

UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción

Carrera de Arquitectura y Urbanismo

Desarrollo de módulos termoaislantes para tabiquería interior a base de residuos vegetales. Estudio realizado en Arenillas, Santa Rosa y Macará.

Autor:
Darío Miguel López León

Director:
Msc. Arq. José Pesántez

Trabajo de Titulación presentado ante la

Universidad Católica de Cuenca

como requisito para optar al título de:

Arquitecto

Mayo 2019

Declaración

Yo, **Darío Miguel López León**, con cédula de identidad 0706249513, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. Que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en la presente investigación.

2. Que trabajo es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, citas completas, ilustraciones, tablas, etc. sacadas de alguna publicación (en versión digital o impresa).
   Caso contrario, referencio en forma clara y exacta su origen o autor.

3. Que el trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

4. Que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Católica de Cuenca.

Me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado y asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a la normas establecidas y vigentes de la UCACUE.



Darío Miguel López León

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: "*Desarrollo de módulos termo-aislantes para tabiquería interior a base de residuos vegetales. Estudio realizado en Arenillas, Santa Rosa y Macará.* " ha sido elaborado por el Br. **Darío Miguel López León**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Msc. Arq. José Pesántez

Dedicatoria

Dedico este trabajo al Arquitecto Universal, cuya sabiduría admiro en cada línea que mantiene al mar y la tierra en equilibrio vital; magna inteligencia que atraviesa la cúpula celestial, hasta las inmensas galaxias que solo sus manos pudieron formar.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mis padres, Emma León y Vicente López, por su apoyo singular en cada decisión a lo largo de esta investigación. Así también a mi abuela materna, Justina Lasso y mis queridas tías Paty y Fany.

A los docentes, cuyo conocimiento y experiencia guiaron excepcionalmente las directrices a seguir para alcanzar los objetivos planteados.

Arq. José Pesantez

Arq. Guillermo Casado

Arq. Joana Jara

Arq. Christian Contreras

Arq. Jorge Toledo

Ing. Juan Carlos Cobos

Ing. Xavier Cabrera

Amigos del alma, cuyo respaldo incondicional, acogida y estima, facilitó la obtención de metas puntuales para materializar los alcances de este trabajo. Por todo aquello, eternamente agradecido.

Sra. Verónica Sarango y familia

Sr. Homero Luzuriaga, Sra. Esperanza Torres y familia

Juan Carlos Cedeño

Francisco Serrano

Diego Montenegro

Resumen

La presente investigación propone un método para el aprovechamiento de residuos vegetales celulósicos provenientes de industrias agro económicas, como la actividad arrocera en Arenillas y Macará, y el cultivo de banano y las madereras en Santa Rosa. Para desarrollar este método de aprovechamiento de residuos, se asocian las propiedades físioquímicas individuales de cada fibra natural, cumpliendo con los estándares de calidad, resistencia y durabilidad de normas tomadas como referentes en cuanto a tableros aglomerados de madera (NTE INEN 0896) y adobes (E.080), con el objetivo de formular dosificaciones destinadas a fabricar insumos constructivos interiores (mampostería portante, tabiquería ligera, paneles para cielo falso entre otros); cuyos factores se acojan a los términos establecidos en la norma ISO 7730, relacionados con el confort sensorial térmico del espacio habitable. Es un aspecto relevante de la investigación que el material orgánico resultante posee características termoaislantes óptimas, en ausencia de agentes contaminantes que afectan la salud humana, antes, durante y después de la fabricación y empleo, contrarrestando así los impactos al ecosistema local tras cada ciclo de utilidad.

Palabras clave: fibras vegetales, engrudo de arroz, bloques, paneles.

Abstract

Abstract This research work develops a cellulose vegetable residues utilization method, coming from agro industrial economic activities such as rice fields in Arenillas and Macará, together with tha banana cultivation and sawmill Wood treatment, localed in Santa Rosa. Associating individual physical-chemical propieties from each natural fiber, complyng quality standars, strength and durability of regulations taken as references in terms of particleboards (NTE INEN 0896) and adobes (E-80), to formulate dosages intended to manufacture interior construction supplies (load-bearnig mansory, light patition walls, ceiling panels, amog others), which factors are subject to the terms stablished in ISO 7730, related to the thermal sensory confort of living space. Remarking that the organic material get rid of contaminating agents, before, during and after manufacture and use, counteracting the impact of the local ecosystem after each useful cycle.

Keywords: vegetbles fibers, rice paste, blocks, panels.

Introducción

Las propiedades de los materiales convencionales empleados en división de espacios, como el ladrillo y el bloque de concreto, poseen condiciones desfavorables muy particulares en su naturaleza, como: el sobrepeso conferido a la estructura, falta de transpirabilidad y ausencia de propiedades aislantes frente a los cambios térmicos ambientales. Esto los hace dependiente de elementos anexos para cumplir con los requerimientos básicos de confort en los espacios interiores para el bienestar sensorial del individuo(Rodríguez, 1967).

Considerando la amplia producción agraria del Ecuador (INEC, 2017), es necesario preguntarse ¿Cuántos residuos se generan por cada producto cultivado? Sobre esta interrogante, se puntualiza el mínimo aprovechamiento dentro de la industria y la construcción, sin considerar las ventajas de tales desechos de los que, al unificarlos, pueden obtenerse productos adecuados, como elementos edilicios con propiedades termoaislantes de envolventes.

Esta investigación busca cuantifica,r mediante entrevistas y cálculos en las zonas de producción las, materias primas disponibles a emplearse (aserrín , fibras de banano, arrocillo y cascarilla de arroz) para, a través de la experimentación entre varias dosificaciones con las fibras y el engrudo de arroz, realizar ensayos de laboratorio. Estos resultados permiten identificar las formulaciones idóneas a emplearse dentro de los parámetros indicados por las normas vigentes, destinando cada elemento a los espacios y funciones determinados por los resultados físicos con objetivo de optimizar las ventajas de los insumos constructivos.

Problemática

La problemática radica en los materiales convencionales para la construcción, principalmente debido a los elementos químicos que los conforman, sustancias como: furanos, dioxinas, cloro y metales pesados; dichos compuestos son altamente tóxicos y acumulativos en los seres vivos. Por ello, los daños salubres desarrollados se relacionan con alergias, irritaciones (oculares, epidémicas y del tracto respiratorio), alteraciones en el sistema inmunológico y cáncer; producto de la exposición directa a los gases y partículas provenientes de plásticos para recubrimientos, tuberías, aislantes, pinturas, barnices y concreto (Torgal y Jalali, 2011).

Desde 1930 más de 100.00 compuestos químicos se han desarrollado para aplicaciones industriales diversas, de los cuales existe información elemental no mayor al 5 % sobre los daños a la salud y el ambiente que provoca su utilización.

La contaminación del ecosistema se da cuando estos compuestos a través de los desechos de la actividad constructiva ingresan a los estratos térreos, aéreos y acuáticos, alterando el equilibrio de su constitución química natural, e incluso integrándose lentamente en los ciclos alimenticios de las especies que los habitan (Torgal y Jalali, 2011).

En las áreas estudiadas, el aprovechamiento elemental es uno de los limitantes dentro del proceso productivo de nuevas propuestas materiales. Para ejemplificar, conforme a lo transmitido mediante entrevistas durante la investigación, "La mayor parte de fibras derivadas de la planta de banano se pierden tras la putrefacción dentro y fuera de los campos de cultivo"(M. Fernádez, comunicado personal, 28 de julio de 2018). De otro modo, "La cascarilla es generalmente es usada como lecho seco desechable para animales domésticos, el cual, se convierte en compost humífero como fertilizante agrícola"(L. Pérez, comunicación personal, 13 de septiembre de 2018).

Esto de debe a la ausencia de investigaciones locales enfocadas en la búsqueda de métodos y tecnologías con objetivo de encontrar utilidades más eficaces de la materia prima descrita, cuyas ventajas como: cantidad, facilidad de obtención y calidad son cualidades idóneas para proponer alternativas constructivas que permitan aumentar el confort térmico en las latitudes geográficas del sur ecuatoriano.

Toxicidad y resistencia al fuego

La resistencia al fuego es uno de los parámetros donde los aislantes derivados del plástico presentan desventajas por la degradación a temperaturas entre 100 y 140 °C (EN, 2002), a más de los gases emanados durante dicho proceso. Debido a esto, las estadísticas indican que las muertes durante incendios son causadas por la inhalación de humo tóxico

rico en cianuro de hidrógeno, proveniente de materiales plásticos como poliuretanos y polietilenos (Gormsen, Jeppesen, y Lund, 1984).

Los aislantes de origen natural muestran tenacidad ante el fuego, debido a la reducida cantidad de aire disponible entre las fibras (Schiavoni, Bianchi, Asdrubali, y cols., 2016); los gases nocivos que emiten son básicamente monóxido y dióxido de carbono, compuestos no comparados con la gravedad toxicológica de los emitidos por los elementos plásticos (Stec y Hull, 2011).

Sin duda, los materiales aislantes de origen mineral son adecuados para frenar el avance del fuego, pues, al ser incombustibles, no emanan gases de toxicidad considerable al exponerse a temperaturas altas (EN, 2002). No obstante, durante el almacenamiento, traslado e instalación de aislantes minerales donde el aumento de las partículas afiladas desprendidas en el aire son un riesgo salubre a considerar para los trabajadores, pues estas se depositan en el tracto respiratorio, ojos y piel provocando irritaciones severas en estas áreas expuestas (IARC, 2002).

Presencia de formaldehído

Las concentraciones de gas formaldehído, tanto en el ambiente laboral como doméstico, representan riesgos a la salud cuando sobrepasan los límites acordados por normas alusivas.

El gas proviene principalmente de la resina de úrea-formaldehído, un aglomerante industrial utilizado en la fabricación de algunos productos como aislantes plásticos y tableros aglomerados de fibras de madera (Clark, 1983), los cuales, presentan riesgos al trabajador cuando la cantidad de gas formaldehído emanado supera el valor de 0.3 ppm ($0.37\text{mg}/m^3$) en los ambientes laborales, anotado conforme a la norma relacionada para prevenir la exposición al formaldehído NTP 590(2001).

Es importante considerar la existencia de este gas en ambientes domésticos, donde puede superar las concentraciones inofensivas, cuando se emanan desde tableros aglomerados de fibras y partículas en: cielos falsos, tabiquería no portante, mobiliario entre otros, si no se acatan los estándares para el control de formaldehído emanado como lo indica la norma UNE EN 120(2000) para tableros derivados de madera, donde el contenido de la sustancia al sobrepasar el 0.1 ppm de concentración en el aire interior se torna suficiente para tomar medidas correctivas en pro del bienestar, evitando así, síntomas como ardor ocular, irritación de la piel y tracto respiratorio siendo letal (Santolaya y Freixa, 2001).

Contaminación Ambiental

Las consecuencias medio ambientales, originadas tras las cosechas y refinamiento de los productos agrarios, representan cantidades importantes de biomasa producida en los cultivos analizados, la cual supera el 60 % del volumen total de la actividad económica. Sin embargo, estos desechos no reciben un tratamiento previo antes de ser arrojados en vertederos, suelos despejados o áreas próximas a cuerpos de agua temporales y estacionarios (Vidal y cols., 2001). Durante el proceso de putrefacción en los cuerpos hídricos, la materia vegetal inerte disminuye significativamente la cantidad de oxígeno disuelto en

el agua, pues la materia orgánica demanda altas cantidades del gas para la degradación bacteriana (Raffo Lecca y Ruiz Lizama, 2014).

El problema se manifiesta también en acuíferos (agua subterránea), que alimentan cuerpos de agua mayores, tornándose perjudicial para las especies acuáticas que requieren oxígeno en su sistema respiratorio branquial como peces y anfibios generalmente. Una disminución de este gas se asocia armónicamente con un incremento letal de nutrientes (eutrofización), notorio en la cantidad elevada de algas verdes sobre los cuerpos hídricos, microelementos arrastrados tras el lixiviado de suelos contaminados o materia orgánica presente en el agua; desbalance que afecta los ciclos biológicos en las cadenas alimenticias microscópicas y macroscópicas de las especies nativas (Quirós y cols., 2006).

Las alteraciones no solo se manifiestan en el suelo o flujos acuáticos, es evidente también en el aire, donde la oxidación microbiológica (descomposición) de materia orgánica se vincula directamente con la producción de metano. El metano es un gas atmosférico necesario para el equilibrio en la biosfera, por ello, investigaciones relacionadas se indica que la concentración de metano en la época pre industrial fue de 0.7 ppm, en contraste al aumento a 1.7 ppm medidas a finales del siglo XX. Las actividades antrópicas partiendo desde las domésticas, agropecuarias e industriales, han aumentado considerablemente la cantidad de dicho compuesto y el dióxido de carbono, gases relacionados con el incremento térmico global (Cicerone y Oremland, 1988).

Los procesos fabriles para los aislantes convencionales demandan altas cantidades de energía calórica, proveniente de la combustión de hidrocarburos fósiles, en casos como la lana de roca, cuyas fibras se obtienen de la fundición de dolomita, basalto y dibasa derretidas a 1600 °C, similar a las fibras de vidrio, donde las temperaturas para fundir arena natural y vidrio reciclado va desde los 1300 a 1450 °C (Fangueiro, 2011).

Por ello, la huella ambiental de varios productos empleados usualmente es analizada con la metodología de la norma ISO 14040 y 14044, conocida como .Evaluación del ciclo de Vida "(LCA), sus siglas en inglés, donde indica los kilogramos de dióxido de carbono emitido desde el proceso de fabricación hasta el final de su utilidad en horizontes de 20 a 100 años; tomando estos datos se anotan los materiales cuya huella de CO_2 es considerable, como el caso de la fibra de vidrio, poliuretano, poliestireno expandido y lana de roca, con valores de 6.51 a 13.22 kg de CO_2 que contrasta con valores mínimos de emisión gaseosa en aislantes de origen natural, como la celulosa, corcho, cáñamo, fibras de yute y kenaf, en un rango va de 0.17 a 5.17 kg de CO_2 emitido (ISO, 2006).

Partículas contaminantes de plástico

La degradación de los aislantes plásticos tras el uso constructivo llega a ser parte de los desechos inorgánicos presentes en el suelo y en el agua, donde se depositan las partículas plásticas provenientes de basureros y escombreras, que son arrastrados por ríos y quebradas estacionales hasta el mar, donde los restos se insertan paulatinamente en las especies marinas por medio de las cadenas alimenticias; conforme lo muestran las autopsias realizadas en peces y aves, cuyo aumento en la tasa de mortalidad registrada en los últimos años alerta sobre el desequilibrio medioambiental provocado por los derivados plásticos en sus múltiples presentaciones comerciales a corto y largo plazo (van Franeker

y Law, 2015).

Se ha mostrado parte de la problemática química de los materiales de construcción empleados convencionalmente, cuya toxicidad para el ser humano y el entorno empieza desde los procesos fabriles, continúa en los espacios habitables y finalmente en los residuos producidos al ser desechados. Por esta razón, se busca incorporar insumos constructivos cuya materia prima est disponible abundantemente en el área analizada junto a métodos de elaboración que no incluyan procesos ni compuestos nocivos para las especies bióticas y el ecosistema circundante.

Objetivos

Objetivo General

- Elaborar una serie modular para cielos falsos y tabiquería interior a base de residuos derivados de la actividad agraria y maderera en los cantones Arenillas, Santa Rosa y Macará.

Objetivos Específicos

1. Revisar bibliografía sobre elementos constructivos a base de residuos agrarios y documentación referente a propiedades fisio-químicas del aserrín, fibras de banano y engrudo de arroz, para conocer las ventajas y desventajas intrínsecas de cada material empleado.
2. Determinas mezclas idóneas, respaldadas con pruebas físicas y análisis comparativos, que cumplan con los requerimientos de aislamiento térmico y resistencia a esfuerzos físicos (flexión y compresión).
3. Desarrollar comparaciones entre las probetas con mejores resultados obtenidos en laboratorio y destinar su empleo de acuerdo a las necesidades espaciales que se desean satisfacer.

Justificación

La cantidad de material disponible dentro de las actividades económicas, como el cultivo de banano, arroz y aserríos predominantes en las áreas de Arenillas, Macará y Santa Rosa, facilita la obtención de insumos necesarios para ejecutar la investigación (INEC, 2017) con la cual se desarrollan tratamientos que faciliten la fabricación de módulos a partir de residuos agro industriales.

La aplicación de residuos vegetales resta la cantidad biomástica sobrante de las actividades agro económicas al incorporar la materia orgánica como parte de los materiales constructivos locales, reduciendo el impacto medioambiental generado por la descomposición sobre el suelo, agua y aire, reincorporando así gradualmente al entorno la materia bio-degradable empleada de dichos elementos tras el uso (Madurwar, Ralegaonkar, y Mandavgane, 2013).

Cabe destacar que la ausencia de elementos plásticos contrarresta el avance acelerado del fuego sin emisión considerable de gases tóxicos al aire, anulando incluso la polución del suelo y el agua con partículas no bio-degradables de dicho material (Stec y Hull, 2011).

La utilización de fibras y aglutinantes naturales minimiza el riesgo de intoxicación laboral durante la fabricación y, en el ambiente doméstico, anulando la presencia de partículas minerales como: asbesto, conservantes y pegantes emisores de gases como el formaldehído (Ritchie y Lehnen, 1987), cuyas restricciones son reguladas estrictamente por normas internacionales como la UNE EN 120 (1999).

Tales ventajas son analizadas desde la perspectiva del confort interior térmico, cuyas áreas habitables deben garantizar niveles invariables de temperatura por factores externos, como la estación, ubicación geográfica, actividad realizada, dentro de los rangos establecidos en la norma internacional ISO 7730 (2002) y la norma estadounidense ASHRAE Standard 55 (2019), referidas a la Determinación analítica e interpretación del confort térmico usando cálculos de índices del PPD y PMV (Olesen y Parsons, 2005). Alusivo a tales intervalos, los informes meteorológicos indican que la temperatura promedio anual del aire en sombra de las áreas estudiadas es de 30°C con 71 % de humedad relativa, valores opuestos a los indicados dentro de las normas de bienestar sensorial antes nombradas (INAMI, 2017).

Es conocido la alta densidad e inercia térmica en los materiales de construcción convencionalmente empleados como envolventes (paredes de cerramiento, cielos falsos y cubiertas), los cuales favorecen la entrada de calor durante el día, periodo en que la energía calórica se almacena para ser liberada en horas nocturnas (Turégano, Hernández, y García, 2003).

Por estas razones, esta investigación brinda como aporte académico una alternativa sin riesgos salubres para el fabricante, el habitante y el medio ambiente, contrarrestando los inconvenientes derivados de los materiales existentes, con mejoras en las características internas y externas de los elementos.

Metodología

La estructura planteada para abordar el desarrollo de la investigación consta de actividades, respetando un orden cronológico y sistemático dentro del progreso y obtención de resultados.

Búsqueda informativa

Las herramientas de análisis síntesis de información empleadas son el contraste de contenidos bibliográficos físicos y digitales, concernientes a parámetros globales, regionales y locales. Se ha completado en lo referente al levantamiento de información en sitio, se ha empleado la herramienta etnográfica de la entrevista presencial estructurada. El banco de preguntas se ha preparado de manera que complete, en la medida de lo posible, la información bibliográfica obtenida. Para esto se ha centrado la búsqueda de respuestas puntuales en cuanto al cultivo, cantidades de producción, aplicaciones de las fibras, entre otros.

El factor histórico es un parámetro importante, pues permite conocer el origen, la evolución, esplendor y decadencia de los elementos y técnicas empleadas, dependiendo del estado, condiciones climáticas, eventos sociales, económicos y políticos; analizar los puntos de partida en la línea del tiempo da una perspectiva de alcances posibles presentes y futuros.

Es importante considerar también referentes de investigaciones anteriores a la propuesta planteada, pues, esta obtención de datos permite orientar acertadamente las definiciones, análisis, metodologías y decisiones a tomarse, considerando las experiencias, recomendaciones, resultados y conclusiones, a las cuales han llegado conforme a cada aspecto investigativo.

Cuantificación de materia prima.

