



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**ECOTABLEROS A BASE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES
DE CASCARILLA DE ARROZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
EN EL CANTÓN TOSAGUA, MANABÍ**

AUTORES:

NIXON LEONARDO CHUMO ZAMBRANO

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ VELÁSQUEZ

FACILITADOR:

ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRÍA, Mg.Sc.

CALCETA, NOVIEMBRE 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Nixon Leonardo Chumo Zambrano y José Luis González Velásquez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....

NIXON L. CHUMO ZAMBRANO

.....

JOSÉ L. GONZÁLEZ VELÁSQUEZ

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Julio Abel Loureiro Salabarría certifica haber tutelado la tesis **ECOTABLEROS A BASE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CASCARILLA DE ARROZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL CANTÓN TOSAGUA, MANABÍ**, que ha sido desarrollada por Nixon Leonardo Chumo Zambrano y José Luis González Velásquez, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRÍA, MG.SC.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la oportunidad de poder lograr unos de nuestros objetivos más importantes en nuestras vidas. A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, nuestra guía y formadora académica. Al Ing. Julio Abel Loureiro Salabarría, M.Sc., por el apoyo brindado en la planificación y ejecución de esta investigación. A los miembros del tribunal, por los comentarios y por compartir sus conocimientos siempre con total disponibilidad. A los facilitadores, Q.F. Patricio Javier Noles Aguilar, M.Sc., e Ing. Flor María Cárdenas Guillén, M.Sc, por la asesoría brindada en la investigación.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, porque sin él no somos nada es quien nos impulsa a seguir y nos apoya en los momentos más difíciles. A mis padres, porque ellos son el motor de mi vida su apoyo incondicional hizo que logre unas de mis metas. A mi hermana por inculcarme valores muy importantes que sirvieron para lograr este objetivo. A mi Novia, por ser una buena compañera por su apoyo incondicional por el día a día en el que siempre me está motivando para hacer las cosas bien y cada día ser mejor persona. A mis amigos, profesores a todas las personas que conocí en el trascurso de mi vida Universitaria que inculcaron valores y enseñanza que me han hecho una mejor persona

.

Nixon Leonardo Chumo Zambrano

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por darme salud, fuerza para día a día seguir cosechando cosas buenas. A mis Padres, por ser el pilar fundamental dentro de estos años de estudios y por brindarme todo su apoyo incondicional, por su entendimiento y por el cariño infinito que me demuestran todos los días. A mis hermanos, por su apoyo, disposición y colaboración para el desarrollo de un buen trabajo de Tesis. A mi mujer y mi hijo, porque son la razón principal para poder seguir adelante en todo lo que viene en futuro.

José Luis González

CONTENIDO GENERAL

Derechos de autoría.....	ii
Certificación del tutor	iii
Agradecimiento	v
Dedicatoria.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Contenido general.....	viii
Contenido de cuadros, gráficos.....	x
Cuadros	x
Gráficos	xi
Figuras.....	xi
Resumen	xii
Palabras clave	xii
Abstract.....	xiii
Key word.....	xiii
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis, premisas y/o idea a defender	4
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Componentes lignocelulósicos.....	5
2.1.1. Caracterización química de componentes lignocelulosósicos.....	5
2.1.2. La biomasa. Cascarilla de arroz y bagazo como biomasa	6
2.2. Cascarilla de arroz.....	7
2.2.1. Propiedades de la cáscara de arroz	7
2.2.2. Usos de la cascarilla de arroz.....	9
2.3. Bagazo de la caña de azúcar	9

2.3.1. Usos de la caña de azúcar	10
2.3.2. Propiedades del bagazo de caña.....	10
2.4. Tablero de partículas breve reseña histórica.	12
2.5. Clasificación por tipo de tableros por sus características	13
2.5.1. Según el proceso de fabricación:.....	13
2.5.2. Según su forma:	14
2.5.3. Según la forma y tamaño de las partículas:	14
2.6. Propiedades de los tablero de partículas	16
2.6.1. Densidad	16
2.6.2. Hinchazón	16
2.6.3. Resistencia	16
2.6.4. Aislamiento acústico	17
2.7. Ecotableros de partículas (bagazo de caña y cascarilla de arroz).....	17
2.8. Diseño de eco tableros de partículas (bagazo de caña y cascarilla de arroz)	18
2.9. Diagrama de proceso para la elaboración del ecotablero	19
2.10. Procedimientos.....	20
2.11. Método de ensayo	21
2.12. Beneficio de cascarilla de arroz y bagazo en la fabricación de tableros de partículas (ecotableros).....	21
2.13. Desarrollo sustentable	22
3. CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	23
3.1. Ubicación.....	23
3.2. Duración del trabajo.....	23
3.3. Factor en estudio	23
3.4. Niveles.....	24
3.5. Tratamientos.....	24
3.6. Diseño experimental	25
3.7. Unidad experimental.....	25
3.8. Tipo de investigación	25
3.9. Variables por medir.....	25
3.9.1. Variable independiente	25
3.9.2. Variable dependiente.....	25

3.10. Análisis estadístico	26
3.11. Procedimientos	26
3.11.1. Fase i. Realización de procedimientos	26
3.11.2. Fase ii. Evaluación de la calidad de ecotableros	28
3.11.3. Fase iii. Análisis del diseño técnico y económico del ecotablero	28
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Realización de procedimientos	30
4.2. Evaluación de la calidad de ecotableros	31
4.3. Análisis técnico y económico	41
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1. Conclusiones	43
5.2. Recomendaciones	43
Bibliografía	45
Anexos	50

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS

CUADROS

2.1. Composición química de la ceniza de la cascarilla de arroz	8
2.2. Composición física de la cascara de arroz.	9
2.3. Composición física del bagazo de caña.	11
2.4. Propiedades fisicoquímicas del bagazo de caña.	11
2.5. Composición química del bagazo de caña	11
2.6. Descripción de procedimientos.	20
2.7. Propiedades mecánicas especificadas.	21
3.1. Ubicación	23
3.2. Tratamientos	24
3.3. Diseño experimental	25
3.4. Costos de materia prima	28
3.5. Costos derivados de la elaboración	29
4.1. Contenido de humedad en los residuos analizados	30
4.2. Tablero P1 para ambiente seco Grosor 0,5 cm	31

4.3. Rangos de las medidas de los indicadores para cada tratamiento	32
4.4. Rangos de las medidas de los indicadores para cada mezcla (Factor A) .	32
4.5. Rangos de las medidas de los indicadores para cada tamaño de gránulos (Factor B).....	33
4.6. Prueba de normalidad de los indicadores analizados.....	33
4.7. Análisis de varianza de la Humedad (%) de los ecotableros	34
4.8. Análisis de varianza de la Tracción interna (N/mm ²) de los ecotableros...	34
4.9. ANOVA no paramétrica de los tratamientos aplicados para la cohesión interna (N/mm ²) y resistencia a la flexión (N/mm ²).	35
4.10. ANOVA no paramétrica de las mezclas aplicadas para la cohesión interna (N/mm ²) y resistencia a la flexión (N/mm ²).	35
4.11. ANOVA no paramétrica de los tamaños de partículas (granulometría) aplicados para la cohesión interna (N/mm ²) y resistencia a la flexión (N/mm ²).36	
4.12. Niveles de clasificación de todos los parámetros para los tratamientos .	37
4.13. Niveles de clasificación de todos los parámetros para las mezclas utilizadas	39
4.14. Niveles de clasificación de todos los parámetros para los tamaños de partículas utilizados.....	39
4.15. Costos de materia prima	41
4.16. Costos de tratamiento de materia prima	41
4.17. Costos de producción de una plancha de 1 m ² a partir de 1q de materia prima.....	42

GRÁFICOS

4.1. Resistencia a la flexión de los tratamientos	37
4.2. Cohesión interna de los tratamientos	37
4.3. Tracción interna de los tratamientos.....	38
4.4. Humedad de los tratamientos.....	38

FIGURAS

2.1. Diagrama de procesos	19
---------------------------------	----

RESUMEN

La investigación tuvo por objeto diseñar Ecotableros a base de cascarilla de arroz C (*Oryza sativa*) y el bagazo de la caña de azúcar B (*Saccharum officinarum*) mediante la utilización de diferentes proporciones (mezclas) de residuos agroindustriales (20g B+80g C; 40g B+60g C; 60g B+40g C y 80g B+20g C) y tamaños de partículas, granulometría (3mm y 4mm) a los que se les realizó la medición de la Resistencia a la flexión (N/mm^2), Cohesión interna (N/mm^2), Tracción interna (N/mm^2) y Humedad (%). El método utilizado fue experimental en donde la unidad experimental comprendió 100g de mezcla (cascarilla+bagazo de caña) mas 20 g de pegamento. Los residuos fueron recolectados en un radio de 300m en uno de los lados de la vía Tosagua-Calceta. Para el análisis estadístico se realizó la comprobación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Sharpiro Wilks y la igualdad de varianzas mediante la prueba F. A los parámetros de resistencia a la flexión y cohesión interna (N/mm^2) se les realizó el análisis de varianza tradicional y a la Humedad (%) y tracción interna (N/mm^2) la prueba de Kruskall Wallis. El tratamiento que posee las mejores características es el 5 (20 g B+ 80 g C* 4mm), el cual además tiene mayores costos de producción, pero al ser poca la diferencia con el menor costo (inferior al 20%) es viable la utilización de esta fórmula para la elaboración eficaz de ecotableros

PALABRAS CLAVE

Granulometría, resistencia a la flexión, humedad, tracción interna, cohesión interna

ABSTRACT

The research aimed to design Ecotableros based on rice husks C (*Oryza sativa*) and sugarcane bagasse B (*Saccharum officinarum*) using different proportions (mixtures) of agroindustrial residues (20g B + 80g C; 40g B + 60g C, 60g B + 40g C and 80g B + 20g C) and particle size, particle size (3mm and 4mm), which were measured by the Resistance to flexion (N / mm²), Cohesion Internal (N / mm²), Internal Traction (N / mm²) and Humidity (%). The method used was experimental where the experimental unit comprised 100 g of mixture (husk + cane bagasse) plus 20 g of glue. The residues were collected in a radius of 300m on one side of the Tosagua-Calceta road. Statistical analysis was performed to verify the normality of the data using the Sharpiro Wilks test and the equality of variances using the F test. The parameters of flexural strength and internal cohesion (N / mm²) analysis of traditional variance and the Humidity (%) and internal traction (N / mm²) the Kruskall Wallis test. The treatment with the best characteristics is 5 (20 g B + 80 g C * 4 mm), which also has higher production costs, but since the difference with the lowest cost (less than 20%) is not feasible, the use of this formula for the efficient production of ecotableros

KEY WORD

Granulometry, flexural strength, moisture, internal traction, internal cohesion

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad uno de los grandes problemas es la mala disposición final de los residuos agroindustriales a nivel mundial y en el Ecuador no es la excepción. Es común observar como en la región, son desperdiciados los residuos sin haber obtenido algún beneficio del mismo (Sánchez *et al.*, 2010).

El bagazo que se obtiene después de extraer el jugo de la caña de azúcar generalmente es utilizado como combustible para la obtención de vapor como fuente de energía en muchos ingenios azucareros y destilerías de alcohol. Otros usos del bagazo de caña de azúcar durante siglos han sido como componentes de la alimentación animal y en la fabricación de diferentes tipos de compost. En muchos sitios donde existen producciones artesanales a partir del jugo de la caña de azúcar, el bagazo no es sometido a ningún proceso de reutilización y este es desechado como un residuo sólido. Es un material lignocelulósico fibroso remanente de los tallos de caña, constituyendo un conjunto heterogéneo de partículas de diferentes tamaños que oscilan entre 1 y 25 mm, presentando una fracción promedio de aproximadamente 20 mm (Vásquez, 2011).

