Universidad Mayor de San Andres
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 4
Mayo 2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas — Rector
Phd. Maria García Moreno — Vicerectora
Ing. José Alberto Vásquez — Decano a.i. Facultad de Ingeniería
Ing. Teodoro Busch Dekovice — ViceDecano a.i. Facultad de Ingeniería
Ing. Franz José Zenteno Benitez — Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edicion Impresa N° 4 Mayo 2022

Comite Editor:
Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez
Ing. Oswaldo Terán Modragón
Ing. Mónica Lino Humerez

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
http://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Dirección:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

PRESENTACIÓN

Con mucho orgullo presento el cuarto número de la revista Industrial 4.0, que responde al trabajo desarrollado por el Comité Editor y la contribución permanente de Investigadores docentes y universitarios que desarrollan sus actividades en diferentes áreas del conocimiento de la ingeniería. La regularidad de la publicación permite cumplir con los objetivos que tiene una carrera universitaria integrada: fomentar la investigación en todos los niveles de formación y difundir el trabajo multidisciplinario que llevan adelante.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benitez
DIRECTOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Es importante que una investigación deba presentar alternativas de soluciones a problemas identificados, las que deben integrar los conocimientos tecnológicos especializados de los ingenieros en las diferentes áreas y no descuidar la opinión de la población la que es al final su beneficiaria.

Fomentar la investigación en la comunidad universitaria es un objetivo que tiene la carrera de Ingeniería Industrial conjuntamente con sus tres institutos de investigación y la unidad de posgrado; todos los graduados desarrollan actividades no curriculares de investigación como requisito previo la titulación, participan en forma activa en los diferentes proyectos que llevan adelante los investigadores, y como resultado varios trabajos son publicados por este medio.

En el presente número se toca temas relacionados con la construcción, industria de alimentos, seguridad industrial y salud ocupacional, ingeniería de mantenimiento y ecología; temas muy diversos pero que hacen a las diferentes áreas de formación de un ingeniero. Agradecer a los todos los que postularon y presentaron sus artículos para la divulgación.

Reiterar los agradecimientos a los miembros del Comité Editor, que de manera desinteresada dan su tiempo para revisar y aprobar los documentos que atienden la convocatoria que se realiza oportunamente.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
INGENIERÍA INDUSTRIAL

CÁSCARA DE ARROZ Y SUS POSIBLES APLICACIONES INDUSTRIALES

Carla Lizett Kaune Sarabia, ORCID 0000-0002-2589-6734
Ingeniería Industrial, Universidad Mayor de San Andrés
Ksclkaune@umsa.bo

Recibido: 14 de marzo; aprobado: 18 de abril

Resumen

Al evidenciar la no utilización de la cáscara de arroz, por ejemplo, en la ciudad de Trinidad del departamento de Beni, se vio por conveniente realizar una investigación, sobre la disponibilidad de este residuo y su aplicabilidad a nivel industrial, ya que la generación de cáscara de arroz es constante, debido al consumo de este cereal que es parte de la canasta familiar.

Inicialmente se identificó la producción de arroz a nivel internacional y nacional, para posteriormente proceder con el cálculo de cáscara que se genera anualmente, dando como resultado de la media aritmética 113 680 toneladas en el año 2020 en Bolivia.

Dado que se cuenta con una cantidad significativa de cáscara de arroz, se procedió con la revisión de las posibles aplicaciones de este material, para lo cual se analizaron los resultados de investigaciones realizadas que hicieron uso tanto de la ceniza de este material como en su estado natural.

Palabras clave

Cáscara de arroz, cascarilla de arroz, aprovechamiento de la cáscara de arroz

Abstract

Upon evidencing the non-utilization of rice husk, for example, in the city of Trinidad in the department of Beni, it was convenient to conduct an investigation on the availability of this waste and its applicability at the industrial level, since the generation of rice husk will be constant, due to the fact that this cereal will continue to be consumed because it is part of the family food basket.

Initially, rice production at the international and national levels was identified, to later proceed with the calculation of rice husk generated annually, resulting in an arithmetic average of 113,680 tons in 2020 in Bolivia.

Given that there is a significant amount of rice husk, we proceeded with the review of the possible applications of this material, for which we analyzed the results of research conducted that made use of both the ash of this material and in its natural state.

Key words

Rice husk, rice husks, rice husk utilization

Introducción

En base a visitas realizadas a la ciudad de Trinidad capital del departamento del Beni, se pudo observar hacinamientos de cáscara de arroz.

Consultando a las personas cercanas a estas tierras, indicaron que parte de este residuo se destina a la creación de una especie de cama para los animales, tanto para su descanso, como para su transporte, pero que, como su volumen es significativo, hace que se tenga que destinar grandes extensiones de tierra para su

almacenamiento, estos deben proceder con la quema de este residuo para su eliminación, pese a que este accionar está penado por las normativas existentes.

