

# Análisis de ciclo de vida en la generación eléctrica por biodigestión anaerobia

## Life cycle analysis in power generation by anaerobic bio digestion

**Germán Arturo López Martínez<sup>1</sup>**

### Resumen

Este trabajo está dividido en cuatro secciones: la primera describe: el proceso de digestión de la biomasa, los diferentes tipos de biodigestores, y los requisitos ambientales para generar biogás; la segunda responde a la pregunta ¿qué es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV)?, se mencionan las etapas, los impactos ambientales evaluados, y una visión general para un producto en general; la tercera presenta los resultados de una aplicación de ACV a una planta de cogeneración de 1 MW-h de energía, a partir de biogás en una hacienda agrícola; finalmente, las conclusiones, destacan la reducción significativa de emisión de gases de efecto invernadero, pero se advierte sobre un leve aumento en dos aspectos ambientales: la acidificación y la eutrofización.

**Palabras clave:** *Análisis de ciclo de vida ACV, Biogás, Cogeneración, Medio ambiente.*

### Abstract

This research is divided into four sections: the first one describes the of biomass digestion process, its different types of bio digesters and the environmental requirements to generate biogas; the second one answers the question “what Life Cycle Analysis (LCA) is, in which the stages, the environmental impacts assessed and a general overview for a general product are mentioned; the third section presents the results of an application of LCA to a cogeneration a power 1 MW-h plant from the use of biogas in an agricultural farm. Finally, the conclusions highlight a significant reduction in the emission of greenhouse gases, but a slight increase in two environmental aspects such as acidification and eutrophication are shown as a warning.

**Key Word:** *Life Cycle Analysis LCA, Biogas, Cogeneration, Environment.*

12

## 1. Introducción

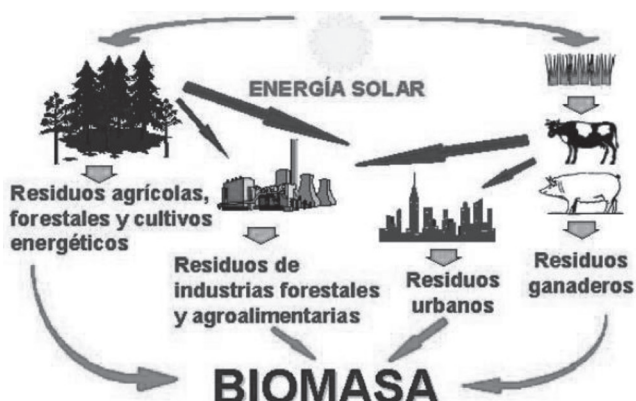
*“El biogás es un gas combustible un poco más liviano que el aire (densidad de 0.94 kg/m<sup>3</sup> a condiciones atmosféricas), posee una temperatura de inflamación de alrededor de 700°C y la temperatura de llama alcanza 870°C. El biogás está compuesto por varios gases como: metano (CH<sub>4</sub>) (50% a 70%), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (30% a 50%), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) (0.1% a 1%) y nitrógeno (N<sub>2</sub>) (0.5% a 3%). Su pureza y calidad dependen de la cantidad de metano que contenga; cuanto mayor es el porcentaje de este gas, más puro y mayor su poder calorífico”. (López, 2017)*

<sup>1</sup> MsC Ingeniería Mecánica. Ingeniero Mecánico. Estudiante de doctorado en Ingeniería. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Investigador grupo de investigación GEA. Correo: germanlopezm@yahoo.es

El biogás se obtiene del proceso de biodigestión anaerobia de la biomasa, en un biodigestor. Es un proceso biológico que ocurre cuando la materia orgánica (biomasa) es descompuesta por bacterias en ausencia de oxígeno (proceso anaeróbico). (EPA, 2014)

