU, por componentes

5. Conclusiones

Tras llevar a cabo un análisis de ciclo de vida de uno de los componentes principales de un ordenador, como es su Unidad Central de Proceso, pueden extraerse una serie de conclusiones, las cuáles se listan a continuación:

- Las principales categorías de impacto afectadas durante el ciclo de vida de este tipo de productos son las Reservas de minerales, y en menor medida el Cambio climático y la Fracción respirable inorgánica. Esto era de esperar, debido a la alta mochila ecológica asociada a este tipo de productos.
- Las etapas del ciclo de vida donde mayor contribución al impacto total se produce son las etapas de fabricación y montaje del equipo, y la etapa de uso. La etapa de uso debe su impacto básicamente al consumo de energía eléctrica, el cual resulta alto ya que se ha estimado que el equipo estará en un régimen de funcionamiento continuo durante los cinco años en que se estima su vida útil.
- Analizando con más detalle la fase de fabricación, puede apreciarse que es la producción de la placa base del equipo la que mayores impactos genera ya que, como se ha indicado en la introducción, tiene una alta mochila ecológica.
- De cara a mejorar el perfil ambiental del producto, los objetivos deberían enfocarse a la disminución y/o sustitución de los materiales empleados en la fabricación de la placa base, y a la optimización del consumo energético en la fase de uso.

Referencias

BOE, “*Real Decreto 208/2005 de 25 de febrero sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos*”. Boletín Oficial del Estado, Nº 49, 2005, pp. 7112-7221.

DOUE, “*Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*”, Diario Oficial de la Unión Europea L 37/24 de 13 de febrero, Estrasburgo, 2003a.

DOUE, “*Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 2003 relativa a la restricción del uso de ciertas sustancias en los equipos eléctricos y electrónicos (ROHS)*”, Diario Oficial de la Unión Europea L 37/19 de 13 de febrero, Estrasburgo, 2003b.

DOUE, “*Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de diciembre de 2003 por la que se modifica la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*”, Diario Oficial de la Unión Europea L 345/106 de 31 de diciembre, Estrasburgo, 2003c.

INE, “*Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares. Año 2008*”, Instituto Nacional de Estadística, 2008 (disponible en Internet: <http://www.ine.es/prensa/np517.pdf>. consultado el 7 de mayo de 2009).

Pakson, B., “*Life Cycle Assessment of a Personal Computer*”, Dissertation to obtain the Degree of Bachelor of Engineering (Electrical & Electronics), University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying, 2005.

Trainer, T., “The “de-materialisation” myth”, *Technology in Society*, Vol. 23, 2001, pp. 505-514.

Ujaldón, M., “*Arquitectura del PC – Volumen III: La estructura. Placa base, carcasa y montaje del PC*”, Ciencia 3. Distribución, S.L., Madrid, 2003.

Correspondencia (Para más información contacte con):

María José Bastante-Ceca
Departamento de Proyectos de Ingeniería – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n 46022 Valencia
Phone: +34 96 387 70 00 Ext. 75685
Fax: + 34 96 387 98 69
E-mail: mabasce1@dpi.upv.es
URL: <http://www.dpi.upv.es/id&ea>