Esta situación se replica en otros departamentos, como lo menciona un ciudadano de la zona de Caranavi-La Paz, que solo debe ir a la zona de acumulación de cáscara de arroz para obtener este residuo y que sus extensiones también son significativas.

Cabe destacar, que la cáscara de arroz no es apta para el consumo de animales y por sus características fisicoquímicas, se caracteriza por su baja degradabilidad.

Adicionalmente se debe tomar en cuenta la economía circular junto con la ingeniería circular, que busca darle una aplicación a aquellos elementos que se consideran deshechos, con el fin del cuidado del medio ambiente y obviamente la generación de mayores ingresos.

A nivel casero, esto no es algo nuevo, ya que, si se analiza el modo de vida de generaciones pasadas, las amas de casa trataban de utilizar todo residuo que se generaba, por ejemplo, al pelar una manzana, esta cáscara era utilizada para hacer una bebida al combinarla con especias como canela y endulzarla con azúcar y pasarla por un tratamiento térmico (hervir la combinación). Este accionar se volvió imperante en estos días a nivel industrial; como se mencionó anteriormente, la responsabilidad del cuidado del medio ambiente y el cumplimiento de la legislación existente sobre el tema, hace que la eliminación de residuos (de acuerdo a sus características) sea un proceso de mucha responsabilidad y que conlleva la generación de costos. Adicionalmente, al darle un valor agregado a lo que antes se consideraba “basura” pues se pueden conseguir mayores ingresos para las industrias.

Bolivia es productor de arroz, lo que incide en la generación de cáscara de este cereal, a la cual no se le da un uso industrial, y peor aún, para su eliminación se procede a la quema lo que daña el medio ambiente.

Para toda empresa es imperante aumentar la generación de ingresos y porque no hacerlo con un elemento que se genera constantemente y que actualmente no se le da una aplicación a nivel industrial en el país.

Desarrollo

Para la realización del artículo se hará una investigación Descriptiva, utilizando como método empírico el estudio documental y como métodos teóricos se hará uso del análisis y síntesis y de la inducción y deducción.

Se tomará en cuenta la producción de arroz, y en base a esta se calculará la producción de cáscara de este y considerando las investigaciones realizadas, se plantearán las posibles aplicaciones de este material.

Producción de arroz

Para ya introducir el tema, se puede mencionar que el arroz es el segundo cereal más consumido en el mundo, siendo China el mayor productor de este grano (28%) seguido por India (22%), “tan solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80% del arroz del mundo”.(Midagri, n.d.)

Este alimento, es básico en toda la gastronomía asiática.

Bolivia es un país productor de grano de arroz, tomando en cuenta lo mencionado por el boletín N.º 6 del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural “En siete departamentos de Bolivia se cultiva arroz (excepto Oruro y Potosí) siendo Santa Cruz, Beni, La Paz y Cochabamba, los departamentos que producen, para la venta comercial, y el resto de los departamentos son, para consumo doméstico”(MDPyEP, n.d., p. 1). Adicionalmente en el mismo, se menciona que el departamento con mayor producción es Santa Cruz con un 70%, el segundo es el Beni con un 11% y en tercer lugar está La Paz con un 8.5%.

El departamento de Santa Cruz sigue siendo el primero en la producción de arroz, esto tomando en cuenta lo siguiente: “La superficie nacional de arroz es de 140 mil

hectáreas. En Santa Cruz, se siembran 95 mil hectáreas, que representan el 85 por ciento de la producción nacional. No hay capacidad para generar excedentes" (Nagashiro, 2019, p. 32).

En la tabla 1, se puede observar un descenso en la producción de Tarija, Pando, Beni y Santa Cruz, siendo en este último una diferencia de aproximadamente 80 mil toneladas.

Tabla 1 Producción de Arroz (TM)

DEPARTAMENTO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CHUQUISACA	394	379	393	396	456	465	391	392	388	410
LA PAZ	9.604	9.873	10.203	12.354	14.723	15.061	12.550	13.315	13.961	14.575
COCHABAMBA	8.350	8.824	8.984	9.288	10.277	10.497	9.761	10.513	11.509	11.906
TARIJA	614	624	629	646	788	606	730	713	730	726
SANTA CRUZ	380.281	386.843	402.323	403.312	439.232	317.340	351.599	409.297	432.430	350.863
BENI	41.276	48.705	50.872	54.816	58.458	59.519	99.886	103.088	137.073	105.232
PANDO	3.076	3.045	3.111	3.245	3.407	3.489	3.661	3.839	3.954	3.715
TOTAL	**443595**	**458293**	**476515**	**484057**	**527341**	**406977**	**478578**	**541157**	**600045**	**487427**

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema Integrado de Información productiva (MDPyEP, n.d.)

