



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DEL ARROZ PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL

**Isabella Gaviria, María Camila Rengifo, Kathleen Salazar, Isabel Velásquez,
María Camila Yanguas**

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

Colombia es un país autosuficiente en arroz, con más de 176,000 hectáreas utilizadas para su producción. Su cultivo deja como residuo principal la cascarilla del arroz, la cual contiene altos índices de silicio y un bajo peso específico (100 kg / m³), que implica altos costos de evacuación e impacto ambiental. Por lo anterior, se busca diseñar un proceso productivo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial, con el fin de aprovechar la cascarilla del arroz como materia prima.

Mediante la consulta a expertos y una exploración de mercado, se determinó diseñar el proceso para un exfoliante. A partir de esa fase, se debió proceder a realizar un nuevo estudio de mercado. Estos resultados no solo permitieron conocer las características que los clientes esperan que el producto presente, sino también la oferta y la demanda del producto elegido, para así, definir el proceso productivo, la capacidad instalada; aspectos de gran importancia para la factibilidad del proyecto.

De acuerdo a las expectativas del consumidor final y la asesoría de expertos farmacéuticos, se procedió a definir la formulación del exfoliante. Esto, implicó conocer normativas que rigen a los productos cosméticos en relación a su presentación, la comunicación de los riesgos que implica su uso y la determinación de una reducción en el impacto ambiental en el proceso a llevar a cabo.

Para finalizar, se requería conocer la factibilidad financiera del proyecto, definiendo distintas variables que permitieron calcular el valor presente del proyecto. Posteriormente, se realizó un análisis de sensibilidad, que permitió concluir sobre la viabilidad de llevar a cabo la producción del exfoliante.

A futuro, se espera que el nuevo producto pueda ser desarrollado por una empresa ya existente en el mercado. La ubicación de la nueva línea de producción en una zona aledaña, permitiría a los inversionistas la exoneración de impuestos por cierto tiempo, con la condición de beneficiar a su población en aspectos como empleo y educación. Además, es un proyecto que brinda una alternativa para el manejo de los residuos de la producción de arroz, los cuales comúnmente son incinerados emitiendo altas cantidades de CO₂.

Palabras clave: cascarilla del arroz; proceso industrial; ingeniería industrial

Abstract

Colombia is a self-sufficient rice producing country, with more than 176,000 hectares dedicated to its production. The husk of rice presents great difficulty to biodegrade, it contains high silicon indices and due to its low specific weight (100 kg / m³) its evacuation implies high costs. This leads to managing what is considered a waste for the rice industry, as a raw material for a new process. For all the above, this project intends to design a productive process based on knowledge of industrial engineering.

When searching for information it became evident that there was a lack of literature related to the use of rice husk in the cosmetics industry. This led to the project's scope definition, product focus and identification of a population target: women. Based on these factors, a market study was conducted using a statistical sample to decide on the cosmetic alternatives to be developed.

Using advice from experts in the industry, it was determined that the process to be designed was for an exfoliant. A new market study was conducted to not only learn about the expectations of consumers in regards to exfoliant products, but also to determine the supply and demand of the selected product, which would be used later on to determine the capacity of the process, a key aspect for the feasibility of the project.

Having in consideration consumer expectations and the expert knowledge of a pharmacology adviser, a formula for the exfoliant was developed. This included not only the composition of the product but also learning about regulations affecting cosmetic products including packaging, communication of usage risks, and the diminishing of environmental impacts in the production process.

Finally, it was necessary to determine the feasibility of the project considering the investments in equipment and real estate, cost of labor and other factors. A sensitivity analysis was conducted to evaluate different scenarios to determine if it was feasible to take the exfoliant to production.

It is expected that the new product can be developed by a company already positioned in the market. The location of an industry in a nearby area, would allow tax exemption to the investors for a period of time, with the condition to provide to its population employment and education. In addition, it is a project that brings a solution for the management of rice production residues, which are commonly incinerated by emitting high amounts of CO₂.

