



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1248>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

*Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa*

*Management and disposal of solid waste in biomass steam production plant*

*Gerenciamento e disposição de resíduos sólidos na planta de produção de vapor de biomassa*

Juan Carlos Cañarte-Chiriboga <sup>I</sup>

[juan.canarte@gmail.com](mailto:juan.canarte@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-6945-9499>

María Rodríguez-Gámez <sup>II</sup>

[mariarodriguez@edu.ec](mailto:mariarodriguez@edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5515-6155>

**\*Recibido:** 20 de abril de 2020 **\*Aceptado:** 30 de mayo de 2020 **\* Publicado:** 25 de junio de 2020

- I. Estudiante de la Maestría en Mantenimiento Industrial, Mención Gestión Eficiente del Mantenimiento, / Instituto de Posgrado/ Universidad Técnica de Manabí, Ingeniero Eléctrico, Portoviejo, Ecuador.
- II. Doctor (Programa de Estrategias de Planificación del Territorio), Licenciado en Educación Especialidad Física y Astronomía, Docente en la Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

## Resumen

Las plantas de generación de vapor por biomasa alrededor del mundo se están convirtiendo cada vez más habituales, de hecho, la inversión se ha incrementado en los últimos 5 años en un 33%., bajo esta tendencia, en Latinoamérica se han establecido acciones preventivas que permitirán reutilizar los residuos del cuesco de palmiste de manera responsable. Así pues, en Ecuador, la empresa privada ha establecido un riguroso plan de concientización ambiental y manejo para la generación de vapor por biomasa.

En la planta de producción de vapor por biomasa Enerbmass S.A. se debe garantizar que la planta trabaje a la capacidad de diseño, para evitar que arranquen los generadores de vapor a diésel, los cuales trabajan para suplir necesidades puntuales de vapor, pero generando emisiones nocivas para el medio-ambiente y a un costo superior.

Enerbmass S.A. estima utilizar diariamente 90-100 toneladas de cuesco de palmiste para producir 430 toneladas de vapor generando desechos sólidos en su proceso. La ceniza es su principal residual que actualmente, se almacena en contenedores y es depositado en el botadero municipal, otros desechos del mantenimiento tienen un manejo diferenciado.

El objetivo de esta investigación es la evaluación del tratamiento de los desechos sólidos y generar procedimientos para manejarlos y disponerlos adecuadamente, promoviendo una cultura responsable y amigable con el ambiente. Se empleará como metodología encuestas que permitan hacer análisis cualitativo y cuantitativo, permitiendo conocer la forma actual de gestionar los desechos sólidos. Los resultados obtenidos serán propuestos a manera de solución para gestionar la disposición final de los remanentes industriales, permitiendo administrar eficazmente el sistema de gestión ambiental utilizando las normas ISO 14001:2015.

**Palabras claves:** Cuesco de palmiste; desechos sólidos; ceniza; disposición final.

## Abstract

Biomass steam generation plants around the world are becoming increasingly common, in fact, investment has increased in the last 5 years by 33%., Under this trend, preventive actions have been established in Latin America that They will allow to reuse the residues of the palm kernel in a responsible way. Thus, in Ecuador, private companies have established a rigorous environmental awareness and management plan for biomass steam generation.

## Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

---

In the biomass steam production plant Enerbmass S.A. It must be guaranteed that the plant works at the design capacity, to avoid starting the diesel steam generators, which work to supply specific steam needs, but generating emissions that are harmful to the environment and at a higher cost.

Enerbmass S.A. Estimates to use 90-100 tons of palm kernel daily to produce 430 tons of steam generating solid waste in its process. Ash is its main residual, which is currently stored in containers and deposited in the municipal dump. Other maintenance wastes have a different management.

The objective of this research is to evaluate the treatment of solid waste and generate procedures to manage and dispose of it properly, promoting a responsible and environmentally friendly culture. Surveys that allow qualitative and quantitative analysis will be used as methodology, allowing to know the current way of managing solid waste. The results obtained will be proposed as a solution to manage the final disposal of industrial remnants, allowing the environmental management system to be effectively administered using ISO 14001: 2015 standards.