Cabe destacar que este alimento está dentro de la canasta familiar y su "consumo, per cápita en Bolivia es de 38 kilogramos anuales. La demanda nacional es de 380 mil toneladas, aproximadamente; la oferta, de 420 mil toneladas" (Nagashiro, 2019, p. 32).

Este cereal, es de producción anual, "La cosecha se realiza una vez al año, y su calendario agrícola abarca aproximadamente desde la 2da quincena de septiembre hasta la 2da quincena de noviembre para la siembra y los meses de marzo, abril y mayo para cosecha"(AEMP, 2011, p. 5).

Esta información es importante para la planificación de aprovisionamiento de cáscara.

Cáscara de arroz

Respecto a la cantidad de cáscara que se genera, tomando en cuenta lo mencionado por Gonzalo Vásquez responsable de Fortalecimiento del Sistema de Extensión de SEDACRUZ “A nivel nacional tenemos un rendimiento de 3 toneladas de arroz por hectárea, lo cual significa 390.000 toneladas de arroz con cáscara, pero una vez pelado solo quedarían 237.000 toneladas en esta campaña”. (Notiboliviarural.com, 2019), lo que se puede decir que aproximadamente, un 39,23% del grano de arroz de vuelve deshecho.

También, se puede citar lo siguiente: “para 2008 se estimó una producción de arroz cáscara de 350 000 TM que equivalen a 300.000 TM de arroz pelado” (Valencia, 2014, p. 47) lo que equivaldría a que un 14,29 % del grano de arroz, correspondería a la cáscara.

Tomando en cuenta lo citado por la Autoridad de fiscalización y control de social de empresas:

> “Los rendimientos en el proceso de beneficiado del arroz en chala, de acuerdo con el estudio técnico de ASPAR (Asociación de Productores de Arroz) 2006, presentadas en el libro “El Arroz en Bolivia”, en función a los productos originados del beneficiado del arroz, son los siguientes: Porcentaje Arroz entero 49,45%, Tres cuartos 6,17%, Granillo 10,27%, Colilla 3,37%, Afrecho 5,97%, Chala 24,77%” (AEMP, 2011).

Otra información al respecto que se obtuvo es que “La cascarilla de arroz representa alrededor del 15 al 20% del fruto, y tradicionalmente, se desecha en vertederos o es utilizada como abono desaprovechado debido a la falta de metodologías y especificaciones técnicas adecuadas para su aprovechamiento”(Cataño et al., 2021, p. 2).

Si se toma en cuenta los datos de la tabla 1, y lo mencionado anteriormente respecto a los porcentajes que corresponden a la cáscara del arroz, la cantidad que se obtuvo en los últimos años de esta, se presenta en la tabla 2.

Tabla 2 Cáscara de Arroz (TM)

AUTOR	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
SEDACRUZ	174022	179788	186937	189896	206876	159657	187746	212296	235398	191218
VALENCIA	63390	65490	68094	69172	75357	58157	68389	77331	85746	69653
AEMP	109878	113519	118033	119901	130622	100808	118544	134045	148631	120736
CATAÑO (15%)	66539	68744	71477	72609	79101	61047	71787	81174	90007	73114
Media aritmética	*103457*	*106885*	*111135*	*112894*	*122989*	*94917*	*111616*	*126211*	*139945*	*113680*
Desviación estandar	*51604*	*53314*	*55434*	*56311*	*61347*	*47344*	*55674*	*62954*	*69804*	*56703*
Mediana	*88209*	*91132*	*94755*	*96255*	*104862*	*80927*	*95165*	*107609*	*119319*	*96925*

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema Integrado de Información productiva (MDPyEP, n.d.), (Notiboliviarural.com, 2019), (Valencia, 2014, p. 47), (AEMP, 2011) y (Cataño et al., 2021, p. 2).

Tomando en cuenta la media aritmética, en el año 2020, se produjo un total de aproximadamente 113 680 toneladas métricas de cáscara de arroz a nivel nacional, lo cual denota abundancia de esta materia prima.

Las características de la cáscara de arroz de acuerdo con lo que menciona Javier Varon son las siguientes:

"Es de consistencia quebradiza, abrasiva, y su color varía del pardo rojizo a la púrpura oscura. Por su forma cóncava y consistencia frágil y liviana es fácilmente volátil (baja densidad), por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. Su peso específico es 125 kg/m^3, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m^3 a granel. Su poder calorífico es de 6000 Btu/lb (inferior aldel fuel-oil). Debido a su estructura cerrada, su combustión se dificulta, y por su alto contenido de sílice (20%) es muy poco biodegradable"(Varón, 2005, p. 129).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se evidencia que esta ocupa grandes extensiones, lo cual hace que para su eliminación se recurra a la quema de la misma, tal como se observa en la Imagen 1.