La cuantificación de los insumos requeridos, permite conocer la cantidad de materia prima disponible en Arenillas, Macará (cascarilla y arrocillo) y Santa Rosa (aserrín y fibras de banano). Por tal motivo, el uso de datos estadísticos en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC 2017) emitidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), complementan el análisis de las muestras obtenidas en las localidades mediante entrevistas presenciales a los protagonistas del cultivo o procesamiento de los insumos para conocer los tiempos de cosecha y la cantidad de producto obtenido en determinado periodo aplicado a las fibras y el aglutinante, para así, generar operaciones con las cuales calcular aproximadamente la cantidad del material disponible en función peso-volumen semanal y mensualmente.

Obtención de materia prima

Después de identificar y receptar la información in situ dentro de las diferentes áreas de producción, se procede a la captación de materia prima, la extracción de las fibras del pseudotallo, nervadura central de hojas y tallo floral (pedúnculo). En el caso de las plantas de banano, la fibra se extrae con procesos manuales de selección, corte, traslado, molido, maceración y secado; y en el caso del aserrín, a través del tamizaje correspondiente en mallas de polietileno para la selección de partículas por tamaños, teniendo así mayor control sobre las porciones a incorporarse en la mezcla. Sin embargo, en el caso del arocillo y la cascarilla, el método es mucho más sencillo, ya que requieren únicamente ser captados en sacos de polietileno, para luego ser trasladados y almacenados en el lugar de investigación.

Formulación de dosificaciones

Este procedimiento responde parcialmente a la metodología empleada en los estudios de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. Con el objetivo de integrar varios elementos (fibras, aserrín, cascarilla y engrudo de arroz) se busca obtener las ventajas físicas que cada componente proporciona, a más que la variedad de fibras empleadas evita la dependencia del producto final a un material específico, permitiendo tener un suministro suficiente de materia prima a lo largo del proceso fabril (Cadena y Bula Silvera, 2011).

Las dosificaciones han sido propuestas cumpliendo la siguiente hipótesis:

En efecto, al considerar la demanda permanente del banano, las grandes cantidades de excedentes producidos mensualmente se puede adquirir después del cultivo y obtención de fibras a bajo costo; las dosificaciones para la fabricación de los módulos contendrán no menos del 50 % de dicho elemento, el cual aportará mayor resistencia a flexión y a compresión. No obstante, el 50 % restante, se compensará con aserrín y cascarilla en porciones variadas, evitando la disminución del desempeño frente a los esfuerzos mecánicos y sin incrementar en el peso del producto final.

Estimando la producción de fibras y residuos, se organizan las formulaciones en una tabla, con cantidades y medidas regidas por volúmenes (cm^3), pesos (gramos) y porcentajes, generando con ello las dosificaciones donde varían las cantidades de fibras aglutinadas con el engrudo. Estas diferencias son las que originan las diversas propiedades físicas y mecánicas, lo cual permite ampliar el espectro de productos destinados a ser piezas de envolventes para mampostería portante y no portante, módulos para tabiquería ligera, paneles de cielo falso o piezas de recubrimiento.

Pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio en las probetas normadas con las 4 dosificaciones planteadas, permiten definir parámetros térmicos (coeficiente de conductividad calórica)y físicos (flexión y compresión) para comparar, analizar y evaluar las cualidades de cada muestras, verificando a detalle si los datos obtenidos se acogen a las normas y sus estándares, considerados únicamente como referencia, debido al vacío reglamentario para insumos constructivos a partir del tipo de fibras en esta investigación.

Para ejecutar los ensayos de laboratorio, las probetas rectangulares son elaboradas en moldes de hierro que siguen los dimensionamientos dispuestos por la norma ASTM (Estándares para métodos de prueba para evaluación de las propiedades en paneles a base de partículas y fibras de madera), en el caso de las pruebas a flexión, ejecutadas en una prensa CBR PR-05 con capacidad de 28 kg donde se colocan dos apoyos a los extremos y un punto para transmitir la carga hacia la pieza ensayada.

Para los ensayos a compresión, las muestras cúbicas se fabricaron en moldes de latón con las medidas establecidas por la norma NTE INEN 2518. Esta norma se emplea para medir la resistencia a la compresión de morteros, si embargo, es un referente para aplicar a las unidades de mampostería propuestas y conocer su desempeño ante tal esfuerzo con ayuda de una prensa CBR PR-05 con capacidad de 28 kg.

La norma NTE INEN 0896 es un referente que establece los procedimientos y cálculos para determinar el porcentaje del contenido de humedad absorbido por los tableros aglomerados de fibras, donde se emplean instrumentos de precisión como: una balanza electrónica BOECO BWL-61 y una estufa MEMMERT UN-55 con ventilación para el proceso de deshidratación.

El ensayo térmico emplea una metodología similar a la utilizada en la investigación sobre paneles con fibras naturales (Peña Romero, 2016),donde un cubo elaborado con el material seleccionado es monitorizado a través de instrumentos que permiten recaudar datos (valores e imágenes) sobre el comportamiento térmico del elemento a escala frente a una fuente de calor artificial, para consigo, calcular mediante fórmulas preestablecidas los valores de potencia calorífica (Q) y coeficiente de conductividad térmica (λ), los cuales son comparados con los estatutos de las normas UNE-EN 13986 y NEC-11 para determinar validez en los resultados obtenidos.

Acabados

El tratamiento estético se lleva a cabo empleando recubrimientos superficiales de arcilla con espátula metálica, mientras que, para diversificar la cromática de las piezas se incluye el aceite de linaza aplicado con un pincel de cerdas naturales, como agente impermeabilizante que realza el color y otorga brillo a las fibras del material.

Índice de Contenidos

Declaración i

Certificación ii

Dedicatoria iii

Agradecimientos iv

Resumen v

Abstract vi

Introducción vii

Problemática viii

Objetivos xii

Justificación xiii

Metodología xv

Índice de Contenidos xviii

Lista de Figuras xxi

Lista de Tablas xxiii

1. Marco teórico y Estado del Arte 1

1.1. Control térmico. 1

1.2. Engrudo de arroz (a partir de arroz residual) 2

1.2.1. Arroz (Oryza sativa) 2

1.3. Fibras vegetales 4

1.3.1. Banano (Musa sapientium) . . . 5
1.3.2. Aserrín . . . 8
1.3.3. Cascarilla de arroz (tamo) . . . 9
1.4. Protección y acabados . . . 11
1.4.1. Impermeabilización . . . 11
1.4.2. Acabados con arcilla . . . 12
1.5. Teselado como propuesta para recubrimiento de superficies . . . 13

2. Características, obtención y cuantificación del material 14
2.1. Búsqueda, contraste y síntesis de información . . . 14
2.1.1. Análisis de casos similares . . . 15
2.2. Descripción y propiedades de fibras vegetales . . . 17
2.2.1. Fibras naturales empleadas . . . 18
2.3. Aglutinante . . . 22
2.4. Conservante . . . 22
2.5. Cuantificación de materia prima . . . 23
2.5.1. Planta de Banano (tallo, pedúnculo, folios y nervaduras centrales) . . . 24
2.5.2. Arrocillo y cascarilla . . . 25
2.5.3. Aserrín . . . 27
2.6. Extracción y obtención de fibras . . . 28
2.6.1. Aserrín . . . 34

3. Ensayos y acabados 36
3.1. Combinaciones propuestas . . . 36
3.2. Elaboración de probetas, ensayos y resultados físico – mecánicos . . . 39
3.2.1. Ensayos a Flexión . . . 39
3.2.2. Ensayos a compresión . . . 40
3.2.3. Contenido de Humedad . . . 42
3.2.4. Ensayos térmicos . . . 44
3.3. Protección y acabados . . . 48
3.3.1. Impermeabilización . . . 48
3.3.2. Acabados con arcilla . . . 49
3.3.3. Teselado como propuesta de recubrimiento . . . 51
3.4. Conclusiones . . . 54

3.5. Recomendaciones 55

Referencias bibliográficas **57**

Referencias 57

Lista de Figuras

1.1. Cultivo de arroz en campo inundado (Macará) . . . 3
1.2. Cultivo de banano (Santa Rosa) . . . 5
1.3. Aserrío (Macará) . . . 8
1.4. Cascarilla de arroz (Macará) . . . 10
1.5. Semillas y aceite de linaza . . . 11
1.6. Alfarería griega. www.estudiogeneraldehumanidades.es . . . 12
1.7. Teselaciones murarias decorativas. www.alhambra-patronato.es . . . 13

2.1. Fibas y paneles de coco. www.agriculturers.com . . . 15
2.2. Totora como alivianamiento en adobes . . . 16
2.3. Construcción con astillas de cáñamo y cal. www.biotecnica-italy.com . . . 17
2.4. Imágenes macro y microscópica del tallo. . . . 19
2.5. Imágenes macro y microscópica del pedúnculo. . . . 19
2.6. Imágenes microscópicas del folio y nervadura. . . . 20
2.7. Imágenes macro y microscópicas de la cascarilla. . . . 21
2.8. Imágenes macro y microscópicas de aserrín. . . . 21
2.9. Imágenes macro y microscópicas de aserrín. . . . 22
2.10. Cristales de ácido bórico. . . . 23
2.11. Planta empacadora de banano. www.elcomercio.com . . . 24
2.12. Quintales de arroz para distribución (Arenillas). . . . 26
2.13. Montículo de aserrín (Santa Rosa). . . . 27
2.14. Registro de condiciones ambientales con higrotermómetro digital . . . 28
2.15. Proceso de extracción de fibras (tallo). . . . 30

2.16. Proceso de extracción de fibras (nervadura central). 31
2.17. Proceso de extracción de fibras (folios). 32
2.18. Proceso de extracción de fibras (pedúnculo). 33
2.19. Plantas de refinamiento en Arenillas y Macará. 34
2.20. Tamizaje de aserrín 35

3.1. Ingredientes del aglutinante de arroz. 37
3.2. Ingredientes del aglutinante de arroz. 38
3.3. Preparación de la mezcla entre fibras y engrudo. 38
3.4. Secado de probetas para ensayos mecánicos de flexión y compresión. 39
3.5. Preparación de probetas para ensayo a flexión. 39
3.6. Preparación de la probetas para ensayo a compresión. 41
3.7. Probetas tras ensayo a compresión. 41
3.8. Probetas para pruebas de humedad. Fuente autor 42
3.9. Probetas sobre balanza electrónica. 43
3.10. Equipo empleado para deshidratar las probetas. Fuente: autor 43
3.11. Equipo y piezas empleadas para ensayos térmicos. 45
3.12. Evolución de termografías durante el estudio del comportamiento térmico. 46
3.13. Aceite de linaza y superficies cubiertas. 48
3.14. Tierras arcillosas empleadas. 49
3.15. Elementos cuya superficie puede ser recubierto con arcilla. 50
3.16. Acabados sobre tableros con arcillas. 50
3.17. Proceso de elaboración piezas de recubrimiento 51
3.18. Piezas de recubrimiento sin acabados 52
3.19. Recubrimiento decorativo terminado 52
3.20. Cielo falso y recubrimiento de paredes en auditorio Cred: D.Montenegro. . 53
3.21. Cielo falso y recubrimiento de paredes en sala Cred: D.Montenegro 53

Lista de Tablas

2.1. Pesos y porcentajes promediados con 10 plantas de banano 25
2.2. Pesos y volúmenes de arroz, arrocillo y cascarilla por día (1 qq = 45.35 kg) 26
2.3. Pesos y volúmenes de aserrín por día 27

3.1. Dosificaciones planteadas 36
3.2. Dosificación engrudo de arroz 37
3.3. Resultados de ensayos a flexión 40
3.4. Resultados de ensayos a compresión 41
3.5. Contenido de humedad 44

1 Marco teórico y Estado del Arte

Los contenidos expuestos dentro de esta sección son estudios afines donde se evidencia los resultados de las experimentaciones realizadas sobre el objeto de la investigación; un compendio donde se muestran los avances regionales y globales cercanos a las metas que se pretenden alcanzar en esta investigación.

El marco teórico orienta su terminología y definiciones específicas en palabras claves dentro de parámetros como el control térmico, el aglutinante, y la materia prima empleada, generando análisis comparativos de datos y verificación de resultados regidos a los lineamientos técnicos corroborados por las investigaciones relacionadas dentro de la temática.

Los antecedentes históricos muestran a detalle el origen, desarrollo, uso e historia de los materiales a través del tiempo y las áreas donde se producen, mostrando las particularidades de empleo y técnicas de aprovechamiento para los residuos vegetales.

En una segunda fase se describen las propiedades de la materia prima, anotando las particularidades y ventajas físio-químicas caracterizadas en estudios realizados previamente en los materiales ocupados.

1.1. Control térmico.

La importancia del confort térmico dentro de los espacios habitados parte desde el diseño arquitectónico y las condiciones del material; escritos concernientes a este parámetro, permiten conocer la génesis en torno a las propiedades físicas que deben poseer los distintos materiales empleados en las obras edilicias, con el objetivo de brindar comodidad sensorial, cuantificada a través de instrumentos técnicos, que avalan los rangos de bienestar.

El desarrollo de herramientas que cuantifiquen la relación entre el confort y el ser humano se presentan como una oportunidad y desafío. En la etapa temprana del proceso de diseño deben incorporarse las estrategias que busquen minimizar la contaminación, a más de considerar estimaciones sobre los recursos materiales, energéticos y económicos usados; así como también predecir el comportamiento de un espacio en términos de confort organoléptico (Jara, 2015).

Si bien, la temperatura neutral (confortable) para el ambiente interior habitable es de 25,6°C y humedad relativa de entre el 20 al 80 % y 5 % de disconfort de acuerdo a los cálculos realizados (Fanger, 1970)), adaptados a las normas ISO 7730 (2002) y ASHRAE Standard 55 (2019). En muchos espacios, no se alcanza dicho parámetro; estudios afines demuestran que en las áreas urbanas los seres humanos destinan el 80 % del tiempo en espacios interiores por situaciones residenciales o laborales parcial o permanente, evidenciado que, al no poseer factores de calidad ambiental, el deterioro de la salud afectará al bienestar y el rendimiento de los ocupantes (Jara, 2015).

1.2. Engrudo de arroz (a partir de arroz residual)

Los cereales usados como aglutinantes es una técnica muy antigua desarrollada por el ser humano. Como sucedió con el papiro, en el cual se usó un pegante a base de almidón de trigo, compuesto datado desde 4000 A.C en Egipto. Según las descripciones tempranas del historiador romano Gayo Plinio Segundo (23 – 79 D.C), la harina de trigo era hervida en agua con vinagre (conservante ácido) diluido, luego extendido entre los bordes traslapados de las tiras de papiro para unirlas y formar láminas de mayor tamaño (Schwartz y Whistler, 2009).

Durante la edad media, el uso de aditivos para los morteros de cal era frecuente; entre ellos destacan: jugos de frutas, huevos y harinas de arroz o trigo utilizados en las principales construcciones de la época (Sickels, 1982).

Se menciona la importancia del arroz como aditivo orgánico en el mortero de cal dentro de los sistemas constructivos, sobretodo en China, desde hace ya más de dos mil años. Entre los principales exponentes edilicios se encuentra la Gran Muralla, construcción donde el arroz cocido, en una relación aproximada de 1 parte de arroz por 10 de agua, se incluía como aditivo para preparar el mortero de cal; incluso, existen sectores de la construcción donde los ladrillos prácticamente han desaparecido, dejando solo una retícula de mortero que inicialmente funcionaron como juntas entre las piezas cerámicas (Documentalia, 2017).

1.2.1. Arroz (Oryza sativa)

El arroz es un cereal destinado a la alimentación humana principalmente, sobre el origen del cultivo de esta gramínea (Oryza sativa L.), existen dos hipótesis al respecto al orige en regiones tropicales húmedas de Asia. La primera afirma que los cultivos primitivos de arroz se dieron en las zonas de India e Indochina (Acevedo, Castrillo, y Belmonte, 2006), sin embargo, las investigaciones realizadas en 1921 por el suizo J. G Andersson, respaldan completamente la teoría sobre la domesticación del arroz realizada en China tres mil años antes de Cristo, al datar los restos arqueológicos cerámicos hallados en la aldea de Yang-Shao (Ho, 1969).

Los habitantes de la América precolombina no precisaba del arroz como base alimen-



(a) Plantas de arroz



(b) Plantación de arroz

FIGURA 1.1: Cultivo de arroz en campo inundado (Macará)

ticia; si bien, la recolección de granos silvestres sucedió al igual que con las especies de Asia y África que luego fueron domesticadas (Bolaños, 2000). El cultivo de las especies de arroz traída desde África, llega a Carolina del Sur (Norte América) con los esclavos y los dueños de las plantaciones para ser un producto de exportación y base de consumo alimenticio local desde 1670 a 1690. Existen apuntes de barcos que se dirigían a las colonias de Portugal en América con cargas del cereal en 1514. Con ello, las plantaciones en América del Sur datan de mediados del siglo XVIII en Maranhao, Brasil, con esclavos importados directamente de la región arrocera costa norte de Guinea en África (Carney, 2015).

En el Ecuador, el arroz hasta finales del siglo XIX tiene presencia como limitados volúmenes importados; aunque desde la década de los cuarenta se convierte en uno de los principales productos de exportación, consolidándose en los años cincuenta como base en la dieta en los diferente estratos sociales de la costa y sierra (Espinosa, 2014).

Estudios afines

Los estudios realizados en China, referentes a este aditivo presente en los morteros de cal, evidencian su empleo en construcciones civiles, gubernamentales y religiosas durante las antiguas dinastías. Tales investigaciones arqueológicas tienen por objetivo conocer los múltiples compuestos añadidos al mortero de cal, para determinar los contenidos aproximados y proceder a intervenir edificios con materias tradicionalmente ideales como: la sangre de cerdo, huevos y engrudo de arroz, cuyas propiedades químicas y físicas no representen reacciones de incompatibilidad al realizar las restauraciones en la arquitectura patrimonial (Fang, Zhang, Zhang, y Zheng, 2014).

Se identificaron en los análisis de muestras obtenidas de las edificaciones, a través del estudio con reactivos químicos, la concentración de aditivos como sangre, claras de huevos, aceite de tung y el engrudo de arroz (Zhao y cols., 2015). Los resultados ratifica su importancia como aglutinante natural de uso frecuente, que aporta resistencia a los factores climáticos y mecánicos, gracias a las transformaciones fisio-químicas que los ingredientes

aportan al mezclarse con la cal. Las observaciones con microscopio electrónico develan la presencia de cristales de carbonato de calcio de menor tamaño al habitual, gracias a los almidones del arroz ,generando una estructura más densa y compacta del mortero, alcanzando mayor soporte a la compresión y reduciendo el tamaño de los poros, condición que dificulta el ingreso del agua y del aire, retardando el proceso de carbonatación natural del mortero (Yang, Ma, Zhang, y Zhang, 2016).

A mediados del siglo XX, el empleo de almidones de cereales (el trigo por ejemplo) para aglutinar fibras minerales como: lana de roca, asbesto, astillas de madera y aserrín, para la creación de paneles acústicos con fines constructivos a los cuales se incorporaba conservantes ante ataques biológicos y retardantes del fuego para garantizar la seguridad de estos insumos (Radley, 1976).

Se remarca que muchas de las indagaciones científicas han sido realizados con equipos, cuya tecnología se prescinde en la localidad, por ello, los estudios que se llevarán a cabo se enfocan en los análisis mecánicos y térmicos que podrán ejecutarse.

1.3. Fibras vegetales

Se exponen múltiples usos en cuanto a los residuos provenientes de las actividades agrícolas y madereras a nivel regional y global a lo largo del tiempo, no obstante, localmente, se busca incrementar el aprovechamiento perdurable en el ámbito constructivo; desatendido de los usos frecuentes, como; fertilizante agrario en el caso del pedúnculo del banano, cascarilla de arroz y aserrín, que se descompone en los campos de cultivo y las haciendas sin aprovechamiento ni valor agregado alguno.

