

UN INSTRUMENTO PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTOS Y TECNOLOGÍAS. EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. II –ADECUACIÓN PARA EL SECTOR EDILICIO

Alejandro Pablo Arena
Becario postdoctoral CONICET.
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. Cricyt (CONICET)
Av. Ruiz Leal s/n. Parque Gral. San Martín. 5500 Mendoza. Tel 0261 4287370. Fax: 0261 4287370.
E-mail: aparena@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

El método del Análisis del Ciclo de Vida es quizás el más difundido para llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental. El método está bien codificado y estructurado para el análisis de sistemas industriales, fundamentalmente a través de las normas ISO 14040, y de los lineamientos dados en SETAC 1993. Sin embargo, la aplicación del ACV puede ser extendida a otros sistemas, como los del sector edilicio. En este ámbito el ACV puede servir para definir la elección de los materiales utilizados en la edificación con menor impacto ambiental y a optimizar el uso de recursos adoptando nuevas soluciones proyectuales que optimicen la relación entre la envolvente y el ambiente externo. Se presentan algunas consideraciones particulares a tener en cuenta para la aplicación de esta metodología al estudio de sistemas del sector edilicio.

INTRODUCCIÓN

El método del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ha sido aceptado en forma general en la comunidad científica ambiental como una base legítima sobre la cual comparar materiales, componentes y servicios alternativos. Su aplicación está bien estructurada para el caso de productos industriales fundamentalmente a través de las normas ISO 14040 y de los lineamientos dados en SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). Para extender el uso del ACV al sector edilicio es necesario inventariar los consumos de materiales y de energía y las emisiones liberadas durante su vida útil, e introducir algunas modificaciones que tengan en cuenta las características propias de este sector. El uso del ACV en este sector puede servir para seleccionar materiales con menor impacto ambiental y para optimizar el uso de recursos adoptando nuevas soluciones proyectuales que optimicen la relación entre la envolvente y el ambiente externo, individualizando virtudes y defectos de las elecciones proyectuales durante la construcción, vida útil y desmantelamiento y descarga al final. Sin embargo, para aplicar el ACV a este sector hay que entender las diferencias que tiene con el sector industrial. Entre ellas se pueden destacar el número de productos iguales que cada sector produce (pocas en el sector edilicio, numerosas en el industrial), la duración media de la vida útil de los productos (muy larga para los edificios) y la utilización media de los mismos (mayor que la mayoría de los productos industriales). Además, un edificio es un conjunto de componentes que poseen funciones relacionadas entre sí y con los ocupantes del edificio, y no es siempre válido considerar su comportamiento en modo aislado para evaluar su impacto ambiental. Por ejemplo una superficie transparente tendrá un comportamiento energético distinto según la orientación que posea. Este tipo de análisis parcial en el sector industrial es frecuente.

En el sector edilicio, a partir de la materia prima y los materiales y energía producidas en otros procesos, se construye el edificio, luego se lo utiliza, se lo mantiene y renueva durante su vida útil, y al final se lo desmantela o demuele. Esto significa que la actividad de tratamiento de residuos iniciará ya en la etapa de la construcción, mientras la etapa de extracción de recursos naturales durará hasta el final. Esto discrepa con la idea tan difundida que asocia la etapa de extracción con el inicio de un sistema, y la de tratamiento de residuos con el fin de vida del mismo. De los tres momentos que caracterizan el ACV de un edificio, aquel correspondiente a la utilización es preponderante en cuanto a consumos y emisiones se refiere, debido fundamentalmente a la gran duración que tienen los edificios. Durante esta fase el consumo de energía y de agua potable y la cantidad de residuos generados son muy importantes. Esto determina que las estrategias adoptadas para reducir el impacto del sector deban introducir consideraciones en la fase de diseño orientadas a reducir los consumos de operación de los edificios. Según un estudio realizado por Kohler (1998), comparando las fases de construcción y remodelación y la de operación se encuentra que la mayoría de los factores de impacto ambiental muestran una relación de aproximadamente 1:6 para edificios de baja eficiencia energética y de 1:1 para edificios de alta eficiencia energética, para una vida útil de entre 80 y 100 años.

LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA A ESTUDIAR

La definición del sistema determina fuertemente los resultados obtenidos cuando se comparan proyectos alternativos. Uno de los factores que más influyen es la definición de la Unidad Funcional con respecto a la cual se calcularán los resultados, cuya elección depende de la finalidad del sistema y de los objetivos del estudio. Una manera natural de hacerlo es expresar los resultados por unidad de superficie del edificio. En este caso se deberá definir si la superficie considerada debe incluir aquella destinada a las áreas de servicio, o solamente aquella destinada a satisfacer el objetivo principal del edificio (suministrar oficinas, habitación, etc.). Esto es importante porque en general las áreas de servicio (cochera, depósitos) tienen menores requerimientos energéticos que el resto del edificio, y su inclusión en los cálculos podría modificar mucho la superficie

mientras modificaría poco las necesidades energéticas. Otro factor es el tipo de edificio, ya que no es eficaz comparar edificios que cumplen funciones distintas, como una escuela y una vivienda. La duración del edificio también debe ser tenida en consideración, ya que los consumos serán repartidos por el total de años de duración del edificio. Por último, el nivel de confort alcanzado en los edificios comparados debe ser el mismo, para no favorecer uno más económico energéticamente pero que no brinda las condiciones térmicas, lumínicas, acústicas o de calidad del aire interno requeridas. Si el interés del estudio no está dirigido a la comparación entre distintos edificios, sino a la evaluación del efecto que distintas acciones tienen sobre el comportamiento de un mismo edificio, la definición de la Unidad Funcional se realiza de un modo diferente. Por ejemplo, al estudiar la influencia de la aplicación de aislantes sobre los muros de un edificio desde el punto de vista ambiental, se puede definir la Unidad Funcional como “el impacto ambiental de la instalación de una capa de aislante térmico de 1 m² aplicado sobre la superficie exterior del edificio, incluyendo una cantidad de años de pérdidas de calor reducidas”. De este modo se alcanzan los objetivos del estudio, pero los resultados no serán comparables con los pertenecientes a otros edificios. Al elegir los límites del sistema, se determinan los procesos que serán considerados en el análisis. Por ejemplo, si la ubicación del edificio va a ser una de las variables del análisis, los consumos energéticos y la producción de contaminantes debidos al transporte de materiales, personas y de residuos domésticos se deben incluir.

ALCANCES DEL ESTUDIO

Un aspecto que se debe definir es la profundidad con la cual van a ser analizados los distintos procesos. Por ejemplo, al analizar un componente del edificio, se pueden considerar sólo los efectos directos (consumo directo de recursos y emisiones asociadas) y despreciar aquellos producidos para la fabricación de las estructuras que se utilizan para construirlo. En el caso de la electricidad consumida durante la operación del edificio, la inclusión de los efectos indirectos puede ser importante si se quiere comparar el efecto de la instalación de paneles fotovoltaicos con un edificio tradicional alimentado por la red, para que la comparación sea homogénea. Lo mismo ocurre si se quiere evaluar la diferencia entre la instalación de un calefón solar para la producción de agua caliente y uno que utilice gas natural para su funcionamiento. No existe una lista de los procesos cuyos efectos indirectos deban ser incluidos o no; la elección depende del objetivo del análisis y, en el caso de la evaluación de distintas alternativas, de las tecnologías que serán comparadas. Cuando el método es utilizado para comparar distintas tecnologías, es posible no tomar en consideración aquellas partes del análisis que son idénticas en ambas alternativas. El resultado del ACV en este caso no dará cifras absolutas, sino una diferencia entre dos alternativas.