Imagen 1 Cenizas de cáscara de arroz, Trinidad - Beni

Fuente: Elaboración Propia

La imagen muestra las cenizas de la cáscara de arroz en Trinidad-Beni, cerca a la carretera que conecta con Santa Cruz.

Cabe resaltar que la quema de la cáscara de arroz, no ayuda al cuidado del medio ambiente y la salud de la humanidad, como lo menciona Claudia Lozano:

“Cuando la cascarilla de arroz es quemada al aire libre, se presenta un impacto nocivo para el medio ambiente y la salud humana, pues este proceso altera tanto las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así mismo impacta la

atmosfera con sus gases y partículas en suspensión presentes en el aire, produciendo enfermedades respiratorias a las personas que aspiran este gas, ocasiona problemas pulmonares respiratorios". (2020, p. 14)

La composición de la cáscara de arroz y de sus cenizas se observa en la Tabla 3.

Tabla 3 Composición Química de la Cascarilla de Arroz y de las Cenizas de la Cascarilla de Arroz

Cascarilla de arroz		**Ceniza de arroz**	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Sílice (SiO_2)	94.1
Hidrógeno	5,2	Óxido de Calcio (CaO)	0.55
Nitrógeno	0,6	Óxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxígeno	37,2	Óxido de Potasio (K_2O)	2,10
Azufre	0,1	Óxido de Sodio (Na_2O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Óxido de Titanio (TiO_2)	0,05
		Óxido de Aluminio (Al_2O_3)	0,12
		Otros componentes (P_2O_5, F_2O_3)	1,82
Total	100,0	Total	100,0

Fuente: (Prada-Matiz & Cortéz, 2010, p. 156)

Es importante tomar en cuenta que la "Eliminación inadecuada de los residuos de cascarilla de arroz tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente, como la contaminación de la tierra y de las fuentes hídricas, lo cual, a su vez, tiene a largo plazo afectación sobre la salud humana" (Cataño et al., 2021, p. 2).

Aplicaciones

Ahora que se cuenta con la información del volumen aproximado del material de estudio, se pasa a analizar las aplicaciones actuales y posibles que se le puede dar a este.

Las aplicaciones actuales que se le da a la cáscara de arroz abarcan distintos campos como ser el agropecuario, para la creación de camas para el ganado (cerdos, terneros principalmente para su transporte) y también se ocupa para la cama de aves o en viveros como abono, en algunos ingenios sirve como combustible para las secadoras, por ejemplo, en los ingenios de La Paz" (AEMP, 2011, p. 9).

En otros lugares se lo aplica como material "biocombustible para alimentar calderas y durante la quema de la cáscara de arroz se generan elevadas emisiones de dióxido de carbono, causando diferentes problemas medioambientales" (Cataño et al., 2021, p. 2).

Las posibles aplicaciones industriales que se le podría dar a la cáscara de arroz mediante sus combinaciones se detallan a continuación, con las respectivas investigaciones realizadas, citando tanto aplicaciones de su ceniza como en su estado natural, siendo lo segundo importante para evitar el daño al medio ambiente.

Aplicaciones de la ceniza de cáscara de arroz

Se pudo evidenciar estudios de aplicación de la ceniza de cáscara de arroz en:

-Morteros y hormigones

Cabe señalar que se citan algunas de las investigaciones encontradas.

España, 1986, La investigación por parte de Julián Salas, Percy Castillo y Ma. Isabel Sanches de Rojas y Janer Veras, cuyo título es *Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros*, que se encuentra en la revista *Materiales de Construcción.* Que "Mediante mezclas de RHA con distintas proporciones de cal o

de cemento portland, se han conseguido conglomerantes cuyas propiedades se estudian, tanto sobre morteros, como sobre hormigones. (Salas et al., 1986, p. 1)

Bolivia, 2005 Una investigación por Ing. Pedro Lamas en el Proyecto que lleva como título *Efectos de la ceniza de la cascarilla de arroz en el proporcionamiento para morteros y concretos de alta resistencia utilizando cemento portland puzolánico,* muestra como parte de su conclusión que "la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz al hormigón, en reemplazo parcial del contenido de cemento en peso, le brindan un aumento considerable de resistencia a compresión (para el orden de 5%, 10% y 15%), y mejoras reológicas del material". (Lamas, 2021, p. 1)

Brasil, 2006 Investigación realizada por Giaccio, Zerbino, Tobes, López, Isaia y Rodríguez de Sensale, en el año 2006, que se realizó en coordinación de las universidades Universida de Federal de Santa María, Brasil, Universidad de la República (UDELAR, Montevideo, Uruguay) y el LEMIT-CIC, como parte del Programa PROSUL (Programa Sul-Americano de Apoio ás Atividades de Cooperagáo em Ciencia e Tecnología) que tiene como título A*provechamiento de la ceniza de cáscara de arroz para la elaboración de hormigones,* , cuya parte de la conclusión menciona que "Las cenizas optimizadas por esta vía (CCA M) demostraron excelentes propiedades en estado fresco y los hormigones donde se reemplazó hasta un 25 % cemento por CCA M incrementaron marcadamente su resistencia a partir de los 28 días." (Giaccio et al., 2006)