Keywords: *husk of rice; industrial process; industrial engineering; production line; exfoliant*

1. Introducción

El arroz, semilla de la planta *Oryza Sativa*, es el principal alimento de una tercera parte de la población mundial y su alto consumo depende de las costumbres y tradiciones de los países. La producción se concentra en Asia, especialmente en China, país que ocupa un 80% (Estadísticas de la FAO, 2009) del consumo mundial, seguido por el Oriente medio y América Latina, la cual cuenta con tres principales países productores; Brasil, Perú y Colombia (Statista, 2018).

Colombia era un país importador de cereales debido a que las zonas de siembra se encontraban afectadas por el terrorismo. No obstante, en el 2016 se convirtió en un país autosuficiente en arroz, con 176,000 hectáreas nuevas para su producción, representando el 13% de toda el área cosechada (Irragori, 2016). Los departamentos con mayor porcentaje de siembra son: Tolima (29.5%), Casanare (27.6%) y Meta (13.5%); después se encuentran Valle del Cauca y Huila (Superintendencia de Industria y Comercio, 2012).

Del proceso productivo del arroz, el 40% son residuos, de este porcentaje la cascarilla representa el 20%. La cascarilla del arroz es un tejido vegetal ovalado y está compuesto fundamentalmente por fibras, celulosa y minerales de gran porosidad cuyas propiedades químicas dependen del cultivo que provenga (Irragori, 2016). Cuenta con poco valor económico en el mercado, debido a que es resistente a la degradación natural por su gran contenido de dióxido de silicio (SiO₂). Sin embargo, su evacuación implica costos elevados por su bajo peso específico (100 kg/m³) (Sierra, 2009).

En Colombia la cascarilla del arroz tiene pocas aplicaciones debido a la actual escasez de tecnología, lo que ocasiona su desvalorización en el precio de venta. Actualmente, las empresas optan por quemar el desperdicio en calderas, emitiendo gases al medio ambiente. Sin embargo, se han encontrado diferentes usos, tales como: combustible sólido, material para abonos, camas y alimentos concentrados para animales, productos de compostaje, flores e insumo para materiales de construcción (Piñeros y Otálvaro, 2011).

Según la información recopilada a partir de los proyectos y estudios presentados previamente, se evidencia la escasez de información sobre el uso de la cascarilla del arroz como componente de un producto cosmético. Por tal motivo, se establece una oportunidad para desarrollar un proceso productivo que permita el aprovechamiento de este residuo. Además, la industria cosmética ha tenido un crecimiento del 7% entre el 2009 y el 2015 (PROCOLOMBIA, 2016), presentando una mayor aceptación hacia los productos que contienen componentes naturales, debido a las consecuencias que implica el uso de materiales químicos.

2. Proceso y ejecución de diseño

Mediante dos investigaciones de mercado y consulta a expertos, se seleccionó el producto cosmético que sería conveniente producir. De acuerdo a las características de la cascarilla del arroz, se indicó que la opción más viable debido a su proceso es el exfoliante.

En las capas más profundas de la piel se forman células y cuando éstas suben a la parte superficial los poros se obstruyen e inicia la etapa de resequedad, resultando apropiado usar productos que ayuden a mantener la piel radiante. Un exfoliante es un producto cosmético que elimina las células muertas de la piel, estimula la circulación sanguínea, aporta suavidad, limpieza y rejuvenecimiento (Salud y Medicina, 2016).

Se debió realizar una investigación de mercados para conocer la aceptación del producto. El 97% de las encuestadas, mujeres mayores a los 20 años, de estratos 3 a 6, adquiere con una frecuencia de dos veces al año algún exfoliante e igualmente, estarían dispuestas a adquirir el nuevo producto. De acuerdo a la información de la población femenina en Colombia y la participación en el mercado de las marcas cosmética, se estima un mercado de 233,166 mujeres. Lo anterior permite determinar los datos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos para la línea de producción.

Concepto	Cantidad	Unidad
Tamaño del envase	140	g/envase
Producto al año	65286578.7	g
Producto al mes	5440548.225	g/mes
Producto al día	272027.411	g/día
Envases al día	1943.053	envases/día
Envases por minuto	5	envases/minuto

Luego de determinar las características del producto, se procedió a desarrollar el método de asignación por puntos para definir la ubicación de la planta donde se llevará a cabo la línea de producción del exfoliante. En la localización de la planta se tuvieron en cuenta los siguientes factores: materia prima, cercanía a puertos, costo laboral, demanda y costo espacial. Para determinar el puntaje de cada uno de los criterios, se consultó a dos expertos con experiencia en localización y un tercer experto de la industria farmacéutica en Colombia. La ponderación por ciudad, se presenta en la Tabla 2, donde se define a Cali como la ciudad ideal para la ubicación.