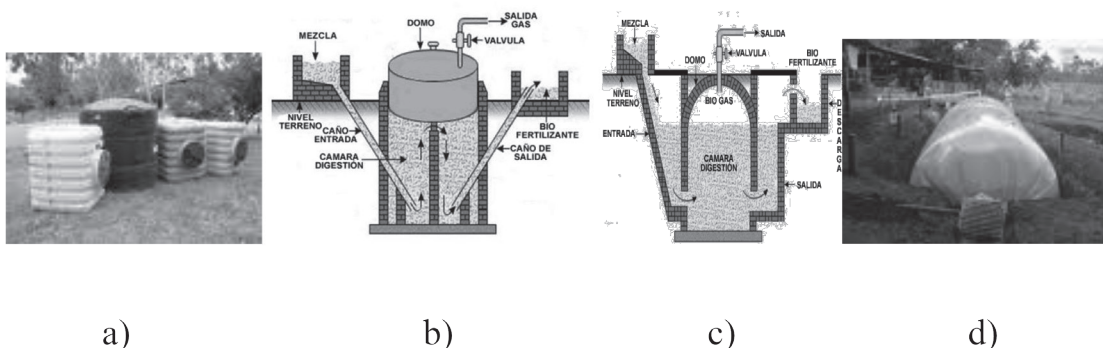
La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptibles de ser aprovechados energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica. Está conformada por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), entre otros elementos. (ACMOR, 2017).

En la figura 1 se aprecia los diferentes orígenes de la biomasa, esta puede obtenerse de diversas fuentes, como los residuos agrícolas, forestales y cultivos energéticos, de residuos industriales forestales y agro alimentos, de residuos urbanos, y de residuos ganaderos.



**Figura 1. Origen de la biomasa.**  
(Fuente: (Nogués, García, & Rezeau, 2010))

Un biodigestor es un recipiente cerrado o tanque en el que se produce el biogás, puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. Se clasifican en estacionarios (tipo batch), para una sola carga, y continuos, para cargas frecuentes, existen tres tipos: hindú (de campana flotante), chino (de campana fija), Taiwán (de bolsa). Ver figura 2.



**Figura 2. Tipos de Biodigestores: a) estacionario de una sola carga, b) hindú, c) chino, d) Taiwán. Los tres últimos son de carga continua.**  
Fuente (HRS, 2015)

Los requisitos ambientales para contar con una buena digestión son: la temperatura, el pH, y el contenido de humedad. (Avşar, Y., 2016)

*El biogás generado se usa para calefacción, o como biocombustible para alimentar un motor de*

*combustión interna o una turbina, que a su vez mueve un generador eléctrico para producir electricidad de manera local. Si se emplea para sus dos usos de manera simultánea se le llama co-generación. (o CHP ciclo de calor y potencia por sus siglas en Inglés)* (Kaltschmitt, M., 2016)

## 2. ¿Qué es el Análisis del Ciclo de Vida ACV?

Es una herramienta que se usa para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles al ciclo de vida de un producto, un proceso o un servicio.

Toda actividad o proceso provoca impactos medioambientales, supone el consumo de re-

ursos, emite sustancias al medio y genera modificaciones ambientales durante su periodo de existencia. (ECOIL, 2016). En la Figura 3 se muestran las etapas del ACV de un producto, o un proceso, a saber: gestión de residuos, extracción de materias primas, pretratamiento, producción de bienes, y distribución y uso; esta última fase genera nuevos residuos, por lo que se reinicia el ciclo.

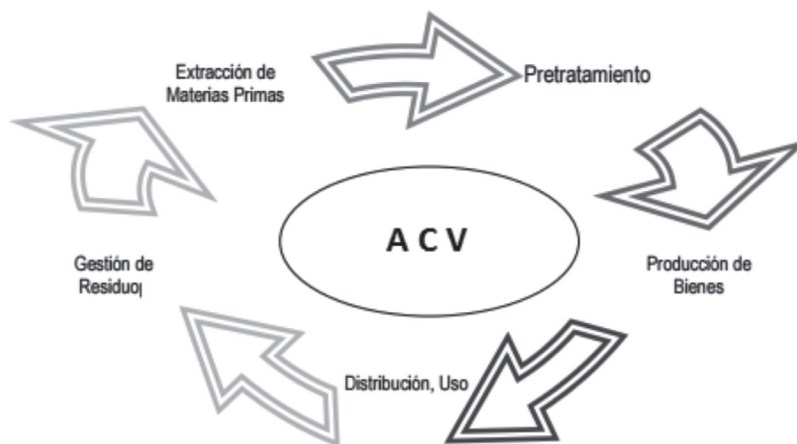


Figura 3. Etapas del Análisis del Ciclo de Vida de un producto. (ECOIL, 2016)