Las hemicelulosas abarcan un conjunto de polisacáridos diferentes, en las cuales las composiciones tienen características comunes: solubilidad en solventes, reactividad frente a los ácidos y descomposición en azúcares y furfural. Estas propiedades las diferencian, analíticamente, del resto de los componentes químicos del bagazo (Simbaña, 2012). La lignina, tercer componente en importancia cuantitativa del bagazo, entre 20 y 22%, representa un conjunto de polímeros amorfos, reticulares, de altos pesos moleculares y naturaleza eminentemente fenólica, la cascarilla de arroz es un tejido constituido por celulosa y sílice cuyas propiedades le dan diferentes usos como combustibles alternativos; sustituto de madera, este abono de cultivo es utilizado en el campo agrícola, así mismo en la construcción como aislante térmico (ICIDCA, 2000).

La superficie cosechada de Caña de Azúcar ha mantenido una tendencia al alza, con una tasa media de crecimiento a nivel nacional de 1,76% entre 2002 y 2011. Durante el año 2011, reveló una reducción de 19,15%. La Caña de azúcar está localizada principalmente en la Región Costa. Solo en la provincia del Guayas alcanzó el 80,82% de la superficie total cosechada de este producto; el 60% se utilizan como combustibles en las industrias azucareras y el 40 % es desperdiciado por la falta de conocimientos de estos residuos (Behak y Pérez, 2008).

El 35% de la cascarilla de arroz se utiliza en la industria florícola y criaderos de animales, mientras que el sobrante es agrupado de la siguiente forma: 50% es quemada dentro de piladoras, 15% es tirada en los bordes de las carreteras, 15% es quemada en terrenos aislados, 10% se quema en los bordes de las carreteras, 5% es tirada en ríos, 5% se pierde a causa del viento, produciendo gran cantidad de residuos ya que, en Manabí, regularmente se siembra arroz en dos ciclos al año, y en ocasiones hasta tres; en el año 2011 se cultivó 27.352 hectáreas, de las cuales se cosechó 27.019 has (Álvarez, 2014).

Se producen 50 sacas por hectáreas y se siembran alrededor de 15 hectáreas arroz se siembran dos veces al año lo cual producen un residuo de cascarilla de arroz 4 hectáreas de residuos por lo q su manera de recolección es de tal manera que se va cosechando el arroz. Mientras el bagazo de caña de azúcar se cosechan 2 hectáreas y se produce una cantidad de bagazo de 1 hectárea. Una opción diferente y económica es la dar un tratamiento adecuado de eco tableros ya que al producirse en gran cantidad y tener proximidad con provincias que se destacan por tener grandes cultivos de Caña de Azúcar y cultivos de arroz se podría elaborar esta herramienta que será de mucha utilidad para productores y consumidores (Garay *et al.*, 2013).

¿Se podrá elaborar Ecotableros mediante el aprovechamiento de los residuos de la cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y del bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, específicamente en la provincia de Manabí, los residuos de caña de azúcar y cascarilla de arroz son muy abundantes ya que se pueden encontrar grandes cultivos. Estos residuos generalmente no son aprovechados de ninguna manera y son quemados de forma de eliminación. El bagazo de caña de azúcar sufre una lenta degradación por lo que para acelerar el proceso se busca alternativas ya que la producción es regular en Manabí en el 2002 sembrando 283 hectáreas y cosechando 260 hectáreas.

El uso que se le da al ecotablero muy relevante en nuestro país Muebles de cocina, baño, closet para zonas del litoral Muebles para hospitales, Muebles para laboratorios, farmacias, Mesones de cocina, Puertas exteriores ya que su variabilidad es extensa y cada día hay nuevas implantaciones e innovaciones para la construcción de equipos.

El actual gobierno propone el derecho ciudadano a vivir en un ambiente sano, libre de contaminación y sustentable, y la garantía de los derechos de la naturaleza a través de una planificación integral que conserve los hábitats, gestione de manera eficiente los residuos, repare de manera integral e instaure sistema de vida en una armonía real con la naturaleza. Por la buena gestión de estos residuos los individuos y la sociedad pueden extender el valor y utilidad de los recursos y promover la calidad ambiental, disminuyendo la explotación y el mal uso de las cosechas.

Como lo manifiesta el Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global apuesta por la transformación productiva bajo un modelo eco eficiente con mayor valor económico, social y ambiental. En este sentido, se plantean como prioridades la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales.

Existen una variabilidad y beneficios relacionados a trabajos industriales, como es la elaboración de eco tableros con residuos de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar. Por lo tanto, con el presente estudio se busca mejorar y mantener la capacidad productiva por medio del aprovechamiento de desechos agroindustriales como los residuos de la caña de azúcar y la cascarilla de arroz para evitar la degradación de los suelos (Isan, 2015).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar Ecotableros a base de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar procedimientos para la elaboración de ecotableros a base de los residuos de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).
- Evaluar la calidad de ecotableros a base de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar.
- Analizar el diseño de los ecotableros a nivel técnico y económico.

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEA A DEFENDER

Existen diferencias significativas entre los ecotableros elaborados a partir de diferentes proporciones de residuos agroindustriales cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y el bagazo de la caña de azúcar (*Oryza sativa*).

Sera una alternativa viable y factible la elaboración de Ecotableros a base de residuos agroindustriales de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar en El Cantón Tosagua Manabí .

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. COMPONENTES LIGNOCELULÓSICOS

Los componentes lignocelulósicos (celulosa, hemicelulosa y lignina) es el principal y más abundante componente de la biomasa producida por la fotosíntesis, anualmente se forman 200,000 millones de toneladas en el mundo (Ragauskas et al., 2006).

La lignina es uno de los biopolímeros más exuberantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforman la pared celular de las mismas, se forma mediante de la reacción de la fotosíntesis y está considerada como un recurso renovable accesible y de potencial uso industrial (Chávez y Domine, 2013).

La celulosa es el componente más simple encontrado en el material lignocelulósico de las plantas, siendo así el mayor constituyente de la materia vegetal (Arboleda *et al.*, 2015). A nivel mundial anualmente, millones de toneladas de celulosa son consumidas en todas las formas existentes tales como: madera, papel, productos textiles, entre otros (Vázquez y Vázquez, 2002).

2.1.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE COMPONENTES LIGNOCELUSÓNICOS

Los materiales lignocelulósicos están formados principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina; estos materiales también presentan otros compuestos fenólicos y minoritarios como: solubles en agua o solventes orgánicos, las proteínas y sales minerales, estos últimos considerados como cenizas después de la combustión (Prinsen, 2010).

La composición química de los materiales lignocelulósicos varía de acuerdo con el origen y tipo de la planta. Considerablemente, éstos materiales están compuestos de un 60 y 80% de celulosa y hemicelulosa respectivamente, de 5

a 20% de lignina, de aproximadamente 5% de pectinas y lo restante de otros componentes en mínimas proporciones (Moreno y Pozo 2011).

Actualmente se conoce con este término a los polisacáridos de la pared celular con excepción de la celulosa y las pectinas. Las hemicelulosas se diferencian de la celulosa por presentar mayor velocidad de hidrólisis en medio ácido y también por su solubilidad en álcalis, y en lo referente a la lignina, en su resistencia a la oxidación (Mejía, 2012).

2.1.2. LA BIOMASA. CASCARILLA DE ARROZ Y BAGAZO COMO BIOMASA

La biomasa como fuente de energía se obtiene a partir del conjunto de la materia orgánica, tanto de origen animal como vegetal, que puede ser utilizada con fines energéticos. La biomasa es una fuente de energía renovable, que más aporta en la actualidad a las necesidades de la humanidad. La energía de la biomasa proviene del Sol a través del proceso de la fotosíntesis. Ésta es el proceso por el cual las células vegetales son capaces de formar sustancias orgánicas a partir del CO₂ presente en el aire y de otras sustancias simples, aprovechando para llevar a cabo el proceso la energía procedente del Sol. De las sustancias formadas, que llamamos carbohidratos, se puede extraer energía bien quemándolas directamente, bien convirtiéndolas en un líquido combustible como el alcohol o el aceite, o incluso transformándolas en gas (Hernández, 2011).

La biomasa, proviene principalmente de la madera que está enmarcada en la fabricación de pulpa y papel, construcción y carpintería sin embargo hay una parte de esta biomasa (residuos industriales, forestales, agrícolas y urbanos) de la que no se obtiene ningún beneficio sin rescatar que dichos residuos ofrecen interesantes y potenciales aplicaciones como materia prima en general y a la vez son abundantes, renovables y reciclables (Vázquez y Vázquez, 2002).

La biomasa se puede elaborar a partir de leña, carbón vegetal, bagazo de caña, palma africana, pulpa de café, cascarilla de arroz, residuos (cáscaras de frutos

secos, restos de carpintería, restos de podas, siegas y limpiezas de montes, aserrín, residuos ganaderos y desechos de la industria alimentaria. (OLEOFINOS S.A, 2014).

Cabe mencionar que en momentos donde las fuentes alternas de abastecimiento energético empiezan a tener una gran relevancia es por los inconvenientes presentados con el petróleo, gas y carbón natural y demás fuentes naturales se presenta como una buena alternativa (Hernández, 2011).

2.2. CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es uno de los desechos más importantes de la producción de arroz, representa un problema para los agricultores y para piladoras debido a que en peso corresponde al 20 % de la producción total de arroz. Químicamente se encuentra constituido por fibras, celulosa, y principalmente minerales; en efecto, está constituida en un 96% por sílice, óxidos de potasio, magnesio y calcio (Tapia, 2010).

Debido a estas características su utilización no es aconsejable el uso de este residuo en alimentación animal, pues su valor nutritivo es muy bajo. Tampoco es recomendable utilizarlo como abono ya que casi no posee elementos fertilizantes (Cevallos, 2015). El problema de la disposición final de este residuo se agranda al considerar que el peso específico del mismo está alrededor de 100 Kg/m³, por lo que los costos de transporte se multiplican. La opción generalmente tomada por los productores es la quema del mismo (González, 2010).

2.2.1. PROPIEDADES DE LA CÁSCARA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscura. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/m³, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m³ a granel, el poder calorífico de la cascarilla es de 3.281,6 Kcal/kg. Debido a la estructura cerrada, la combustión se dificulta, y, por el alto contenido de sílice (el 20 %), es de muy baja biodegradabilidad en

condiciones del ambiente natural. La temperatura máxima que se obtiene al ser quemada varía de acuerdo con su condición: 970°C (seca), 650°C (con algún grado de humedad) y hasta los 1000°C (mezclada con combustible) y al quemarse, genera 17.8 % de ceniza rica en Sílice (Fonseca y Tierra, 2011).

La cascarilla de arroz no presenta propiedades nutritivas significativas. Presenta un alto contenido de Dióxido de Silicio (SiO_2), lo cual lo hace imposible de ingerir como alimento, además de contener un bajo contenido de celulosa (40% aproximadamente), presenta un valor nulo por ser desecho y no se le ha dado un uso adecuado para conferirle un valor agregado (Peña y Zambrano (2001).