**Keywords:** Palm kernel; solid waste; ash; final disposition.

### Resumo

As usinas de geração de vapor de biomassa em todo o mundo estão se tornando cada vez mais comuns; de fato, o investimento aumentou nos últimos 5 anos em 33%., Sob essa tendência, foram estabelecidas ações preventivas na América Latina que Permitirão reutilizar os resíduos do palmito de maneira responsável. Assim, no Equador, empresas privadas estabeleceram um rigoroso plano de conscientização e gerenciamento ambiental para a geração de vapor de biomassa.

Na planta de produção de vapor de biomassa Enerbmass S.A. Deve-se garantir que a planta trabalhe com a capacidade de projeto, para evitar a partida de geradores de vapor a diesel, que trabalham para suprir necessidades específicas de vapor, mas gerando emissões prejudiciais ao meio ambiente e a um custo mais alto.

Enerbmass S.A. Estima-se o uso diário de 90 a 100 toneladas de palmiste para produzir 430 toneladas de vapor gerando resíduos sólidos em seu processo. O cinza é seu principal resíduo, atualmente armazenado em contêineres e depositado no lixão municipal, enquanto outros resíduos de manutenção têm uma gestão diferente.

O objetivo desta pesquisa é avaliar o tratamento de resíduos sólidos e gerar procedimentos para gerenciá-los e descartá-los adequadamente, promovendo uma cultura responsável e ambientalmente correta. Pesquisas que permitam análises qualitativas e quantitativas serão utilizadas como metodologia, permitindo conhecer o modo atual de gerenciamento de resíduos sólidos. Os resultados obtidos serão propostos como uma solução para gerenciar o descarte final de resíduos industriais, permitindo que o sistema de gerenciamento ambiental seja efetivamente administrado usando os padrões ISO 14001: 2015.

**Palavras-Chave:** Palm kernel; lixo sólido; cinza; disposição final.

## Introducción

En los últimos años, el cambio climático se ha convertido en una preocupación de los líderes mundiales, debido a la alteración de las condiciones meteorológicas alrededor del globo. Una de las principales causas recae en la contaminación del suelo a raíz de los desechos, lo cual provoca la desertificación de tierras agrícolas [1].

A nivel regional, Ecuador ocupa el segundo lugar de producción de aceite de palma, siendo Colombia el primer productor [2]. Esto lo convierte en un atractivo económico para las inversiones de plantas de producción de vapor o electricidad por biomasa derivado del cuesco de palmiste o recubrimiento de nuez de palma africana.

La reutilización del cuesco de palmiste genera un impacto positivo al ambiente; pero no hay que dejar de lado la relevancia de los desechos generados en el proceso, los cuales deben pasar por un extenso ciclo de selección y segregación para que no se conviertan en agentes contaminantes. En Ecuador, el reciclaje constituye aproximadamente el 25% de los residuos generados, y existe un mercado establecido para ello [3].

La provincia de Manabí, posee pocas hectáreas de sembrío de palma africana con relación a las provincias de Esmeraldas y Santo Domingo de los Tsáchilas [4]. Sin embargo, se ha logrado consolidar el proceso y la logística necesaria para extraer el aceite de palma y palmiste en el lugar donde se cultivan y posteriormente trasladar la biomasa a Manabí donde es aprovechada como biocombustible.

En vista de la creciente problemática, es inminente establecer modelos de desarrollo que tengan como base la sustentabilidad ambiental, siendo responsabilidad de la empresa privada gestionar

adecuadamente el control y planificaciones de los residuales obtenidos en el proceso de producción de forma tal que se disminuyan su impacto ambiental. En este sentido, la empresa constituye uno de los agentes económicos fundamentales, teniendo un rol protagónico en la solución o prevención de estos problemas [5]. Actualmente cuenta con la certificación ISO 14001:2015 y se trabaja en la gestión adecuada de los desechos sólidos derivadas de la realización de mantenimiento en la planta.