CONSUMOS ENERGÉTICOS A INCLUIR

En un edificio destinado a vivienda se pueden distinguir consumos asociados a iluminación, climatización, agua caliente, etc. Cuando se quieren analizar las mejores opciones energéticas y ambientales relacionadas con uno de estos consumos, los restantes serán despreciados. Por otro lado, si se quieren determinar las cargas ambientales debidas a los consumos de energía, es necesario conocer el origen de esa energía. Si esta se obtiene por combustión de un combustible fósil, se produce una emisión de CO₂ que aumenta el efecto invernadero. La combustión de madera o biomasa en cambio no libera CO₂ neto sobre la atmósfera¹, ya que las emisiones producidas durante la combustión son equivalentes a la absorción de CO₂ en los vegetales durante su crecimiento. Si la energía eléctrica es de origen nuclear, no hay emisiones de CO₂ asociadas pero existen consecuencias por la radioactividad de los desechos producidos. El uso directo de la energía solar, eólica o hidráulica no produce emisiones durante su producción, pero es necesario tener en cuenta (como también en las otras formas de energía), la energía consumida durante de fabricación de las instalaciones que la aprovechan. Si el edificio exporta energía producida por este medio, se computará como una entrada negativa, es decir como una disminución de la producción y de las emisiones en el exterior. Dado que habitualmente no se conoce el origen de la energía eléctrica consumida, se utiliza como dato el “mix” energético de cada país. Si se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitarán las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación (Buchanan et al 1994). Estos efectos beneficiosos se obtienen sólo si la madera proviene de bosques sostenibles, ya que la absorción de CO₂ en los árboles se obtiene durante su crecimiento, mientras que el desboscamiento de forestas naturales sin reposición produce efectos negativos.

ENERGÍA CONSUMIDA DURANTE EL USO

La energía consumida durante el uso de un edificio representa la cantidad más importante del total consumido durante su vida útil. Para un edificio determinado, establecido en una región geográfica con un clima definido, su magnitud depende de factores relacionados con las características constructivas del edificio, y con los hábitos de sus ocupantes. Entre los primeros encontramos el tipo de aislante térmico utilizado, la tipología de las aberturas, la eficiencia y tipo de los equipos instalados, etc., mientras los últimos dependen de aspectos tan variados como la ocupación temporal del edificio, la reacción de los ocupantes ante las condiciones del clima, su edad, etc. Es posible modificar la energía consumida durante el uso de un edificio modificando la energía incorporada en el mismo. Por ejemplo aumentando la cantidad de aislante (por consiguiente la cantidad de energía consumida para la construcción), disminuye la energía necesaria para climatización. A veces es posible modificar la energía de operación sin cambiar la energía incorporada en el edificio, por ejemplo cambiando su orientación.

ENERGÍA INCORPORADA EN LOS MATERIALES, COMPONENTES Y EDIFICIOS.

El contenido energético (o energía incorporada) de un producto es la cantidad de energía requerida para crearlo. Varios publicaciones muestran que la estructura es la principal responsable de la energía incorporada en un edificio (Cole et al 1996). Los valores publicados presentan el inconveniente de no especificar claramente cuáles ítems (directos, indirectos,

¹ Siempre que la madera utilizada provenga de bosques que son replantados a medida que son talados.

transporte, etc.) han sido incorporados en ellos, pero permiten observar que existe una tendencia a aumentar la energía incorporada, para lograr una disminución en la energía consumida durante el uso de los edificios. Esta tendencia se prevé que continuará, debido a las mayores exigencias ambientales y energéticas de las reglamentaciones impuestas en varios países. En líneas generales, se puede decir que esta tendencia arroja resultados beneficiosos, pero cada caso particular requiere un análisis detallado para poder establecer si el balance entre estos dos consumos es positivo. Una de las aplicaciones del ACV es precisamente el de establecer el signo y el valor de este balance. La energía incorporada en un edificio es un indicador tosco del impacto que produce, ya que depende mucho de la tipología del edificio y del clima del sitio donde se encuentra.