La cascarilla de arroz tiene una superficie rugosa y presenta un color amarillento, su longitud se encuentra ente 8 a 10mm de largo y de 1 a 2mm de ancho, esta longitud puede variar según los tipos de granos; de acuerdo con su tamaño la cascarilla de arroz puede pesar entre 2,5 a 4,8mg. (Guevara, 1995).

Cuadro 2. 1. Composición química de la ceniza de la cascarilla de arroz.

Cenizas de la cascarilla de arroz	Porcentaje
Cenizas de Sílice (SiO_2)	94,1 %
Oxido de Calcio (CaO)	0,55 %
Oxido de Magnesio (MgO)	0,95 %
Oxido de Potasio (K_3O)	2,10 %
Oxido de Sodio (Na_2O)	0,11 %
Sulfatos (SO_3)	0,06 %
Cloro	0,05 %
Oxido de Titanio (TiO_2)	0,05 %
Oxido de Aluminio (Al_2O_3)	0,12 %
Otros Componentes (P_2O_5 F_2O_3)	1,82 %
Total	100,0

Fuente: Peña y Zambrano G, 2001

Cuadro 2. 2. Composición física de la cascara de arroz.

Componente	Porcentaje
Humedad	12.93%
Cenizas	23.84%
Proteína	8.98%
Extracto con éter	2.97%
Fibra	51.28%

Fuente: Sagarpa, 2015

2.2.2. USOS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

La cascara de arroz puede utilizarse para producir tamiz molecular que se aplican como catalizadores para diversas reacciones químicas, como soporte para el sistema de distribución de drogas y como adsorbentes en tratamiento de aguas residuales. Fibra de comida para mascotas. La cascara de arroz es la cubierta exterior del arroz y es un subproducto de bajo costo que se puede usar como una fuente de fibra e ingrediente de relleno barato en alimentos para mascotas. (Proaño, 2014)

Es un material aislante, porque es difícil de quemar y no permite que la humedad propague el moho u hongos. Cuando se quema, la cascara de arroz produce cantidades significativas de sílice. Por estas razones proporciona excelente aislamiento térmico. (Proaño, 2014).

2.3. BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Es un residuo fibroso resultante del proceso de molido de la caña de azúcar y es utilizado principalmente para la generación de energía en las calderas de los ingenios azucareros. El bagazo está compuesto de fibras de celulosa, materia inorgánica, agua y azúcares. El contenido de agua retenida a la salida del proceso de extracción del jugo varía entre el 45% a 50%, lo que representa un freno para la utilización del mismo en la generación de energía (Eras, 2014).

2.3.1. USOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El bagazo, además de la aplicación energética, puede utilizarse como alimento animal, abono, cama para aves de corral, cubierta protectora de la tierra recién sembrado, mezclado con el estiércol como abono; carbonizado y comprimido en ladrillos, mezclado con lodo para lubricante de perforadoras en pozos petroleros; unido a otros materiales.

En la elaboración de ladrillos refractarios; la fibra del mismo se usa para obtener celulosa, papel, cartón, explosivos, tablas o moldes; como relleno para asfalto o plásticos; como extensor de plásticos termoestables; para hacer viscoso el rayón y otros plásticos, así como otros usos en menor escala (Maldonado, 2015).

2.3.2. PROPIEDADES DEL BAGAZO DE CAÑA

Utilizando la tecnología adecuada se podría mantener los ingenios azucareros con el 50% del bagazo producido, presentándose entonces nuevas oportunidades para la aplicación de este excedente. En Ecuador el bagazo, en los ingenios azucareros, se subdivide en meollo y fibra. El primero se puede hidrolizar y obtener alimento animal (40% del bagazo) y la segunda serviría entonces como combustible (60% del bagazo), o se utiliza el 100 % como combustible (Cabezas, 2009).

El interés en la utilización de los residuos lignocelulósicos ha aumentado en los últimos años, debido a que parte de sus constituyentes pueden ser materia prima para generar diversos productos de interés y obtener una amplia gama de productos con valor agregado, éste enfoque sigue prevaleciendo en la actualidad y se prevé que continuará en el futuro (Saval, 2012).

En el país existe una gran cantidad de residuos industriales lignocelulósicos que no son sub-aprovechados, como: bagazo de caña, cascarilla de arroz. Estos materiales pueden constituir una fuente alternativa de materia prima, que, mediante el desarrollo de tecnologías sustentables, generen bienes con valor agregado (Figuroa, 2008).

Desde el punto de vista físico, el bagazo integral se compone de 45% de fibra, 2-3% de sólidos insolubles, 2-3% de sólidos solubles y 50% de humedad, mientras que, desde el punto de vista químico, se compone de 46,6% de celulosa, 25,2% de hemicelulosas (pentosanos) y 20,7% de lignina (Vásquez, 2011).

Cuadro 2. 3. Composición física del bagazo de caña.

Componente	Porcentaje
Fibra	45%
Sólidos Insolubles	2-3%
Sólidos Solubles	2-3%
Humedad	50%

Fuente: ICIDCA, 2015

Cuadro 2. 4. Propiedades fisicoquímicas del bagazo de caña.

Componente	
Humedad (%)	4
Tamaño partícula (mm)	0,5-1,0
Densidad (g/cc)	0,12
Volátil (%)	68-70
Cenizas (%)	1,26
Carbón fijo (%)	28,7-30,7
C (%)	48,58
H (%)	5,97
O (%)	38,94
N (%)	0,20

Fuente: Sagarpa, 2015

Cuadro 2. 5. Composición química del bagazo de caña

Análisis	Bagazo entero seco %
Celulosa	51.23
Hemicelulosa	24.11
Lignina	20.67
Cenizas y otros compuestos	3.99

Suma	100.00
------	--------

Fuente: Sagarpa, 2015

2.4. TABLERO DE PARTÍCULAS BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

Las primeras patentes para la fabricación de tableros de partículas se registraron a fines del siglo XIX, pero no fue sino hasta 1941 cuando en Alemania y Suiza se instalaron las primeras fábricas, que produjeron tableros para muebles. Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, la fabricación de este tipo de tableros se incrementó notablemente y se extendió a diversos países. El principal factor que permitió el rápido desarrollo de esta industria fue la aparición de los adhesivos termofijos como el urea-formaldehído y el fenolformaldehído.

Se designa con el nombre de tablero de partículas o tablero aglomerado al producto elaborado en forma de tablas de medidas variables, compuesto de partículas de madera unidas entre sí mediante resinas sintéticas termoendurecibles u otros aditivos.

Uno de los objetivos en la utilización de los tableros o paneles es aprovechar maderas de baja calidad, de pequeñas dimensiones o residuos resultantes de ellas. En la actualidad, la demanda de los tableros de partículas para fines decorativos o estructurales se ha incrementado con respecto a los tableros contrachapados. Por la fabricación y la implementación de estos tableros llegaremos a obtener las siguientes ventajas:

- ✓ Se eliminan o minimizan los efectos de debilitamiento que se tienen en la madera aserrada, causados por nudos, desviación de la fibra u otros defectos. Debido a que se fabrican en dimensiones mayores que las obtenidas en piezas de madera aserrada, con ellos es posible cubrir con facilidad grandes superficies.
- ✓ Tienen una mejor estabilidad dimensional.

- ✓ Reducen el desperdicio en su procesamiento, ya que se producen con material que en algunos aserraderos consideran que es material de desecho o de desperdicio.
- ✓ Pueden diseñarse para satisfacer necesidades específicas, incorporando diversas sustancias o modificando convenientemente los tratamientos térmicos o mecánicos a los que pueden ser sometidos, con el fin de lograr elementos con determinadas características de resistencia al agua, al fuego, a la pudrición o acciones mecánicas requeridas para aplicaciones estructurales. f. Posibilita la utilización de especies de rápido crecimiento y de ciertas especies blandas y marginadas.

Según la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) distingue tres tipos de tableros: tableros de partículas, tableros de fibra, tableros contrachapados.

2.5. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE TABLEROS POR SUS CARACTERÍSTICAS

Los tableros de partículas pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios según el proceso de fabricación, su forma, forma y tamaño de las partículas, estructura del tablero y uso.

2.5.1. SEGÚN EL PROCESO DE FABRICACIÓN:

- De prensado plano
- De prensado por cilindro
- De extrusión: macizos y tubulares
- Según el acabado superficial:
- No lijados

- Lijados o cepillados
- Revestidos (revestimiento líquido, por ejemplo, pintura)
- Revestidos bajo presión con un material sólido (por ejemplo, chapas, papeles decorativos impregnados, placas de estratificados decorativos, láminas)

2.5.2. SEGÚN SU FORMA:

- Planos
- Con superficie moldurada
- Con cantos mecanizados

2.5.3. SEGÚN LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS:

2.5.3.1. TABLEROS DE PARTÍCULAS

Se obtienen aplicando presión y calor sobre partículas de madera y otros materiales lignocelulósicos en forma de partículas, a las que se les ha añadido previamente un adhesivo. Suele estar formado por tres capas: una central y dos externas. A menudo se les sigue llamando de manera impropia tableros aglomerados (Fiplastio, 2010).

2.5.3.2. TABLEROS DE FIBRAS

Es una lámina e material manufacturado a partir de fibras de madera u otros elementos lignocelulosicos fibrosos, cuyo principal ligamento deriva del ordenamiento de las fibras y sus inherentes propiedades adhesivas (Fiplastio, 2010).

Mientras que el tablero de partículas se puede usar una gran variedad de especies y dimensiones, la forma más frecuente de recibir la madera en fábrica es; madera en rollo, restos de otras industrias, astillas externas a la fábrica y pequeñas partículas como serrín (éstas nunca presentes en un tablero de partículas en proporciones superiores al 30%) (Fiplastio, 2010).

2.5.3.3. TABLEROS CONTRACHAPADOS

Estos tableros se incluyen las chapas y los tableros enlistonados, las chapas se fabrican por desenrollo o rebanado de las trozas en láminas delgadas y el contrachapado encolando tres o más láminas de tal forma que las fibras de cada chapa se crucen en ángulo recto con las de las capas inmediatas (Fiplastio, 2010).

2.5.3.4. SEGÚN LA ESTRUCTURA DEL TABLERO:

- Tablero monocapa
- Tablero multicapa
- Tablero con distribución progresiva de capas
- Tablero de extrusión tubular

2.5.3.5. SEGÚN SU USO

- Tableros para utilización general en ambiente seco;
- Tableros para aplicaciones de interior (incluyendo mobiliario) en ambiente seco;
- Tableros no estructurales para utilización en ambiente húmedo;
- Tableros estructurales para utilización en ambiente seco;

- Tableros estructurales para utilización en ambiente húmedo;
- Tableros estructurales de alta prestación para utilización en ambiente seco;
- Tableros estructurales de alta prestación para utilización en ambiente húmedo

2.6. PROPIEDADES DE LOS TABLERO DE PARTÍCULAS

Las propiedades de los tableros de partículas varían de acuerdo a las características de fabricación y especificaciones de calidad.

2.6.1. DENSIDAD

Su densidad es variable dependiendo del tipo de partícula, normalmente varían de 600 a 680 kg/m³ (Fibranor, 2008).

2.6.2. HINCHAZÓN

Los tableros de partículas mantienen el carácter higroscópico de la madera, lo que hace que su contenido de humedad tienda a permanecer en equilibrio con las condiciones higrotérmicas del medio. Esto da lugar a variaciones dimensionales, en especial su espesor si no se controlan las condiciones ambientales de sus aplicaciones. Cuando se prevea que el tablero vaya a estar sometido a unas condiciones higrotérmicas adversas o se requiera una estabilidad dimensional superior, se recomienda utilizar tableros de partículas resistentes a la humedad (Fibranor, 2008).