### **Inventario de las maquinarias**

La maquinaria tecnológica a utilizar para transformar la materia prima (cuesco de palmiste) en vapor contiene los siguientes equipos: 4 Silos de recepción de PKS, 23 Transportadores de PKS, 1 Separador Magnético, 1 Caldera de Biomasa, 1 Economizador de Caldera de Biomasa, 4 sopladores, 3 Intercambiadores de Calor de Placas, 8 Bombas de procesos, 4 Bombas Dosificadoras de Producto Químico, 1 Unidad Hidráulica, 1 Filtro Ciclónico, 1 Sistema de Filtración de Mangas, 1 Chimenea, 1 Tanque de Purgas de Caldera, 1 Compresor de Aire de Alta Presión, 1 Secador de Aire de Alta Presión, 1 Compresor de Aire de Baja Presión, 1 Secador de Aire de Baja Presión, 1 Generador Termoeléctrico de 600 KW, 1 Transformador Eléctrico 600 KW, 1 Tablero Eléctrico de Control, 1 Tablero Eléctrico de Fuerza, 1 Edificio de Control, 1 Sistema de Climatización.

A partir del análisis realizado se dispuso que diferentes equipos ingresarán en el plan de mantenimiento y se planificó el presupuesto necesario para lograr tener una operación confiable en el proceso tecnológico

### **Materiales y Métodos**

Se realizó una encuesta sobre la disposición de los desechos sólidos a diferentes colaboradores de la planta de biomasa. Se designaron criterios para su evaluación a partir del conocimiento que tenían, se les propuso una calificación y puntaje donde se tuvo en cuenta la gestión personal de cada encuestado respecto a los impactos ambientales y su manejo en las áreas donde operan sus actividades; además se realizó un inventario de las maquinarias que se utilizan en el proceso tecnológico para determinar la cantidad de residuos que estas generan.

## Análisis de los Resultados

En la tabla 1 se presenta el análisis del manejo y disposición de desechos sólidos en base a los rangos Deficiente, Regular, Bueno y Excelente con su respectiva puntuación que va desde 0.0 hasta 10.0, siendo 0.0 Deficiente y 10.0 Excelente.

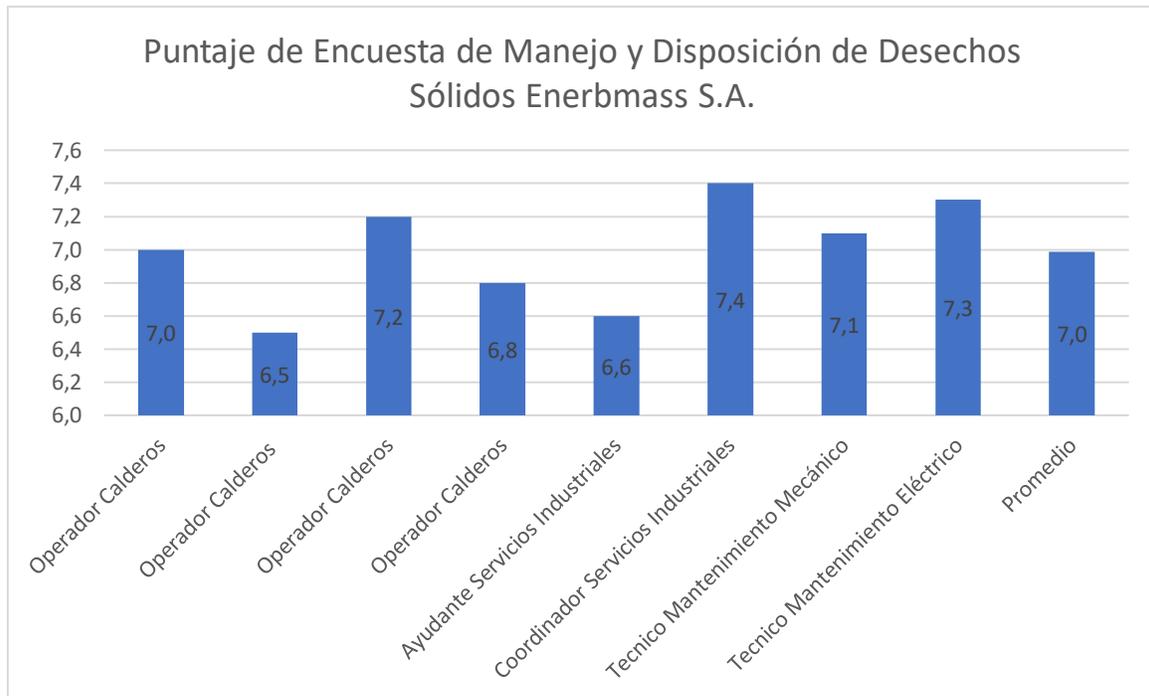
**Tabla 1:** Rangos para Clasificar el Manejo y Disposición de Desechos Sólidos