Colombia,2016, Se procedió con la investigación: *La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero*, elaborada por Martha Alix Novoa Galeano, Luisa Daniela Becerra León, María Paula Vásquez Piñeros, cuya parte de conclusión menciona lo siguiente: "se determinó la factibilidad de emplear ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del agregado fino en los adhesivos tipo mortero en porcentajes entre 20% y 25%," (Novoa et al., 2016, p. 1).

Perú, 2019, Se presenta el proyecto de grado en la Universidad Señor de Sipan con el título *Diseño de mortero empleando cenizas de cáscaras de arroz,* la cual menciona que "Los resultados obtenidos indican que se alcanzaron mejores

resistencias en base al mortero patrón con 10% de sustitución teniendo un ahorro de S/. 0.17 por m2 de muro en comparación con el mortero convencional y 5% de adición con cenizas de cáscaras de arroz el cual tiene un gasto mayor por m2.”(Ramos, 2019, p. 1).

Indonesia, 2020 Este país no se queda atrás, la investigación cuyo título es *Comparación de la adición de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de tejas a cemento de geo polímero a base de cenizas volantes con cemento Portland* elaborado por D. Nurtanto, I. Junaidi, W. Wahyuningtyas, y W. Yunarni, cuya conclusión c. menciona lo siguiente:

“Las pruebas de resistencia a la compresión muestran como resultado que el cemento geo polímero con un contenido de 100% de ceniza volante puede ser una alternativa al empleo de cemento Portland de los tipos I, II, IV, V; que con sustitución de ceniza volante por ceniza de cascarilla de arroz puede ser una alternativa al empleo de cemento Portland de los tipos II, IV, V; que sustituyendo la ceniza volante por ceniza de tejas puede ser una alternativa al empleo de cemento Portland de los tipos I, II, IV y V.”(D. Nurtanto et al., 2020, p. 1).

- Bloques de concreto

Colombia, 2015 Investigación realizada por Pedro E. Mattey, Rafael A. Robayo, Jherson E. Díaz, Silvio Delvasto y José Monzó, con el título *Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales*, el objetivo de dicha investigación es:

“Estudiar el efecto de las cenizas de cáscara de arroz después de un proceso de combustión controlado como puzolana en la sustitución parcial de cemento Portland tipo I y como agregado fino, en la fabricación de bloques no estructurales y bloques macizos” (Mattey et al., 2015, p. 1).

- Paneles acústicos

Colombia, 2010, Investigación de Luisa Fernanda Proaños Casallas y Magda Liliana Sandoval Duran sobre el estudio de las propiedades acústicas de paneles que tienen como característica la utilización de cenizas de cáscara de arroz. Esta lleva el título de *Fabricación de paneles acústicos resistentes a la compresión conformada por cascarilla de arroz, cemento y arena* y muestra que: "Los resultados obtenidos muestran la factibilidad técnica de la utilización de cascarilla de arroz como material aislante por su capacidad para reducir el sonido, lo cual permitirá acercar esta propuesta a los usuarios de menores recursos, y la utilización en el aislamiento acústico de viviendas."

Tal como se mencionó anteriormente, los proyectos de investigación se enfocaron en la ceniza de cáscara de arroz; para el cuidado del medio ambiente, es necesario aplicar la misma sin ningún proceso de quemado, por lo que a continuación se mencionan investigaciones que utilizan directamente la cáscara de arroz.

Colombia, 2019, en el Proyecto de grado de Hernán Santiago Espejo Villalba, cuyo título es *Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios,* se aplica la cascarilla de arroz y se obtuvo la siguiente conclusión:

"En la prueba del sonómetro se demostró la capacidad aislante del material, teniendo la capacidad de disminuir hasta en cinco (5) decibeles (dB) el nivel de presión sonora registrado en la caja con aplicación de paneles de cascarilla con respecto a las mediciones hechas en la caja sin presencia de los paneles de cascarilla."(Espejo, 2019)

España, 1985 con el título *Materiales de construcción con propiedades aislantes a base de cáscara de arroz* la cual fue realizada por Julián Salas Serrano y Janer Veras Castro, la cual consiste en:

"Buscar un material en el espíritu de las llamadas «tecnologías apropiadas», que, en base al cemento como conglomerante y a la cascara de arroz como «árido ligero», permita sustituir con un balance técnico-económico positivo a otros materiales. Se pretende pues conseguir un material que, aun siendo inferior en resultados técnicos a las gamas actuales de poliuretanos, poliestirenos, fibras minerales, etc., permita perfilar una respuesta autóctona a ciertos problemas de aislamiento en construcción. El perfil de «performances» del material que se busca (en base al cemento y a la cáscara)" (Serrano & Veras, 1985, p. 53). Cuya conductividad térmica, valor de ʎ que oscila entre 0,105 y 0,123.