2.6.3. RESISTENCIA

Relativamente baja debido a la porosidad del tablero y a su propia constitución. Se puede mejorar con la incorporación de productos especiales durante su fabricación. Se trata de tableros resistentes a la humedad. No son apropiados

para ser expuestos a la intemperie sin protecciones adecuadas. Posee una resistencia al vapor de agua inferior a la de la madera y a la del tablero contrachapado, parecida a la del tablero de virutas y superior a la del tablero de fibras (tanto duro como MDF) (Fibranor, 2008).

2.6.4. AISLAMIENTO ACÚSTICO

Es similar a la madera maciza estos tableros no tienen buenas propiedades de aislamiento acústico, aunque se pueden mejorar incorporando masa al tablero o uniéndolo a otros elementos que tengan mejores comportamientos (paneles sandwich). Su absorción acústica es muy baja ya que carece de poros abiertos (Fibranor, 2008).

2.7. ECOTABLEROS DE PARTÍCULAS (bagazo de caña y cascarilla de arroz)

El eco tablero es un tablero convencional modificado con materiales lignocelulosicos (bagazo de caña y cascarilla de arroz) y a la vez se aprovechan estos materiales de residuos de la industria. El avance tecnológico en los 10 últimos años ha llevado al desarrollo y uso comercial de materiales nuevos con características positivas para el medio ambiente. La fabricación de eco tableros, es un proceso que permite aprovechar mejor los recursos, hacen útil el material que en un principio era considerado como desecho, aplicando propiedades similares a las de la madera (Domínguez y Londoño, 2014.).

En la fabricación de los tableros ecológicos de partículas influye un sin número de factores que varían dependiendo de los materiales reciclados utilizados, de los adhesivos empleados, el tipo de tablero producido durante la producción. Con la elaboración de los tableros se da un ejemplo de que es posible la sustitución de materiales para variar la elaboración de tabiques ecológicos y pueden llegar a ser de igual o mayor resistencia que los convencionales (Poblete, 2010).

2.8. DISEÑO DE ECO TABLEROS DE PARTÍCULAS (bagazo de caña y cascarilla de arroz)

El diseño de productos ecológicos, verdes o respetuosos con el medio ambiente implica el desarrollo de nuevos productos que provoquen un mejor impacto sobre el medio ambiente. Sin embargo, esta tecnología se está utilizando actualmente como reclamo publicitario de productos normalmente con fines comerciales, y no siempre va respaldada por una evaluación exhaustiva y objetiva del impacto ambiental que realmente producen (Bóveda, 2012).

Ante esta realidad, para mejorar el comportamiento ambiental de un producto es necesario disponer de herramientas que permitan evaluar de forma objetiva su perfil ecológico, y que sea capaz de identificar sus puntos débiles y sus áreas prioritarias de mejora. Sin embargo, bajo el nombre genérico de tableros ecológicos se engloban diferentes filosofías cuyo objetivo final es la promoción del diseño de un producto mejorado desde una perspectiva medioambiental. Este término ha sufrido, además, una evolución a lo largo de su historia, tanto en su concepto como en las técnicas utilizadas para el estudio del producto (Jacobo, 2015).

2.9. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL ECOTABLERO

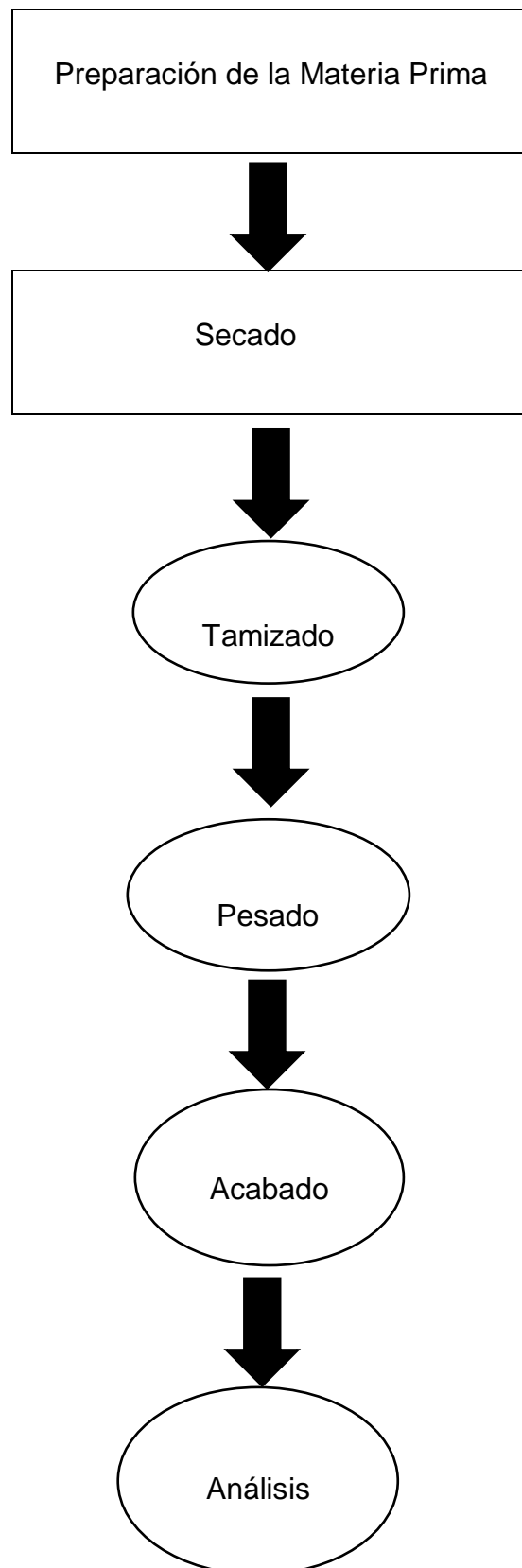


Figura 2.1. Diagrama de procesos

2.10.PROCEDIMIENTOS

Cuadro 2. 6. Descripción de procedimientos.

Pasos-Previa a la Elaboración	Descripción
Recolección de Materia Prima	Para la respectiva recolección del ecotablero se realiza la recolección de los residuos en sus cultivos previo a 24 horas de anticipación para sus respectivos tratamiento y uso
Secado	Se trasladó a un espacio al aire libre y se pone en proceso de secado el residuo, luego de lo lleva al laboratorio en cantidades mínimas para el aplicar el método, estufa.
Tamizado	Se realiza el tamizado de 3 y 4 mm dependiendo del tipo del ecotablero P1,P4,P6
Acabado	Se ubica en un molde o plancha de gran tamaño para darle el respectivo acabado ubicándolo con medidas exactas.

Análisis	Dependiendo del tipo del eco tablero se realizan los respectivos análisis P1,P4,P6 por su variación Resistencia y flexion,Traccion interna,Humedad,Cohesion Interna
-----------------	---

2.11.MÉTODO DE ENSAYO

Los métodos de ensayo a utilizar van a ser los mismos que se realizan a tableros de partículas con características Tableros de uso general para utilización en ambiente seco (Tipo P1) (NTE INEN 3110, 2016).

Cuadro 2. 7. Propiedades mecánicas especificadas.

Propiedad	Método de ensayo	Unidad
Resistencia a la flexión	EN 310	N/mm ²
Cohesión interna	EN 319	N/mm ²
Humedad	EN 1087-1	%
Fricción interna		

2.12.BENEFICIO DE CASCARILLA DE ARROZ Y BAGAZO EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS (ECOTABLEROS)

Según los expertos del CFATA (centro de física aplicada y tecnología aplicada, México) cuentan con prototipos de puertas, pisos y marcos para ventanas, además de que han realizado exitosas pruebas en sistemas de colado para probar su alta resistencia para soportar grandes columnas en la construcción de edificios. Otra ventaja de este material es que es resistente a la acción de los

microorganismos, no como ocurre con el aglomerado de la madera, que son fácilmente atacados por estos agentes biológicos, principalmente por hongos.

Este producto presenta beneficios y propiedades útiles y resistentes para la fabricación de productos alternativos tales como muebles de cocina, marco de puertas, ventanas, entre otros.

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, estos son elementos que ayudan al rendimiento de combustible. Por sus características químicas, presenta un carácter hidrofílico, es decir, tiene afinidad con el agua, presentando un 10 por ciento de humedad. Este producto es un material compuesto que no se quema tan fácilmente, lo que le hace adquirir un carácter no inflamable, no le penetra la humedad confiriéndole una propiedad hidrofóbica (no afín al agua) y muestra una magnífica resistencia a esfuerzos aplicados. En base seca, el peso de la cascarilla de arroz oscila entre los 2.944 y 3.563 mg dependiendo del tipo de arroz.

2.13.DESARROLLO SUSTENTABLE

Las actividades económicas del país están ligadas a la extracción de recursos naturales, muchos de ellos para ser comercializados en estado natural y otro para ser transformados, los cuales sufren dudas que pueden modificar los precios ya sea esto por las amenazas o riesgos naturales o las especulaciones que se presentan dentro del mercado. No obstante, se puede verificar que por análisis e investigaciones de estudiantes universitarios y científicos, se han descubiertos productos que pueden ser reutilizados o generados de nuevos productos a base de desechos o residuos de otros, es así el caso de la cascarilla de arroz, producto que puede transformar la cadena productiva del país e incentivando a la generación de nuevos productos, ampliando un abanico de opciones con mejores características a las actuales, convirtiéndose en un producto competitivo sacándole el máximo provecho de sus ventajas.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Tosagua Cda el recreo vía 4 esquina en la finca Violeta km 4 y medio vía Tosagua (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Ubicación

Cantón:	Tosagua
Coordenadas	0 ^o , 50 minutos de latitud Sur y a 80 ^o , 9 minutos, 33 segundos de longitud Oeste
Límites	Norte: Chone y Sucre Sur: Junín y Rocafuerte Este: Bolívar Oeste: Sucre
Extensión	377,40 Km ²
Población	40.735 habitantes

Fuente: (PDOT, 2014)

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de nueve meses, contados desde el inicio de la elaboración del proyecto, prosiguiendo con el desarrollo, y concluyendo con la presentación del documento final.

3.3. FACTOR EN ESTUDIO

El factor en estudio será la cantidad (g) de residuo de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar.

- Factor A. Cantidad bagazo (g) X Cascarilla de arroz (g).
- Factor C. Tamaño de Partículas. Granulometría (mm).

3.4. NIVELES

Cantidad bagazo (g) + Cascarilla de arroz (g).

A1.	20:80
A2.	40:60
A3.	60:40
A4.	80:20

Tamaño de Partículas. Granulometría (mm).

B1.	3 mm
B2.	4 mm

3.5. TRATAMIENTOS

Se realizarán 8 tratamientos; con tres repeticiones, de un total equivalente de 24 unidades experimentales.

Cuadro 3.2. Tratamientos

Nivel	Interacciones
T ₁	A1 X B1
T ₂	A2 X B1
T ₃	A3 X B1
T ₄	A4 X B1
T ₅	A1 X B2
T ₆	A2 X B2
T ₇	A3 X B2
T ₈	A4 X B2

Fuente: (Chumo y González 2017)

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 3.3. Diseño experimental

Factor de variación		Grados de libertad
Bagazo + Cascarilla (A)	(A-1)	3
Tamaño de partículas (B)	(B-1)	1
Tratamientos (AXB)	(A-1) (B-1)	3
Error	AxB (R-1)	16
Total	ABR-1	23

Fuente: (Chumo y González 2017)

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Comprende los 100 g de mezcla (cascarilla + bagazo de caña) mas 20 g de pegamento para el eco tablero.