Factor localizacional	Peso	Bogotá		Medellín		Cali	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Materia prima	0.111	5	0.555	1	0.111	3	0.333
Cercanía a puertos	0.222	1	0.222	3	0.666	5	1.11
Costo laboral	0.333	3	0.999	1	0.333	5	1.665
Demanda	0.222	3	0.666	3	0.666	5	1.11
Cost espacial	0.111	1	0.111	3	0.333	5	0.555

Tabla 2. Ponderaciones por ciudad.

La ubicación de una industria en una zona aledaña a Cali, permitiría a los inversionistas, la exoneración de impuestos por cierto tiempo. Esto se refleja en acuerdos municipales de Yumbo y Jamundí, que condicionan la implantación de industrias con aspectos como beneficiar a su población, en aspectos sobre empleo y educación.

En la Figura 1 se presenta la distribución de la planta de producción con un área de 149 m², para la fabricación de un gel exfoliante. En la entrada se encuentra el área de almacenamiento de materia prima y el centro de pesaje, donde se pesan las materias primas por lote, utilizando básculas para pesos grandes y balanzas para pesos pequeños. Se considera que las materias primas líquidas deben ser extraídas del almacenamiento por medio de *bombas de trasiego*.

Posterior a la entrada se ubican el molino y los tanques, los cuales deben estar encima de *celdas de carga*, facilitando las tareas para los operarios en el momento de ejecutar el abastecimiento de materia prima. Las *celdas de carga* son utilizadas en las básculas, funcionando con la ayuda de dos placas metálicas que, al ser sometidas a un peso, se dilatan y marcan el valor por el cual se presenta su variación.

El área de fabricación es completamente cerrada, por condiciones de higiene del espacio y del personal. En esta zona se elabora el exfoliante, mediante una *marmita* con pared de calentamiento de 500 kg y dos tanques de acero inoxidable de 1000 kg cada uno. La planta debe contar con la instalación de una caldera y sus respectivas tuberías de vapor para calentar.

La línea de producción cuenta con cubículos de apoyo, tales como: zona de control del proceso donde se analiza la *viscosidad* y *pH* de las mezclas; un cuarto de molienda y uno de agua *desionizada*, que mantendrá en constante circulación el flujo de agua a través de las bombas.

El final del área de fabricación se comunica por medio de una banda transportadora que atraviesa una ventanilla con el área de empaque. En este punto, el producto ya se encuentra sellado por la máquina envasadora, después de haberse ejecutado el *termosellado* con su respectiva etiqueta y codificación; especificando el número del lote, fecha de vencimiento y fabricación. En la Figura 2 se ilustra el proceso de producción de una línea de exfoliante.

Para la producción del exfoliante se deben tener en cuenta sus componentes más importantes, entre los que se encuentra la glicerina y el pantenol usp, que actúan como humectantes y estimulan las células cutáneas para rejuvenecerlas. Por otro lado, se encuentra el EDTA disódico, que se usa

como conservante y estabilizante, de esta manera se logra mantener la formulación libre de contaminación.

Además de los anteriores componentes, se requiere de: carbopol, utilizado para aumentar los niveles de viscosidad, los micro gránulos de cascarilla de arroz que son los encargados de realizar la exfoliación en la piel para retirar las células muertas. Por último, la fragancia y el colorante son parte esencial de la fabricación, debido a que son los encargados de llamar la atención del consumidor.

En la elaboración del gel exfoliante se realiza el proceso de agitación, calentamiento y enfriamiento. La agitación permite incorporar los materiales líquidos y forzar a la mezcla. El calentamiento se ejecuta para fundir los materiales sólidos y el enfriamiento para los componentes sensibles a la temperatura, como los modificadores organolépticos.