- Paneles para la construcción

Perú, 2015, se hizo una investigación utilizando cáscara de arroz con yuca, siendo este último el material ligante, esta fue realizada por Lizbeth Casas Sandoval y que tiene como título *Efecto de la utilización de la cascarilla de arroz y almidón como ligante en la resistencia de paneles aglomerados de uso en la construcción*, esta investigación fue realizada para la obtención de grado de maestría Cuya conclusión es:

"Que los tableros analizados se clasifican como tableros de densidad media y cumplen los requisitos para las propiedades físicas y mecánicas especificados para los Tableros de uso general para utilización en ambiente seco (Tipo P1), según los parámetros de valores que exige la Norma Europea UNE – EN – 312:2010 - Especificaciones para Tableros de Partículas." (Casas, 2015).

Uruguay 2010, también se puede citar lo mencionado por Nicolai Wasen de BBC Mundo de la investigación realizada en Montevideo, por un grupo de estudiantes de secundaria que "logró crear un material de construcción ecológico a partir de la cáscara de arroz, un desecho no degradable de la producción arrocera, cuya quema afecta la salud de la población y el medio ambiente".(Psetizki, 2010).

Costa Rica, 2010 se encuentra una investigación, cuyo título es *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto*, este fue elaborado

por Esteban Molina Salas en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, siendo parte de la conclusión del estudio:

"Que cada 0.0135 m³ de cascarilla de arroz que se utilice implica una disminución del 8% (1kg) aproximadamente en el peso del bloque.

- Es posible utilizando las mezclas 2 y 3 hacer bloques Tipo B, los cuales cumplan en cuanto a resistencia, pero no en absorción."(Molina, 2010, p. 24).

España, 2017, no se puede dejar de citar al material presentado por María José Leiva Aguilera, en su tesis doctoral denominada *Escayola aditivada con residuos de cáscara de arroz*, citando en su conclusión lo siguiente:

"Ha resultado ser un material bastante competitivo en cuanto a reducción de peso con respecto al material original. Se consiguen reducciones de densidad significativas, con respecto a otros materiales investigados, se puede considerar un compuesto ligero, y se podría utilizar en la fabricación de materiales de construcción que necesiten poco peso"(Leyva, 2017, p. 124).

- Tratamientos químicos

Existe un proyecto de la combinación de cáscara de arroz con arcilla para darle una utilización a la cáscara de arroz una vez utilizada para la retención de minerales cuyo título es *Matrices cerámicas para la inmovilización de metales pesados sorbidos en cáscara de arroz*, esta fue realizada por (Romano, 2020) en su calidad de doctoranda.

- Termoplásticos

Adicionalmente, (Pymealdía, 2021) menciona que "La Cámara Arrocera del Montsià y la empresa Algan Composites han desarrollado un material elaborado a partir de cascarillas de arroz que puede sustituir los plásticos en todo tipo de producto y reducir el impacto medioambiental."

Conclusión

En el mundo, China e India son los mayores productores de arroz, y a nivel nacional Santa Cruz aporta con casi el 85% de la producción.

Un residuo del arroz es su cáscara, y en base a la revisión bibliográfica se calculó que en promedio el año 2020 se produjo más de 113 mil toneladas de este material.

Las aplicaciones actuales de un mínimo porcentaje de la cáscara de arroz se limitan a la elaboración de camas para animales, y para abono, quedando un volumen significativo, el cual es quemado dañando el medio ambiente.

Tal como se mencionó anteriormente, existen investigaciones desde 1986 respecto a la combinación de la ceniza de cáscara de arroz con cemento para aumentar las propiedades de este último, en morteros, hormigones, bloques de cemento y paneles acústicos.

A partir de 1985 se presentan investigaciones de la aplicación de este residuo en su forma natural, en tableros acústicos, paneles para la construcción, tratamientos químicos y en termoplásticos.

Por lo tanto, a este residuo que se genera de manera continua, pude ser aplicado en distintos productos.