Los impactos medioambientales que se valoran habitualmente son: el cambio climático, la reducción de la capa de ozono, la generación de ozono en la troposfera, la eutrofización, (enriquecimiento con nutrientes a un ecosistema), la acidificación y otras. (Williams, 2009)

La herramienta del ACV fue desarrollada en los años 60s, (del siglo XX), y se usó para la prevención de la contaminación en los años 70s. No existen procedimientos específicos o guías a seguir, sin embargo hay una serie de aproximaciones que pueden ser útiles en función de la necesidad a resolver a través del ACV. (Aguirre-Villegas & Larson, 2017)

El principio básico de la herramienta es la identificación y descripción de todas las etapas

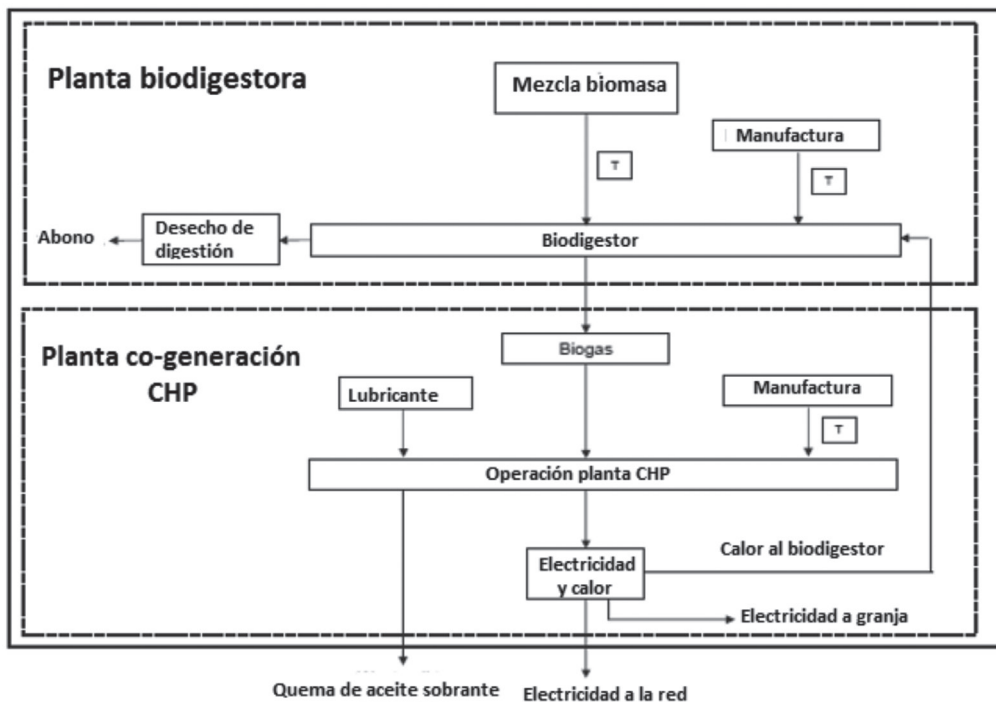
del ciclo de vida de los productos, procesos o servicios.

## 3. ACV de una planta de cogeneración (CHP) de 1 MW-h de energía.

Como se advirtió, el objetivo es estimar los impactos ambientales del ciclo de vida de la co-generación (electricidad y el calor, CHP), en una granja agrícola en Inglaterra, donde se utiliza el biogás producido en un reactor de digestión anaeróbica, el que se alimenta con 14 t/día de una combinación de diferentes biomásas: estiércol de vacas (7t/día), suero de queso (2,33 t/día), ensilaje de maíz (2,33 t/d) y remolacha forrajera (2,33 t/d).

