

Inventario de Ciclo de Vida en la producción de Cemento Portland Normal

Guilarducci, Anabela¹; Gonzalez, Dianela¹; Suarez, Mariano¹; Grether, Rudy¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI). Lavaisse 610, Santa Fe, Argentina. E-mail: aguilarducci@frsf.utn.edu.ar.

Resumen

El proceso productivo del cemento Portland normal consta de, al menos, siete etapas consecutivas dentro de la planta de producción. Cada una de estas etapas requiere de equipamiento y condiciones de funcionamiento muy específicas. Haciendo cada una de estas un aporte diferente al impacto en los parámetros de sustentabilidad del producto.

La complejidad del proceso productivo y la gran cantidad de variables que intervienen, generan una gran dificultad al momento de realizar el Inventario de Ciclo de Vida de este producto.

En el presente trabajo se propone establecer los criterios para el análisis del Inventario de Ciclo de Vida simplificado para la producción de cemento Portland normal en una cementera ubicada en Argentina, en función de los requisitos y directrices de las normas IRAM-ISO 14040:2008 y 14044:2008 de gestión ambiental, tomando como límites del sistema en estudio desde la extracción de la caliza, arcilla y óxidos de hierro (materias primas principales) hasta la puerta de salida del material a granel en la planta cementera.

Para el estudio se consideraron los aspectos relacionados con el proceso productivo de la industria cementera en Argentina y con el transporte de las materias primas hasta la planta de producción.

Respecto de los parámetros evaluados, se destaca que fueron analizadas las categorías de impacto: Factor de Potencial de Calentamiento Global establecido en CO₂ equivalente y emisiones de PM₁₀.

Los resultados del análisis realizado permiten concluir que es posible identificar las etapas del proceso productivo que hacen un mayor aporte a las emisiones.

Keywords: *Análisis Ciclo de Vida, Cemento Portland, Metodología, Life Cycle Assessment, Portland Cement, Methodology, Avaliação do Ciclo de Vida, Cimento Portland, Metodologia.*

Introducción

Las normas IRAM-ISO 14040:2008 y 14044:2008 de gestión ambiental, establecen los principios y el marco de referencia para llevar adelante un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), e indican los requisitos y directrices para evaluar impactos ambientales.

Para llevar adelante un ACV es importante definir en forma clara el objetivo de éste, estableciendo las razones para realizarlo, la aplicación y el público a quien se pretende comunicar los resultados. Por otro lado, debe definirse el alcance del sistema del producto a estudiar, sus límites, y la unidad funcional.

La fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida es conocida como Análisis del Inventario Ciclo de Vida (ICV).

Para la realización de estos análisis es determinante establecer los límites del sistema de para identificar los procesos unitarios que son parte de un sistema del producto. Un proceso unitario es el elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada (ingresos de materias primas y consumos energéticos) y salida (egreso de productos o subproductos, emisiones al aire y vertidos al agua o el suelo).

El ACV de la producción de cemento ha sido ampliamente estudiado, y para realizar aseveraciones comparativas, pueden adoptarse los mismos indicadores y unidad funcional, para cada región en estudio. Sin embargo, las entradas y salidas correspondientes a cada proceso unitario, así como diversas simplificaciones pueden variar significativamente de una región a otra. Esto se debe a que la calidad de los combustibles, matriz energética, métodos, rendimientos y tecnologías de producción son propios del lugar donde se realiza el estudio y característicos del objetivo o fin perseguido en el ACV.

Material y Métodos

Para este trabajo se adoptó como unidad funcional la producción de 1 tonelada de cemento Portland normal (CPN), considerando a éste como la mezcla de Clinker y yeso. Las cantidades de los materiales utilizados se expresan en toneladas por unidad funcional.

El principal indicador empleado en este análisis está incluido en la categoría de calentamiento global y corresponde a las emisiones de CO₂ generadas por tonelada de cemento producido expresadas en tCO₂/t.

Respecto de los límites del sistema en estudio, se establece un análisis *de la cuna a la puerta*, considerando desde la extracción de la materia prima a la puerta de salida de la cementera. Por tanto, el proceso de producción en estudio involucra los procesos unitarios indicados en la **Figura 1** y contempla el transporte de las materias primas hasta la planta.

Para realizar el análisis de ICV, siguiendo las indicaciones propuestas en la normativa, se recolectaron los datos y se cuantificaron las entradas y salidas de material, contemplando las prácticas de la industria cementera argentina para los procesos unitarios que componen el sistema en estudio con sus entradas y salidas e interacciones entre procesos (**Figura 1**).