<b>MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS</b>	<b>RANGO</b>
<b>Deficiente</b>	Entre 0 y 2,49
<b>Regular</b>	Desde 2,5 hasta 4,9
<b>Bueno</b>	Entre 5 y 7,49
<b>Excelente</b>	Desde 7,5 hasta 10

En la figura 1, se observa los resultados aplicados en la encuesta referente al conocimiento que tienen los colaboradores de las áreas de Operación y Mantenimiento, reflejándose un puntaje promedio de 7.0/10.0, un resultado obtenido a raíz de la tabulación de los criterios evaluados a 8 trabajadores de la planta. Por consiguiente, se puede afirmar que la gestión de manejo y disposición de desechos sólidos está en el rango de Bueno.

Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

Figura 1: Histograma del puntaje obtenido en la encuesta



Mediante el análisis de la encuesta, se pueden conocer los tipos de residuos sólidos que se manejan en la planta y su disposición final actual. En base a la caracterización de las respuestas se genera la siguiente propuesta para el manejo y disposición de desechos sólidos:

Los Puntos de Reciclaje se encuentran ubicados en la parte interna de la planta. Estos depósitos están claramente identificados y se debe depositar en ellos solo el tipo de material indicado en la parte frontal de los mismos.

Posteriormente se trasladarán al Centro de Acopio y se almacenarán los desechos previamente clasificados como:

- Reciclables: Cartón, vidrio, plástico (envolturas y recipientes limpios), papel, residuos orgánicos.
- No reciclables: Basura, equipos de protección personal usados, elementos de limpieza, escombros, cenizas de cuesco de palmiste, polvo de la limpieza de equipos y áreas, lodos,

## Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

---

desechos de útiles y muebles de oficina, desechos de cafeterías, entre otros residuos que no sean considerados peligrosos (basura común) y no aporten la recuperación de un recurso.

- **Materiales peligrosos reciclables:** Baterías usadas de generador termoeléctrico, grasas lubricantes usadas, residuos de cables eléctricos, computadoras, elementos electrónicos, cables de voz y datos, equipos y/o herramientas, chatarra contaminada, envases vacíos metálicos o plásticos en buenas condiciones, que serán previamente clasificados e identificados y enviados al centro de acopio para su retiro y disposición final por parte del gestor ambiental autorizado por las Autoridades Ambientales Nacionales.
- **Materiales peligrosos no reciclables:** Pilas, repuestos de mantenimientos de equipos en malas condiciones o usados contaminados, recipientes vacíos de refrigerantes, transformadores, lodos y aguas contaminadas con hidrocarburos, toners usados, balastos, ignitores, tubos fluorescentes, envases vacíos metálicos o plásticos en malas condiciones u otros materiales contaminados con elementos cuya etiqueta indique peligrosidad que serán previamente clasificados e identificados y enviados al centro de acopio para su disposición final por parte del gestor ambiental autorizado por las Autoridades Ambientales Nacionales.
- **Desechos de grasas lubricantes:** Desechos producto del mantenimiento son trasladados al centro de acopio para ser enviados a las empresas gestoras ambientales calificadas por la autoridad ambiental nacional para su transporte y disposición final.
- **Equipos de protección personal usados:** Son los que se originan como resultado de las actividades y que no pueden ser utilizados, una vez que han sido considerados no utilizables pasan a la categoría de peligrosos. Estos son recolectados en los recipientes destinados para su fin y embalados para ser enviados a las empresas gestoras ambientales calificadas por la Autoridad Ambiental Nacional para su transporte y disposición final.
- **Recipientes vacíos:** De acuerdo al grado de peligrosidad del producto que ha contenido anteriormente estos envases pueden ser gestionados ya sea mediante su retiro por parte del proveedor o entregándolos al centro de acopio.
- **Paños absorbentes de limpieza de derrames:** Resultante de las actividades de limpieza en caso de derrame de productos peligrosos, deberán ser colocados en fundas o recipientes de acuerdo a su peligrosidad y comunicar al Departamento de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente para su disposición final.

## Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

---

Los desechos sólidos como basura y tierras de limpieza son entregados por los procesos a sus respectivos centros de acopio. Estos residuos son colocados en una volqueta y transportados al botadero municipal de Manta.

En el caso de las cenizas, la volqueta se acerca a la planta de producción de vapor por biomasa y se carga la misma por medio de montacargas y luego se gestiona el traslado al botadero municipal de Manta.

En caso de presentarse una emergencia, todos los desperdicios que se generen deben ser clasificados, recolectados y ubicados en fundas plásticas para ser transportadas hasta el centro de acopio para realizar la gestión ambiental.

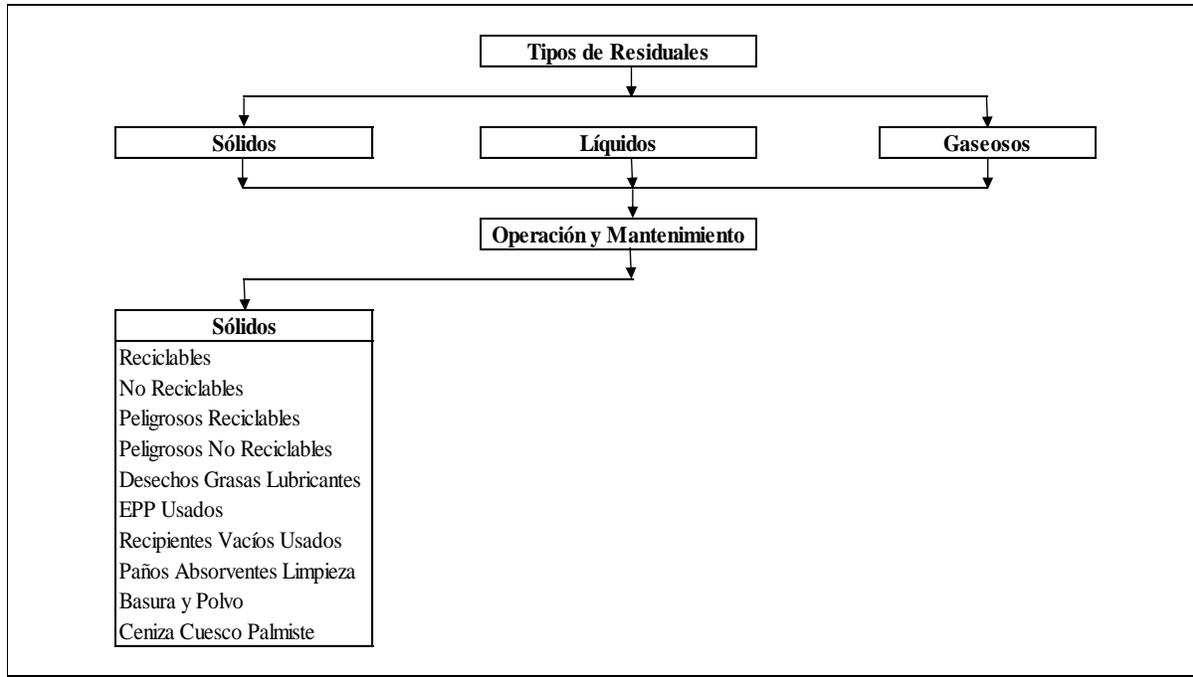
Cada proceso maneja las cantidades mensuales de los desechos peligrosos generados en sus áreas y disponen de las copias del documento respectivo cuando se realiza la entrega, como evidencia de la gestión ambiental.