Como preámbulo al contenido se destaca en los últimos años la importancia sobre el aprovechamiento eficiente a nivel energético, alimenticio y agrícola que puede obtenerse del tratamiento de la biomasa como conjunto de residuos agroindustriales. Pues estos se han potenciado como alternativas ante los problemas ecológicos, al reducir el impacto contaminante de los desechos, junto a los trastornos climáticos y salubres que esto involucra; además, forman parte de las soluciones económicas ante la disminución de los recursos naturales (hídricos, forestales y minerales), cuya carencia afectaría irreversiblemente el ciclo productivo de las naciones (Calle, 2018).

A breves rasgos, las ventajas principales encontradas dentro de algunos elementos de la biomasa son simultáneos entre el comportamiento mecánico y composición química de tallos, hojas y semillas para intereses industriales, como nuevas opciones de producción ecológica de materiales y tecnologías en diversos ámbitos; entre ellos, la baja densidad (reducción del peso promedio del 10 al 30 %); beneficios de salud ocupacional, al prescindir de gases o componentes tóxicos; inversión de bajo costo, debido al reducido uso de maquinaria y energía; a más del empleo de las propiedades aislantes en artefactos eléctricos, mobiliario y elementos de construcción (Chandramohan y Marimuthu, 2011).

1.3.1. Banano (Musa sapientium)

El banano es una planta de origen tropical, cultivada por sus frutos con valor alimenticio. De la cual se desconocen datos históricos sobre la difusión oficial de los primeros sembríos, sin embargo, existen registros posteriores de aproximadamente 2500 años encontrados en la India, en cuanto a este género vegetal de 2 a 10 metros de altura y diámetro de 12 a 30cm, originario del sureste asiático.



(a) Planta de banano

(b) Plantación de banano

FIGURA 1.2: Cultivo de banano (Santa Rosa)

Ya en América, la propagación de la especie en las áreas tropicales se da entre 1500 – 1800; sin embargo, la producción para satisfacer el comercio internacional empieza a finales de XIX y a inicios del siglo XX, convirtiéndose en una fruta de consumo y demanda mundial (Galán, 1992).

La producción masiva en el Ecuador empieza en 1944; más tarde, con el gobierno de Galo Plaza Lasso (1948-1952), quién declara al banano como producto de prioridad nacional; se desarrolla un potencial productivo de hasta un 400 % durante los años cincuenta, superando los declives de la actividad agrícola de 1970 y colocándose en el primer productor a nivel mundial (Montalvo, 2008).

Partes de la plana y datos de utilización local, regional y global

Los usos destinados para las diferentes partes de la planta de banano difieren de la época y las zonas de productividad donde se cultiva.

Tallo

Las fibras del tallo fueron reconocidas antiguamente por su resistencia y versatilidad; han servido como conductores temporales de agua (canales) hacia las viviendas campestres desde vertientes cercanas, afirma León, (2018a). Según Fernández, (2018e) en los labores cotidianas, partes del tallo deshidratado se han usado como cuerdas de amarre

improvisadas; a más, se destaca la importancia como sustituto alimenticio para el ganado bovino, tallos picados y mezclado con melaza que abastecían los establos de áreas costaneras durante épocas de sequía.

La extracción y empleo de las fibras para confeccionar artesanías como tejidos, carteras y sombreros, se da principalmente en varias áreas de la sierra (La Maná – Cotopaxi) y la costa ecuatoriana en los últimos diez años, destacando la producción en la provincia de El Oro, con la Asociación de Mujeres Agro Artesanas, las cuales amplifican las manufacturas con los desechos del fruto cultivado en la provincia (Cuenca, 2018).

Las manufacturas en Asia presenta dos ejemplares: Japón, donde las típicas prendas de vestir llamadas kimono, poseen fibras de banano en su composición textil (Salit, 2014); así también en Kerala (India), ancestralmente los objetos para uso doméstico y tejidos tradicionales se elaboran a partir de las fibras del tallo obtenidas manualmente con espátulas de madera (Kulkarni, Satyanarayana, Rohatgi, y Vijayan, 1983).

La tecnificación actual en la construcción ha encontrado en las fibras del los tallos de banano un material para la elaboración de paneles aislantes (Reddy y Yang, 2005). La industria papelera y cartonera obtiene también materia prima (celulosa) extraída de esta sección del árbol (Alarcón y Marzocchi, 2015).

Folios y nervadura central

Las hojas del banano se han destacado principalmente por el empleo dentro de las actividades culinarias de las áreas circundantes analizadas. Las hojas secas, separadas de la nervadura, sirvieron como envoltura de confites; mientras que las hojas frescas, ahumadas como medida aséptica, sirvieron para la envoltura de tamales y quesos frescos.

La alimentación animal prima dentro del empleo, pues las aves de corral en áreas rurales aún son alimentadas con hojas frescas, aprovechando los nutrientes de las mismas, dentro de la producción avícola, se incluye la confección de nidos con folios secos como parte de la tradición local afirma León (2018a).

En las localidades colombianas de Turbo y Apartado, la elaboración de cestería a partir de la nervadura central del banano es una práctica promovida desde el año 2000, como alternativa artesanal de ingresos provenientes de la manufactura y comercialización de estos productos (Díaz y Benavides, 2001).

Las investigaciones recientes han promovido la extracción y producción de alcoholes derivados de la fermentación de los altos contenidos de hemicelulosa en la planta como parte de los residuos agrícolas (Demirbaş, 2001).

Pedúnculo o raquis

Desde hace algunos años el uso de los raquis, eje donde se sujetan los grupos o manos de banano, al considerarse un residuo más de la producción bananera es empleado para la elaboración de abonos orgánicos en las cercanías de Santa Rosa, asevera Fernández, (2018e).

La obtención de fertilizantes ha sido investigado, y los resultados respecto a estos estu-

dios garantizan al pedúnculo para tal finalidad, por los valores nutricionales aportados a los estratos térreos (Rada, Ariza, Barrios, Tovar, y López, 2005). Sin embargo, se pretende potenciar la riqueza de fibras dentro de la construcción, como una alternativa ecológica responsable.

Las propiedades del raquis se han estudiado con fines industriales para la fabricación de papel y alimentos (Meneses, Agatón, Gutiérrez, Mendieta, y Botero, 2012), no obstante, los análisis para su empleo en la industria plástica busca usar la riqueza de fibras como refuerzo de polipropilenos, opción que abre alternativas de utilización en varios campos de la producción (Restrepo y cols., 2007).

Los resultados corroborados por medio de investigaciones afines a la gran cantidad de residuos provenientes del cultivo del banano; el impacto sobre el ecosistema y el aprovechamiento de las fibras en bajos porcentajes, sobre todo en los países productores, han motivado estudios puntuales para la creación de bases informáticas donde se documentan los resultados obtenidos al analizar las fibras en ámbitos constructivos (Chandramohan y Marimuthu, 2011).

Estudios afines

Los estudios nacionales abordan la temática desde las estrategias de extracción, fibras aisladas con sustancias cáusticas como el hidróxido de sodio, a más de fibras obtenidas mecánicamente en ausencia de compuestos alcalinos.

La preparación de probetas incluyen a las fibras obtenidas químicamente junto a resina de poliéster, las mismas que sometidas a ensayos de flexión y tracción, respondieron con un mayor índice de resistencia a diferencia de las aquellas muestras cuyas fibras se aislaron mecánicamente; concluyendo que los elementos vegetales pueden trabajar sin alteraciones físicas aún después de ser tratados con sustancias corrosivas (Armas, Ruiz, Piován, Carrión, y Narváez, 2016).

En India, han profundizado estudios referidos a la relación del diámetro de las fibras y sus propiedades mecánicas frente a esfuerzos de tracción, para ello, determinaron que en las muestras de fibra, los diámetros antes de someterse a esfuerzos de tracción, incluso, se realizaron pruebas de tensión y se escanearon las fibras en la superficie de ruptura para determinar su comportamiento frente a dichos esfuerzos.

Las observaciones describen la variabilidad de diámetros a lo largo de las fibras. La tenacidad de las muestras va en fusión de la velocidad de la prueba. Así lentamente, la carga se reparte uniformemente soportando la tracción ejercida; mientras que al esforzarse a velocidad, la rotura de los filamentos es inminente. Los datos resultantes ante la carga aplicada repentinamente sobre el comportamiento mecánico de las fibras indica sus ventajas y desventajas para usos específicos de las fibras en áreas industriales (Mukhopadhyay, Fangueiro, Arpaç, y Şentürk, 2008).

1.3.2. Aserrín

El aserrín es el desecho particulado originado tras los tratamientos de limpieza, corte y dimensionamiento de los árboles en maquinarias especializadas para la obtención de piezas acordes a las medidas empleadas en las áreas de la construcción, carpintería, ebanistería, entre otras.



(a) Aserrín apilado



(b) Proceso de aserrado de madera

FIGURA 1.3: Aserrío (Macará)

La madera, a partir de ramas, troncos es un material de construcción por excelencia; desde los albores de las civilizaciones, durante su desarrollo, auge y decadencia en todos los continentes conforme los hallazgos arqueológicos lo confirman (Ching, 2007).

Las primeras instalaciones de aserríos en la América española que datan de 1614. Lugares se daba tratamiento a la madera con mano de obra esclava para proveer de material con fines constructivos y la fabricación de navíos para el comercio y transporte múltiple (Bolaños, 2000).

El Ecuador potencia la industria a partir de los años cincuenta, con ello áreas como la textil, farmacéutica y alimenticia amplían su nivel de producción. Mientras que la actividad constructiva incorpora la tecnificación en el área cementera y maderera, donde la explotación del recurso aumenta considerablemente (Fischer, 1983).

El aserrín como materia residual de la industria maderera es considerado dentro del área estudiada como elemento de recubrimiento secante (partículas de 5 – 17mm) sobre pisos de corrales para aves y ganado expresa Cádenaz, (2018f), como resultado se obtiene un compuesto orgánico de excrementos y desechos madereros aplicado como fertilizante en la agricultura por los altos contenidos nutricionales (Lozada Barrera, 2005).

Dentro de la construcción, el protagonismo del material (partículas de 1 – 4mm) se limita a tableros aglomerado de partículas o como agregado de la pasta cerámica en las ladrilleras locales, afirma Cárdenaz (2018f).

Estudios afines

En Estados Unidos, se consideran las ventajas del aserrín como aditivo en las mezclas de concreto; los resultados confirman propiedades físicas ausentes en el concreto común y paneles para cielo falso de yeso. Entre ellas, resalta el alivianamiento del peso en un 10 % y aislamiento termoacústico de los elementos construidos. Las ventajas, como el bajo costo del aserrín frente a la arena y la reducción de contenido de yeso en paneles, son factores beneficios económicamente a considerar (Pedreño-Rojas, Morales-Conde, Pérez-Gálvez, y Rodríguez-Liñán, 2017).

Las muestras elaboradas en concreto después del ensayo de rotura se mantienen unidas por pequeñas partículas de madera, una ventaja extra la cual permite contener la estructura edificada por mayor tiempo; permitiendo evacuar a más personas durante una catástrofe, antes del colapso total. Sin embargo, la limitación del uso para el aserrín como agregado radica en la utilización exclusivamente en interiores, alejado de la intemperie, cuyos factores alteran su estética y comportamiento mecánico (Ganiron, 2014).

El objetivo de minimizar los riesgos ambientales derivados de los residuos calcáreos, es parte de las investigaciones realizadas en la Universidad de Harran en Turquía, donde se ha formulado mezclas entre polvo de escombros compuestos con cemento y aserrín, cuyas propiedades físicas indican resistencia a los esfuerzos de flexión de (3.08 MPa) y compresión de (7.2 MPa), propiedades favorables para la construcción; que incluye le reducción del peso hasta en un 65 %; obtenido a costos relativamente bajos en comparación de los materiales convencionales (Turgut y Murat, 2007).

1.3.3. Cascarilla de arroz (tamo)

La cascarilla es el recubrimiento principal más rígido del grano de arroz, el cual acompaña al grano desde el crecimiento hasta la cosecha. Compuesto de fibras cortas que recubre naturalmente el grano para protegerlo del exterior. Su longitud varía entre 5 y 11 mm es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular (Cadena y Bula Silvera, 2011).

El auge de producción arrocera en las áreas estudiadas, está ligada con la gran cantidad de desechos generado tras el pilado en las plantas, proceso que según Pérez (2018d), consiste en remover esta capa protectora, dejando el grano con el recubrimiento interno (pericarpio) y el gérmen, hasta que el pulido final desprende estos dos elementos, dejando al grano de arroz completamente blanco (cuerpo almidonoso). El resultado de remover el recubrimiento interno del grano y el germen es la producción del llamado polvillo, el cual se destina para la alimentación de animales. Mientras que la cascarilla desde hace décadas, se ha empleado como recubrimiento en suelos en las granjas avícolas (convertido en abono posteriormente), así también las cenizas se empleó como elemento abrasivo en la limpieza de utensilios de cocina.

Dentro de las prácticas constructivas tradicionales en Macará, se menciona que las cenizas de tamo mezclaba con arena y agua, generando un mortero el cual era aplicado como recubrimiento en las viviendas. Al ser un desecho vegetal, pasó a reemplazar la paja comúnmente mezclada con el barro para elaborar adobes indica Pérez,(2018d).



(a) Proceso de limpieza del grano



(b) Cascarilla apilada en el exterior

FIGURA 1.4: Cascarilla de arroz (Macará)

Luzuriaga, (2018b), indica que todavía el tamo de arroz es agregado en la pasta arcillosa para ladrillos, con la finalidad de restar peso y aumentar el volumen del producto. Sin embargo, las piezas cerámicas resultan porosas, cavidades de aire donde al humedad ingresa fácilmente.

Estudios afines

Este producto es analizado comparativamente dentro de los parámetros físicos y químicos entre desechos de diferentes latitudes (China, Canadá y Colombia); con lo cual establecer bases de conocimientos científicos que respalden la utilización posterior dentro de la industria constructiva y energética; actividad que disminuye el impacto ambiental que genera y aprovecha los costos reducidos como ventaja financiera al proceso fabril (Agustin, Bienvenido, y Monteagudo, 2007).

El empleo de la cascarilla de arroz, aglutinada con resina urea-formaldehído al 20 % en la fabricación de módulos para construcción; ha producido resultados satisfactorios referentes al desempeño a esfuerzos de flexión y tracción como lo indican los estudios realizados en la Universidad de Benin en Nigeria (Osarenmwinda y Nwachukwu, 2007).

Investigaciones relacionadas con el uso de los desechos madereros añadidos a combinaciones de cemento y yeso en paneles de cielo falso, en cantidades no mayores a 20 %, ha permitido conocer que la transmitancia térmica del material disminuye favorablemente hasta 0.63 W/m °K y la resistencia a los esfuerzos de flexión y compresión aumenta hasta 0.61 MPa (Pedreño, Morales, Pérez, y Rodríguez, 2017).

1.4. Protección y acabados

1.4.1. Impermeabilización

Los recubrimientos para impermeabilización a través de soluciones grasas a lo largo de la historia tienen su origen en la antigua China, donde el aceite de tung se usaba como repelente de agua en prendas de vestir, para la elaboración de tintas y como aditivo en morteros de cal, donde aumentaba notoriamente la resistencia a la intemperie e incluso los residuos obscuros del aceite servían para calafatear o recubrir la cara externa de los navíos (Brown y Keeler, 2005).



(a) Semillas (b) Extracto oleoso

FIGURA 1.5: Semillas y aceite de linaza

El uso del aceite de linaza como repelente de agua, es empleado por ventajas similares al aceite antes descrito. Su presencia en la zona responde a las manifestaciones pictóricas realizadas a base de pigmentos minerales mezclados con el aceite de modo artesanal antiguamente y en la actualidad, como disolvente de los pigmentos ya preparados industrialmente para fines artísticos también. Esta técnica es conocida como pintura al óleo, fue desarrollada y extendida desde Europa durante el barroco, donde alcanzó su punto más álgido.

La característica principal del aceite de linaza es su comportamiento ante los factores ambientales como el aire, del cual toma el oxígeno para oxidar los ácidos grasos presentes en su composición, y formar una capa transparente, dura, no untuosa e impermeable como un barniz, esta propiedad es única de los llamados aceites secantes, que a diferencia de los no secantes, al oxidarse la superficie es pegajosa y desprenden olores rancios (Colopy, 1961).

1.4.2. Acabados con arcilla

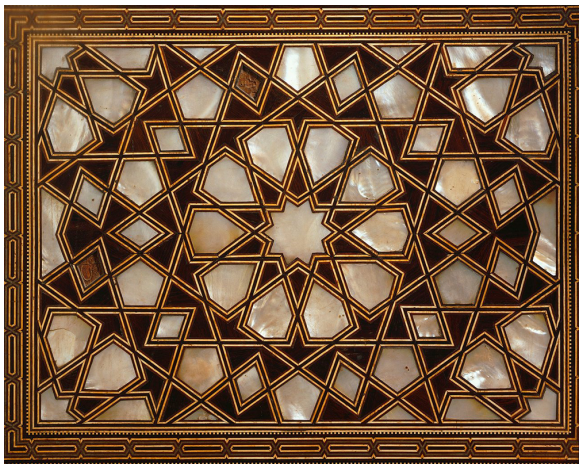
El uso decorativo de las tierras con variedad cromática tiene un amplio historial en varias culturas a nivel global, sin embargo, se remarca el desarrollo y refinamiento de la técnica en la Grecia clásica durante el siglo VI al IV antes de Cristo; donde se plasmaban motivos religiosos, cotidianos, alegorías bélicas y mitológicas. La técnica consistía en deslizar con pinceles una combinación de arcilla y agua sobre la superficie de las piezas cerámicas antes del proceso de cocción, en artículos como platos, ánforas, vasos y jarrones producidos en los talleres alfareros atenienses. Así, los colores destacados visibles aún en las piezas arqueológicas son el rojo coral, gama de ocre y naranja, blanco y negro (Cohen, 2008).



(a) Ánfora con motivos bélicos I (b) Plato decorativo (c) Ánfora con motivos bélicos II

FIGURA 1.6: Alfarería griega. www.estudiogeneraldehumanidades.es

1.5. Teselado como propuesta para recubrimiento de superficies



(a) Teselado con piezas de nácar



(b) Teselado con piezas cerámicas

FIGURA 1.7: Teselaciones murarias decorativas. www.alhambra-patronato.es

El origen de las teselaciones parte de la cultura árabe y hebrea, apuntó hacia la búsqueda de un arte compuesto de parámetros estrictamente geométricos que acabó en el desarrollo de taraceas y decoraciones sobre muros. Probablemente el resultado más elevado se alcanzó en el siglo XIV con las teselaciones nazaríes de la Alhambra de Granada. Ver figura 1.7.

En geometría, las teselaciones del plano son formas de revestir completamente una superficie llana con una o más figuras geométricas sin dejar espacios vacíos o con piezas sobrepuestas (Zappulla, 2010).

2

Características, obtención y cuantificación del material

La estructura planteada para abordar los métodos con los cuales se desarrollará la investigación consta de actividades puntuales de búsqueda, análisis, contraste de datos y descripciones respectivas, respetando el orden cronológico y sistemático dentro del desarrollo.

2.1. Búsqueda, contraste y síntesis de información

Es importante considerar los casos similares, ligados con la investigación planteada, pues, los datos obtenidos a través de referentes bibliográficos son indispensables para orientar acertadamente en cuanto a resultados locales, regionales y globales sobre producción y empleo de residuos biomásticos en el área constructiva.

La incorporación de definiciones, descripciones y propiedades de las fibras vegetales, permite exponer con antelación las propiedades bioquímicas elementales, por las que la materia prima fue elegida, corroborando esta información con imágenes macro y microscópicas.

La faceta matemática de la investigación recae en la sección denominada Cuantificación de la materia prima, parte donde se analizan las cantidades de producción nacional basados en informes gubernamentales a grandes rasgos, sin embargo, se enfatiza y compara con los valores locales obtenidos mediante la herramienta etnográfica de la entrevista presencial estructurada para cada material empleado en la propuesta.

Finalmente, se muestran los métodos realizados manualmente para extraer, obtener y clasificar tanto las fibras celulósticas, como el aglutinante. Se indica que esta etapa también está respaldada por imágenes, donde secuencialmente se aprecia a detalle los pasos seguidos durante el proceso.