3.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue experimental.

3.9. VARIABLES POR MEDIR

3.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Residuos agroindustriales de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar.

- Costo de producción.

3.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Ecotableros.

- Tracción interna.
- Resistencia a la humedad.

- Cohesión interna
- Humedad

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizarán dos tipos de análisis estadísticos:

- Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA)
- Gráficos Estadísticos

3.11. PROCEDIMIENTOS

La investigación se realizó en tres fases, las cuales se detallan a continuación:

3.11.1.FASE I. REALIZACION DE PROCEDIMIENTOS

3.11.1.1. ACTIVIDAD 1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se recolectó aproximadamente 35 Kg. de cascarilla de arroz en el tramo de la vía Tosagua-Calceta entre los meses de enero y febrero, la adquisición fue mucho más sencilla que la del bagazo; ya que este residuo se lo encuentra fácilmente dentro del cantón Tosagua. Se recolectaron alrededor de 40 kg, en la zona arroceras asentada sobre en la vía del cantón

Una vez obtenida la cascarilla de arroz la prima se procedió al molido de la cascarilla de arroz, en un molino manual en el que también se utiliza el molino martillo, ingresando al equipo partes mínimas para mejorar el proceso. Para el bagazo de la caña de azúcar se trituraron los residuos con un molino manual casero.

3.11.1.2. ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LA MUESTRA

Este proceso Se realizó mediante el secado de la muestra. Para el secado se empleó una estufa con circulación forzada de aire a presión atmosférica o vacío, se pesaron los residuos (cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar) con balanza analítica de sensibilidad 0.1 mg y se sometieron porciones de g a temperaturas de 103°C durante dos horas. Después de este tiempo se enfriaron en el desecador hasta temperatura ambiente y se pesó finalmente en balanza analítica. Dichos análisis y pruebas se realizaron en los laboratorios agroindustriales de la ESPAM MFL.

El contenido de agua en la muestra se calculó por diferencia de peso y se expresa en % de humedad ($g \text{ de } H_2O / 100g \text{ de muestra}$)

$$\%Humedad = \frac{(\text{Peso capsula+muestra})_{\text{antes de secado}} - (\text{Peso capsula+muestra})_{\text{después de secado}}}{(\text{Peso capsula+muestra})_{\text{antes de secado}}} [3.1]$$

3.11.1.3. ACTIVIDAD 3. TAMIZADO DE LA MATERIA PRIMA

Una vez obtenidos los porcentajes de humedad y las muestras listas se procede al proceso de tamizado, el tamiz a utilizar es el de laboratorio de la ESPAM MFL con una zaranda de 1/8 para ambos residuos dado a obtener los gramos necesarios para los tratamientos necesarios y pruebas a realizar a los momentos de realizar las pruebas.

Para el proceso de tamizado se utilizaron las mismas medidas de tamiz (3mm y 4mm). Debido al grosor del eco tablero, la anchura y los diferentes análisis a realizar, se tamizaron en total 5 kg, en cuanto al peso es alto debido a las concentraciones que tienen estos dos residuos y a los tratamientos que se van a realizar.

3.11.2.FASE II. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ECOTABLEROS

3.11.2.1. ACTIVIDAD 4. PREPARACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Se realizó la preparación de las unidades experimentales a partir de las características dadas en el punto 3.7

3.11.2.2. ACTIVIDAD 5. MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Luego de obtener cada uno de los tratamientos se procedió a la medición de los indicadores de la variable dependiente para llegar a la conclusión de cuál de todos será el más apropiado para su uso.

3.11.2.3. ACTIVIDAD 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES.

De acuerdo con los indicadores obtenidos y cada uno de los tratamientos se procedió a analizar estadísticamente cada una de las variables para tener una mejor determinación de los resultados y las pruebas realizadas el programa a utilizar el Excel.

3.11.3.FASE III. ANÁLISIS DEL DISEÑO TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL ECOTABLERO

3.11.3.1. ACTIVIDAD 7. COSTOS PRODUCCIÓN DE 1 ECOTABLERO (10 CM X 17 CM X 0,50 CM TESTIGO)

Cuadro 3.4. Costos de materia prima

Materia Prima	Unidad	Costo
Cascarilla de Arroz,	Kg	-
Bagazo de Caña	Kg	-
Pegamento	Kg	-
Mano de obra	3 jornadas	-

Fuente: (Chumo y González 2017)

Aquí se valoró, además cada uno de los procesos para la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar.

Cuadro 3.5. Costos derivados de la elaboración

Materia prima	Proceso	Costos
Bagazo de caña de azúcar	Molido	
	Secado	
	Tamizado	
Cascarilla de arroz	Molido	
	Secado	
	Tamizado	

Fuente: (Chumo y González 2017)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REALIZACION DE PROCEDIMIENTOS

En el cantón Tosagua ubicado en la Cdla. El Recreo se utilizó el método manual de la recolección de la cascarilla de arroz, trasladándola a la fábrica para atravesar un proceso de secado de 12 horas y luego pesarla hasta obtener 35 kg. Para el segundo residuo, es decir, el bagazo de la caña de azúcar, se recorrió la zona a un radio de aproximadamente 300 m de lugar de recolección de la cascarilla de arroz, para asegurar la disponibilidad de materia prima la cual también fue pesada, luego de un tiempo de secado de aproximadamente 12 horas para que al momento del análisis no aumente su humedad del peso equivalente, se recogieron 45 kg debido a que los desperdicios del bagazo son mucho mayores al momento del molido.

De acuerdo con Cabrera, et al. (2016) el secado y la molienda facilitan la reducción de la humedad de los residuos, hasta valores lo suficientemente bajos para impedir su interferencia con otros procesos. Para el proceso de secado de los residuos se utilizó una estufa, por separado, Se introdujo la cápsula en la estufa a 103 ± 2 °C (ISO-6496) ó a 70 °C si se utiliza vacío, y se mantuvo 5 horas (García & Fernández, 2015). La humedad de los residuos se detalla en el (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Contenido de humedad en los residuos analizados

	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Humedad (%)
Bagazo de caña	45	43,2	4,00
Cascarilla de arroz	35	32,2	8,00

Fuente: (Chumo y González 2017)

El porcentaje de humedad de bagazo de caña es diferente a los presentados por Zamora (2016) y por Martínez et al. (2014) donde el contenido de agua alcanzo porcentajes de 50% de la muestra. Esto podría deberse al proceso de secado ambiental al que se sometieron las muestras previas los procesos de a los que se someterán los residuos.

4.2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ECOTABLEROS

Las propiedades mecánicas son importantes para todo material compuesto, porque permiten definir un uso final del producto de acuerdo con su resistencia a la tensión, flexión e impacto (Faruk, *et al.*, 2012) por lo que como testigo se utilizaron las condiciones básicas detalladas en las Normas INEN de los ecotablero P1 para lugares muy secos de los Súper Tableros de la Empresa Edimca (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Tablero P1 para ambiente seco Grosor 0,5 cm

Eco tableros de Partículas	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad Relativa (%)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)
Testigo	0,20 a 0,25	65	11,5	0.31

Fuente: Normas INEN 310-319

Los resultados de las pruebas de se encuentran detallados en el Cuadro 4.3, donde se muestra la media de los valores en conjunto con la desviación estándar. Los valores de tracción interna de los tratamientos 4, 5, y 8 se encuentra en los rangos establecidos en las Normas INEN 310-319. De acuerdo con Brown, *et al.* (2009) los valores mayores de tracción ofrecen mejores características a los materiales.

En cuanto a la humedad y la resistencia a la flexión, todos los tratamientos tienen valores de humedad menores a los establecidos en la Norma, diversos estudios han mostrado que la resistencia mecánica de materiales ante diferentes esfuerzos disminuye a medida que el contenido de humedad aumenta por encima del 60% (Gutiérrez & Takeuchi, 2014), pues la humedad es una de las propiedades que más afecta las propiedades mecánicas de materiales naturales (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1987) por lo que los contenidos menores a la norma no resultaría ser un efecto negativo.

De acuerdo con Lázaro *et al.* (2016) los valores de resistencia a la flexión muestran la resistencia a los materiales, por lo que valores mayores proveen mejores características a los materiales. Por lo contrario, la cohesión interna,

donde la mayoría de los datos (excepto los tratamientos 1 y 2) exceden los valores de la norma. Guzman *et al.*, (2005) asegura que valores de resistencia a compresión están fuertemente relacionados con la cohesión interna, siendo que mayores valores de cohesión permiten una mayor resistencia a la compresión.

Cuadro 4.3. Rangos de las medidas de los indicadores para cada tratamiento

Mezclas	Granulometría	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad (%)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)
1	1	0,02 ± 0,01	30,00 ± 0,00	09,33 ± 0,58	0,16 ± 0,02
2	1	0,06 ± 0,01	48,00 ± 0,00	07,00 ± 1,00	0,10 ± 0,01
3	1	0,11 ± 0,01	45,00 ± 0,00	08,67 ± 1,53	0,33 ± 0,04
4	1	0,70 ± 0,00	20,00 ± 0,00	06,73 ± 1,10	0,38 ± 0,01
1	2	0,21 ± 0,01	63,33 ± 1,15	11,27 ± 0,38	0,32 ± 0,01
2	2	0,17 ± 0,00	55,00 ± 0,00	10,10 ± 0,10	0,40 ± 0,01
3	2	0,13 ± 0,00	46,00 ± 0,00	10,17 ± 0,15	0,42 ± 0,01
4	2	0,20 ± 0,00	32,00 ± 0,00	06,10 ± 0,10	0,42 ± 0,01

Fuente: (Chumo y González 2017)

En cuanto a las mezclas utilizadas (c

Cuadro 4.4), los valores mayores valores de resistencia a la flexión y humedad se presentaron en la mezcla 1 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz) y los menores en la mezcla 4 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz)

Por el contrario, los menores valores de tracción y cohesión interna se presentaron en la mezcla 4 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz) y los mayores en la (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz)

Cuadro 4.4. Rangos de las medidas de los indicadores para cada mezcla (Factor A)

Mezclas	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad (%)
1	10,3 ± 1,15	0,24 ± 0,09	0,12 ± 0,10	46,67 ± 18,27
2	8,55 ± 1,81	0,25 ± 0,17	0,12 ± 0,06	51,50 ± 3,83
3	9,50 ± 1,40	0,38 ± 0,05	0,12 ± 0,01	45,60 ± 0,55
4	6,42 ± 0,78	0,40 ± 0,02	0,45 ± 0,27	26,00 ± 6,57

Fuente: Chumo y González 2017)

En cuanto al análisis del tamaño de los gránulos para las mezclas (granulometría) detallado en el Cuadro 4.5, los menores valores de resistencia a la flexión, cohesión interna y humedad con el tamaño 1 (3 mm) y los mayores valores de tracción interna con el tamaño 2 (4 mm).

Cuadro 4.5. Rangos de las medidas de los indicadores para cada tamaño de gránulos (Factor B)

Granulometría	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad (%)
1	7,93 ± 1,48	0,24 ± 0,12	0,22 ± 0,29	35,75 ± 11,87
2	9,41 ± 2,06	0,39 ± 0,04	0,18 ± 0,03	49,08 ± 12,14

Fuente: (Chumo y González 2017)

Para el análisis estadístico, se realizó la comprobación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro Wilks (Cuadro 4.6), la cual determinó normalidad de los datos del parámetro de humedad (%) y la distribución no normal de los parámetros de resistencia a la flexión (N/mm²), cohesión interna (N/mm²) y tracción interna (N/mm²).