Se usó el software Gabi LCA V4.4 y el método CML 2011 (*software que contiene la caracterización de factores para evaluar el impacto del ACV*) para estimar los impactos. En la figura 4 se muestra el esquema general de la planta de cogeneración (CHP) en la granja agrícola. Allí se aprecia el esquema de la planta generadora de biogás,

y la planta de co-generación CHP, en ambas se contempla los efectos producidos por la tecnología de manufactura de cada equipo. Además se muestran los flujos de masa y energía que entran y salen de cada planta, los que generan impactos ambientales, y son evaluados en el ACV. (Evangelisti, Lettieri, Borello, & Clift, 2014).



**Figura 4. Esquema general de planta de co-generación CHP alimentada por el biogás producido en la planta biodigestora.**

Fuente: (Evangelisti et al., 2014)

Se evaluaron 11 factores ambientales:

ADP: Potenciales de agotamiento abiótico, y fósil; AP: Potencial de acidificación; EP: Potencial de eutrofización; FAETP: Potencial de toxicidad acuática de agua dulce; GWP: Potencial de calentamiento global; HTP: Potencial de toxicidad humana; MAETP: Potencial de eco-toxicidad acuática marina; ODP: Potencial de agotamiento del ozono; POCP: potencial de creación de oxidantes fotoquímicos; TETP: Potencial de eco-toxicidad terrestre;

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar el ACV, allí se encuentra que en 9 de los 11 aspectos evaluados se logra disminuir los impactos ambientales generados, y solo en dos de ellos (AP: Potencial de acidificación, y EP: Potencial de eutrofización), presentan incrementos, en comparación con otros tres escenarios analizados: cogeneración con gas natural, uso de energía de la red y caldera con gas natural, y uso de energía de la red y caldera de aceite.