2.1.1. Análisis de casos similares

Los casos similares presentados, responden a factores comunes, entre ellas el objetivo principal de buscar y proponer alternativas afables con el medio ambiente, a través del aprovechamiento de recursos renovables disponibles en las distintas latitudes, provenientes de actividades como la agricultura y procesos de industrialización afines.

Los residuos vegetales, denominados técnicamente como biomasa, la cual al ser insertada dentro del proceso constructivo, restará el impacto de las tasas de contaminación sobre los elementos e individuos de la biósfera (Chandramohan y Marimuthu, 2011).

Paneles acústicos con fibras de coco



(a) Fibras de coco (b) Panel de fibras

FIGURA 2.1: Fibas y paneles de coco. www.agriculturers.com

En la Universidad de Kebangsaan, Malasia, se aprovecha las ventajas del clima tropical para el crecimiento y producción de la palmera cocos nucifera, donde la cáscara de sus frutos son desechos comunes con altos índices de fibras, los cuales han sido el objeto de estudio bajo parámetros físicos que permitan conocer las ventajas para la fabricación de paneles de aislación acústica.

Los resultados de la simulación de absorción del ruido y desempeño acústico demuestran que gracias al corto diámetro de las fibras, porosidad e irregularidad en distintos sentidos en la superficie del panel tiene características óptimas para reducir la propagación del sonido interior y control de la resonancia exterior (Zulkifli, Nor, Tahir, Ismail, y Nuawi, 2008).

Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes témicos naturales utilizando totora



(a) Crecimiento de totora



(b) Fabricación de abobes

FIGURA 2.2: Totora como alivianamiento en adobes

El vasto crecimiento en lagunas y humedales andinos de totora (Shoenoplectus californicus), junto al empleo constructivo que ha tenido en estas latitudes desde tiempos ancestrales, respalda las oportunidades de estudio referente a nuevos usos dentro de las estrategias constructivas actuales (Hidalgo y Garcia, 2018).

En Ecuador, la Universidad de las Fuerzas Armadas, ha indagado en la aplicación de los tallos de totora tanto para paneles rígidos como parte del contenido vegetal en adobes tradicionales. Los experimentos referidos a los parámetros de conductividad térmica, los paneles desarrollados pueden comparar su coeficiente de conductividad con su par sintético, el poliuretano con 0.022 W/m °K, convirtiéndose en una alternativa aislante eficaz.

De otro modo, en los parámetros físicos, el adobe logra un alivianamiento del 40 % con un porcentaje máximo de totora del 9 %; sin afectar la resistencia a la compresión del elemento, resultando 12.12 kgf/cm^2 (1.18 MP), cifra aceptada dentro del valor mínimo (12 kgf/cm^2) que exige la Norma E-80 (Velazco, Goyos, Delgado, y Quesada, 2015).

Desempeño higrotérmico en una construcción experimental de cáñamo y cal

La Universidad de Bath en Inglaterra, destaca las ventajas como crecimiento rápido de la especie Cannabis sativa, bajas demandas de riego y fertilizado, junto a las múltiples aplicaciones de sus fibras en la industria del papel y tejidos.

Los tallos leñosos son convertidos en astillas se aglutinan con cal hidráulica y agua para formar una pasta colocada dentro de cofres de OSB (a modo de tapial), donde adquiere la forma final, sea piso, pared portante, tabiquería ligera o aislamiento de cubiertas.

Se demuestra que los coeficientes de conductividad térmica van de 0.06 a 0.13 W/m°K



(a) Tallo de cáñamo en astillas



(b) Encofrado para mescla de cal y cáñamo

FIGURA 2.3: Construcción con astillas de cáñamo y cal. www.biotecnica-italy.com

en los elementos constructivos, interpretado como un amortiguamiento térmico de hasta el 92 %. En cuanto a la humedad relativa, oscila estable entre 7 a 8 % internamente, mientras que el exterior indica valores entre 19 y 20 % alusivos a la estación primaveral donde se registraron los datos (Shea, Lawrence, y Walker, 2012).

2.2. Descripción y propiedades de fibras vegetales

A continuación una definición elemental de términos frecuentes empleados en la descripción de los materiales fibrosos (tallo, pedúnculo, hojas y nervadura central, cascarilla de arroz, y aserrín), para comprender la importancia de su presencia en este documento.

Tejido parenquimático

Formación de células halladas entre las fibras que componen diversas partes de los órganos vegetales. Tejidos responsables del almacenamiento de agua y almidones, encargados del abastecimiento celular de agua y energía de toda la planta.

Entre las cavidades que forman estos tejidos generalmente se encuentra relleno de agua o aire, dependiendo de los requerimientos y la especie vegetal. Sin embargo, en el caso del banano, la existencia de los dos elementos está en concentraciones diversas; agua mayormente en los tallos y pedúnculos en contraste con el aire dominante entre los tejidos de hojas y nervaduras (Skutch, 1927).

Celulosa

Elemento principal en las células de las plantas; constituye el esqueleto de sostén de los tallos, ramas y troncos. La celulosa forma fibras, que están cementadas o unidas por sustancias como la hemicelulosas y lignina (Yúfera, 1995).

Hemicelulosa

La hemicelulosa es un polisacárido comprendido en las paredes celulares no celulósicas de los vegetales y los tejidos de almacenamiento en la estructura de las plantas que representa un inmenso recurso disponible en la biomasa (Ebringerová, Hromádková, y Heinze, 2005).

Lignina

Sustancia con amplio porcentaje en las plantas vasculares, es parte de las paredes celulares dispuesta a manera de nano estructura, cuyo porcentaje varía según la especie y al igual que otros componentes, se forma tras el proceso fotosintético. Es considerado un compuesto abundante, renovable y asequible de amplio uso industrial (Sifontes y Domine, 2013).

Coeficiente transmisión térmica

El paso de calor a través de un cuerpo está en función de la desigualdad térmica entre las superficies de paso, su espesor y el coeficiente de transmisión térmica medido en W/mK. Valor empleado dentro de la construcción, donde la sumatoria total de los coeficientes en las capas que conforman el elemento sea piso, cielo falso o pared,es un número alto, la aislación es mala (buen conductor) o si es un número es bajo será un aislante óptimo (mal conductor). Para ejemplificar se comparan dos materiales con sus valores para determinar su validez como aislante; donde el corcho con 0.039W/mK es un coeficiente bajo, en contraparte, las rocas compactas presentan un coeficiente de 3,5 W/mK, cuyo valor es aproximadamente noventa veces mayor (Sastre y Muñoz, 2010).

2.2.1. Fibras naturales empleadas

Banano (Musa sapientium)

En cuanto al banano, existen estudios simultáneos en algunas partes del mundo y del país. No obstante, la investigación y empleo de las fibras para la construcción radica principalmente en las encontradas dentro del tallo (Chandramohan y Marimuthu, 2011), sin mayormente considerarse para el mismo fin, la riqueza de fibras en los restos de la planta como son las hojas, nervaduras y pedúnculo, salvo la industria papelera y alimenticia que incluyen estos otros desechos (Meneses, Agatón, Gutiérrez, Mendieta, y Botero, 2012). Por tal motivo, esta investigación integra el pedúculo, hojas y nervaduras centrales dentro de los módulos a desarrollarse, con la finalidad de optimizar en un 100 % los desechos generados tras el cultivo de la fruta.

Tallo

Los análisis realizados para conocer los porcentajes de componentes orgánicos de interés para este estudio dentro de las fibras del tallo de banano en base seca corresponden al 35,5 % de fibras totales (Medina, Nuñez, y Ordoñes, 2010), en donde la composición posee un 4.9 % de lignina, 64 % de celulosa y un 18.6 % de hemicelulosa (Deepa y cols.,



(a) Tallos apilados



(b) Vista microscópica (tallo)

FIGURA 2.4: Imágenes macro y microscópica del tallo.

2011). Las fibras contenidas en el tallo, poseen estudios específicos sobre el comportamiento mecánico de sus fibras compuesta con resina poliéster, donde se anotan los incrementos de resistencia en los ensayos atracción de 6.63Mp a 18.07 Mp (272.55 %) y en los esfuerzos a flexión de 12.21 Mp a 58.60 Mp (442.51 %) (Armas y cols., 2016).

La conductividad térmica de las fibras del tallo del banano están entre 0.02 a 0.06 W/mK, rango aceptado dentro de los parámetros en aislantes térmicos para la construcción; destacando las ventajas favorables con el ambiente y el habitante al ser un producto biodegradable (Manohar y Adeyanju, 2016).

Pedúnculo.



(a) pedúnculos seccionados



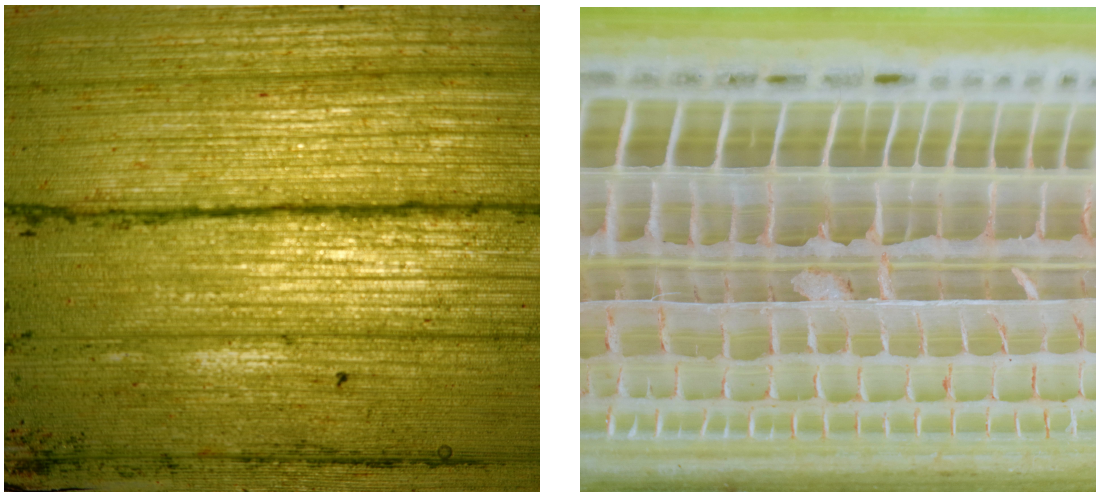
(b) Vista microscópica (pedúnculo)

FIGURA 2.5: Imágenes macro y microscópica del pedúnculo.

Los porcentajes de componentes orgánicos alineados con este estudio indican que la

base seca de fibra del pedúnculo es de 53.90 % totales (Medina y cols., 2010), en esta el 14.28 % es lignina, 51.05 % de celulosa y un 4.27 % de hemicelulosa (Quintana, Velasquez, Betancourt, y Ganan, 2009). Estudios mecánicos realizados con nanocompuetos de fibras aisladas de raquis o pedúnculo de banano mezclado con polipropileno registran incremento del 20 % de resistencia en los esfuerzos elásticos (Osorio y cols., 2007).

Folios y nervadura central



(a) Vista microscópica (folios) (b) Vista microscópica (nervadura)

Figura 2.6: Imágenes microscópicas del folio y nervadura.

Las hojas y las nervaduras del banano presentan características químicas en base seca de 34.20 %, la lignina en porcentajes de 8.5 %, celulosa en 36.6 % y hemicelulosa de 27.39 % (Medina y cols., 2010).

En Malasia durante el 2016, se elaboraron paneles laminados con partículas de hojas y tallos de banano, los resultados obtenidos demuestran que el incremento de láminas a base de hojas, aumenta la resistencia a las fuerzas de flexión en 2.13 MP y 2.2 MP, mientras que a tensión, el comportamiento de las fibras se desempeñan mejor agrupadas que individuales (Nongman, Baharin, y Bakar, 2016).

Cascarilla de arroz (tamo)

El contenido de compuestos orgánicos presentes en la cascarilla de arroz corresponden a 22.80 % de y 39.05 de celulosa, no obstante, el mismo estudio desarrollado en la Universidad de Pereira indica altas concentraciones de sílice en un 96.51 % mineral responsable de la disociación al quemarse, presentando dificultades en la combustión, cualidades que garantizan su resistencia al fuego (Valverde, Sarria, y Monteagudo, 2007).

Se muestran ventajas significativas en paneles fabricados con este producto, demostrado que el coeficiente de transmisión térmica está en rangos de 0.046 a 0.057 W/m °K; cuyos rendimientos son admisibles para ser empleado como material aislante en la construcción (Yarbrough, Wilkes, Olivier, Graves, y Vohra, 2005).

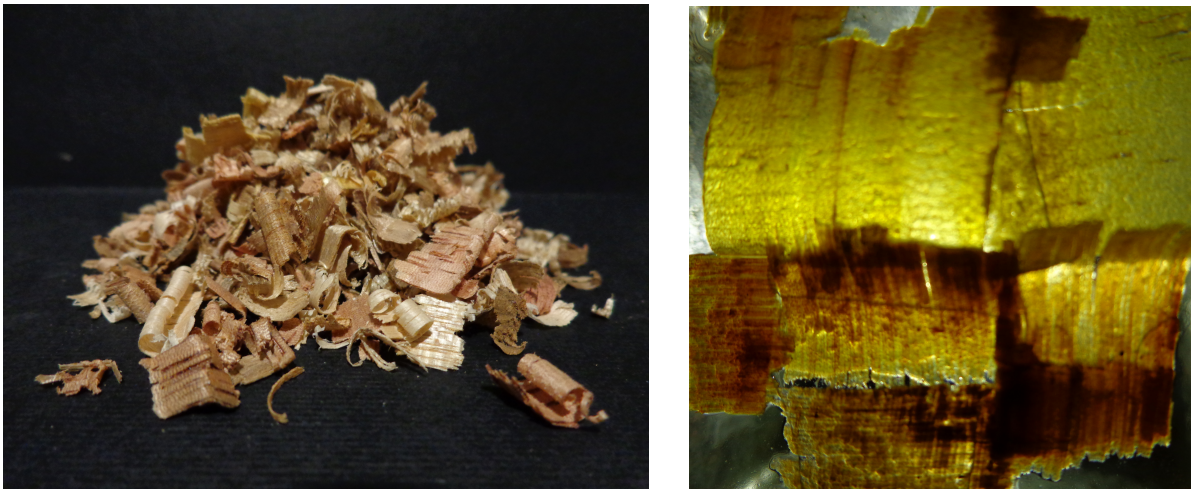


(a) Cascarilla de arroz (b) Vista microscópica (cascarilla)

FIGURA 2.7: Imágenes macro y microscópicas de la cascarilla.

Aserrín

El aserrín como desecho de la madera, posee características químicas del material original. Sin embargo, al ser impredecibles las especies de madera que llegan a un aserrío, se ha calculado un valor promedio de concentraciones de los principales compuestos, tomando como referencia datos desarrollados en investigaciones previas, resultando los porcentajes mostrados a continuación: lignina 25.8 % hemicelulosa 71.90 % celulosa 46 % (Pettersen, 1984).



(a) Aserrín en escama (b) Vista microscópica (aserrín)

FIGURA 2.8: Imágenes macro y microscópicas de aserrín.

2.3. Aglutinante

Engrudo de arrocillo (arroz quebrado residual)

La composición química del arroz dependen de la especie, el suelo y las condiciones del clima. Las variaciones de elementos que componen el grano en promedio son las siguientes: del 1-2 % pericarpio (cascarilla o tamo), 4-6 % endocarpio o cubierta interna del grano embrión o germen, 2-3 % embrión o germen y del 89-94 % de cuerpo almidonoso (Zhou, Robards, Helliwell, y Blanchard, 2002).



(a) Montículo de arroz con cáscara (Arenillas) (b) Arroz residual tras refinado

FIGURA 2.9: Imágenes macro y microscópicas de aserrín.

Como se indicó, el almidón conlleva el porcentaje más alto dentro de los componentes del arroz, constituye el principal ingrediente empleado como adherente, preferiblemente sobre superficies porosas a base de celulosa. Por ello, es importante conocer que las concentraciones amilopectina (1.75 a 2.34 %) y amilosa (25 a 30 %), dos polisacáridos (unión de varios azúcares), son los responsables de las propiedades de plasticidad y adherencia del engrudo activadas durante la cocción (Juliano y cols., 1985).

2.4. Conservante

Ácido bórico

El ácido bórico es un conservante en forma de pequeños cristales blancos (ver fig. 2.10), de fácil disolución en agua, empleado como controlador biológico del engrudo, es suministrado de preferencia antes de iniciar el periodo de cocción del almidón que se emplee. No obstante, las características físicas similares al bórax, pueden causar confusión sin una evaluación preliminar de los químicos a emplearse (Skeist, 2012).

Generalmente, el bórax aplicaciones industriales relacionados con la fabricación de vidrio, detergentes, blanqueadores, fertilizante agrícola e insecticida (Woods, 1994). Sin

embargo estudios recientes relacionan al compuesto con problemas a la salud en cuanto a la disminución de las células responsables de la inmunidad (linfocitos) en concentraciones de 0.15 a 0.6 mg/ml, conforme a pruebas sanguíneas realizadas a personas y animales.

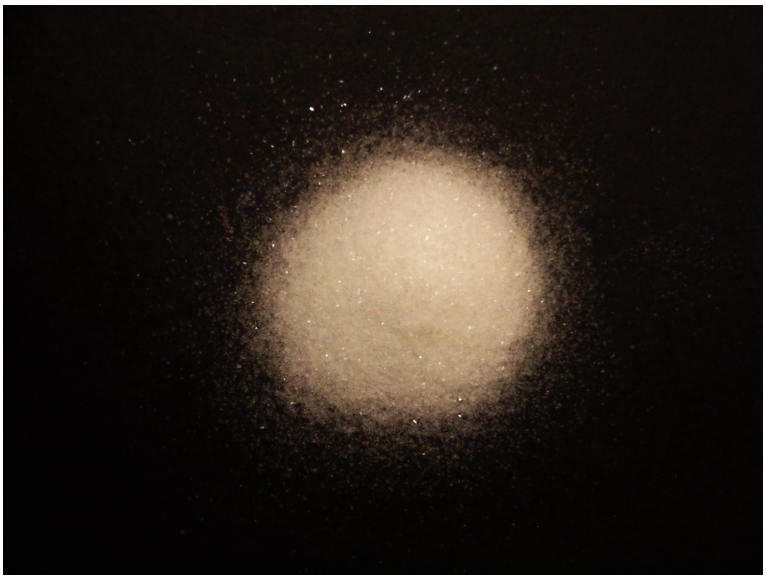


Figura 2.10: Cristales de ácido bórico.

Debido a la toxicidad manifestada, se ha reemplazado al bórax por una alternativa menos agresiva, para evitar la exposición a los efectos secundarios de humanos y animales en ambientes tanto laborales como domésticos. (Pongsavee, 2009).

Destacando las propiedades contra la proliferación de hongos y bacterias, a más del aporte como agente retardante del fuego. El ácido bórico es la sustancia que a más de sustituir al bórax en esta investigación, ha reemplazado incluso al pentaclorofenato sódico, cuyo alto grado toxicológico fue un riesgo salubre y medioambiental considerable (de Troya y Navarrete, 1992).

2.5. Cuantificación de materia prima

El proceso de cuantificación se desarrolla considerando los valores obtenidos como muestra en los establecimientos donde se llevaron a cabo las entrevistas de los territorios estudiados. No obstante, es imprescindible tomar en cuenta los datos concernientes en estudios anteriores, los cuales condicionan las pautas en varios casos, como banano y aserrín.

Los cálculos buscan generar datos dentro del tiempo productivo de los residuos (semanal) para consigo especular la cantidad de materia prima disponible durante dicho periodo, proyectando mensualmente la cuantía material como lapso máximo.

2.5.1. Planta de Banano (tallo, pedúnculo, folios y nervaduras centrales)

Las estadísticas agropecuarias en Santa Rosa, provincia de El Oro, cuantifican el 23,63 % de la producción; aunque, la provincia de Los Ríos cuenta con el 37,05 % de cosechas a nivel nacional (INEC, 2017).



FIGURA 2.11: Planta empacadora de banano. www.elcomercio.com

Al cosechar el fruto se utiliza del 20 al 30 % de su biomasa (Belalcázar, Valencia, y Lozada, 1991), restando del 70 al 80 % como residuo generador de las consecuencias ambientales adversas, pues, en la mayor parte es acumulada en los sembríos; aunque existen mínimos usos paralelos de los residuos por los productores, quienes lo emplean como abono y alimentación animal (Vidal y cols., 2001).