A estos últimos, se les realizó el análisis de varianza mediante la prueba F, que comprobó la igualdad de varianzas de los parámetros de resistencia a la flexión (N/mm²) y cohesión interna (N/mm²) a los que se les realizó el análisis de varianza tradicional. A los parámetros restantes, Humedad (%) y tracción interna (N/mm²), se les aplicó la prueba de Kruskal Wallis.

Cuadro 4.6. Prueba de normalidad de los indicadores analizados

Variable	n	Media	D. E.	W*	p (Unilateral D)
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	24	8,67	1,91	0,85	<0,0001
Cohesión interna (N/mm ²)	24	0,32	0,12	0,78	<0,0001
Tracción interna (N/mm ²)	24	0,2	0,2	0,67	<0,0001
Humedad (%)	24	42,42	13,57	0,89	0,044

Fuente: Chumo, González (2017)

De acuerdo con el Análisis de Varianza de la humedad (%) (Cuadro 4.7), estos poseen un coeficiente de variación de 0,96% y se comprobó la existencia de diferencias significativas entre los valores de con la aplicación de diferentes proporciones de mezclas, granulometría y tratamientos aplicados.

Cuadro 4.7. Análisis de varianza de la Humedad (%) de los ecotableros

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4235,17	7	605,02	3630,14	<0,0001
Mezclas	2277,5	3	759,17	4555	<0,0001
Granulometría	1066,67	1	1066,67	6400	<0,0001
Mezclas*Granulometría	891	3	297	1782	<0,0001
Error	2,67	16	0,17		
Total	4237,83	23			

Fuente: (Chumo y González 2017)

En lo concerniente a la Tracción interna (N/mm²) (Cuadro 4.8), los datos poseen un coeficiente de variación de 3,23%, esta, al igual que la humedad presenta diferencias significativas entre los valores de con la aplicación de diferentes proporciones de mezclas, granulometría y tratamientos aplicados.

Cuadro 4.8. Análisis de varianza de la Tracción interna (N/mm²) de los ecotableros

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,94	7	0,13	3234,29	<0,0001
Mezclas	0,5	3	0,17	4000,27	<0,0001
Granulometría	0,01	1	0,01	313,6	<0,0001
Mezclas*Granulometría	0,43	3	0,14	3441,87	<0,0001
Error	0,00067	16	0,000042		
Total	0,94	23			

Fuente:(Chumo y González 2017)

El análisis de varianza no paramétrica de los tratamientos aplicados (**Cuadro 4.9**) detalla la existencia de diferencias significativas entre los datos de cohesión interna y resistencia a la flexión para los diferentes tratamientos aplicados en la investigación.

Cuadro 4.9. ANOVA no paramétrica de los tratamientos aplicados para la cohesión interna (N/mm²) y resistencia a la flexión (N/mm²).

Variable	Mezclas	Granulometría	N	Medias	D.E.	H	P
Cohesión interna (N/mm ²)	1	1	3	0,16	0,02	22,07	0,0023
Cohesión interna (N/mm ²)	2	1	3	0,1	0,01		
Cohesión interna (N/mm ²)	3	1	3	0,33	0,04		
Cohesión interna (N/mm ²)	4	1	3	0,38	0,01		
Cohesión interna (N/mm ²)	1	2	3	0,32	0,01		
Cohesión interna (N/mm ²)	2	2	3	0,4	0,01		
Cohesión interna (N/mm ²)	3	2	3	0,42	0,01		
Cohesión interna (N/mm ²)	4	2	3	0,42	0,01		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	1	1	3	9,33	0,58	20,16	0,0049
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	2	1	3	7	1		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	3	1	3	8,67	1,53		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	4	1	3	6,73	1,1		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	1	2	3	11,27	0,38		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	2	2	3	10,1	0,1		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	3	2	3	10,17	0,15		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	4	2	3	6,1	0,1		

Fuente: (Chumo y González 2017)

Considerando los datos de las mezclas utilizadas (Factor A), se comprobó, la existencia de diferencias significativas entre los datos de cohesión interna y resistencia a la flexión (Cuadro 4.10)

Cuadro 4.10. ANOVA no paramétrica de las mezclas aplicadas para la cohesión interna (N/mm²) y resistencia a la flexión (N/mm²).

Variable	Mezclas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	1	6	10,3	1,15	10,5	11,83	0,0076
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	2	6	8,55	1,81	9		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	3	6	9,42	1,27	10		
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	4	6	6,42	0,78	6,15		
Cohesión interna (N/mm ²)	1	6	0,24	0,09	0,25	8,72	0,0325
Cohesión interna (N/mm ²)	2	6	0,25	0,17	0,26		
Cohesión interna (N/mm ²)	3	6	0,37	0,05	0,39		
Cohesión interna (N/mm ²)	4	6	0,4	0,02	0,41		

Fuente: (Chumo y González 2017)

En cuanto a los tamaños de partículas (Granulometría) analizados (Factor B) se constató la existencia de diferencias significativas entre los datos de cohesión interna mas no entre la resistencia a la flexión (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. ANOVA no paramétrica de los tamaños de partículas (granulometría) aplicados para la cohesión interna (N/mm²) y resistencia a la flexión (N/mm²).

Variable	Granulometría	N	Medias	D.E.	H	P
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	1	12	7,93	1,48	5,2	0,0219
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	2	12	9,41	2,06		
Cohesión interna (N/mm ²)	1	12	0,24	0,12	11,6	0,0006
Cohesión interna (N/mm ²)	2	12	0,39	0,04		

Fuente: (Chumo y González 2017)

A partir de los datos con diferencias significativas se estableció la clasificación de los datos con la prueba de Tukey al 5% significancia para los tratamientos (Ver Cuadro 4.12), estableciendo que el tratamiento con menores valores de humedad (%) y mayor de tracción interna es el tratamiento 4 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz * 3mm); el de mayor humedad fue el tratamiento 5 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 4mm), el cual también posee el mayor valor de resistencia a la flexión.

Los menores valores de tracción interna los presentó el tratamiento 1 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 3mm). El tratamiento 2 (40 g de bagazo de caña + 60 g de cascarilla de arroz * 3mm) fue el que ostentó los menores valores de cohesión interna y resistencia a la flexión. El tratamiento 8 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz * 4mm) posee los mayores valores de cohesión interna.

A medida que la humedad aumenta en valores mayores a 60% disminuye la resistencia mecánica de los materiales (Gutiérrez & Takeuchi, 2014); en cuanto a la resistencia a la flexión, mayores calores otorgan mejores características a los tableros (Lázaro, *et al.*, 2016). Mayores valores de cohesión y tracción interna permiten una mayor resistencia a la compresión por parte de los materiales (Guzman *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2009).

Cuadro 4.12. Niveles de clasificación de todos los parámetros para los tratamientos

Mezclas	Granulometría	Humedad (%)	Tracción interna (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)
1	1	30 B	0,02 A	0,16 AB	9,33 ABC
2	1	48 E	0,06 B	0,1 A	7 A
3	1	45 D	0,11 C	0,33 ABC	8,67 AB
4	1	20 A	0,7 G	0,38 BCD	6,73 A
1	2	63,33 G	0,21 F	0,32 ABC	11,27 C
2	2	55 F	0,17 E	0,4 CD	10,1 BC
3	2	46 D	0,13 D	0,42 CD	10,17 BC
4	2	32 C	0,2 F	0,42 D	6,1 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: (Chumo y González 2017)

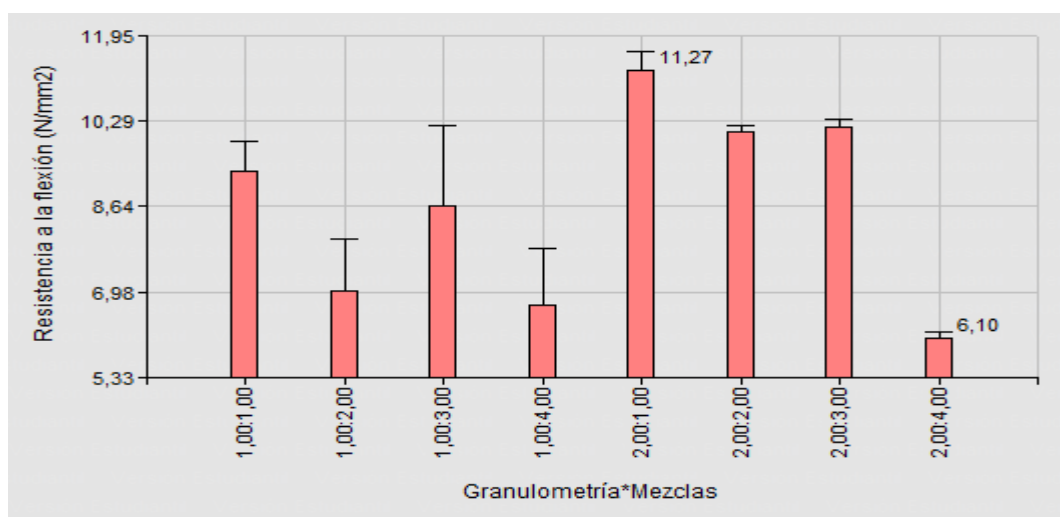


Gráfico 4.1. Resistencia a la flexión de los tratamientos

Fuente: (Chumo y González 2017)

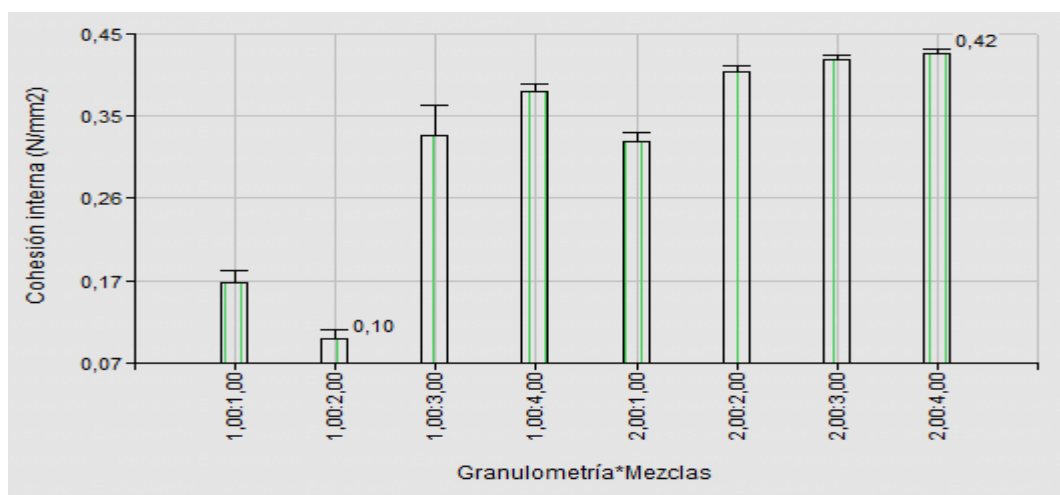


Gráfico 4.2. Cohesión interna de los tratamientos

Fuente: (Chumo y González 2017)