Para comprobar que el proceso presenta una formulación adecuada, se recomienda desarrollar distintas pruebas de estabilidad (pH y viscosidad). Además, el tamaño de la partícula debe ser entre 125 a 700 micras y se realiza mediante un *molino de Fitzmill*, permitiendo obtener partículas de micro gránulos de cascarilla de arroz no abrasivas y con bordes regulares. De este modo, se obtiene una exfoliación suave, realizando la remoción de células muertas y oxigenación de la piel.

Figura 1. Distribución de la línea de producción

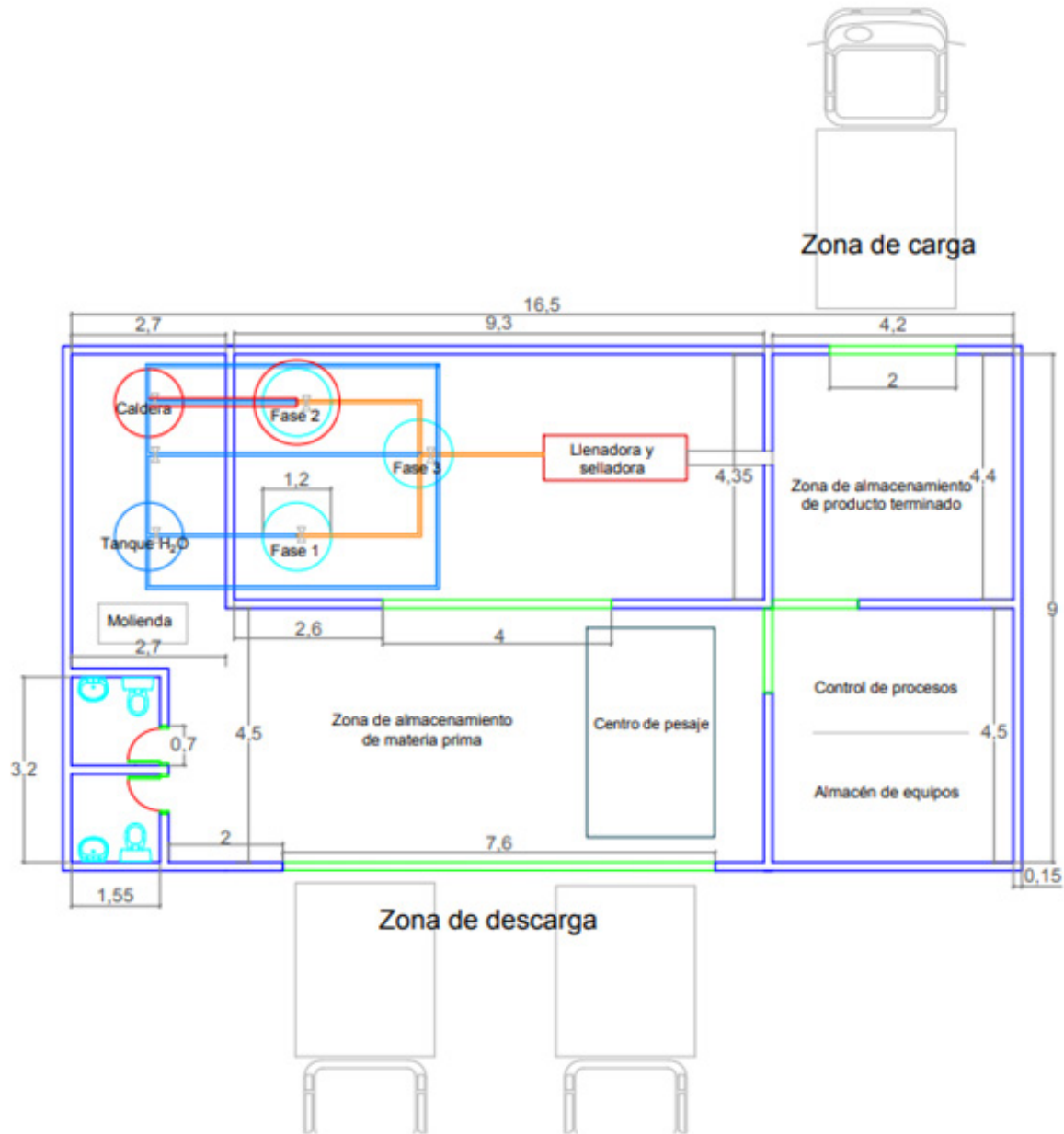
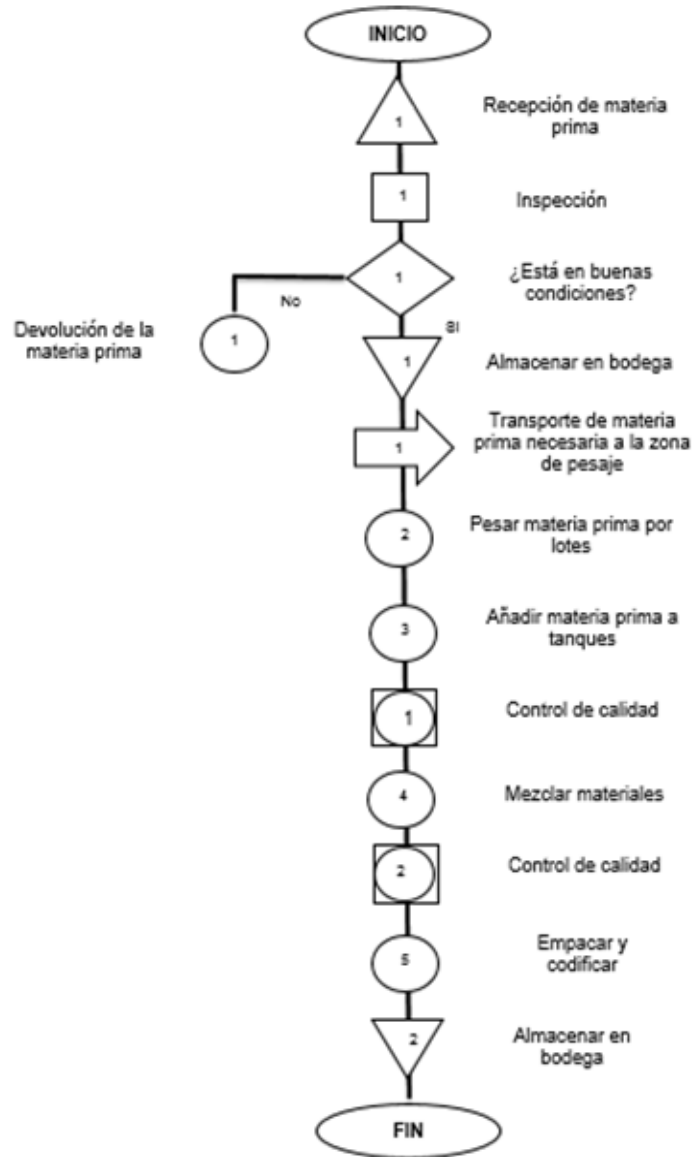


