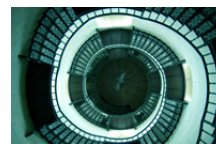


# Evaluación del Ciclo de Vida en la Industria del Cemento



Módulo 8  
Una Alianza Público-Privada GTZ-Holcim  
gestionada por FHNW

<b>Versión</b>	v2.0	<b>E-mail de contacto</b>	jerome.laffely@holcim.com
<b>Fecha</b>	10.07.2009		

## Introducción

Como se mencionó en otros módulos, el co-procesamiento de combustibles y materias primas alternativas entrega tres beneficios ambientales principales:

- En primer lugar, la sustitución de combustibles y materias primas de origen primario, por residuos, permite conservar los recursos no renovables.
- En segundo lugar, el co-procesamiento de residuos puede reducir las emisiones. En el caso de sustitución de combustible por residuos, se reduce la emisión de gases invernadero. Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la calcinación se pueden reducir si los residuos co-procesados contienen minerales ya calcinados (ej., escorias y cenizas).
- En tercer lugar, el co-procesamiento ofrece una opción viable para el tratamiento de residuos, con una eficiente recuperación de energía y materiales, sin generar elementos residuales.

La carga ambiental derivada del co-procesamiento de residuos puede originarse por requerimientos adicionales para la preparación de los residuos, antes de su alimentación al horno. Adicionalmente, los residuos con alto contenido en metales pesados pueden generar un aumento en las emisiones de metales pesados volátiles al aire (ej., mercurio) y la acumulación de metales pesados de baja volatilidad en el cemento.

Para una evaluación exhaustiva del impacto ambiental, se necesita comparar todos los beneficios con las desventajas a lo largo de la cadena productiva, incluyendo la influencia en la demanda de energía gris (o indirecta) y materiales (ej., para la producción y transporte de combustibles, materias primas y materiales operativos). La Evaluación del Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment / LCA*) es una herramienta ideal para tal propósito.

## Objetivos de Aprendizaje

- Obtener una visión general de la metodología LCA.
- Discutir un escenario hipotético (ejemplo) en el que se compare el uso de AFR con un caso de referencia sin el uso de AFR.





## Contenidos

### 1 Marco Metodológico

#### 1.1 Paso 1: Objetivos y Alcances

Como lo indica el título, la fase de definición de objetivos y alcances es el punto en el cual se deben tomar las decisiones que dicen relación con el propósito de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA), y qué se incluirá en ella. Los Objetivos y Alcances se pueden enfrentar respondiendo una serie de preguntas:

- ¿A qué producto se enfocará la LCA?
- ¿Comparará la LCA productos similares que difieren en diseño y/o proceso de fabricación, o se evaluará un producto único?
- ¿Involucrará la LCA una evaluación de los productos de la competencia?
- ¿Para qué se utiliza el producto? ¿Puede un nuevo producto ejecutar la misma función pero de forma completamente diferente?
- ¿Se aplican al producto estándares de calidad que puedan limitar las alternativas de diseño?
- ¿Qué temas ambientales son de preocupación para su compañía o sus grupos de interés?

Otro elemento clave de la definición de objetivos y alcances se relaciona con la identificación de los límites del estudio – las llamadas fronteras del sistema. En teoría, una LCA completa incluiría todos los procesos – “aguas arriba y aguas abajo” – que se asocien con el producto. En realidad, el rango de alcance del estudio consiste en identificar los procesos que son clave para el análisis. Se debe definir un punto de corte o frontera que resulte adecuada para que el sistema siga siendo gestionable.

Los resultados del estudio de LCA se relacionarán directamente con una unidad funcional del producto. Por ejemplo, si la unidad funcional es 1 Kg. de un producto, los resultados incluirían la cantidad de contaminantes liberados por cada Kg. de producto que se fabrique. Dependiendo del proceso o producto en consideración, la unidad funcional podría ser de masa (kilogramos), volumen (m<sup>3</sup>), o un tamaño por lotes, por ejemplo, diez unidades. Cuando se estén comparando productos con diferentes características, la unidad funcional se puede definir como la entrega del servicio que éstos ofrecen. Por ejemplo, al comparar un líquido de lavado con un polvo de lavado, la unidad funcional puede ser la cantidad de producto que se requiere para lavar una cierta carga de ropa.

Los “procesos unitarios” se definen usualmente mediante un diagrama de flujo, a objeto de identificar la secuencia física de actividades de masa y energía a través del ciclo de vida. Para estudios simples, a nivel macro, puede haber solamente unos



pocos procesos unitarios; para estudios complejos, puede haber varios procesos unitarios.