BIBLIOGRAFÍA

AEMP. (2011). *Análisis y pertinencia de la devolución del afrecho de los ingenios arroceros hacia los productores arroz*. https://www.autoridadempresas.gob.bo/72-aemp/direccion-tecnica-de-defensa-de-la-competencia-y-desarrollo-normativo/110-resultados

Casas, L. (2015). *Efecto de la utilización de la cascarilla de arroz y almidón como ligante en la resistencia de paneles aglomerados de uso en al construcción* [Univiersidad Nacional de Ingeniería]. http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3419

Cataño, J., Guzman, K., & Perpiñan, M. (2021). *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento. Una Revisión Sistemática* [Universidad Cooperativa De Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32902/3/2020_Bloques_Suelo_Cemento.pdf

D. Nurtanto, D., Junaidi, I., Wahyuningtyas, W. ;, & Yunarni, W. (2020). Comparación de la adición de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de tejas a cemento de geopolímero a base de cenizas volantes con cemento Portland. *Ingeniería de Construcción RIC*, *35*, 287–294. https://www.scielo.cl/pdf/ric/v35n3/en_0718-5073-ric-35-03-287.pdf

Espejo, H. (2019). *Sistema De Absorción Acústico Para Muros a Partir Cascarilla De Arroz, Para Disminuir La Reflexión De Sonido Dentro De Los Espacios* [UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA]. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5632/SISTEMA DE ABSORCIÓN ACÚSTICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Giaccio, G. ., Zerbino, R. ., Tobes, J. ., López, A. ., Isaia, G. ., & Rodríguez de Sensale, G. . (2006). Aprovechamiento de la ceniza de cáscara de arroz para la elaboración de hormigones. *Ciencia y Tecnología Del Hormigón*, *13*, 7–20. https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/461/01-Giaccio.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cada tonelada de arroz genera,adecuadamente para evitar la contaminación.

Lamas, P. (2021). *Efectos de la ceniza de la cascarilla de arroz en el proporcionamiento para morteros y concretos de alta resistencia utilizando cemento Portland Puzolánico.* Sociedad Boliviana de Ingeniería SIB. https://www.sib.org.bo/articulos/item/679-efectos-de-la-ceniza-de-la-cascarilla-de-arroz-en-el-proporcionamiento-para-morteros-y-concretos-de-alta-resistencia-utilizando-cemento-portland-puzolanico.html

Leyva, M. J. (2017). *Escayola aditivada con residuos de cáscara de arroz*

[Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/54716/1/MARIA_JOSEFA_LEIVA_AGUILERA.pdf

Lozano, C. (2020). Alternativa de usos de la cascarilla de arroz (Oriza sativa) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*, 67. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33698/cllozanor.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mattey, P. ., Robayo, R. ., Díaz, J. ., Delvasto, S. ., & Monzo, J. . (2015, December). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522015000200015

MDPyEP, M. de D. productivo y economía P. (n.d.). *Arroz*. 6. Retrieved September 14, 2021, from https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/123_0406201417doc_06ARROZ.pdf

Midagri. (n.d.). *Ministerio de desarrollo Agrario y Riego (Perú)*. Producciín Mundial de Arroz. Retrieved January 18, 2022, from https://www.midagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/218-produccion

Molina, E. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto* [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6262/evaluaciondelusodelacascarilladearrozenlafabricacion.pdf?sequence=1

Nagashiro, A. (2019, March 9). Buscan repuntar la producción del arroz con cuatro nuevas variedades. *Los Tiempos*, 32. https://www.lostiempos.com/actualidad/economia/20190309/buscan-repuntar-produccion-del-arroz-cuatro-nuevas-variedades

Notiboliviarural.com. (2019). *SEDACRUZ: Producción de arroz cubrirá el 80% de*

la demanda interna nacional. https://www.notiboliviarural.com/agricola/sedacruz-produccion-de-arroz-cubrira-el-80-de-la-demanda-interna-nacional

Novoa, M., Becerra, L., & Vásquez, M. (2016). La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero. *Avances*, 10. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9848

Prada-Matiz, A., & Cortéz, C. E. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz. *Dialnet*, 155–170. https://doi.org/0121-3709

Psetizki, V. (2010). *Cáscara de arroz para levantar casas*. BBC Mundo. https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/04/100429_reciclaje_construccion_uruguay_mes

Pymealdía. (2021). *Oryzite, una alternativa real al plástico*. Oryzite, Una Alternativa Real Al Plástico. https://www.pimealdia.org/es/oryzite-alternativa-real-plastico/

Ramos, C. (2019). *Diseño de un mortero empleando cenizas de cáscaras de arroz* [Universidad Señor de Sipan]. https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6055

Romano, M. S. (2020). Matrices cerámicas para la inmovilización de metales pesados sorbidos en cáscara de arroz. *AJEA*, *5*, 6. https://doi.org/https://doi.org/10.33414/ajea.5.686.2020

Salas, J., Castillo, P., & Sanchez de Rojas, María Isabel ; Veras, J. (1986). Empleo de cenizas de cascara de arroz como adiciones en morteros. *203*, 21–39. http://digital.csic.es/bitstream/10261/78242/1/888-1471-1-PB.pdf