La cantidad de cosecha varía dependiendo de la época del año, por ello, en los meses más fríos en la costa (junio - noviembre), se llena aproximadamente de 1200 a 1300 cajas de 19.5 kg aproximadamente (1 caja = 1 racimo por planta), en la estación más cálida (diciembre - mayo), donde incluso los días soleados son más frecuentes e intensos, la plantación produce de 1800 a 2000 cajas, pero mensualmente 1750 unidades son el promedio de producción manifiesta Fernández (2018e).

La cuantía preliminar respecto al tallo se haya en el porcentaje, de entre el 1 y 2 % del peso en un tallo fresco; este porcentaje corresponde a la cantidad de fibra libre del tejido parenquimático, obtenida manualmente del tallo tradicionalmente en Kerala (Deepa y cols., 2011). En base a este cálculo se muestra como la incorporación de las otras partes desechadas como el pedúnculo, folios y nervaduras (estimando un promedio siete hojas verdes por planta), aumenta significativamente la cantidad de fibra adquirida, al calcularse el promedio entre diez plantas de tamaños y pesos diferentes extraídos de la hacienda bananera local; considerando parámetros como el peso inicial, peso final (fibras secas tras fermentación) y el porcentaje que representa cada parte individual y totalmente. Ver tabla 2.1.

El cálculo total de fibras deshidratadas, a más de las procedentes del tallo, aumenta el porcentaje de aprovechamiento del 3.41 al 83.73 %, comprendiendo que si de un tallo se ex-

Tabla 2.1: Pesos y porcentajes promediados con 10 plantas de banano

Sección de la planta	Peso inicial de secciones frescas(kg)	Peso final tras fermentación y secado (kg)	Porcentaje de fibra seca contenida (%)
Tallo	35.18	1.2	3.41
Pedúnculo	2.06	0.80	38.8
folios	0.51	0.12	23.4
Nervadura central	0.61	0.11	18.12
			16.27 (pérdida por fermentación)
Total por planta	38.36	2.23	100

traen 1.20 kg, de la planta entera resultan 2.23 kg de fibra, un aumento importante donde es imperceptible el 16.27 % de tejidos parenquimáticos perdidos durante la fermentación, finalmente aprovechando el 83.73 % de las fibras contenidas.

Con el peso promedio total de fibras obtenidas, es importante proyectar la cantidad mensual, sabiendo que en la hacienda estudiada (35 hectáreas), cada siete días se empacan alrededor de 1750 cajas de banano; cada caja equivale a un racimo aproximadamente y cada racimo se obtiene de una planta a la vez. Por lo tanto: 2.23kg (fibra en 1 planta) x 1750 plantas cosechadas semanalmente = 3902.5 kg semanales x 4 semanas = 15.61 toneladas por mes.

2.5.2. Arrocillo y cascarilla

Como dato preliminar, las localidades de Macará y Zapotillo en la provincia de Loja, junto a otros sitios suman el 2.70 % de producción arrocera, considerando la provincia del Guayas como mayor productor de la gramínea, con aporte del 74.44 % a nivel nacional (INEC, 2017).

Castillo (2018c), comenta que el arroz quebrado resultante del proceso de refinamiento, el grano es generalmente frágil al ser cosechado antes de tiempo, por ello se rompe mientras es descascarado. La cosecha anticipada la realizan los productores para anteceder a las lluvias o para evitar la ingesta del grano por las aves silvestres.

Otros de los motivos de un arroz quebradizo es la afección por alguna plaga o la especie desmejorada como lo indica Pérez (2018d). Por este motivo, remarca que los granos provenientes de Perú con esta deficiencia, cuyo tratamiento en la planta piladora puede llegar a restar hasta el 25 % de la producción final, traducido como pérdida para la planta refinadora, pues el cobro solo se realiza sobre la cantidad de arroz entero resultante.

El peso de arrocillo responde al 15 % de 360 quintales pilados al día, de este número



FIGURA 2.12: Quintales de arroz para distribución (Arenillas).

se derivan 17 m^3 de cascarilla diariamente producido en las dos plantas, las cantidades han sido promediadas de acuerdo a la información brindada en las dos plantas de procesamiento correspondientes a Macará y Arenillas, cuya cuantía se simplifica en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: PESOS Y VOLÚMENES DE ARROZ, ARROCILLO Y CASCARILLA POR DÍA (1 QQ = 45.35 KG)

Arroz en cáscara (qq)	**Arroz entero (qq)**	**Arrocillo (qq)**	**Cascarilla (m^3)**	**Volumen de cascarilla (m^3)**	**Kilogramos de cascarilla seca por (m^3)**
360	306	54	17	17	119

El cálculo para representar la producción semanal y mensualmente se plantea con la siguiente operación, considerando los datos de la tabla 2.2.

54 qq de arrocillo diarios x 5 días laborables = 270 qq arrocillo semanales x 4 semanas

= 1.080 toneladas al mes.

17 m^3 de cascarilla diarios x 5 días laborables = 61.2 m^3 de cascarilla semanal x 4 semanas = 244.8 m^3 mensuales x 119kg = 29.13 toneladas, divididas para 2

= 14.56 toneladas mensuales por planta procesadora.

2.5.3. Aserrín

La madera proveniente de plantaciones forestales tiene actualmente un rendimiento de 80 %, frente a la estrategia conocida como tala selectiva en bosques nativos, cuyo rendimiento no superaba el 10 % junto al 95 % de daño en la flora nativa circundante a los árboles utilizados (N. López y Muñoz, 2017).



Figura 2.13: Montículo de aserrín (Santa Rosa).

El 30 % de un árbol talado corresponde a ramas y raíces, comercializados como leña en la primera limpieza, el 70 % es madera lista para las fases de secado y aserrado, donde se pierde un 20 % del producto maderable en la segunda depuración (IFN, 2014); pérdida que obedece al encuadre, cepillado y corrección de dimensiones mercantiles, a base de tecnologías y maquinarias que propician el desperdicio, dejando únicamente un 50 % de madera útil para aplicaciones dentro de la carpintería y construcción generalmente (N. López, Yucta, Caraguay, y Minga, 2016).

El aprovechamiento del 20 % de madera residual en forma de aserrín obtenida de un aserrío local, proviene de maderas como laurel y roble, en donde a través de cuantificación aproximada obtenida in situ se obtienen los siguientes datos. Ver tabla 2.3.

Tabla 2.3: Pesos y volúmenes de aserrín por día

Volumen 1 saco (m^3)	**Peso 1 saco (Kg)**	**Número de sacos diadrios**	**Volumen total diario (m^3)**	**Peso total diario (Kg)**
0.18	21.8	20	3.64	436

El cálculo para representar la producción semanal y mensualmente se plantea con la siguiente operación, considerando los datos de la tabla 2.3.

20 sacos de aserrín diarios x 5 días laborables = 100 sacos semanales x 4 semanas = 400 sacos mensuales x 21.8 kg = 8.72 Toneladas mensuales.

3.64 m^3 de aserrín diarios x 5 días laborables = 18.2 m^3 semanales x 4 semanas

= 72.8 m^3 mensuales.

2.6. Extracción y obtención de fibras

Para extraer las fibras a partir de los desechos de banano se basa principalmente en la selección de las planta (Musa sapientium), al seleccionar sus partes (a excepción de la raíz), tallo, hojas y pedúnculo. Las cuales son tomadas de la hacienda bananera "La Esperanza" y transportada hacia el lugar de procesamiento.

Todas las partes de la planta pasan por tratamiento similar, el cual consiste inicialmente en corte de la planta con machete, machacado con pisón como aporte al desfibrado preliminar, almacenamiento en recipientes herméticos, secado a la intemperie y cortado en el largo requerido para la mezcla. El proceso de fermentación anaerobia desarrollada en los recipientes plásticos o metálicos, busca mediante la acción biológica en ausencia de oxígeno, la descomposición de los aglutinantes naturales (lignina y hemicelulosa), para liberar las fibras de celulosa empleadas en el estudio; donde es imprescindible los factores de temperatura y humedad ambiental para promover la proliferación bacteriana (Kalia, Sonakya, y Raizada, 2000).



(a) Registro 8:am (b) Registro 13:pm (c) Registro 4:pm

FIGURA 2.14: Registro de condiciones ambientales con higrotermómetro digital

Por consiguiente, tras el almacenamiento del material triturado con ayuda de un pisón de madera para facilitar la fermentación. Debe separase cada sección de la planta en recipientes colocados a la intemperie para incrementar la temperatura interna y reproducción microbiológica durante 7 días, en este lapso, con un higrotermómetro digital (figura 2.14), se registró temperatura y humedad del sitio de tratamiento (Cantón Santa Rosa), en tres tomas al día, con intervalos de 4 horas (8am, 12pm y 4pm) desde el 8 al 14 de agosto de 2018, para constancia de las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo del procedimiento, obteniendo un promedio semanal de 28 °C y 69 %. Después de la fermentación, deben separarse las fibras para facilitar la aeración y deshidratación con ayuda solar durante 3 días.

Fibras de banano

A continuación, la secuencia fotográfica en las figuras 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18, muestran el tratamiento a detalle para obtener las fibras de celulosa en cada parte de la planta (tallos, nervaduras centrales, folios y pedúnculos).



(a) Selección de los tallos



(b) Traslado y almacenamiento



(c) Separación de capas del tallo



(d) Secciones de 10cm aproximadamente



(e) Triturado y almacenado de tallos para fermentación



(f) Secado a la intemperie de las fibras

FIGURA 2.15: Proceso de extracción de fibras (tallo).



(a) Selección de nervaduras



(b) Separación de folios y nervaduras



(c) Almacenamiento para fermentación



(d) Cambios de coloración tras fermentado



(e) Desfibrado manual de secciones



(f) Secado a la intemperie de las fibras

FIGURA 2.16: Proceso de extracción de fibras (nervadura central).



(a) Selección de hojas o folios



(b) Separación de folios y nervaduras



(c) Hojas picadas antes de fermentación



(d) Almacenamiento para fermentación



(e) Cambio cromático tras fermentación



(f) Secado a la intemperie de las fibras

FIGURA 2.17: Proceso de extracción de fibras (folios).



(a) Selección de pedúnculos



(b) Secciones de 25cm aproximadamente



(c) Trituración antes de fermentación



(d) Almacenamiento para fermentación



(e) Cambio cromático tras fermentación



(f) Secado a la intemperie de las fibras

FIGURA 2.18: Proceso de extracción de fibras (pedúnculo).

Tamo y arrocillo

El procedimiento para obtener el arrocillo y el tamo es similar, colocado en sacos para su transporte en las plantas piladoras de los cantones Macará y Arenillas, donde la gramínea se refina, previa distribución a mayoristas y minoristas.



(a) Planta "OAGRO", área de tamizaje inicial (Arenillas)

(b) Planta "Piladora del Pueblo", área de pesaje y empaquetado (Macará)

FIGURA 2.19: Plantas de refinamiento en Arenillas y Macará.

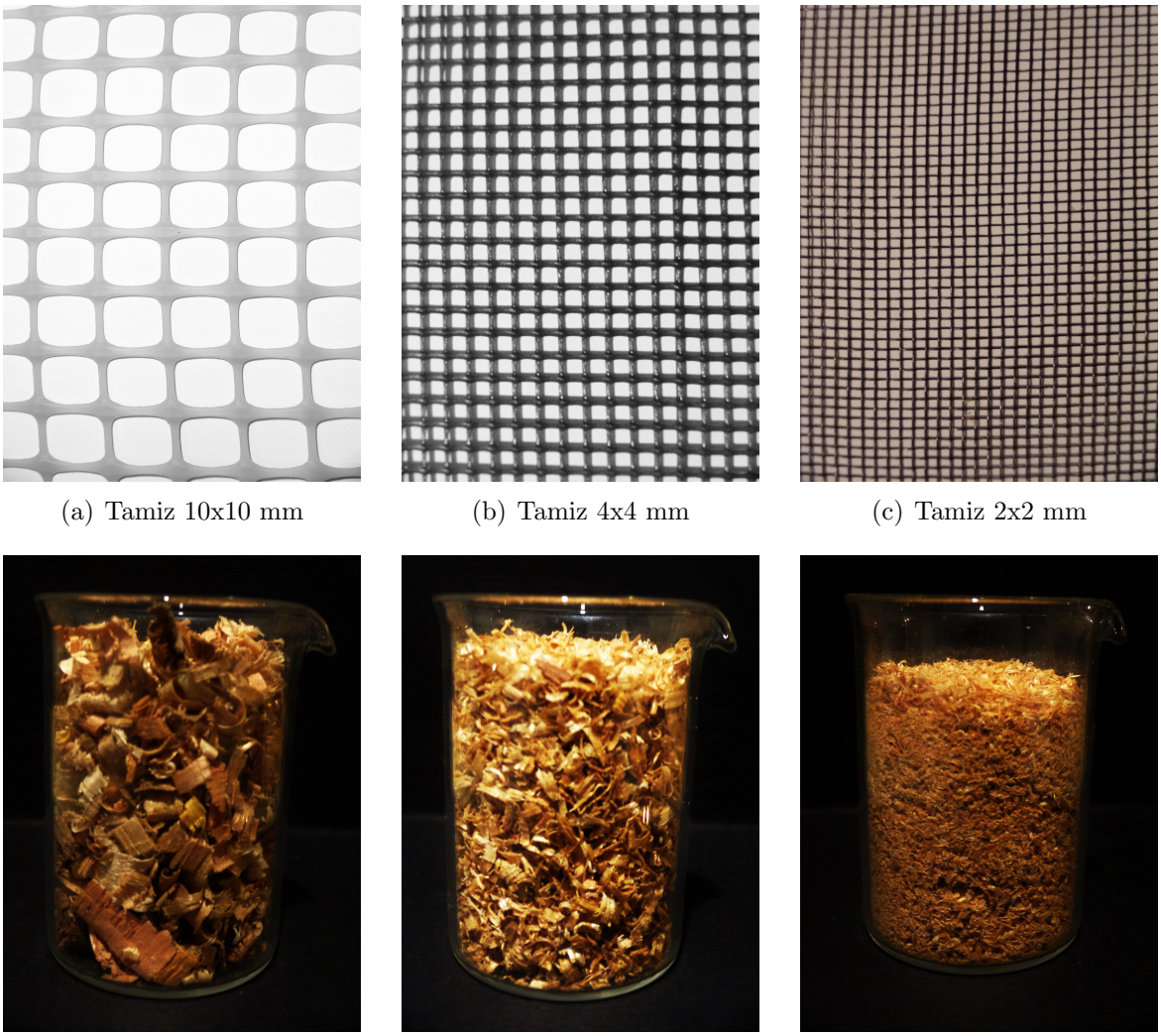
2.6.1. Aserrín

La captación de este residuo se da específicamente en el aserrío; dentro de sacos se coloca seleccionando brevemente los montículos con partículas desde 2 a 10 mm aproximadamente, descartando tamaños mayores, si bien, aunque su cantidad es mínima, no se emplea dentro del estudio por presentar problemas durante el proceso de mezclado conforme se visualizó en análisis previos.

Si bien el aserrín ha sido seleccionado preliminarmente, no obstante, fue necesario la selección de tamices comerciales de polietileno, cuyas dimensiones son de 2x2 mm 4x4 mm y 10x10 mm. Así las partículas se ordenan para garantizar mayor precisión dentro de las dosificaciones planteadas.

Del 100 % de aserrín tomado como muestra se obtuvieron varios porcentajes en las dimensiones de las partículas en los diferentes tamices, a ello corresponde el 7.75 % al aserrín mayor a 10 x 10 mm, el aserrín fino en malla 2x2mm se obtuvo el 21.75 %, de la malla 4x4 mm se obtuvo el 17.75 % y finalmente las partículas que pasaron la malla 10x10 mm llega al 52.75 %.

La figura 2.20 muestra los tamices empleados y el tamaño de las partículas de aserrín obtenidas después del tamizado manual del material.



(a) Tamiz 10x10 mm (b) Tamiz 4x4 mm (c) Tamiz 2x2 mm

(d) Aserrín (10x10 mm) (e) Tamiz (4x4 mm) (f) Aserrín (2x2 mm)

FIGURA 2.20: Tamizaje de aserrín

3 Ensayos y acabados

3.1. Combinaciones propuestas

Las dosificaciones planteadas en la presente investigación corresponden a la cantidad de fibras disponibles en las localidades analizadas. Entonces, correspondiendo a los amplios cultivos de banano, el 50 % del peso en cada muestra pertenece a las fibras obtenidas de esta especie (3.9 toneladas por semana); no obstante, la cantidad de cascarilla (3.6 toneladas por semana), sobrepasa al aserrín (2.6 toneladas semanales), solo se destina un 10 % a las combinaciones, pues ensayos a compresión anteriores con porcentajes del 20 al 30 % resultaron resistencias por debajo de los requerimientos emitidos en la norma E-080(2006), que estandariza la resistencia a la compresión en adobes mínimo 12 kg/ cm^2.

Por ende, el 40 % restante lo ocupa el aserrín con las variaciones en los tamaños de partículas obtenidos a través de los tamices (2x2 mm, 4x4 mm, 10x10 mm). Este procedimiento se lleva a cabo por razones de precisión al plantear las mezclas detalladas con pesos (gramos), porcentajes y volúmenes (mililitros) mostrados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Dosificaciones planteadas

Muestra	**Fibras (g - %)**	**Tamo (g - %)**	**Aserrín 2x2 (g - %)**	**Aserrín 4x4 (g - %)**	**Aserrín 10x10 (g - %)**	**Engrudo (cm^3)**
A	500 - 50	100 - 10	40 - 9.89	240 - 60.43	120 - 29.67	2100
B	500 - 50	100 - 10	240 - 60.43	120 - 29.67	40 - 9.89	2100
C	500 - 50	100 - 10	120 - 29.67	40 - 9.89	240 - 60.43	2100
M	-	100 - 10	400 - 40	-	-	2100

Engrudo de arroz

La base del aglutinante es el arrocillo, arroz residual producto del proceso de remoción del endocarpio en las plantas de refinamiento de la gramínea. Las características fundamentales de este subproducto es la irregularidad en las dimensiones correspondientes al largo del grano entero, al resultar quebrado después del proceso antes descrito; condición que resta valor comercial elemento.

Primeramente, debe remojarse durante al menos dos horas el arroz con agua y ácido bórico. Este paso permite que el grano sea desleído durante el proceso térmico con mayor facilidad, a más de incorporar paulatinamente el conservante empleado en cada partícula.



(a) Arrocillo (b) Agua potable (c) Ácido bórico (d) Engrudo preparado

FIGURA 3.1: Ingredientes del aglutinante de arroz.

Los granos de almidón presentes en el arroz alcanzan el punto de gelatinización a los (60 °C), adquiriendo propiedades adherentes para unir fibras vegetales (BeMiller y Whistler, 2012). Por ende, el periodo de cocción debe llegar a esta temperatura, para incrementarse paulatinamente hasta el punto de ebullición de la mezcla a (83 °C).Es importante mantener en movimiento circular constante del engrudo con un utensilio de madera durante 3 horas para la cocción y desintegración de los granos de arroz; donde el rendimiento final de la mezcla es aproximadamente el 85 % del volumen inicial de los ingredientes detallados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: DOSIFICACIÓN ENGRUDO DE ARROZ

Arrocillo (g)	**Ácido bórico (g)**	**Agua (cm^3)**	**Rendimiento (cm^3)**
1000	10	10000	8600

Mezcla de fibras y aglutinante

Las fibras deben estar cortadas en longitudes de 4 a 5 cm (figura 3.16) antes de efectuarse la combinación con el engrudo aún caliente, entre los 40 a 50°C; con amasado manual enérgico, tomando las respectivas normas de seguridad como el uso de guantes de látex para evitar quemaduras. El mezclado en caliente refuerza la unión aglutinante – fibra,



(a) Fibras del tallo (b) Fibras de las hojas (c) Fibras de nervadura (d) Fibras del pedúnculo

FIGURA 3.2: Ingredientes del aglutinante de arroz.

pues el calor contribuye a la dilatación de los poros en la estructura vegetal, facilitando el ingreso y anclaje con el pegamento. La consistencia final de la combinación debe ser homogénea para manipularse con las manos y ser modelada en los moldes engrasados con petrolato para evitar la adhesión al mismo.