El Departamento de Seguridad, Salud en el trabajo y Medio ambiente llevará un formato de autorización de desalojo de materiales no reciclables, reciclables y peligrosos del centro de acopio, con el fin de verificar y controlar principalmente que el desalojo de los desechos peligrosos sea apropiadamente gestionado por las empresas calificadas y que cumplan con los requisitos ambientales dispuestos por las leyes ambientales vigentes.

En la figura 2, se presentan los tipos de residuales que se manejan y disponen en la planta de producción de vapor por biomasa.

Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

**Figura 2:** Residuales Sólidos Generados en Planta de Producción de Vapor por Biomasa en Operación y Mantenimiento



### Impacto social

Dada la importancia de los desafíos relacionados con la sostenibilidad que la sociedad enfrenta, el gremio palmero debe buscar conjugar sus acciones bajo un esquema integral de estrategia de negocio [6].

El impacto en la responsabilidad social que genera esta actividad tiene que ver con el tema de que el consumidor reclama una producción competitiva económicamente y que cumpla con estándares sociales y ambientales [7].

Enerbmass S.A. prioriza la gestión de desarrollo organizacional de los colaboradores que ahí trabajan, para que puedan realizar actividades en un clima laboral adecuado, que permita cumplir con la operación de la planta, cumpliendo los estándares ambientales.

### Impacto económico

El desarrollo de esta propuesta para el manejo y disposición final de los residuos, permite tener un impacto económico sobre el tratamiento responsable de los materiales reciclables y su posterior comercialización a gestores ambientales. Aprovechando al máximo su capacidad de reutilización.

Pero este modelo de sostenibilidad debe ir ligado a un modelo de competitividad que permita que las actividades económicas que se derivan de la agroindustria perduren a través del tiempo; la interacción de estos modelos garantiza a largo plazo una eficiencia de la industria a nivel económico, social y ambiental, y permitirá hacer frente a las situaciones de riesgo que afronta el sector [8].

## Conclusiones

Se concluye que la evaluación del manejo y disposición de los desechos sólidos mediante la encuesta, permitió generar una propuesta adecuada con la realidad actual del proceso de generación de vapor por biomasa. Se cumplió con el objetivo de gestionar el tratamiento de desechos sólidos cuando la planta está en Operación y/o Mantenimiento, lo que posibilitará la estandarización de actividades para que el sistema ambiental de la planta opere correctamente, generando recursos para la empresa y una disposición eco-amigable.

## Referencias

1. EFE, «EFE Verde,» 15 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.efeverde.com/noticias/desertificacion-erosion-suelo-169-paises/> [Último acceso: 20 04 2019].
2. L. Potter, «FLACSO Andes,» 01 Octubre 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/3980/1/RFLACSO-E02-02-Potter.pdf>. [Último acceso: 20 04 2019].
3. G. A., «La agroindustria de la palma de aceite en América,» Fedepalma, vol. V, n° 6, pp. 215-228, 2016.
4. M. R. T. L. Victoria Calambas, «Alternativas para fortalecer la valorización de materiales reciclables en plantas de manejo de residuos sólidos en pequeños municipios,» Ciencia e Ingeniería Neograndina, vol. III, n° 22, pp. 59-73, 2012.
5. R. R. Broche Y., «Procedimiento para la gestión de los residuos sólidos generados en instalaciones hoteleras cubanas,» Ingeniería Industrial, vol. I, n° 36, pp. 224-35, 2015.

Manejo y disposición de desechos sólidos en planta de producción de vapor por biomasa

---

6. G. Espinoza, Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Santiago: Banco Interamericano de Desarrollo, 2007.
7. L. M. M. M. C. L. M. Marrero, «Depósito de Investigación Universidad de Sevilla,» 14 Junio 2013. [En línea]. Available: [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/17530/file\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/17530/file_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 20 Abril 2019].
8. E. Cerdá, «Energía obtenida a partir de biomasa,» ICE, vol. II, n° 19, pp. 50-70, 2012.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).