Serrano, J., & Veras, J. (1985). Revista de materiales. *37*, 53–64. https://doi.org/0020-0883

Valencia, Y. (2014). *Monitoreo de la producción de arroz para mantener la seguridad alimentaria* [Universidad Mayor de San Andrés]. https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/4652/T-1528.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Varón, J. (2005). Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. *El Hombre y La Máquina*, *25*, 128–135. https://www.redalyc.org/pdf/478/47802513.pdf

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
Ministerio de Educación

00056

MINISTERIO DE EDUCACIÓN
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MERCOSUR
CNACU

LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS
En sujeción y al amparo de la Ley N° 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez,"
del 20 de diciembre de 2010

CERTIFICA

Que la Carrera de:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

de la

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

con sede académica en la ciudad de ......LA PAZ......, ha cumplido
los criterios establecidos para la

ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

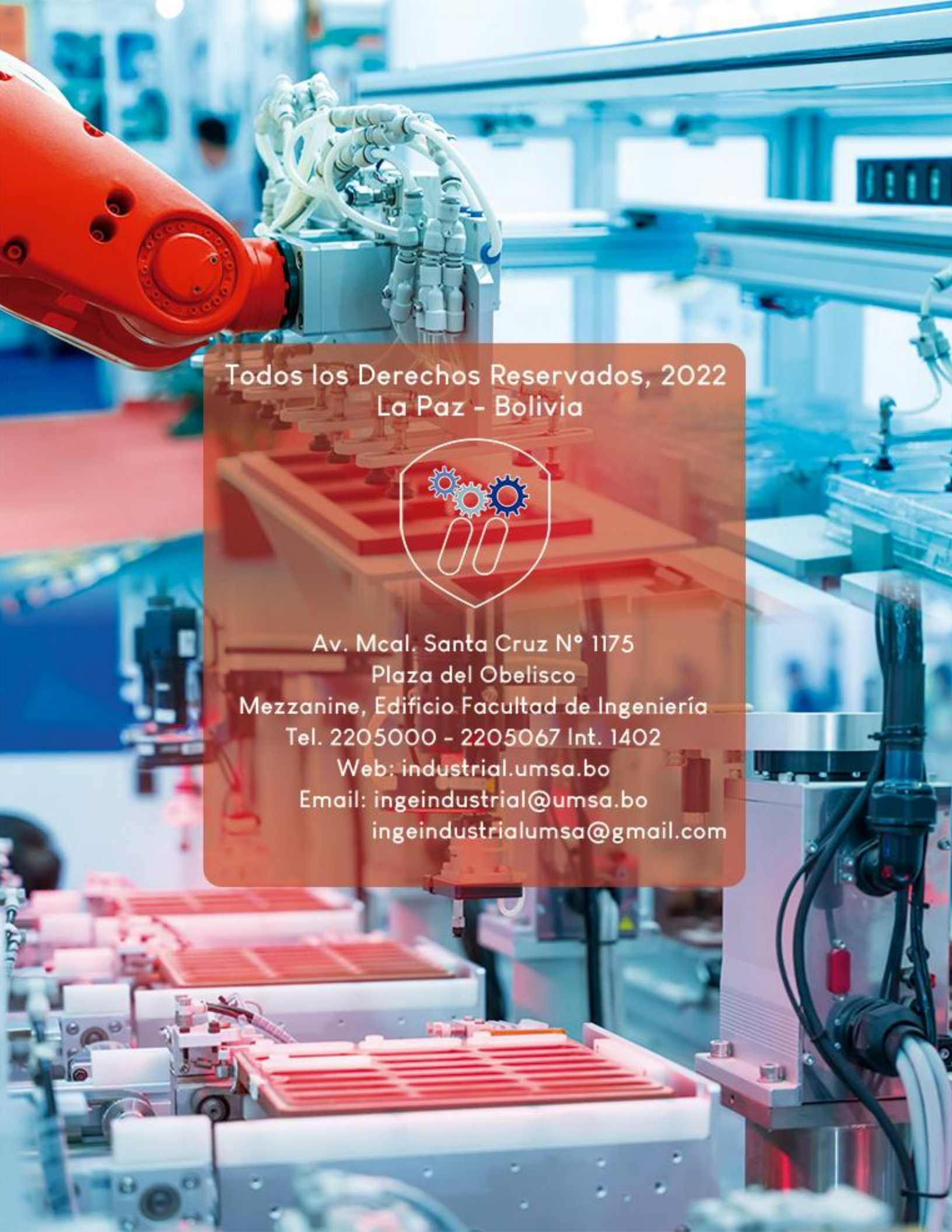
Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR,
con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019

Presidente de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Vocal de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Vocal de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia



Todos los Derechos Reservados, 2022
La Paz - Bolivia

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402
Web: industrial.umsa.bo
Email: ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com