El proceso de elaboración de las combinaciones se muestra en la serie fotográfica de la figura 3.3.



(a) Materiales a combinarse (b) Mezcla relizada (c) Colocación en moldes

FIGURA 3.3: Preparación de la mezcla entre fibras y engrudo.

Secado

El secado de las piezas para ensayo se realiza en un horno eléctrico digital Pinzuar, modelo PG-2004, serie 107 a 90 °C durante 4 horas para las piezas cuadradas (muestras para humedad) y rectangulares(muestras para flexión) de 1.5 a 2 cm de espesor y 6 horas para las piezas cúbicas (muestras para compresión)de 125 cm^3 (5x5x5 cm). Ver figura 3.4.



(a) Conjunto de probetas en el horno



(b) Probetas para ensajos a compresión



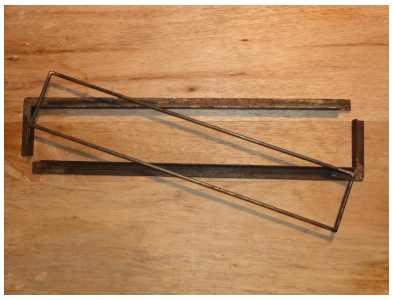
(c) Probetas para ensayos a flexión

FIGURA 3.4: Secado de probetas para ensayos mecánicos de flexión y compresión.

3.2. Elaboración de probetas, ensayos y resultados físico – mecánicos

3.2.1. Ensayos a Flexión

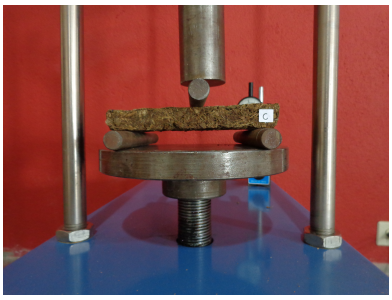
Bajo la norma ASTM (Estándares para métodos de prueba para evaluación de las propiedades en paneles a base de partículas y fibras de madera) se fabricó un molde desmontable de 51 x 7.5 x 2 cm (ASTM, 2019), fabricado en hierro, el cual se engrasa con petrolato para facilitar el desmolde, dentro del cual es colocada la mezcla aun plástica para conferir la forma, luego de aquello se libera de inmediato la pieza del molde, y se inserta en el horno para deshidratarse durante 4 horas a 90 °C . El secado sigue las especificaciones antes detalladas. No obstante, se reduce la longitud de las piezas a ensayarse por motivos de dimensionamiento en la maquinaria de laboratorio.



(a) Molde de hierro



(b) Probeta terminada (C)



(c) Ensayo en prensa CBR PR-05

FIGURA 3.5: Preparación de probetas para ensayo a flexión.

Procedimiento

Los ensayos a flexión de las probetas se realizan en una Prensa de CBR PR-05 con capacidad de 28 kg, colocando dos apoyos cilíndricos de 1.5cm de diámetro, a 2cm del largo total de la muestra y uno con similar dimensionamiento en el centro, para ejercer la fuerza marcada como lectura dial, para con los cálculos posteriores, obtener el módulo de

rotura. Los parámetros físicos son anotada en la tabla 6, al dimensionar las piezas antes de la rotura, al igual que la medida de las aristas, peso, densidad, entre otras características.

Los ensayos a flexión se realizan a las combinaciones A, B y C, pues son las predestinadas a la elaboración de paneles por tener en su composición el 50 % de fibras de banano entre 4 y 5 cm de largo; opuesta a la combinación M, destinada a ser mortero de junta, que prescinde de fibras largas y se constituye únicamente de aserrín, tamo y engrudo, como se anota en la tabla 3.1,

Resultados

Tabla 3.3: Resultados de ensayos a flexión

Muestra	Espesor(mm)	Ancho(mm)	Distancia entre apoyos (cm)	Masa (g)	Densidad (kg/cm^3)	Carga (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm^2)
A	2.2	7.8	13.3	123.5	488.12	34.94	5.2
B	2.3	7.7	13.1	119.9	482.21	27.18	3.9
C	2.1	7.8	13.3	124.5	429.69	50.47	7.9

La norma UNE EN 312 – 2010(2010), Tableros de partículas - Especificaciones, es el marco técnico para la resistencia a flexión en paneles, no obstante, los valores emitidos en los estudios no son acordes a los datos establecidos por esta norma; considerando que es únicamente el referente más cercano para establecer propiedades mecánicas para esta composición de fibras que no poseen normativa alguna. Sin embargo, resultados de resistencia a la flexión no cumplen con a la norma UNE EN 312 – 2010 que estandariza las especificaciones físicas en tableros de madera en prensa caliente y aglutinantes sintéticos.

3.2.2. Ensayos a compresión

Para determinar la resistencia a la compresión de las 4 dosificaciones propuestas; se elaboran muestras cúbicas de 50 mm de arista deshidratadas en horno eléctrico Pinzuar modelo PG-2004 durante 6 horas a 90 °C para ser ensayadas conforme la norma NTE INEN 2518(2010) para morteros en unidades de mampostería. Aparte de las dosis A, B y C, destinados para paneles y piezas de mampostería la dosificación para mortero de junta (M), posee variaciones destalladas en la sección de dosificaciones (Ver tabla 3.1), la cual se acoge las dimensiones para probetas en la norma antes mencionada para validar su resistencia a los esfuerzos de compresión.

Procedimiento

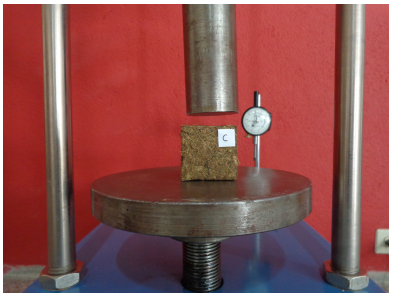
Las probetas serán comprimidas en una Prensa de CBR PR-05 con capacidad de 28 kg, para ello, el registro de datos en cuanto a factores físicos como masa, volumen y dimensiones de aristas se realiza antes de someter las pruebas al esfuerzo, a más de ser datos indispensables para determinar la densidad de cada muestra.



(a) Moldes de latón



(b) Probetas (B) para ensayo a compresión



(c) Ensayo en prensa CBR PR-05

FIGURA 3.6: Preparación de la probetas para ensayo a compresión.

Resultados

TABLA 3.4: RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Muestra	Altura	Lado A	Lado B	Masa	Densidad (kg/cm^3)	Carga (kg)	Resistencia máxima (kg/cm^2)
A	0.48	0.45	0.46	48.50	488.12	218.73	10.33
B	0.47	0.46	0.47	49.00	482.21	267.92	12.12
C	0.49	0.47	0.48	47.5	429.69	223.91	9.71
M	0.49	0.49	0.49	44.5	429.69	291.21	12.12

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de las probetas A, B, C y M, mostradas en la tabla 3.4, determinan que las dosificaciones B (bloque) y M (mortero) poseen mayor resistencia (12.12kg/cm^2), valor superior a los 12 kg/cm^2 mínimos para adobe como estructura portante que exige la norma E-080(2006). Sin embargo, las dosificaciones A (10.33 kg/cm^2) y C (9.71 kg/cm^2) no cumplen con los datos mencionados en tal norma.

FIGURA 3.7: Probetas tras ensayo a compresión.



(a) Probeta A



(b) Probeta B



(c) Probeta C

Se destaca como las probetas no muestran fisuras por la presión ejercida, únicamente ligera deformidad en el volumen y ausencia de desprendimientos gracias a las fibras de banano de entre 4 y 5 cm que las conforman, manteniendo las partículas dentro del elemento.Ver figura 3.7

Densidad

Conforme los cálculos realizados en la tabla 8, la densidad de las dosificaciones A (488,12kg/m^3) y B (482.21kg/m^3) son mayores a los 450kg/m^3, para ser considerados tableros de densidad media; mientras que la dosis C (429.69kg/m^3), se considera una pieza de baja densidad por el resultado menor a lo establecido en la norma referida a tableros de fibras UNE EN 316 2009(2009).

3.2.3. Contenido de Humedad

El contenido de humedad absorbida en tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF) es determinado por la Norma NTE INEN 0896(2019), donde el método de ensayo determina las siguientes condicionantes:

Las muestras de forma y dimensión libre, pero con 100 cm^2 de superficie (figura 3.8); se deshidratan por completo durante 4 horas a 90 °C, en la estufa eléctrica para extraer la humedad absorbida hasta obtener una masa constante a temperatura regulada.

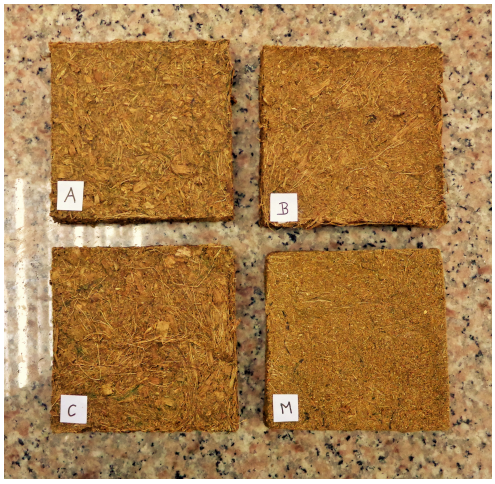


Figura 3.8: Probetas para pruebas de humedad. Fuente autor

Procedimiento

Es necesario la disponibilidad de una balanza electrónica de sensibilidad 0.01g. El instrumento utilizado corresponde a la marca Boeco modelo BWL-61. Ver figura 3.9.



(a) Muestra A (b) Muestra B (c) Muestra C (d) Muestra M

FIGURA 3.9: Probetas sobre balanza electrónica.

Para deshidratar las muestras se necesita una estufa con ventilación, la cual se mantiene una temperatura constante de 103 °C; este equipo de secado corresponde a la marca Memmert modelo UN-55. Ver figura 3.10.



(a) Estufa eléctrica Memmert (b) Probetas en el interior de la estufa (c) Calibración de temperatura requerida

FIGURA 3.10: Equipo empleado para deshidratar las probetas. Fuente: autor

Se determina la masa al pesar la muestra, luego al deshidratar l pieza en la estufa a 103 °C, se comprobará la estabilidad de masa al medir constantemente hasta que dos datos continuos no difieran del 1 %. Para este fin, se ha medido en tres ocasiones las masas de las muestras, donde la tercera indica un valor estable indicado en la tabla 3.5.

El contenido de humedad se calcula aproximadamente al 0.1 % de las muestras individuales con la siguiente fórmula.

$$\text{C H} = m_0 \text{ - } m_1/m_1 \text{ x } 100$$

Donde:

m_0 = Masa inicial del elemento en gramos.

m_1 = Masa final del elemento en gramos.

Los resultados se expresan determinando la pérdida de masa en las muestras de ensayo antes y después del secado. La fórmula anterior indicará el porcentaje de humedad.

Las condiciones ambientales de temperatura corresponden a 20 °C y humedad de 60 % dentro del laboratorio, al ser medidas utilizando un higrotermómetro digital.

Resultados

Tabla 3.5: Contenido de humedad

Muestra	m_0 **(g)**	m_1 **(g)**	**Contenido de humedad (%)**
A	74.95	79.39	5.59
B	69.84	74.29	5.99
C	77.81	82.60	5.79
M	75.57	80.54	6.71

Conforme a la norma UNE-EN 622-1:2004(2004), el contenido de humedad permitido en tableros no revestidos, con densidad media deben absorber la humedad ambiental entre el 4 y 10 % ,por ende, se cumple con la normativa estipulada, pues las muestras registran un contenido de humedad del 5.59 al 6.17 %. Ver tabla 3.5.

3.2.4. Ensayos térmicos

Los ensayos que corresponden a las pruebas térmicas para determinar el coeficiente de transmisión calórica de los paneles elaborados con la mezcla C , debido a su menor densidad determinada en los cálculos (429.69kg/m^3), en comparación a las dosificaciones A (488,12kg/m^3) y B (482.21kg/m^3).

Procedimiento

Previamente, para conocer las condiciones higrotérmicas del ambiente (laboratorio), se anota el intervalo de 19 a 20.4°C de temperatura y 58.2 a 60 % de humedad relativa registrado con un higrotermómetro digital durante el lapso de la experimentación.

Para recrear un espacio cerrado a menor escala, Se ha elaborado un cubo de 4 caras con aristas de 30 x 30 y 1.5 cm de espesor unidas mediante bisagras de lienzo, elaborado a partir de la mezcla C, donde se han colocado 4 fuentes de calor continuo (velas de parafina), que producen un chorro continuo de aire caliente, directo y a temperatura constante (73°C), el cual incrementa la energía calorífica sobre la faceta superior interna del cubo; área donde se registran los cambios de temperatura con ayuda de una cámara



(a) Cara superior del cubo vista desde el interior



(b) Cámara termográfica



(c) Interior del cubo con fuentes de calor constante

FIGURA 3.11: Equipo y piezas empleadas para ensayos térmicos.

térmica, Seek Thermal XR, durante dos horas, en intervalos de 10 minutos, los cambios son anotados considerando el aumento de temperatura en la superficie externa e interna. Ver figuras 3.11 y 3.12.

El experimento se realiza a las 10:00 am hasta las 12:00 pm; desde el primer minuto, se escriben los cambios registrados por la cámara térmica; interna como externamente se anotan inicialmente 19 °C, no obstante, tras una hora el interior aumenta la temperatura interna a 40°C y externa de 24°C, al completarse las dos horas, la temperatura de la superficie interna del cubo es de 55°C y la superficie externa de 29°C; al finalizar el experimento, los 12 apuntes en promedio resultan que el interior alcanza 40.5°C y la superficie exterior 25.5°C, indicando la diferencia térmica interior-exterior es de 15°C.

Para calcular el coeficiente de transmisión térmica del material, es necesario considerar algunas ecuaciones con algunos datos.

El valor σ, el coeficiente de convección, es el fenómeno de transmisión energética de energía calorífica entre la placa y el aire exterior-interior y viceversa, este valor está en relación con las condiciones del aire, junto a posición y forma de la superficie, por ello, el coeficiente de convección general promedio entre los espacios es $\sigma = 8.1$ W/m °K (Gendelis y Jakovičs, 2003).

La energía térmica transmitida en unidad de tiempo a través de un área (a), se denomina potencia calorífica , este valor está en función de la temperatura inicial y final (T_1 - T_2) mostrada en la fórmula Q = σ x a x (T_1 - T_2). Mientras que la resistencia térmica es el resultado proporcional de la resistencia a la transmisión dada por R = (T_1 - T_2) / Q (Serra y Coch, 2004).

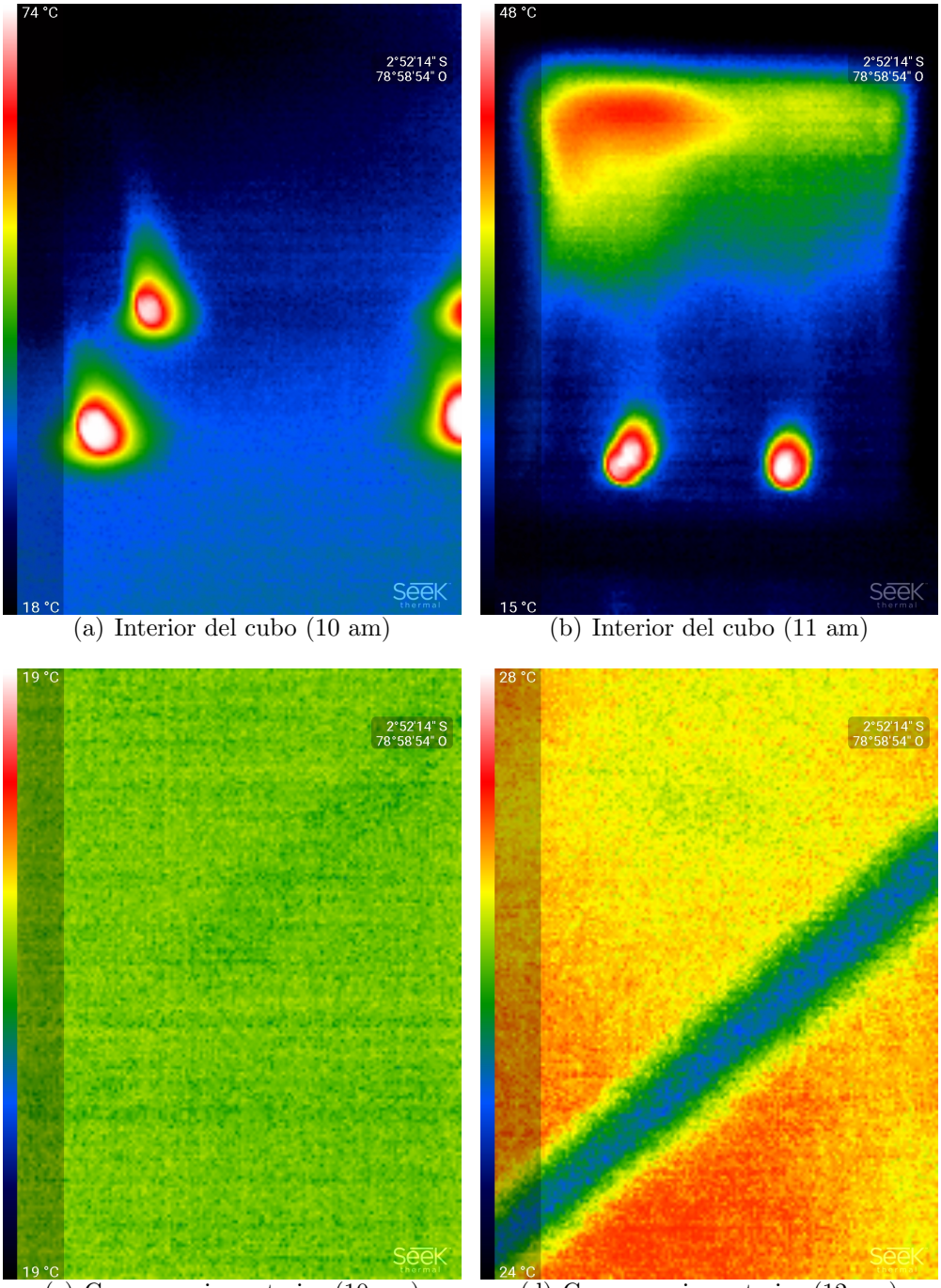
(T_1 - T_2) = (40.5 °C - 25.5 °C) = 15 °C

Q = 8.1 W/m °C x 0.081 m^2 x 15°C

Q = 10.03 W/m °C

R = 15°C/10.03 W/m^2 °C

R = 1.52 W/m^2 °C



(a) Interior del cubo (10 am)
(b) Interior del cubo (11 am)
(c) Cara superior exterior (10 am)
(d) Cara superior exterior (12 am)

FIGURA 3.12: Evolución de termografías durante el estudio del comportamiento térmico.

El coeficiente de conductividad térmica (λ), responde a la cantidad de calor que atraviesa una superficie de un material con determinado grosor (δ), en un tiempo al existir diferencias de temperatura, valor medido en W/m °C, (Sastre y Muñoz, 2010); donde la fórmula para despejar $\lambda = \delta/(R - a)$.

λ = 0.15 m / (1.52 W/m °C - 0.081 m^2)

λ = 0.103 W/m °C

Resultados

Los valores de conductividad (W/m °C) en función de su densidad determinados por la norma UNE-EN 13986(2006) para tableros derivados de la madera para utilización en la construcción, tienen las siguientes características de evaluación de la conformidad y marcado:

1. 0.16 (W/m °C) (800 - 600 kg/m^3)
2. 0.11 (W/m °C) (600 - 400 kg/m^3)
3. 0.08 (W/m °C) (400 - 300 kg/m^3)

A partir de estos datos, se determina que la mezcla para tablero C, está dentro del rango correspondiente al ítem 2, donde el valor de conductividad térmica es 0.103 W/m °C en función de (429.69 kg/m^3) de densidad, por lo tanto se acoge a la norma anteriormente detallada. Incluso, se anota la cercanía a este resultado en materiales aislantes como la madera de coníferas con densidad de 410 kg/ m^3 y 0.104 W/m °C de transmisión térmica (Sastre y Muñoz, 2010).