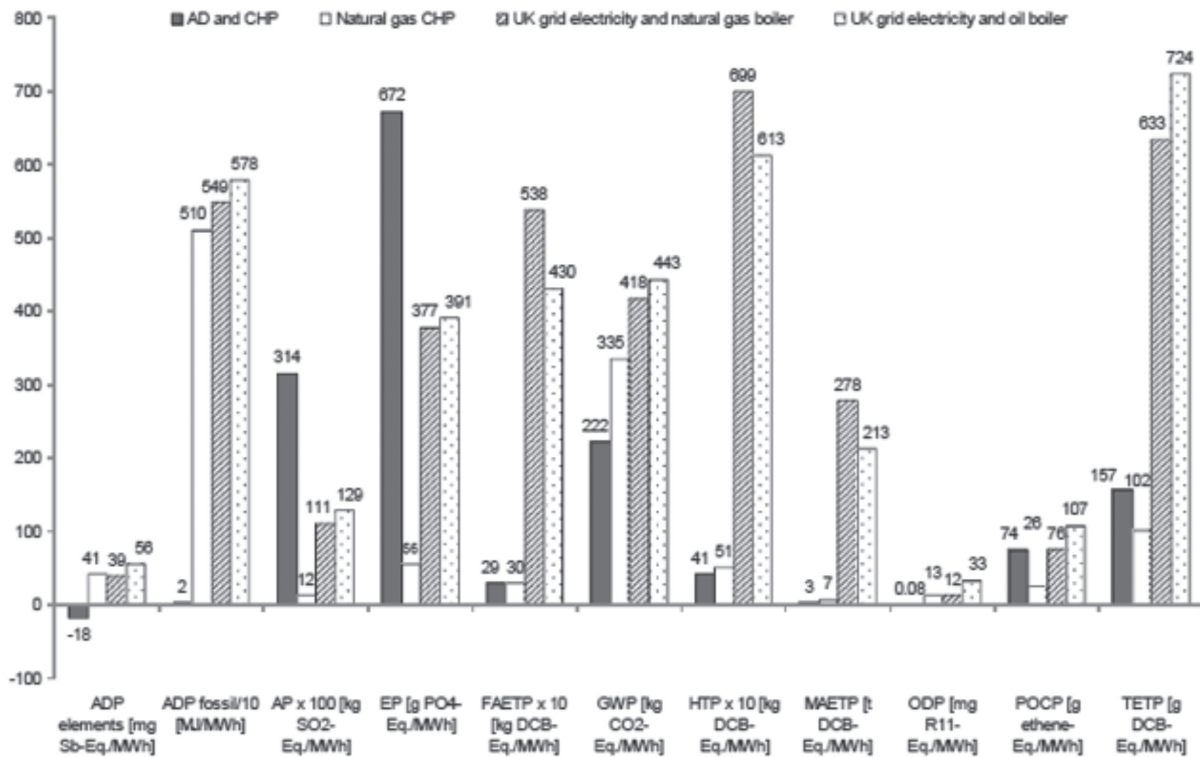


Figura 5. Comparación de efectos sobre once aspectos ambientales, de cuatro escenarios posibles: Planta de cogeneración con biogás, cogeneración con gas natural, energía de la red y una caldera con gas natural y energía de la red y caldera de aceite. Fuente: (Evangelisti et al., 2014)

#### 4. Análisis de datos

La cogeneración usando el biogás generado en la planta de biogás permite reducir sustancialmente nueve de los once aspectos ambientales, lo que es un escenario preferido, en comparación con los otros tres, donde se generan mayores impactos ambientales.

Estos dos impactos pueden reducirse utilizando el almacenamiento cubierto para el digestato y la recuperación del metano para su uso en la cogeneración. Así técnicas mejoradas para la aplicación de digestores en tierras de cultivo. Sin embargo, Incluso con estas medidas aplicadas, la acidificación y los potenciales de eutrofización siguen siendo mucho mayores que en el escenario

de cogeneración con gas natural (20 y 10 veces, respectivamente). (Evangelisti et al., 2014)

#### 5. Conclusiones

La metodología de ACV, es una herramienta muy poderosa para evaluar los distintos aspectos ambientales, (al menos 11), en distintos proyectos donde exista algún tipo de transformación tecnológica, como lo es este proyecto de co-generación de energía (CHP), a partir de biomasa residual agropecuaria.

En el caso específico de la tecnología de cogeneración CHP con biogás generado a partir de la biomasa generada en la granja permitieron identificar una significativa disminución de la emisión



---

de gases de efecto invernadero, además de otros ocho aspectos ambientales donde se evaluó la disminución de sus efectos nocivos, esto permitió tomar la decisión de su implementación, en comparación con las otras tres alternativas analizadas.

## **6. Referencias Bibliográficas**

- ACMOR. (10 de 02 de 2017). Energías sustentables: la biomasa. Obtenido de Energías sustentables: la biomasa: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2016/secundario/Carteles/fisicomatematicas/energias.pdf>
- Caviedes, P. (31 de 03 de 2017). Electro Industria. Obtenido de Biomasa primera generación: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=959>
- ECOIL. (24 de 02 de 2016). Analisis del ciclo de vida (ACV). Obtenido de Analisis del ciclo de vida (ACV): [http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2\\_SP.pdf](http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf)
- EPA. (11 de 2014). Anaerobic Digestion. Obtenido de Anaerobic Digestion: [www.aae.wisc.edu/aae500/AnaerobicReport.pdf](http://www.aae.wisc.edu/aae500/AnaerobicReport.pdf)
- HRS. (20 de 08 de 2015). Medioambiental. Obtenido de Medioambiental: <https://www.hrs-heatexchangers.com/es/medioambiental/?gclid=COXeI5-egtMCFVCBkQodn4wOPA>
- López, G. (31 de 03 de 2017). Metanogénesis. Obtenido de Metanogénesis: <https://www.academia.edu/16713734/Metanogenesis>
- Nogués, F. S., García, D., & Rezeau, A. (2010). Energía de la biomasa. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza. España.
- Twenergy. (16 de 01 de 2016). Biocombustibles de segunda generación. Obtenido de Biocombustibles de segunda generación: <https://twenergy.com/a/biocombustibles-de-segunda-generacion-880>
- Williams, A. (2009). Life Cycle Analysis: A step by Step Approach. Illinois, USA: Illinois Sustainable Technology Center.