## 1.2 Paso 2: Inventario del Ciclo de Vida

Una vez que se han establecido los objetivos y alcances, la siguiente fase – *análisis de inventario* – implica la recolección de datos relativos a las cargas ambientales asociadas al(los) producto(s) en cuestión. Un inventario es simplemente un listado de cuánta energía o material se utiliza en cada proceso durante la fabricación de un producto, y cuántos residuos sólidos, líquidos o gaseosos se generan durante la fabricación, uso y eventual disposición. Es importante destacar que, para ayudar a las interpretaciones y comparaciones de datos, la LCA relaciona cada una de estas cargas ambientales con la misma unidad funcional, por ejemplo, 1 Kg. de producto final.

Obtener y recopilar datos de inventario puede ser una tarea demandante de tiempo; es por esta razón que es una práctica común que las empresas cooperen en las LCAs o utilicen herramientas de software ya establecidas para tales efectos. Existen varias bases de datos de LCA, pero no se discutirán aquí.

## 1.3 Paso 3: Evaluación de Impacto

Para algunas LCAs, la fase de inventario identificará un gran número de cargas ambientales. La interpretación y comparación de los datos serán difíciles, por lo tanto, se hace necesaria una fase de evaluación de impacto ambiental. Típicamente, las cargas ambientales que poseen el mismo impacto ambiental se agrupan en un proceso llamado clasificación. Luego, se hace una estimación de sus contribuciones individuales a ese impacto ambiental en particular. Este proceso se llama caracterización y permite identificar las cargas ambientales más significativas. Por ejemplo, los gases invernadero se agruparían juntos y se calcularía su potencial total de aporte al calentamiento global.

Los datos del inventario son sumados a puntajes para evaluación. Se pueden escoger diferentes métodos de suma o de la llamada Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (*Life Cycle Impact Assessment / LCIA*), para efectos de análisis.

Panel Intergubernamental del Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change / IPCC*)

La caracterización de diferentes emisiones gaseosas, en función de su potencial de aporte al calentamiento global, y la suma de diferentes emisiones, en la categoría de impacto “cambio climático”, es uno de los métodos más utilizados en la evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA). Los valores de caracterización para emisiones de gases invernadero se basan habitualmente en los potenciales de aporte al calentamiento global publicados por el IPCC. Se pueden distinguir tres categorías:

- Emisiones directas de gases invernadero.
- Emisiones debidas a la deforestación.
- Emisiones biogénicas (desde biomasa) de CO<sub>2</sub>. El factor de caracterización de las emisiones biogénicas de CO<sub>2</sub> y CO es cero. Las emisiones biogénicas de metano tienen el mismo factor que las emisiones de metano fósil.



## Demanda Acumulada de Energía (DAE)

La DAE apunta a investigar el uso de energía a través del ciclo de vida de un producto o servicio. Esto incluye las aplicaciones directas, así como las aplicaciones indirectas o consumo gris (indirecto) de energía, debido al uso de, por ejemplo, materiales de construcción o materias primas. Los valores de DAE se pueden utilizar para comparar los resultados de un estudio detallado de LCA con otros en los que solamente se reporta demanda de energía primaria. Finalmente, los resultados de la DAE se pueden utilizar para verificaciones de confiabilidad, ya que es bastante fácil juzgar, sobre la base de la DAE, si se han cometido o no errores de gran magnitud.

## Eco Indicador 99

A fin de utilizar este método, que resulta más bien complejo, se deben vincular los factores de daño con los inventarios de ciclo de vida existentes. Un factor de daño describe el daño debido a la emisión de un contaminante o al uso de un recurso. Existen tres categorías principales de factores de daño:

- Calidad del ecosistema
- Salud humana
- Recursos

## Huella Ecológica

La huella ecológica se define como la cantidad de tierra y agua – *ecológicamente productivas* – que requiere una población para producir los recursos que ella consume y para absorber parte de los residuos generados.

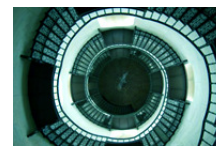
## CML

Este método es muy complejo e integra muchos parámetros diferentes, como potencial de acidificación, cambio climático, potencial de eutroficación, ecotoxicidad acuática del agua dulce, toxicidad humana, uso de la tierra, toxicidad acuática del agua de mar y oxidación fotoquímica. También es posible enfocarse en un solo parámetro específico.

## **1.4 Paso 4: Interpretación**

A través de una LCA, es necesario revisar y – *de ser apropiado* – analizar los alcances del estudio, mediante la consideración de los resultados que surgen del análisis de inventario y evaluación de impacto ambiental. Este proceso, la interpretación, es iterativo y puede, por ejemplo, identificar temas relativos a la calidad de los datos, como brechas en los datos que necesitan cerrarse.

En general, esta actividad formaría parte de la etapa inicial de definición de objetivos y alcances. Típicamente, el procedimiento implica el estudio de la sensibilidad de los resultados, la realización de un análisis de escenario, una revisión de la calidad de los datos y una comparación de los resultados con respecto a los objetivos originales del estudio.