Figura 2. Proceso de producción de la línea exfoliante

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE EXFOLIANTE A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ
 Proyecto de diseño II
 Realizado por: Isabella Góvira, María Camila Rengifo, María Camila Yanguas, Isabel Velásquez
 Fecha: abril del 2018
 Página 1 de 1



Resumen de eventos:	Comentarios:
Operaciones: 5 Transporte: 1 Decisiones: 1 Almacenamiento: 2 Inspección: 2 Operación-inspección: 1 Entrada de bienes: 1	

Después de haber realizado el estudio técnico para la localización, se plantea el análisis financiero. Para esto, se debió proyectar la demanda y la generación de ingresos, además de conocer el precio de todas las variables necesarias para la producción del exfoliante, tales como maquinaria, materia prima, operarios, local, servicios públicos e impuestos. A partir de esa información se conoce el costo de operación del proceso y las utilidades.

El objetivo del análisis financiero es conocer si realmente habrá una recuperación de la inversión y si la rentabilidad generada es suficientemente atractiva. Por lo tanto, se determinaron indicadores financieros tales como el Valor presente neto (VPN), la Tasa interna de retorno (TIR), la Tasa interna de oportunidad (TIO) y el costo promedio ponderado del capital (CCPP o WACC).

Luego, se obtuvo el presupuesto de costos y gastos, para definir el estado de resultados. Teniendo en cuenta los costos directos e indirectos de fabricación, ingresos, depreciación de la maquinaria y variación de la inflación, se calcula el flujo neto de caja del proyecto, como se muestra en la Tabla 3. Posteriormente, se realiza el flujo neto de caja del inversionista con un crédito bancario del 50% sobre la inversión inicial, disminuyendo el valor a invertir y los impuestos a pagar.

Tabla 3. Variables del flujo de caja neto (FCN)

	FNC del proyecto	FNC del inversionista
TIR	37.01%	34.09%
TIO	19.36%	19.36%
WACC	15.16%	15.16%
VPN	\$2,533,31,416.84	\$ 1,596,985,972.76

Debido a que el mercado no siempre presenta un comportamiento estable y que siempre hay incertidumbre de por medio, con el fin de tener mayor información para la toma de decisiones de inversión, se realizó un análisis de sensibilidad, detallado en la Tabla 4, en el que se comparan tres posibles escenarios del proyecto (pesimista, moderado y optimista). El objetivo es conocer si el proyecto, aun estando en su peor escenario presenta un VPN positivo y una TIR mayor a la TIO.

Tabla 4. Análisis de sensibilidad de los escenarios pesimista, esperado y optimista

	Escenario pesimista	Escenario esperado
TIR	30.22%	35.35%
VPN	1,112,743,578.66	1,746,355,528.24

Con un VPN positivo y una TIR mayor que el costo de capital estimado, se permite presentar un proyecto viable financieramente. Aunque el incremento en las ventas no sea el esperado y la inflación sea mayor a la estimada (un escenario pesimista) en un panorama de 5 años, la línea de producción del exfoliante es una inversión atractiva para una empresa que ya se encuentre en el mercado y quiera expandir su portafolio, aunque esta deberá emplear su propio costo de capital.

3. Referencias

Fuentes electrónicas

- El tiempo. (2016, noviembre). 'Estamos viviendo la resurrección del campo'. Consultado el 20 de octubre de 2017 en <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/entrevista-de-yamid-amat-al-ministro-de-agricultura-aurelio-iragorri-49381>.
- Invierta en Colombia. Inversión en el sector Cosméticos y Productos de Aseo en Colombia. Consultado el 5 de noviembre de 2017 en <http://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/cosmeticos-y-productos-de-aseo.html>
- Ministerio de agricultura. (2009). Producción mundial. Consultado el 30 de agosto de 2017 en <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/26-sector-agrario/arroz/218-produccion>.
- Salud y medicinas. (2016, marzo). Exfoliación. Consultado el 5 de noviembre de 2017 en <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/acne/temas-relacionados/exfoliacion.html>
- Statista. Consumo global de arroz per cápita de 2000/2001 a 2015/2016 (en kilogramos por año). Consultado el 30 de agosto de 2017 en <https://es.statista.com/estadisticas/598942/consumo-mundial-de-arroz-per-capita-2000-2001/>
- Superintendencia de industria y comercio. Diagnóstico del mercado del arroz en Colombia (2000-2012). Consultado el 20 de octubre en http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/publicaciones/pdf/Arroz2012.pdf
- Universidad de Sucre. (2009). Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Consultado el 30 de octubre de 2017 en <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf>
- Universidad Jorge Tadeo Lozano. Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz". Consultado el 5 de noviembre de 2017 en http://www.utadeo.edu.co/files/node/publication/field_attached_file/pdf-cascarilla_de_arroz_pag-web_0.pdf.

Sobre los autores

- **Isabella Gaviria García:** Ingeniera Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Estudiante. Isabellagaviriag@gmail.com
- **María Camila Rengifo Cardona:** Ingeniera Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Estudiante. Camilarengifo26@gmail.com
- **Isabel Velásquez Martínez:** Ingeniera Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Estudiante. Isabelvelasquez00@gmail.com
- **María Camila Yanguas Durán:** Ingeniera Industrial, Estudiante. Pontificia Universidad Javeriana Cali. Estudiante. Mcyd3110@javerianacali.edu.co

- **Kathleen Georjahna Salazar:** Ingeniera administradora, Magíster en Finanzas. Profesora de planta Pontificia Universidad Javeriana Cali. Kathleen.salazar@javerianacali.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)