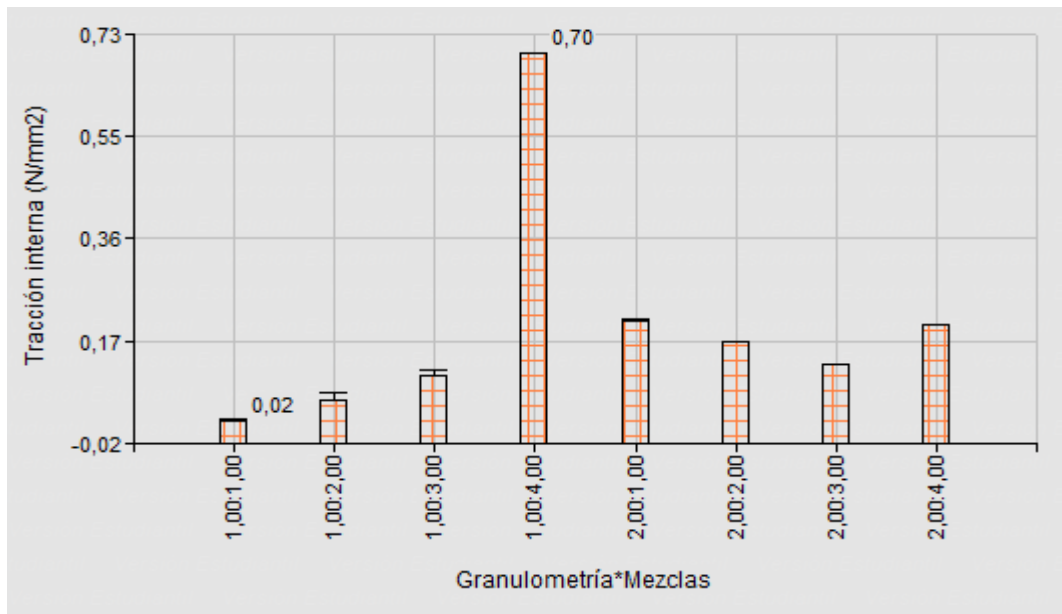


Gráfico 4.3. Tracción interna de los tratamientos

Fuente: (Chumo y González 2017)

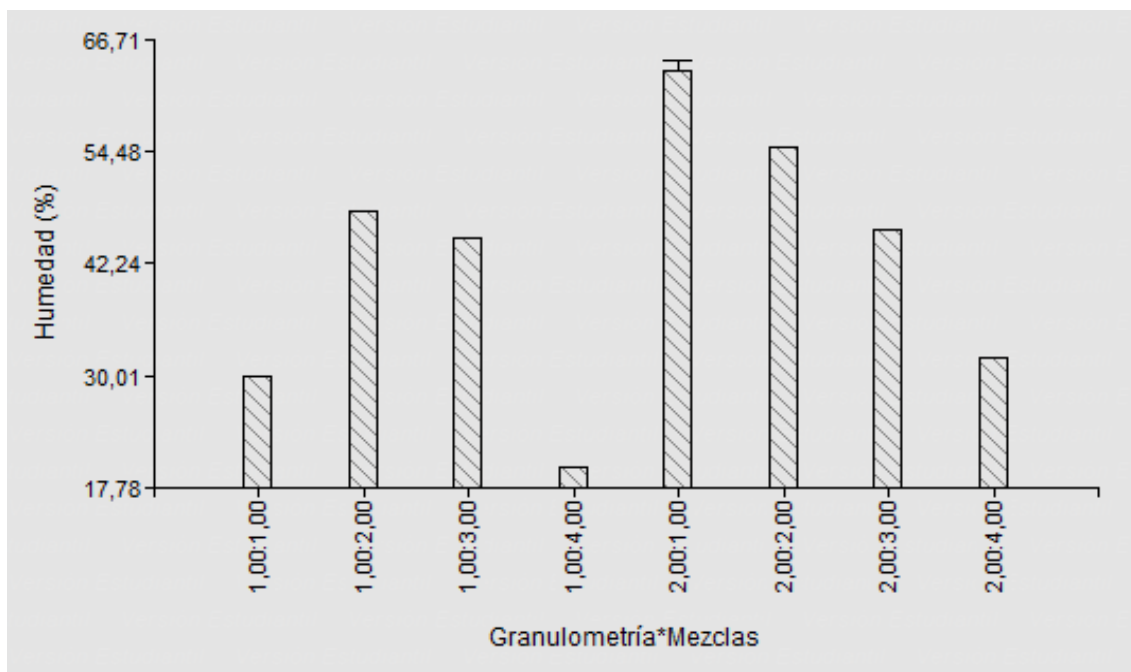


Gráfico 4.4. Humedad de los tratamientos

Fuente: (Chumo y González 2017)

En cuanto a las mezclas utilizadas (Factor A), la proporción de 1 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz) presenta los menores valores de humedad y cohesión interna y los mayores valores de resistencia a la flexión. La mezcla 4 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz) es la que presenta los

mayores valores de cohesión y cohesión interna y los menores valores de resistencia a la flexión y humedad.

Cuadro 4.13. Niveles de clasificación de todos los parámetros para las mezclas utilizadas

Mezclas	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad (%)	Resistencia a la flexión (N/mm ²).	Cohesión interna (N/mm ²)
1	0,12 A	46,67 C	10,3 B	0,24 A
2	0,12 A	51,5 D	8,55 AB	0,25 A
3	0,12 A	45,5 B	9,42 B	0,37 AB
4	0,45 B	26 A	6,42 A	0,4 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: (Chumo y González 2017)

En lo concerniente al tamaño de las partículas usadas (Factor B), las partículas de menor tamaño (3 mm) le otorga menores valores de tracción interna (N/mm²), humedad (%), resistencia a la flexión (N/mm²) y cohesión interna (N/mm²) a los tableros elaborados.

Cuadro 4.14. Niveles de clasificación de todos los parámetros para los tamaños de partículas utilizados

Granulometría	Tracción interna (N/mm ²)	Humedad (%)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Cohesión interna (N/mm ²)
1	0,18 A	35,75 A	9,21 A	7,58 A
2	0,22 B	49,08 B	15,79 B	17,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente:(Chumo y González 2017)

Por tanto, se puede definir que los mayores tamaños de partículas otorgan mayores valores de tracción interna (N/mm²), humedad (%), resistencia a la flexión (N/mm²), cohesión interna (N/mm²); al mismo tiempo la utilización de menores proporciones de bagazo de caña con mayores cantidades de cascarilla de arroz da mayor humedad y resistencia a la flexión a los ecotableros en conjunto con una menor tracción y cohesión interna.

Por tanto, el tratamiento que posee las mejores características es el tratamiento 5 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 4mm) es decir, mayor resistencia a la flexión y valores de humedad, tracción y cohesión interna dentro de la norma.

4.3. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

De acuerdo con la información recopilada en campo, se obtuvieron los costos de producción contenidos en el

Cuadro 4.15 y para el procesamiento de la materia prima se prevén los costos derivados en el Cuadro 4.16, con los que se realizó el análisis económico de la aplicación de los tratamientos

Cuadro 4.15. Costos de materia prima

Materia Prima	Unidad	Costo
Cascarilla de Arroz	1 q	\$15,00
Bagazo de Caña	1 q	\$38,00
Mano de obra	3 jornadas	\$20,00
Pegamento resina	1 q	\$42,00

Fuente: (Chumo y González 2017)

Cuadro 4.16. Costos de tratamiento de materia prima

Materia prima	Proceso	Costos
	Molido	\$5,00
Bagazo de caña de azúcar (1 q)	Secado	\$ 22,00
	Tamizado	\$10,00
	Molido	\$ 8,00
Cascarilla de arroz (1 q)	Secado	\$15,00
	Tamizado	\$10,00
Plancha (edimca)		\$ 68,00
Plancha (Súper Tableros)		\$ 72,00
Plancha (ecotableros en residuos agroindustriales)		\$ 58,,80

Fuente: (Chumo y González 2017)

Considerando los costos de producción detallados en el Cuadro 4.17 se puede definir que los costos de producción dependen principalmente de las materias primas utilizadas siendo los costos mayores en aquellos tratamientos que utilizan más cantidad de cascarilla de arroz y menos los que contienen mayor cantidad de bagazo de caña.

Cuadro 4.17. Costos de producción de una plancha de 1 m² a partir de 1q de materia prima

Tratamiento	Bagazo de caña	Cascarilla de arroz	Pegamento	Procesamiento	Total
Tratamiento 1	\$ 3,00	\$ 30,40	\$ 8,40	\$ 33,80	\$ 75,60
Tratamiento 2	\$ 6,00	\$ 22,80	\$ 8,40	\$ 34,60	\$ 71,80
Tratamiento 3	\$ 9,00	\$ 15,20	\$ 8,40	\$ 35,40	\$ 68,00
Tratamiento 4	\$ 12,00	\$ 7,60	\$ 8,40	\$ 30,20	\$ 58,20
Tratamiento 5	\$ 12,00	\$ 8,60	\$ 8,40	\$ 29,80	\$ 58,80
Tratamiento 6	\$ 6,00	\$ 22,80	\$ 8,40	\$ 34,60	\$ 71,80
Tratamiento 7	\$ 9,00	\$ 15,20	\$ 8,40	\$ 35,40	\$ 68,00
Tratamiento 8	\$ 12,00	\$ 7,60	\$ 8,40	\$ 36,20	\$ 64,20

Fuente: (Chumo y González 2017)

Los tratamientos 4 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz * 3mm) y 8 (80 g de bagazo de caña + 20 g de cascarilla de arroz * 4mm), de menor costo de producción, poseen características de valores de humedad y resistencia a la flexión por debajo de la norma y valores de tracción y cohesión interna por encima de la norma por lo que, a pesar de ser de bajo costo, no presenta viabilidad económica de aplicación.

El tratamiento 1 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 3mm) y 5 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 4mm), los cuales poseen las mejores características, son además los que tienen mayores costos de producción, pero al ser poca la diferencia entre costos (inferior al 20%) es viable la utilización de esta fórmula para la elaboración eficaz de ecotableros.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La cascarilla de arroz atravesó un proceso de secado de 12 horas y el bagazo de la caña de azúcar de aproximadamente 12 horas con lo cual el porcentaje de humedad de ambos (4% para el bagazo de caña y 8% para la cascarilla)
- De acuerdo con el Análisis de Varianza de la humedad (%), tracción interna, cohesión interna y resistencia a la flexión se comprobó la existencia de diferencias significativas entre las diferentes proporciones de mezclas, granulometría y tratamientos aplicados.
- El tratamiento 1 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 3mm) y 5 (20 g de bagazo de caña + 80 g de cascarilla de arroz * 4mm), los cuales poseen las mejores características, son además los que tienen sus diversos costos de producción, pero al ser poca la diferencia entre costos (inferior al 20%) es viable la utilización de esta fórmula para la elaboración eficaz de ecotableros

5.2. RECOMENDACIONES

- Sociabilizar los resultados obtenidos en la presente investigación para poder elaborar ecotableros, y minimizar los residuos que existen en las zonas aledañas esto mejorara el medio ambiente y la reutilización de diferentes residuos para la elaboración de ecotablero.
- Proponer la elaboración de ecotableros como una alternativa viable para el reciclaje de residuos agroindustriales, y así poder elaborar materiales utilizables para darle un mejor uso a los ecotableros, realizando los respectivos análisis y modelos para aplicarlos en comunidades del Canton