ENERGÍA INCORPORADA POR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, AMPLIACIONES Y MEJORAS

La energía incorporada durante la vida útil del edificio (que es diferente de la energía consumida por su operación) está relacionada con las actividades de mantenimiento y mejoras realizadas. La estructura del edificio no requiere mantenimiento ni sustitución durante la vida útil, a diferencia de las terminaciones y los equipos de los edificios, que pueden requerir repintado, sustitución de alfombras o pisos, cambio de lámparas, modificaciones en las divisiones internas, etc. (Cole et al 1995). En línea de principio, para calcular el número de veces que se realiza el mantenimiento o la sustitución de un componente de un edificio, se hace la relación entre la vida útil del edificio y aquella del componente. Pero existen ciertas características del sector edilicio que dificultan esta estimación, ya que las sustituciones se realizan ya sea por razones funcionales, estéticas o inducidas por modificaciones en otros componentes relacionados. Por ejemplo, en los edificios para vivienda es normal que se realicen sustitución de componentes y remodelaciones cada vez que cambian sus dueños o inquilinos, a veces sin tener en cuenta su edad. Esta tendencia se acentúa en las clases sociales más altas, y disminuye en las menos pudientes. En edificios comerciales y oficinas, este comportamiento es más evidente. Los cambios en la decoración y disposición de los ambientes incluyen por lo general el uso de materiales de alto contenido energético. Algunos estudios demuestran que en las oficinas la energía incorporada debida a las actividades de mantenimiento y sustitución son mayores que las correspondientes a su construcción, hasta tres veces en el caso de terminaciones de alto nivel (Howard et al 1994). Otra dificultad radica en que la frecuencia con la cual se efectúan las tareas de mantenimiento y de reemplazo cambian con la edad del edificio. En los últimos años de vida útil, es usual que se realicen sólo tareas consideradas indispensables. Otro factor que dificulta las estimaciones está relacionado con la larga duración de los edificios. Al estimar la energía contenida en un elemento que será sustituido al término de su vida útil (si fuera menor que el del edificio), hay que hacer una hipótesis sobre la tecnología con la cual este será construido, lo que es muy difícil de hacer con un grado razonable de precisión. En el caso local, en el cual nuestra tecnología está recorriendo etapas ya superadas en otros países, existe la posibilidad de adoptar como valor futuro del contenido energético de un componente el valor actual en los países con tecnología de punta. Sin embargo, esta hipótesis es tan atendible como cualquier otra. Por este motivo se prefiere utilizar el mismo valor del componente original, lo que provocará un error por exceso con respecto al valor real si en el futuro se verifica una tendencia similar a lo ocurrido en el pasado, una práctica habitual cuando se trata de realizar previsiones tecnológicas. Si se observa la variación del contenido energético de un kg. de acero en los últimos 20 años, se observan reducciones importantes, y en el futuro se podría continuar esta tendencia, aunque es difícil asegurar que las reducciones serán tan importantes. Las hipótesis sobre los porcentajes de reciclado modifican notablemente los valores estimados.

ENERGÍA UTILIZADA PARA DESMANTELAR LOS EDIFICIOS

También la estimación de estos consumos presenta algunos inconvenientes característicos del sector. Por lo que respecta al reuso o reciclado de materiales al final de la vida útil de un edificio, se presenta el inconveniente de que en la actualidad no existen prácticas definidas en el país sobre desmantelamiento y recuperación de edificios. Existen actividades no oficiales y sin reglamentar, lo que hace muy difícil realizar estimaciones sobre porcentajes de material reutilizado. Otro aspecto es el de la evolución tecnológica. Dada la larga vida útil de los edificios, es muy difícil realizar previsiones sobre las tecnologías que se utilizarán dentro de tantos años para realizar la demolición o desmantelamiento de los edificios. Lo que puede asegurarse en cambio es que en el futuro la atención que se dará al desmantelamiento, clasificación, limpieza y reciclado de materiales será mayor que actual. Los datos publicados correspondientes a otros países abundan, y no especifican los procesos que han sido incluidos en los cálculos realizados. Según el National Trust for Historic Preservation, estos consumos pueden representar entre el 1 y 3 % del total de la energía incorporada en los edificios (Cole et al 1996). Teniendo en cuenta la escasa disponibilidad de datos, y la poca diferencia que plantearía en términos de energía consumida y contaminantes emitidos en el caso de comparación de tecnologías, en muchos estudios no se consideran los valores relativos a esta etapa.