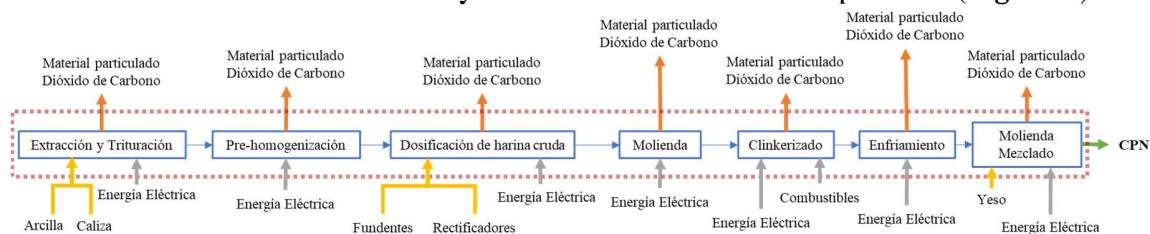


Figura 1. Diagrama de flujo de los procesos unitarios que componen el caso de estudio.

Para el cálculo de las proporciones y cantidades de materias primas que ingresan al sistema se tomaron como referencia datos obtenidos de un relevamiento en una planta de producción nacional indicadas en el artículo de (Arena et al., 2002): 82,8% caliza, 15,6% arcilla y 1,6% óxidos de hierro. De esta manera, contemplando las transformaciones y pérdidas de material

que se producen durante el proceso productivo, se estableció para la obtención de 1t de CPN, el ingreso al sistema de 1.526 t de materia prima para producir el Clinker (1.263 t de caliza + 0.238 t de arcilla + 0.025 t de FeO).

La selección de los equipamientos empleados en cada proceso unitario se realizó de acuerdo lo indicado por (Rueda y Barberi, 2022) y (Castiarena, 1994). De esta manera, se establecieron perforadoras y trituradoras por compresión para el proceso de extracción de la cantera y trituración; sistema chevron para la pre-homogeneización; tolvas dosificadoras para la dosificación de harina cruda; molinos verticales para la molienda del crudo y la molienda y mezclado del Clinker; silos de homogeneización continua por mezcla para la homogeneización de harina cruda; hornos con precalentadores ciclónicos (4 etapas sin by pass) para la clinkerización y enfriadores de parrilla para el enfriado.

El cálculo de la cantidad de material particulado (PM₁₀) generado en cada uno de los procesos unitarios se realizó considerando lo informado por (Gursel, 2014) para cada uno de los equipos seleccionados.

El impacto del transporte de las materias primas hasta cada una de las plantas cementeras se determinó considerando la huella del transporte de carga (modo camión) en Latinoamérica que se establece como 113,7 gCO_{2-eq}/tkm (Zamagni, et al., 2009).

La cantidad de combustible (carbón bituminoso, gas natural, fuel oil o gasolina) y de energía eléctrica que ingresa a cada proceso unitario, de acuerdo con el equipamiento seleccionado para cada caso, se realizó de acuerdo con lo indicado por (Gursel, 2014). Asimismo, las cantidades de CO₂ liberadas en cada proceso unitario contemplan el CO_{2-eq} por el uso de los combustibles y el consumo de la energía eléctrica. Los factores de poder calorífico y de emisión empleados para cada combustible corresponden a lo indicado en la 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Para determinar las emisiones de CO_{2-eq} por consumo de energía eléctrica se empleó el factor de emisiones proporcionado para la red de energía eléctrica de Argentina de: 0,4282 tCO₂/MWh (Zamagni, et al., 2009).

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de ICV para la producción de 1 t de CPN se presentan en la **Figura 2**, donde identifican las entradas de materias primas con flechas de color amarillo, las entradas de energía y combustibles con flechas de color gris, las salidas de material particulado con flechas de color violeta y las emisiones de CO₂ con flechas de color rojo.

Como se puede observar en los resultados presentados, considerando los límites y simplificaciones aplicadas en el cálculo, y haciendo las conversiones correspondientes para referir a una tonelada de cemento, la etapa de clinkerización es la de mayor producción de CO₂ y la de pre-homogeneización la de mayor liberación de material particulado.

Conclusiones

A partir de los resultados expuestos, se puede concluir que es posible un análisis detallado de ICV para la producción de cemento portland normal, tomando como referencia ACV de este producto realizados en diferentes países y adaptado a las particularidades y tecnologías de Argentina. La confirmación de los resultados que señalan los procesos unitarios de mayor generación de emisiones permite delinear las acciones de reducción correspondientes para hacer más limpia la producción de cemento en el país.