## 2 Aplicación de la metodología al cemento y AFR

### 2.1 Objetivos y Alcances

En el caso presentado, el objetivo del estudio es analizar si la sustitución de combustibles y materias primas tradicionales por combustibles y materias primas alternativas resultará en una mejora del desempeño ambiental de la producción de clinker.

La tasa de sustitución térmica total (*Thermal Substitution Rate / TSR*) se define como 44%, compuesta por neumáticos, lodos de tratamiento de aguas servidas, aserrín impregnado (CSS) y biomasa, todo para el reemplazo del valor térmico del carbón. El porcentaje de petcoque se mantiene sin variación.

La unidad funcional del ejemplo presentado es 1 Kg. de clinker. Los procesos unitarios se representan en el diagrama de flujo.

### 2.2 Inventario del Ciclo de Vida

Al estructurar el Inventario del Ciclo de Vida (LCI), los datos necesarios recolectados por unidad funcional (1 Kg. de clinker) se pueden dividir en 3 clases diferentes.

#### *Consumo total de recursos [por unidad funcional]*

Esto incluye las materias primas tradicionales, así como alternativas, tanto para la instancia base como para la alternativa. Típicamente, para las materias primas la unidad de datos recolectados sería Kilogramos de materias primas requeridos por Kg. de clinker producido; para los combustibles, la unidad para los datos de inventario recolectados sería MJ por Kg. de clinker producido.

#### *Emisiones totales [por unidad funcional]*

Las emisiones totales incluyen todas las emisiones que salen de las fronteras del sistema, hacia el agua, aire y suelo. Típicamente, la unidad de los datos de inventario recolectados sería gramos por unidad funcional.

#### *Cadena de suministro de recursos y su modo de operación*

La cadena de suministro de recursos es una recolección de datos relativos a la extracción y transporte de los recursos.

### 2.3 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida

En esta etapa, se evalúa el impacto del inventario establecido. Como se describió anteriormente, existen diferentes tipos de Métodos de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (Métodos de LCIA), los cuales reagrupan diferentes tipos de indicadores y puntajes. En las láminas 25-27 se muestran los resultados de aplicar diferentes LCIA.

#### IPCC:

Este método se concentra principalmente en las emisiones de CO<sub>2</sub> y, de acuerdo con el método, no se consideran las emisiones biogénicas de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la reducción observada de un 11% en el impacto se debe principalmente al hecho de que las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a lodos de tratamiento de aguas servidas y



biomasa no se deben considerar, ya que son materiales biogénicos (biomasa). Cuando los combustibles fósiles son sustituidos por combustibles biogénicos, las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a combustibles fósiles disminuyen.

## Demanda Acumulada de Energía (DAE)

Como recordatorio, la DAE apunta a investigar el uso de energía a través del ciclo de vida de un bien o servicio. Esto incluye el uso directo, así como el consumo de energía indirecto o gris. La mejora de un 36% que indica el ejemplo muestra claramente los ahorros de energía debidos al hecho de que no hay energía involucrada en la extracción de los combustibles alternativos. La energía indirecta que contienen ya fue considerada en su "vida previa". Se requiere algo de energía para la preparación y pre-procesamiento de AFR, pero esta parte es muy menor en comparación a la DAE.

## Eco Indicador 99

Calidad del ecosistema, salud humana y recursos son las tres principales categorías de los factores de daño que describen el daño debido a la emisión de un contaminante.

Resulta interesante ver que, al ser evaluado por este método, el caso alternativo presentado no aporta ningún beneficio sustancial.

## Huella Ecológica

El impacto mayor en el método de la huella ecológica está dado por las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la mejora de un 10% observada se puede explicar mediante la reducción del CO<sub>2</sub> fósil emitido, según se explicó en el Método de la DAE.

## Toxicidad Humana

Es interesante ver que, al ser evaluado por este método, el caso alternativo presentado no aporta ningún beneficio sustancial.

## **2.4 Interpretación**

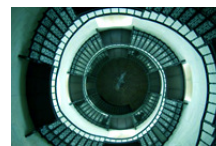
Los resultados de la comparación de los dos escenarios son los siguientes:

Independiente de la metodología escogida, existe un beneficio en la sustitución de los combustibles tradicionales por combustibles alternativos. La magnitud de la mejora depende del método de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (LCIA) escogido. Los diferentes parámetros generan diferentes impactos, en función del método de LCIA (según se explicó en la lámina anterior).

Como conclusión, se puede decir que la LCA puede ayudar a confirmar las afirmaciones hechas acerca de los impactos ambientales en los otros módulos.

## **Preguntas Frecuentes**

No se identifican preguntas frecuentes sobre estos temas hasta el momento.



## Referencias e Información Adicional

Comisión Europea:

- <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/introduction.vm>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

(US Environmental Protection Agency / EPA):

- <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/>

Consultoría:

- Ecobilan: [http://www.ecobilan.com/uk\\_lca.php](http://www.ecobilan.com/uk_lca.php)