LOS DATOS EXISTENTES SOBRE EL SECTOR

Hasta no hace mucho, los únicos datos existentes sobre el impacto ambiental del sector edilicio eran algunas bases de datos creadas en los '70 y '80, orientadas hacia los consumos energéticos asociados a la producción de materiales (Cole et al 1995). Existen en la actualidad numerosas bases de datos que contienen referencias sobre consumos y emisiones, en general de industrias de los países más avanzados, las cuales se encuentran incorporadas en programas que realizan los cálculos necesarios para realizar un ACV, y sobre esta base algunos autores han publicado resultados correspondientes al sector edilicio. Por ejemplo, Oka et al (1993) han calculado el consumo de energía, la cantidad de emisiones y los residuos generados durante la construcción de un metro cuadrado de oficinas en Japón, determinando basándose en las tablas de Relaciones inter-industriales preparadas por el Comité de Investigación de Comercio Internacional y de Industria pública de ese país. Relacionando estos valores con el costo unitario de construcción, muestran que existe una relación de proporcionalidad lineal entre ellos. Cole et al (1992), reportan la cantidad de energía utilizada y de contaminantes producidos para la construcción de distintos tipos de muros, basados en las estadísticas oficiales de Canadá. En un artículo posterior comparan la cantidad de energía requerida para la construcción de oficinas, en tres etapas distintas de su vida útil: la construcción, el mantenimiento y la operación, utilizando tres distintos tipos de materiales estructurales: madera, acero y cemento armado (Cole et al 1996). Buchanan y Honey (1994) comparan los requerimientos de energía y las emisiones de

CO₂ producidas en el sector edilicio de Nueva Zelandia para tres tipologías distintas (edificios comerciales, industriales y residenciales), y con distintos materiales estructurales. En el ámbito local y regional, en cambio, es muy poca la información que se puede encontrar sobre los aspectos energéticos y ambientales de materiales edilicios, y es necesario dedicar mucho tiempo y esfuerzo para recopilar la información requerida. Un precedente es la obra de Saravia et al 1985, donde se calculan los consumos energéticos asociados con algunos materiales para el caso salteño. A partir de esos datos se pueden obtener las emisiones en la atmósfera utilizando como datos adicionales el mix energético utilizado en aquel momento.

PRECISIÓN DE LOS CÁLCULOS Y EXACTITUD DE LOS DATOS

En la mayoría de los casos la cuantificación de los flujos de masa y de energía no requiere grados de exactitud muy elevados, dada la sensibilidad de los resultados a estos flujos. Esto permite la adopción de datos correspondientes a procesos similares de otros países, cuando los locales no están disponibles. Sin embargo, en determinadas circunstancias las diferencias tecnológicas con otros países hacen imposible su adopción. Este es el caso de la fabricación de ladrillos en Mendoza, que en muchos casos se elaboran artesanalmente, utilizando leña como combustible para su cocción. El uso de datos foráneos en este caso conduce a grandes errores. Un aspecto importante sobre los datos es si éstos son valores medios de un sector industrial o bien son datos específicos de una industria en particular. Aunque en el caso de una construcción real sería ideal contar con los datos reales de los materiales y componentes utilizados, en la fase de proyecto no se conocen aún los reales proveedores. Otro asunto que hay que considerar al utilizar datos foráneos es el mix energético característico del país de origen.