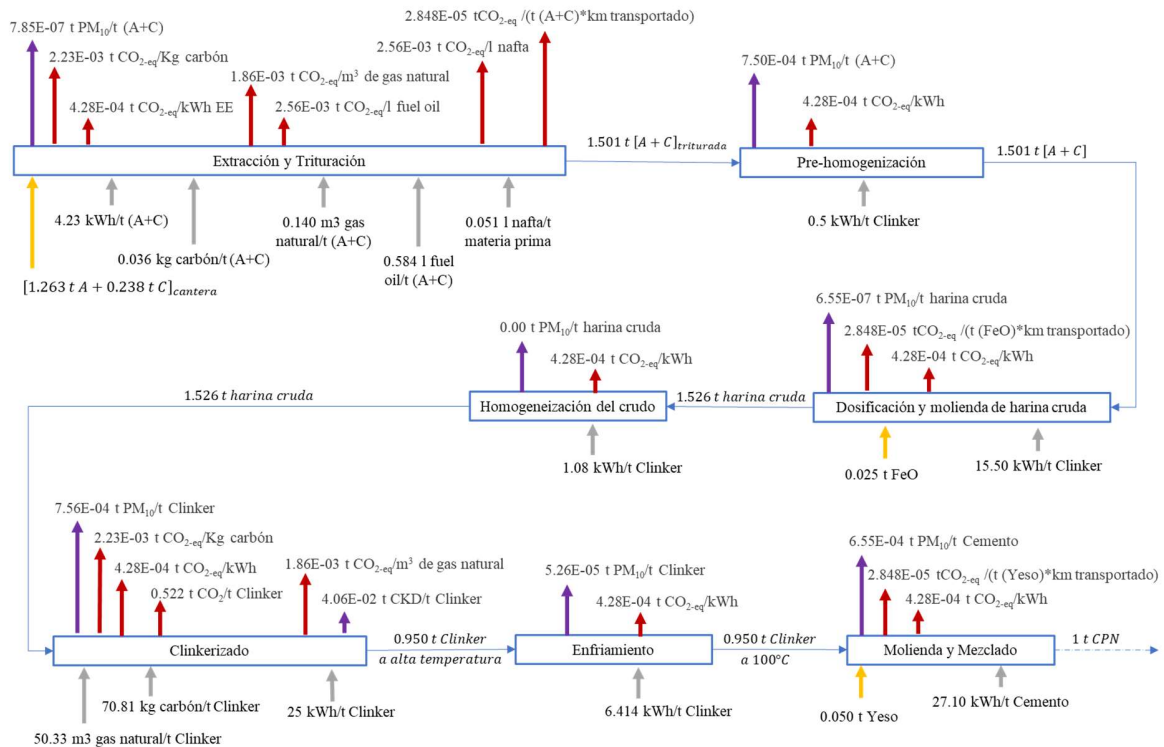


Figura 2. Diagrama de flujo indicando cantidades de materiales, de combustibles y de energía de entrada y cantidades de material particulado (PM₁₀), de dióxido de carbono y dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) de salidas. Siendo A=Arcilla, C= Caliza, A+C= mezcla de arcilla y caliza, EE= Energía Eléctrica, CKD=pulvo de cemento del horno que es descartado (por sus siglas en inglés).

Referencias

- Arena, A. P., Correa, E. N., & de Rosa, C. (2002). PERFIL AMBIENTAL DEL CEMENTO PÓRTLAND PRODUCIDO EN LA REGIÓN OESTE ARGENTINA, SEGÚN LA METODOLOGÍA DEL IPCC. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 6(1), 01.47-01.52.
- Castiarena, A. N. (1994). Curso de Tecnología del Hormigón. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Gursel, A. P. (2014). Life-Cycle Assessment of Concrete: Decision-Support Tool and Case Study Application. California: University of California, Berkeley.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2008). IRAM-ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Buenos Aires: IRAM.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2008). IRAM-ISO 14044. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Buenos Aires: IRAM.
- Rueda, E., & Barberi, D. (15 de dic de 2020). TECNOLOGÍA BÁSICA DE LOS CEMENTOS Y MARCO NORMATIVO ARGENTINO. Recuperado el ene de 2022, de <https://web1.icpa.org.ar/index.php/2020/12/02/tecnologia-basica-cementos-marco-normativo-argentino/>
- Secretaría de Energía. Ministerio de Economía. Presidencia de la Nación. (s.f.). Cálculo del Factor de Emisión de CO₂ de la Red Argentina de Energía Eléctrica. Recuperado el enero de 2022, de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>
- Zamagni, A. P. B. (2009). D20 Blue Paper on Life Cycle Sustainability Analysis. Co-ordination Action for Innovation in Life-Cycle Analysis for Sustainability.