Tosagua como El junco, Monte oscuro que hay una gran cantidad de cultivos-

- Replicar los procedimientos de elaboración de ecotableros en otras zonas productoras de caña de azúcar y cascarilla de arroz para comparar costos de producción, procesos y los diferentes residuos a utilizar en diferentes áreas, esto mejorar en su mayoría al desarrollo sustentable , tanto a los agricultores como a la economía del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, K. 2014. Elaboración y comercialización de material de construcción a base de la cascarilla de arroz y su incidencia en el fortalecimiento de la preservación del medio ambiente. Tesis. Ingeniería Química Y Farmacéutica Guayaquil, Ec. p. 1 – 203.
- Arboleda, M; Córdor, B; Cueva, N; Góngora, E. 2015. Aislamiento, selección y preservación de cepas levaduriformes degradadoras del bagazo de caña de azúcar. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas. Consultado el 12/03/2017. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/24631737/INFORME-BAGAZO#scribd>
- Behak, L; Pérez, W. 2008. Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. Revista Ingeniería de Construcción Vol. 23. N° 1. p 1 – 8.
- Bóveda, M. 2012. Valoración de productos ecológicos, aplicación al diseño de mobiliarios de oficina. Tesis Doctoral. Ingeniera Industrial. Castellón, De La Plana. p 1 - 449.
- Brown, A. y otros, 2009. Estudio físico-mecánico de tableros prensados de bambú. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 43(1), pp. 44-48.
- Cabeza, R. 2009. Diseño de un sistema de compactación de biomasa de cascarilla de arroz y serrín, en la producción de bloques solidos combustibles (BSC). Tesis. Ingeniero Química. Riobamba, Ec. p 1 -135.
- Cabrera, E., León, V., Montano, A. d. I. C. & Dopico, D., 2016. Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. Centro Azúcar, 43(4), pp. 27-35.
- Cevallos, J. 2010. Estudio comparativo de las propiedades mecánicas y reológicas de compuestos de polietileno de alta densidad con cascarilla de arroz y gabazo de caña. Tesis. Ingeniero Mecánico. Guayaquil, Ec. p 1 -125.
- Chávez, M y Domine, M. 2013. Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. Avances en Ciencia e Ingeniería. p. 16.
- Domínguez, O; Londoño, Z. 2014. Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteína de

soya. Tesis. Ingeniería Industrial. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Eras, J. 2014. "Evaluación del proceso de elaboración de un aglomerado para cielo raso, a partir del raquis de la palma aceitera en combinación con la cascarilla de arroz". Tesis. Ingeniero Agroindustrial. Quevedo, Ec. p 1 -94.

ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). 2012. Manual del Sistema de Investigación Institucional. 2ed. Calceta-Manabí, EC. p 89.

FAO SENAGUA. 2011. Proyecto Membrillo, (En línea). Consultado el 24/08/2016. Formato HTML. Disponible en la web: <http://www.agua.gob.ec>

Faruk, O., Bledzki, A., Fink, H. & Sain., M., 2012. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. Progress in Polymer Science, Volumen 37, pp. 1552-1596.

Figueroa, A. 2008. Tablero de comando para la elaboración de biocombustibles en el ecuador. Consultado el 14/06/2017. Formato PDF. Disponible en la web: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/33219/lcw189e.pdf>.

Fonseca, E; Tierra, L. 2011. "Desarrollo de un proceso tecnológico para la obtención de briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz, y pruebas de producción de gas pobre". Tesis. Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ec. p. 1 - 189.

Garay, D; Durán, J; Moreno, P; Pérez, G; Carrillo, L. 2013. Elaboración de tableros aglomerados de partículas orientadas (OSB) con urea formaldehído, a partir de la especie *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. Rev. For. Lat. Vol. 3. N° 4. p 1 – 16.

García, E. & Fernández, I., 2015. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación, Valencia: Universitat Politècnica de València.

González, A. 2010. Estudio de la factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetas de carbón utilizando tamos de arroz localizada en la provincia del Guayas. Tesis. Ingeniero Industrial. Guayaquil, Ec. p 1 - 89.

Gutiérrez, M. & Takeuchi, C. P., 2014. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua Angustifolia* Kunth. *Scientia Et Technica*, 19(3), pp. 245-250.

- Guzman, M., Gotelly, G. & Vargas, G., 2005. Cálculo estructural de muebles. *Bosque*, 26(1), pp. 133-144.
- Hernández, F. 2011. Recursos Energéticos alrededor del mundo - Análisis de los factores que determinan la sostenibilidad y sustentabilidad de la economía social y solidaria para el cultivo y comercialización de productos hortofrutícolas en los cantones Mejía y Rumiñahui. Quito, Ec. p 1 - 94.
- Hidalgo, A. 2013. "Diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerados a partir de envases tetra pak". Tesis. Ingeniero Químico. Riobamba, Ec. p 1 - 151.
- ICIDCA .2000. Manual de los derivados de la caña de azúcar. 3ª edición. (En Línea). Consultado, 12 De agosto 2016. (www.cengicana.org/Portal/SubOtrasAreas/Cogeneracion/Presentaciones/)
- ICIDCA .2015. Bagazo de caña de azúcar. Recuperado de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar31/HTML/Articulo02N.htm>.
- Isan, 2015. Ecología verde. Desarrollo sostenible para un mundo mejor. Impacto Ambiental de la fabricación y consumo del papel. Disponible en línea en: <http://www.ecologiaverde.com>.
- Junta del Acuerdo de Cartagena, 1987. Características y propiedades de la Madera. Colombia: s.n.
- Lázaro, K., Gonzáles, H. E. & Cárdenas, A. J., 2016. Propiedades mecánicas del material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) y polipropileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(38), pp. 95-110.
- Maldonado, A. 2015. "Plan de factibilidad para la producción y comercialización de tablonos de aglomerados de cascarilla de arroz para la elaboración de muebles en los mercados extranjeros". Maestría. en finanzas y economía empresarial. Ec. p 1 -112.
- Martinez, P., Pérez, G., Leiva, J. & Rodríguez, I., 2014. Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. *Afinidad*, 565(1), pp. 57-62.
- Mejía, A. 2012. Elaboración de tableros aglomerados autoadheridos a partir de fibra de raquis de Palma Africana (*Elaeis guineensis*). Tesis. Ingeniería Industrial. Escuela Politécnica Nacional, Riobamba, Ecuador. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4638/1/CD-4269.pdf>

- Monterroso, B. 2013. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros aglomerados elaborados con cascarilla de café (*coffea arabica*) y colofonia, por el efecto de la carga de compactación y tiempo de prensado. Tesis. Ingeniero Química. San Carlos, Guatemala. p 1 -144.
- Moreno, M; Pozo, G. 2011. Uso del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- OLEOFINOS S.A. 2014. OLEOFINOS. Elaboración de Tableros de Partícula Fina a partir de Residuos Lignocelulósicos y Resinas Termoestables Obtenido de <http://palma.aceitescomestibles.com/>.
- Peña S, Zambrano G. 2001. Hormigón Celular con la Utilización de Materiales Locales. Tesis De Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Poblete, H. 2010. Tableros de partículas con renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*) y un híbrido de ambos. Revista. Tecnología de Productos Forestales. Vol. 1. N° 2. p 4 – 16.
- Prada, A; Cortés, C. 2010. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Revista. Orinoquia. Vol. 14. N° 1. p 155 – 170.
- Prinsen, P. 2010. Composición Química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Tesis de post grado. Universidad de Sevilla. Sevilla, España
- Rojas, L. 2015. Obtención y caracterización de materiales compactados a partir de cascara de yuca para la fabricación de tableros de partículas. Revista Colombiana de Materiales Vol. 1. N° 5. p. 158 – 163.
- Sánchez, R; Osechas, V; Estrella, G; Camero, S; Torres, R. 2010. Recuperación de residuos de envases tetra bric y su posible aprovechamiento en la preparación de tableros de aglomerados en Venezuela. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V. Vol. 25. N° 4. p. 53–59.
- Saval, S. 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. Revista Biotecnología. Vol. 16 N° 2. p.14
- Simbaña, E. 2012. Ensayo de tablero de partícula fina de una matriz de pulpa de celulosa y urea formaldehído. Revista de Investigación, Docencia y Proyecto Social. Vol. 1. N° 8. p 11 – 17.

- Tapia, C. 2010. "Elaboración de tableros de partícula fina a partir de residuos lignocelulósicos y resinas termoestables". Tesis. Ingeniero Mecánico. Guayaquil, Ec. p 1 -114.
- Vásquez, M. 2011. Reciclaje de residuos agrícolas de café y cabuya en la elaboración de tableros compuestos en base de resina urea – formaldehído (UF). Tesis. Ingeniero Agropecuario. Ibarra, Ec. p 1 – 137.
- Vázquez, D y Vázquez, M. 2002. Transformación de materiales lignocelulósicos. Revista de agroquímica y tecnología de alimentos. p. 143.
- Zamora, G., 2016. Determinación del contenido de humedad del bagazo de caña de azúcar por medio de microondas. Revista industrial y agrícola de Tucumán, 93(2), pp. 7-12.

ANEXOS



Anexo 1. cultivo de arroz



Anexo 2. Cultivo de Bagazo de Caña de Azúcar.



Anexo 3. Residuos de Bagazo de Caña de azúcar.



Anexo 4. Residuos de cascarilla de arroz



Anexo 5. Cascarilla de arroz-proceso de molicion.



Anexo 6. Bagazo de caña de azúcar-proceso.



Anexo 7. Molición de la cascarilla de arroz.



Anexo 8 .Molición del Bagazo de Caña de Azúcar.



Anexo 9. Residuo-después del Molido.



Anexo 10. Preparación de la Resina.



Anexo 11. Mezclado de los residuos con el pegamento.



Anexo 12. Ecotablero.



Anexo 13. Ecotablero acabado.



Anexo 14. Grosor del Ecotablero.



Informe de Resultados

Informe a quien Corresponda:	Chumo Zambrano Nixon Leonardo González Velásquez José Luis
Fecha:	Agosto 4 ,2017
Cel.:	0986787336

Para la Elaboración De un Ecotablero a Base de Residuos Agroindustriales de Cascarilla de Arroz y Bagazo de Caña de Azúcar.

Modelo de Ecotablero P1 para ambiente seco, Normas Inen 310-319, pruebas sometidas a:

Resistencia a la flexión, Cohesión Interna, Tracción Interna, humedad.

Estudiantes de la Escuela Superior Politécnica De Manabí

Mezclas	Granulometría	Resistencia a la flexión N/mm ²			Cohesión interna (N/mm ²)			Tracción interna (N/mm ²)			Humedad (%)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1-20B-80C	3mm	9	9	10	0,16	0,18	1,15	0,03	0,02	0,02	30	30	30
T2-40B-60C	3mm	7	6	8	0,10	0,11	0,09	0,05	0,07	0,07	48	48	48
T3-60B-40C	3mm	7	9	10	0,30	0,32	0,37	0,12	0,10	0,10	45	45	45
T4-80B-20C	3mm	8	6	6,2	0,37	0,39	0,38	0,7	0,7	0,7	20	20	20
T5-20B-80C	4mm	11	11,1	11,7	0,31	0,33	0,33	0,20	0,21	0,21	62	64	64
T6-40B-60C	4mm	10,2	10,1	10	0,40	0,41	0,40	0,17	0,17	0,17	55	55	55
T7-60B-40C	4mm	10,3	10,2	10	0,42	0,41	0,42	0,13	0,13	0,13	46	46	46
T8-80B-20C	4mm	6	6,2	6,1	0,43	0,42	0,42	0,2	0,2	0,2	32	32	32

Ing. Jorge Moreira
 CI.-1309253035
 Telf.-0994907905
 Edima-Ecuador