ALGUNOS MÉTODOS APROXIMADOS

A partir de la crisis petrolera de los '70, se realizaron las primeras evaluaciones del sector teniendo en cuenta sólo los consumos energéticos. Posteriormente, la importancia que adquirieron las emisiones de CO₂ con relación al cambio climático, determinó que se realizaran muchos estudios considerando sólo estas emisiones. Estos estudios no describen por sí solos el impacto total del sistema analizado, ya que durante su elaboración se consumen otros recursos y se liberan otras emisiones. Para tener una representación completa de los efectos energéticos y ambientales de un sistema se recomienda, cuando esto sea posible, el uso de métodos de análisis globales, como el ACV.

INVENTARIO DE UN EDIFICIO

En general, es conveniente realizar un inventario en etapas, por ejemplo distinguiendo entre materiales, componentes de edificios y edificios. En cada una de estas etapas se realizan consumos y emisiones. Al nivel de los materiales se describe en el inventario la extracción de la materia prima utilizada, y las operaciones necesarias para su producción. Como ya indicado, se pueden utilizar datos específicos si son conocidos, o bien datos promedio cuando el productor real es desconocido en el momento en el cual se ejecuta el inventario (por ejemplo en la fase de proyecto). En el inventario de los componentes (muros, cubiertas, ventanas) se incluyen los materiales utilizados para su producción. En el inventario correspondiente a los edificios, se incluyen los materiales y componentes utilizados para su ejecución. Como se puede deducir, los cálculos involucrados no son en general complicados, pero su número y la cantidad de datos requerida es enorme. Por este motivo es necesario crear bases de datos que permitan acceder con facilidad a los mismos, y estructuras informatizadas que realicen automáticamente los cálculos requeridos, reduciendo el tiempo necesario y la probabilidad de cometer errores.

CONCLUSIONES

Los estudios realizados sobre el sector muestran que el contenido energético de los edificios puede representar varias veces el consumo energético anual debido a su operación, sobre todo en edificios eficientes. Por lo tanto, elegir materiales que requieran menos energía para su producción puede ser tan importante como aprovechar la energía del sol, utilizar mayor aislación, etc. Pero el consumo energético no es el único factor que caracteriza ambientalmente un edificio. Existen muchos otros, cuya dependencia de los materiales elegidos y de las decisiones proyectuales son muy complejas. Para obtener conclusiones válidas que puedan dar indicaciones realistas para mejorar el proyecto de un edificio, es necesario utilizar métodos rigurosos y datos atendibles. El análisis de ciclo de vida es suficientemente flexible para poder abordar esta tarea. Existe un gran esfuerzo internacional para solucionar los problemas metodológicos y de disponibilidad de datos que existen actualmente. A nivel nacional y local existe un atraso en este sentido, lo que agudiza las dificultades que se encuentran al afrontar un estudio de este tipo, por lo que es necesario aunar esfuerzos para cambiar esta situación.

BIBLIOGRAFÍA

- Buchanan, A., Honey, B. (1994). *Energy and carbon dioxide implications of building construction*. Energy and Buildings, 20 (205-217).
- Cole, R., Kernan, P. (1995). *Life-Cycle energy use in office buildings*. Building and Environment, Vol 31, N. 4 (307-317).
- Cousins, F., McGregor, A. (1998). *Specifying a Green Building*. Green Building Challenge '98. An international conference on the performance assessment of buildings. October, 26-28, Vancouver, Canada.
- Erlandsson, M., Levin, P., Myhre, L. (1997). *Energy and Environmental consequences of an Additional Wall Insulation of a Dwelling*. Building and Environment, Vol 32, N. 2 (129-1336).
- Howard, N., Sutcliffe, H. (1994). *Precious Joules*. Building, 18, (48-50). March.
- Kohler, N. (1998). Sustainability of new work practises and building concepts. Internet site of IFIB (Karlsruhe University).
- Lippiatt, B. (1998). *Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)*. Green Building Challenge '98.
- Oka, T., Suzuki, M., Konnya, T. (1993). *The estimation of energy consumption and amount of pollutants due to the construction of buildings*. Energy and Buildings, N. 19 (303-311).
- Lesino, G., Saravia, L. (1985). *Energy Aspects of building materials in Argentina*. INENCO.