Para considerar el valor U (coeficiente de transferencia) en los materiales, debe conocerse que es el resultado obtenido en la división de 1 para el valor de la resistencia (R), como se muestra en la ecuación U = 1/R, donde la unidad de medida es W/m^2 °C (Incropera y DeWitt, 1999).

U = 1 / R W/m^2 °C

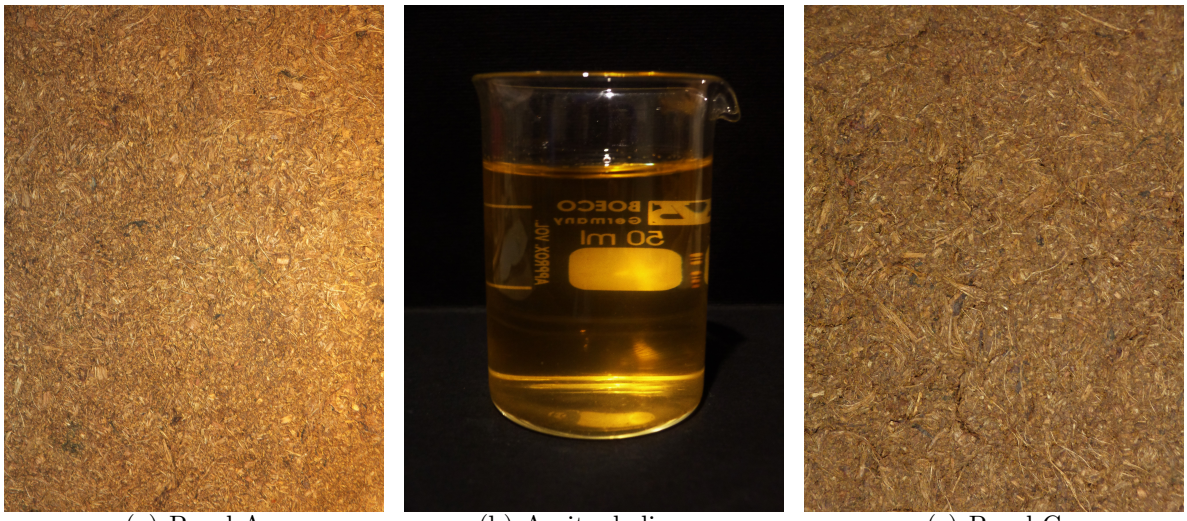
U = 1 / 1.52 W/m^2 °C

U = 0.66 W/m^2 °C

Conforme lo indica la norma ecuatoriana para la eficiencia energética en la construcción NEC-11(2011), los áreas de Arenillas, Macará y Santa Rosa se encuentran en la zona 4, sectorización llevada a cabo dentro de los parámetros de temperatura que van de 25 a 27 °C promedio anual. Se recomienda materiales de construcción cuyo valor U (coeficiente de transferencia) sea mínimo 0.75 W/m °C para evitar el ingreso de calor a las viviendas, donde el valor obtenido corresponde a 0.66 W/m °C, menor aún a la cifra establecida por la norma nacional.

3.3. Protección y acabados

3.3.1. Impermeabilización



(a) Panel A (b) Aceite de linaza (c) Panel C

FIGURA 3.13: Aceite de linaza y superficies cubiertas.

El uso de un aceite secante como la linaza, en aplicaciones de entre una y dos capas, tiene la finalidad de repeler parcialmente el agua y realzar la cromática y brillo natural de las fibras en los elementos manufacturados.

Los compuestos responsables del secado paulatino no untuoso del aceite de linaza son los ácidos grasos conocidos como: linálico, linoléico e iso-linolíco. Por esta razón, el producto final de la oxidación completa de los aceites secantes como el extracto oleoso utilizado, sea la oxilinoleína, un glicérido sólido del ácido oxilinoléico, el cual reacciona con el oxígeno del aire para convertise en oxácidos rígidos (Colopy, 1961).

3.3.2. Acabados con arcilla

La finalidad de emplear dos tipos de arcilla radica en el aspecto visual de las piezas elaboradas,tanto en piezas de mampostería como paneles, al aprovechar las cualidades cromáticas presentes en la arcilla como en las tonalidades rojas gracias al óxido de hierro y blanquecinas debido a los óxidos de silicio en la arcilla blanca llamada caolín (Weaver y Pollard, 2011).



Figura 3.14: Tierras arcillosas empleadas.

La incorporación de material térreo, consiste en aplicar uniformemente una capa de pasta homogénea compuesta en relación de 400 gr arcilla en 150 ml de agua, aplicada con ayuda de una espátula sobre la superficie completamente seca del tablero, panel o bloque, retirando el exceso con el mismo instrumento para dejar a la vista el lustre de las fibras y su configuración aleatoria conferida durante el amasado. Tras este proceso, debe secarse por completo antes de esparcir con un pincel el aceite de linaza, con lo cual el color intensifica en el elemento.

A breves rasgos, se detallan los componentes minerales de la arcilla que incorporan variaciones importantes en la morfología y en la estructura de las partículas, entre ellos los minerales primarios como arenas, cuarzos y feldespatos provenientes de las rocas originales, son el material de mayor dimensión frente a los minerales secundarios, como hidratos de sílice, alúmina, óxidos de hierro y manganeso, a más de carbonatos dispersos en diferentes granulometrías, dependiendo de la concreción en las canteras de origen; son responsables de la plasticidad característica para el empleo dentro en los materiales de construcción, alfarería y cerámica artística (Verduch, 1985).



(a) Piezas de mampostería (b) Paneles modulares

FIGURA 3.15: Elementos cuya superficie puede ser recubierto con arcilla.



(a) Arcilla blanca (b) Arcilla roja (c) Arcilla blanca y roja

FIGURA 3.16: Acabados sobre tableros con arcillas.

3.3.3. Teselado como propuesta de recubrimiento

El impacto visual positivo, integra a la forma, el color y la textura; por ello, se muestra el proceso de elaboración de piezas que parten de un diseño teselado para recubrimiento de un patrón modelado en pasta de arcilla húmeda, en el cual se coloca silicón para obtener el molde de 8 mm de espesor, en donde se coloca petrolato como desmoldante y se presiona la mezcla de fibras (C) en estado plástico para conferir la forma deseada, se deshidrata en horno a 90 °C de temperatura durante 4 horas y se repite el proceso cíclicamente para reproducir las unidades necesarias destinadas a cubrir el área.

La superficie de las piezas es el lugar donde se aplican las técnicas de coloración a base de arcilla, área que debe estar completamente deshidratada para evitar deformaciones o fisuamientos por la presión ejercida al colocar la pasta arcillosa con la espátula. Finalmente, esta capa de arcilla debe estar seca totalmente antes de aplicar la impermeabilización con aceite de linaza, pues caso contrario, se bloquea innecesariamente la humedad dentro del elemento, causando irregularidades en el acabado Ver figuras 3.17, 3.18, 3.19.



(a) Patrón de arcilla



(b) Molde de silicón



(c) Pieza desmoldada y seca



(d) Unidad con acabados de arcilla

FIGURA 3.17: Proceso de elaboración piezas de recubrimiento



FIGURA 3.18: Piezas de recubrimiento sin acabados



FIGURA 3.19: Recubrimiento decorativo terminado



FIGURA 3.20: Cielo falso y recubrimiento de paredes en auditorio Cred: D.Montenegro.



FIGURA 3.21: Cielo falso y recubrimiento de paredes en sala Cred: D.Montenegro

3.4. Conclusiones

Es posible la producción de varios insumos constructivos con distintos dimensionamientos y área de aplicación, aprovechando las múltiples características físicas en las combinaciones propuestas para ambientes interiores; dando utilidad a la vasta cantidad de material orgánico residual producido a gran escala en el área de estudio, ampliando el aporte a mediano y largo plazo, disminuyendo las afecciones que los desechos biomásticos causan al ecosistema.

Al conseguir los resultados esperados, se describe a continuación las características que denotan en cada mezcla propuesta dentro de la investigación para su empleo como piezas para la construcción.

La dosificación B (12.12kg/cm^2) de mayor resistencia, tiene prioridad para elaborar piezas de tabiquería portante en dimensiones similares al adobe conforme lo indica la norma E-080(2006). Sin embargo la dosis M, muestra similar resistencia que B, cuya variante se encuentra en la mayor cantidad de engrudo que de fibras, con motivo de conferir plasticidad y adherencia al mortero de junta entre elementos. La dosificación B se considera para la fabricación de paneles de cielo falso y recubrimiento

Las mezclas A (10.33 kg/cm^2) y C (9.71 kg/cm^2) de menor resistencia, serán destinadas a la fabricación de paneles de 2 x 30 x 30 centímetros para cielo falso, recubrimientos y bloques para tabiquería ligera. Las dimensiones pueden incrementarse dependiendo de las necesidades constructivas independientes de los tamaños preliminares presentados para este caso de estudio.

Las pruebas a compresión demuestran la cohesión ligeramente alterada de las muestras gracias a las fibras que las forman, por ello los materiales fabricados con estas propiedades son una garantía de seguridad en caso de esfuerzos mecánicos en los elementos constructivos.

Los valores de resistencia a la flexión no alcanzan el esfuerzo establecido para los tableros de madera conforme la norma UNE EN 312 – 2010 (2010); pues cabe resaltar que los módulos propuestos no son elaborados con la potencia de la maquinaria industrial, en contraparte como se ha demostrado, la fabricación de las piezas en este estudio es manual completamente.

En cuanto a los parámetros para la categorización por densidades manifestados en la norma UNE-EN 316 2009(2009), la mezcla A y B, podrán ser empleadas para fabricar paneles de tabiquería ligera de división para interiores; mientras que la mezcla C, restringe su utilización para elaborarse paneles de cielo falso.

Sobre el contenido de humedad absorbido por las dosificaciones A, B y C, el promedio es de 5.59 al 5.79 %, encontrándose en el rango del 4 al 10 % establecido por la norma UNE-EN 622-1:2004(2004) para paneles de fibras.

Las mezclas poseen ventajas termo aislantes, manteniendo un diferencia de 15 °C entre el interior y exterior con solo 1.5 cm de espesor para paneles, gracias las fibras de bajo

peso que los conforman acogiéndose a los parámetros de confort interior entre 19 a 24.5°C de la norma ISO 7730(2005). En comparación con los materiales convencionales, donde la diferencia entre interior-exterior no es mayor 6 °C, provocando incrementos considerables de temperatura dentro de los espacios.

Así, el coeficiente de transmisión térmica satisfactoriamente obtenido ($\lambda = 0.103$ W/m °C); se anota la similitud de valores en paneles elaborados en Asia, como los producidos también a partir de tallos residuales de algodón (Xiao-yanZhou y cols., 2010) y tableros fabricados con cáscara de durián combinado con fibras de coco, cuyas densidades son aproximadamente 450 kg/ m^3 y registran coeficientes de transmisión térmica de 0.09 W/m °C (Khedari, Nankongnab, Hirunlabh, y Teekasap, 2004).

Referido a las condiciones de salubridad habitacional del individuo, se resalta la contaminación existente por sales de plomo contenida en pinturas comerciales, que aunque a partir de 1977 se redujo al mínimo su empleo (0.06 %), no deja de estar presente en el ambiente interior y exponer al habitante a complicaciones salubres por la exposición a este metal (Poma, 2008). Por ello, la arcilla como recubrimiento amplificador del espectro cromático, junto al aceite de linaza como impermeabilizante de superficies, contrarresta por completo la presencia del mineral dentro de la vivienda o sitio laboral.

En contraste, la relación al peso entre los materiales comunes empleados para mampostería, se remarca la reducción entre el 60 y 75 %, siendo un parámetro físico que resta esfuerzo a la estructura portante de las construcciones.

3.5. Recomendaciones

La incorporación de maquinaria para agilitara las labores de trituración, secado, mezclado y modelado, reducirá el esfuerzo corporal durante la elaboración de los productos, aumentando consigo el rendimiento en cantidad y calidad de elementos en menor tiempo.

Para la instalación de los paneles sobre estructuras metálicas o de madera en caso de cielos falsos y tabiquería ligera, se emplean clavos o tornillos de sujeción en caso de ser necesario. Mientras para sobreponer las piezas de recubrimiento sobre superficies construidas, se empleará la mezcla M, cuyas propiedades de adherencia fijarán los elementos en las áreas escogidas. No obstante cabe considerar que las características de las piezas destinadas a mampostería ligera o portante, junto a los paneles posee una resistencia a la humedad relativamente baja al estar constituidos por fibras vegetales, pese a la protección inicial con aceite de linaza mayor a una capa, la porosidad de los elementos no es bloqueada en su totalidad sin embargo, para cerrar en un 90 % la superficie se puede emplear recubrimientos vinílicos o barnices, aunque este tratamiento no hace a las piezas aptas para resistir ambientes con altos índices de humedad o concentración de vapores como baños y lavanderías.

Es conocido que los elementos constituidos a partir de tejidos vegetales tienden a deteriorar su cromática por efecto de los rayos solares en la superficie (Amador, 2006). Por ende, para conservar los colores de en los elementos fabricados, debe evitarse la

exposición solar directa o emplear alternativas constructivas de ser necesarios como aleros y voladizos para protección.

Referencias

Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., y Belmonte, U. C. (2006, Jun). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, *56*(2), 151–170. Descargado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2006000200001&script=sci_arttext

Agustin, G., Bienvenido, L., y Monteagudo, Y. (2007, Dec). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et technica*, *1*(37). doi: 10.22517/23447214.4055

Alarcón, L. C., y Marzocchi, V. A. (2015, Jan). Evaluation for Paper Ability to Pseudo Stem of Banana Tree. *Procedia Mater. Sci*, *8*, 814–823. doi: 10.1016/j.mspro.2015.04.140

Amador, E. C. (2006). El uso de la madera preservada en la construcción. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, *3*(9), 44–49. Descargado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123224

Armas, D., Ruiz, S., Piován, M., Carrión, L., y Narváez, C. (2016). Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo. *Científica*, *20*(1), 21–31.

ASTM. (2019, Apr). *ASTM D1037 - 12 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.* Descargado de https://www.astm.org/Standards/D1037.htm ([Online; accessed 30. Apr. 2019])

Belalcázar, S., Valencia, J., y Lozada, J. (1991). La planta y el fruto. *Manual de Asistencia Técnica*(50), 45–89.

BeMiller, J. N., y Whistler, R. L. (2012). *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives.* Academic Press.

Bolaños, E. C. (2000). El arroz en américa: su introducción y primeras siembras. *Revista de historia de América*(126), 7–18.

Brown, K., y Keeler, W. (2005). The history of tung oil. *Wildland weeds*, *9*(1), 4–24.

Cadena, C. G., y Bula Silvera, A. J. (2011). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, *12*(12), 1–9.

Calle, J. (2018, octubre). *Biomasa y otras fuentes de energía renovable.* (Conferencia)

Carney, J. A. (2015). El origen africano del cultivo del arroz en las américas. *Asclepio*, *67*(1), 077.

Chandramohan, D., y Marimuthu, K. (2011). A review on natural fibers. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, *8*(2), 194–206.

Ching, F. D. K. (2007). *Una historia universal de la arquitectura: un análisis cronológico comparado a través de las culturas.* Gustavo Gili. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=RoyTtAEACAAJ&dq=una+historia+universal+de+la+arquitectura&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj0mreFrcfgAhWto1kKHVhsAC0Q6AEINDAC

Cicerone, R. J., y Oremland, R. S. (1988). Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global biogeochemical cycles*, *2*(4), 299–327.

Clark, R. (1983). Formaldehyde in pathology departments. *Journal of clinical pathology*, *36*(8), 839–846.

Cohen, B. (2008). *The colors of clay: special techniques in Athenian vases*. Getty Publications.

Colopy, W. (1961, Jan). The Material Things in Art. *Design*, *62*(3), 99–125. doi: 10.1080/00119253.1961.10744091

Cuenca, L. (2018). *Una alternativa más sostenible a la seda.* Diario Opinión.

Deepa, B., Abraham, E., Cherian, B. M., Bismarck, A., Blaker, J. J., Pothan, L. A., ... Kottaisamy, M. (2011, Jan). Structure, morphology and thermal characteristics of banana nano fibers obtained by steam explosion. *Bioresour. Technol*, *102*(2), 1988–1997. doi: 10.1016/j.biortech.2010.09.030

Demirbaş, A. (2001, Jul). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Convers. Manage*, *42*(11), 1357–1378. doi: 10.1016/S0196-8904(00)00137-0

de Troya, M. T., y Navarrete, A. (1992). Método rápido de laboratorio para determinar la eficacia preventiva contra hongos del azulado y mohos de la madera. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, *18*(3), 517–520.

Díaz, L. d. C., y Benavides, E. O. (2001). Regional Occidente Cestería en Calceta de Plátano en las localidades de Turbo y Apartado. Departamento de Antioquia. *Bogotá : Artesanías de Colombia, 2001*. Descargado de http://repositorio.artesaniasdecolombia.com.co:8080/handle/001/895

Documentalia. (2017, Feb). *Desmontando la historia 4/18: La Gran Muralla China - Documental.* Youtube. Descargado de https://www.youtube.com/watch?v=-HykcHydkNY ([Online; accessed 18. May 2019])

Ebringerová, A., Hromádková, Z., y Heinze, T. (2005). Hemicellulose. En *Polysaccharides i* (pp. 1–67). Springer.

EN, B. (2002). 13501, fire classification of construction products and building elements-part 1: Classification using data from reaction to fire tests. *British Standard Institute*.

Espinosa, R. (2014). *Desmemoria y olvido: la economía arrocera en la cuenca del guayas, 1900-1950.* Corporación Editora Nacional.

Fang, S. Q., Zhang, H., Zhang, B. J., y Zheng, Y. (2014). The identification of organic additives in traditional lime mortar. *Journal of Cultural Heritage*, *15*(2), 144–150.

Fanger, P. (1970). Thermal comfort. analysis and applications in environmental engineering. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*.

Fangueiro, R. (2011). *Fibrous and composite materials for civil engineering applications.* Elsevier.

Fischer, S. (1983). *Estado, clases e industria: la emergencia del capitalismo ecuatoriano y los intereses azucareros.* Editorial El Conejo. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=E6dFAAAAYAAJ&q=estado,+clases+e+industria&dq=estado,+clases+e+industria&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjiuaPirsfgAhUo01kKHdwCCjQQ6AEIKDAA

Galán, V. (1992). Los frutales tropicales en los subtrópicos. ii plátano (banano). *Mundi-Prensa, Madr., Spain*.

Ganiron, T. (2014). Effect of sawdust as fine aggregate in concrete mixture for building construction. *International Journal of Advanced Science and Technology*, *63*, 73–82.

Gendelis, S., y Jakovičs, A. (2003). Numerical modelling of airflow and temperature distribution in heated rooms. *Latvian Journal of physics and technical sciences*(3), 12.

Gormsen, H., Jeppesen, N., y Lund, A. (1984). The causes of death in fire victims. *Forensic science international*, *24*(2), 107–111.

Hidalgo, J. F., y Garcia, J. (2018). Totora (schoenoplectus californicus (ca mey.) soják) and its potential as a construction material. *Industrial crops and products*, *112*, 467–480.

Ho, P.-t. (1969). The loess and the origin of chinese agriculture. *The American Historical Review*, *75*(1), 1–36.

IARC. (2002). *Man-made vitreous fibres* (n.º 81). World Health Organization.

IFN. (2014). *Rentabilidad de la inversión en plantación de eucaliptus con fines maderables.* Descargado de www.infona.gov.py

INAMI. (2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.* Descargado de http://www.serviciometeorologico.gob.ec ([Online; accessed 10. Apr. 2019])

Incropera, F. P., y DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor.* Pearson Educación.

INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2017.*

INEN. (2010, Apr). *NTE INEN 2518: Morteros para unidades de mampostería. Requisitos : Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).* Descargado de https://archive.org/details/ec.nte.2518.2010 ([Online; accessed 28. Apr. 2019])

ISO. (2006). *Environmental management: Life cycle assessment; principles and framework* (n.º 2006). Autor.

Jara, P. (2015). Confort térmico, su importancia para el diseño arquitectónico y la calidad ambiental del espacio. *Revista A+ C*, *7*(7).

Juliano, B. O., y cols. (1985). Rice: chemistry and technology.

Kalia, V. C., Sonakya, V., y Raizada, N. (2000, Jun). Anaerobic digestion of banana stem waste. *Bioresour. Technol*, *73*(2), 191–193. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00172-8

Khedari, J., Nankongnab, N., Hirunlabh, J., y Teekasap, S. (2004). New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. *Building and environment*, *39*(1), 59–65.

Kulkarni, A. G., Satyanarayana, K. G., Rohatgi, P. K., y Vijayan, K. (1983, Aug). Mechanical properties of banana fibres (Musa sepientum). *Kluwer Academic Publishers*, *18*(8), 2290–2296. doi: 10.1007/BF00541832

López, D. (2018a). *Entrevista a Emma León.* (Comunicación Personal)

López, D. (2018b). *Entrevista a Homero Luzuriaga.* (Comunicación Personal)

López, D. (2018c). *Entrevista a José Castillo.* (Comunicación Personal. Jefe de Cuadrilla)

López, D. (2018d). *Entrevista a Luis Pérez.* (Comunicación Personal. Propietario de Planta procesadora)

López, D. (2018e). *Entrevista a Mario Fernández.* (Comunicación Personal. Administrador de Hacienda bananera)

López, D. (2018f). *Entrevista a Saida Cárdenas.* (Comunicación Personal. Propietaria de Aserrío)

López, N., y Muñoz, J. (2017). La producción forestal una actividad con alto potencial en el ecuador requiere un cambio de visión. *Bosques Latitud Cero*, *7*(1).

López, N., Yucta, M. F., Caraguay, K., y Minga, R. (2016). La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan rendimientos en procesos de cepillado de madera de eucalyptus saligna. *Bosque (Valdivia)*, *37*(1), 169–178.

Lozada Barrera, A. F. (2005). *Producción del cultivo de papa china (colocasia esculeta) utilizado dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica* (Tesis Doctoral, SANGOLQUÍ / ESPE-IASA I / 2005). Descargado de http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5423

Madurwar, M. V., Ralegaonkar, R. V., y Mandavgane, S. A. (2013). Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. *construction and Building materials*, *38*, 872–878.

Manohar, K., y Adeyanju, A. (2016). A comparison of banana fiber thermal insulation with conventional building thermal insulation. *British J. Appl. Sci. Technol*, *17*(3), 1–9.

Martínez, E., y Belanche, M. I. (2000, Jun). Influence of veneer wood species on plywood formaldehyde emission and content. *Holz Roh Werkst.*, *58*(1-2), 31–34. doi: 10.1007/s001070050381

Medina, D. A. P., Nuñez, M. F. A., y Ordoñes, M. S. (2010). Obtención de enzimas celulasas por fermentación sólida de hongos para ser utilizadas en el proceso de obtención de bioalcohol de residuos del cultivo de banano. *Revista Tecnológica-ESPOL*, *23*(1).

Meneses, M. M., Agatón, L. L., Gutiérrez, L. F. M., Mendieta, L. E. G., y Botero, J. D. (2012). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, *5*(9), 128–139.

Meneses, M. M., Agatón, L. L., Gutiérrez, L. F. M., Mendieta, L. E. G., y Botero, J. D. (2012, Feb). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, *5*(9), 128–139. Descargado de https://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/14/13

Montalvo, C. (2008). La estructura vertical del mercado bananero para el ecuador y el carácter limitado de las reformas de comercio internacional. *Revista Tecnológica-ESPOL*, *21*(1).

Mukhopadhyay, S., Fangueiro, R., Arpaç, Y., y Şentürk, Ü. (2008, Jun). Banana Fibers – Variability and Fracture Behaviour. *J. Eng. Fibers Fabr*, *3*(2), 155892500800300207. doi: 10.1177/155892500800300207

Nec2011 Cap.13 Eficiencia Energetica en La Construccion en Ecuador 021412. (2011). Descargado de https://es.scribd.com/document/323930395/Nec2011-Cap-13-Eficiencia-Energetica-en-La-Construccion-en-Ecuador-021412 ([Online; accessed 28. May 2019])

Nongman, A. F., Baharin, A., y Bakar, A. A. (2016, Jan). The Effect of Banana Leaves Lamination on the Mechanical Properties of Particle Board Panel. *Procedia Chem*, *19*, 943–948. doi: 10.1016/j.proche.2016.03.139

Norma UNE-EN 13986:2006+A1:2015. (2006, May). Descargado de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0055515 ([Online; accessed 20. May 2019])

Norma UNE-EN 312:2010. (2010, May). Descargado de https://www.une.org/

encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046341 ([Online; accessed 20. May 2019])

Norma UNE-EN 316:2009. (2009, May). Descargado de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0044096 ([Online; accessed 19. May 2019])

Norma UNE-EN 622-1:2004. (2004, May). Descargado de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030541 ([Online; accessed 13. May 2019])

Norma UNE-EN ISO 120:1999. (1999, May). Descargado de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0013198 ([Online; accessed 23. May 2019])

NTE INEN 0896: Tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF). Determinación del contenido de humedad : Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. (2019, Apr). Descargado de https://archive.org/details/ec.nte.0896.2005 ([Online; accessed 29. Apr. 2019])

Ntp 590: Prevención de la exposición a formaldehído. (2001).

Olesen, B. W., y Parsons, K. (2005). Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of en iso 7730. *Energy and buildings*, *34*(6), 537–548.

Olesen, B. W., y Parsons, K. C. (2002, Jul). Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730. *Energy Build*, *34*(6), 537–548. doi: 10.1016/S0378-7788(02)00004-X

Osarenmwinda, J. O., y Nwachukwu, J. C. (2007). Effect of Particle Size on Some Properties of Rice Husk Particleboard. *Advanced Materials Research*, *18-19*, 43–48. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.18-19.43

Osorio, A. R., Zuluaga, R., Castro, C., Correa, N., Vélez, J., y Gañán, P. (2007). Nanocomposites reforzados con microfibrillas de celulosa aisladas de paredes celulares del raquis de banano. *Scientia et Technica*, *4*(36), 689–694. Descargado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4792564

Pedreño-Rojas, M. A., Morales-Conde, M. J., Pérez-Gálvez, F., y Rodríguez-Liñán, C. (2017, Nov). Eco-efficient acoustic and thermal conditioning using false ceiling plates made from plaster and wood waste. *J. Cleaner Prod*, *166*, 690–705. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.077

Pedreño, M., Morales, M., Pérez, F., y Rodríguez, C. (2017). Eco-efficient acoustic and thermal conditioning using false ceiling plates made from plaster and wood waste. *Journal of Cleaner Production*, *166*, 690–705.

Peña Romero, B. A. (2016). *Panel prefabricado a base de fibras naturales* (B.S. thesis).

Pettersen, R. C. (1984). The chemical composition of wood. *The chemistry of solid wood*, *207*, 57–126.

Poma, P. A. (2008, Jun). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de la Facultad de Medicina*, *69*(2), 120–126. Descargado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832008000200011&script=sci_arttext&tlng=pt

Pongsavee, M. (2009). Effect of borax on immune cell proliferation and sister chromatid exchange in human chromosomes. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, *4*(1), 27.

Quintana, G., Velasquez, J., Betancourt, S., y Ganan, P. (2009). Binderless fiberboard from steam exploded banana bunch. *Industrial crops and products*, *29*(1), 60–66.

Quirós, R., Boveri, M., Petracchi, C., Rennella, A., Rosso, J., Sosnovsky, A., y Von Bernard, H. (2006). Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas the effects of the pampa wetlands agriculturization on shallow lakes eutrophication.

Rada, P. P. A., Ariza, H. A., Barrios, I. T. B., Tovar, C. E. N., y López, I. E. R. (2005). *Aprovechamiento del raquis del banano y otros residuos biodegradables como fertilizantes orgánicos en el cultivo de esta fruta.* INFOTEP.

Radley, J. A. (1976). *Industrial Uses of Starch and its Derivatives | SpringerLink*. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-010-1329-1

Raffo Lecca, E., y Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, *17*(1). Descargado de https://www.redalyc.org/html/816/81640855010

Reddy, N., y Yang, Y. (2005, Jan). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends Biotechnol*, *23*(1), 22–27. doi: 10.1016/j.tibtech.2004.11.002

Restrepo, A., Zuluaga, R., Castro, C., Correa, N., Vélez, J., y Gañán, P. (2007). Nanocomposites reforzados con microfibrillas de celulosa aisladas de paredes celulares del raquis de banano. *Scientia et technica*, *1*(36).

Ritchie, I. M., y Lehnen, R. G. (1987). Formaldehyde-related health complaints of residents living in mobile and conventional homes. *American journal of public health*, *77*(3), 323–328.

Rodríguez, G. (1967). Sobre la aislación térmica en la construcción. *Revista IDIEM*, *6*(1), ág–51.

Salit, M. S. (2014). *Tropical natural fibre composites: properties, manufacture and applications*. Springer.

Santolaya, C., y Freixa, A. (2001). Ntp 590: Prevención de la exposición a formaldehído. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España*.

Sastre, R., y Muñoz, F. (2010). *Propiedades de los materiales y elementos de construcción*. Edicions UPC. Descargado de https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36874

Schiavoni, S., Bianchi, F., Asdrubali, F., y cols. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *62*, 988–1011.

Schwartz, D., y Whistler, R. L. (2009). History and future of starch. En *Starch* (pp. 1–10). Elsevier.

SENCICO. (2006). *Reglamento nacional de construcciones. norma técnica de edificación nte e. 080 adobe.* Servicio nacional de capacitación para la Industria de la Construcción ....

Serra, R., y Coch, H. (2004). *Arquitectura y energía natural*. Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=5hCiCgAAQBAJ&pg=PA61&dq=definici%C3%B3n+potencia+calor%C3%ADfica+material&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiE3-jRm7TiAhWutlkKHcniDNMQ6AEIODAD#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20potencia%20calor%C3%ADfica%20material&f=false

Shea, A., Lawrence, M., y Walker, P. (2012). Hygrothermal performance of an experimental hemp–lime building. *Construction and Building Materials*, *36*, 270–275.

Sickels, L.-B. (1982). *Organics vs. Synthetics: their use as additives in mortars.* Descargado de http://www.bcin.ca/bcin/detail.app?id=5037 ([Online; accessed 23. Feb. 2019])

Sifontes, M. C., y Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en ciencias e Ingeniería*, *4*(4), 15–46.

Skeist, I. (2012). *Handbook of adhesives.* Springer Science & Business Media.

Skutch, A. F. (1927). Anatomy of leaf of banana, musa sapientum l. var. hort. gros michel. *Botanical Gazette*, *84*(4), 337–391.

Stec, A. A., y Hull, T. R. (2011). Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. *Energy and Buildings*, *43*(2-3), 498–506.

Torgal, F. P., y Jalali, S. (2011). *Eco-efficient Construction and Building Materials.* Springer London. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=keHyfN5nc58C&pg=PA30&dq=health+construction+and+building+materials&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiEgqj02f7iAhWBtlkKHfNFBPAQ6AEINjAC#v=onepage&q=health%20construction%20and%20building%20materials&f=false

Turégano, J., Hernández, M., y García, F. (2003). La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo. *Zaragoza, España*.

Turgut, P., y Murat, H. (2007, Sep). Limestone dust and wood sawdust as brick material. *Build. Environ*, *42*(9), 3399–3403. doi: 10.1016/j.buildenv.2006.08.012

Valverde, A., Sarria, B., y Monteagudo, P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et technica*, *1*(37).

van Franeker, J. A., y Law, K. L. (2015, Aug). Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environ. Pollut*, *203*, 89–96. doi: 10.1016/j.envpol.2015.02.034

Velazco, L., Goyos, L., Delgado, R., y Quesada, Y. (2015). Evaluación de paneles aislantes fabricados en fibras de totora (typha latifolia). *Gaceta Técnica*, *14*(1), 23–32.

Verduch, A. G. (1985). Origen y composición de las arcillas cerámicas. *Bol. Soc. Esp. Cerám. y Vidr.*, *24*, 396–citation_lastpage.

Vidal, F., Pereira, E., Sotolongo, R., Quintana, Y., Ortiz, A., García, A., y Ly, J. (2001). Efecto de la suplementación con pseudotallo de plátano sobre la salud y el peso al sacrificio de cerdos comerciales. *Producción Animal*, *13*(1), 67–70.

Weaver, C. E., y Pollard, L. D. (2011). *The chemistry of clay minerals* (Vol. 15). Elsevier.

Woods, W. G. (1994). An introduction to boron: history, sources, uses, and chemistry. *Environmental health perspectives*, *102*(suppl 7), 5–11.

Xiao-yanZhou, Xiao-yan, Zhou, FeiZheng, Fei, Zheng, ... Lu (2010, Jul). An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. *Elsevier*, *42*(7), 1070–1074. doi: 10.1016/j.enbuild.2010.01.020

Yang, T., Ma, X., Zhang, B., y Zhang, H. (2016). Investigations into the function of sticky rice on the microstructures of hydrated lime putties. *Construction and Building Materials*, *102*, 105–112.

Yarbrough, D. W., Wilkes, K. E., Olivier, P. A., Graves, R. S., y Vohra, A. (2005). Ap-

parent thermal conductivity data and related information for rice hulls and crushed pecan shells. *Thermal Conductivity*, *27*, 222–230.

Yúfera, E. P. (1995). *Química orgánica básica y aplicada*. Reverté. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=aU_aBXvAB3MC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Zappulla, C. (2010). Formas arquitectónicas: un modelo de investigación matemática. *Barcelona, España: Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Universitat Politècnica de Catalunya*.

Zhao, P., Jackson, M. D., Zhang, Y., Li, G., Monteiro, P. J., y Yang, L. (2015). Material characteristics of ancient chinese lime binder and experimental reproductions with organic admixtures. *Construction and Building Materials*, *84*, 477–488.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., y Blanchard, C. (2002). Composition and functional properties of rice. *International journal of food science & technology*, *37*(8), 849–868.

Zulkifli, R., Nor, M. M., Tahir, M. M., Ismail, A., y Nuawi, M. Z. (2008). Acoustic properties of multi-layer coir fibres sound absorption panel. *Journal of Applied Sciences*, *8*(20), 3709–3714.

Anexos

Entrevistas

Tabla de registro Higro-térmico

Presupuesto aproximado

Entrevista en Aserrío "Santa Rosa"

Entrevista a Saida Cárdenaz

Por Darío López León

En esta mañana 3 de febrero de 2019, en el cantón Santa Rosa , parroquia urbana de Santa Rosa, estoy con la señora Saida Cárdenaz, del "Aserrío Santa Rosa" quién contestará algunas preguntas puntuales referentes a la temática analizada.

Señora Saida, muy buenos días, como hemos conversado brevemente hace unos instantes, el trabajo de titulación que llevo a cabo se basa en una investigación de los desechos vegetales y los madereros no son excepción.

Por favor, ¿Cuántos años lleva en esta labor?

Yo ya tengo veinte años de experiencia.

¿Cuál es su cargo aquí?

Soy la propietaria, mi esposo también es propietario, pero si no está él, estoy yo.

Se encarga entonces de la administración del negocio.

Sí ayudando en esto.

Conforme a la producción de desechos como el aserrín, ¿La gente con qué finalidad los lleva?

Verá, aquí el aserrín por decir el más grueso lo llevan aquí en la costa para el pollo y el aserrín que sale como viruta mismo lo usan para la producción de playwood y ladrillos.

En las ladrilleras locales, Arenillas o Santa Rosa mismo ¿Verdad?

Santa Rosa…pero el que sale así gruesito te lo llevan en cantidad para los pollos.

¿Crianza de pollos en Balsas quizá?

Balsas y Torata, allá lo llevan bastante, aquí mismo también.

¿En el día aproximadamente cuanto sacos salen?

Verás aquí lo que vienen a llevar es para personas así, llevan pequeñas, pequeñas llevan en saquitos, unos veinte saquitos diarios; pero cuando se acumula, se acumula y se acumula llegan unos carritos, y se llevan en camionetas lo que es ya para ladrilleras, al menos a ese finito lo llevan al tope.

Las camionetas creo que son las del vagón estándar ¿Verdad?

Sí, el de dos metros cúbicos aproximadamente, lo llenan y se van.

¿Cuál es el costo del aserrín ?

Bueno, allí la verdad nosotros no le cobramos, nosotros lo que le decimos a la persona que viene es que le dé a los chicos lo que sea su voluntad, lo que desee regarle a los chicos para las colas como se dice normalmente; de allí un precio no tenemos para que, eso es lo que a nosotros nos ayuda a mantener el aserrío limpio.

¿Qué tipo de maderas por lo general aquí se trabaja?

Bueno, normalmente es el laurel, el roble, la caña para partirla y la madera para encofrado.

De las camionetas, al menos una semanal ¿Verdad?

Sí.

Los sacos son de esos grandes, más de los normales de quintal, creo que son los de quintal y medio más o menos.

Sí son sacos grandes.

¿De esos camioncitos también llevan?

Sí, de eso llevan el finito para el ladrillo, el grueso también lo ocupan para ganadería, ponen en los establos para que estén secos cuando llueve y todo eso.

Perfecto entonces, como me ha dicho no tiene costo.

No, al menos aquí no, en otros lados sé que lo cobran a un dólar el saco, pero aquí no como te dije es una manera de limpiar, como que el cliente mismo viene y lo lleva.

Sin más por ahora, me despido muy agradecido por la información brindad Señora Saida.

De nada, para cuando quieras aquí estaremos.

Lugar: Cantón Santa Rosa, Parroquia urbana Santa Rosa.

Entrevista a Emma León

Por Darío López León

En esta tarde del 1 de diciembre de 2018, en el cantón Zaruma, parroquia rural de Zaruma, tendré una conversación con la señora Emma León, a quién tengo el grandioso agrado de presentarla como mi madre.

He considerado oportuna esta entrevista, pues a lo largo de la convivencia familiar he escuchado hablar de los usos particulares que hace muchos años, las hojas de banano han tenido en esta zona y las áreas circundantes.

D: **Estimada madre, quisiera que me ayude con vuestros conocimientos en cuanto al uso de las hojas del banano, del cual haya sido testigo, en el ámbito productivo, uso cotidiano y de ser posible en el aspecto constructivo.**

Empecemos por el uso cotidiano por favor.

E: Bien, mis conocimientos en cuanto al uso de las hojas del guineo es que lo han empleado desde muchos antes en las envolturas de las panelas, en unos pequeños dulces llamados alfeñiques que eran hechos con maní y su envoltura era con un nudo para identifcarlos. También se los usa todavía en los tamales también para el queso y transportarlo del campo en la ciudad en hojas verdes que eran previamente soasadas (ahumadas), para quitar algún insecto y sea más flexible también.

¿Las hojas que ocupaban para los alfeñiques y las panelas eran frescas o secas?

Esas hojas siempre eran secas.

¿En qué localidad se daba este tipo de prácticas?

Generalmente en una propiedad que tenía mi padre, un sitio llamado Salvias, también sé que en Valle Hermoso, Jumón y otras zonas de la provincia así lo hacían.

Salvias es una parroquia rural de Zaruma ¿verdad?

Sí, es una parroquia rural.

Perfecto, ¿Hace cuántos años usted más o menos me podría indicar que se da el uso a las hojas como testigo de aquello?

Bueno, allí desde que tengo uso de razón, pues traían todo lo que dije, desde que tenía cinco años que recuerdo claramente que traían de la hacienda las cosas envueltas en panela y me llamaban la atención y es un bonito recuerdo de los alfeñiques como dije anteriormente, la panela y unos panelones grandes con maní.

En cuanto a los usos productivos, hablamos de lo que es alimentación para animales, ¿Algún dato al respecto?

Bueno sí, porque las hojas también las comen las gallinas, patos sobre todo los que viven en el campo, este para el ganado en la parte de Zaruma lo que es parte rural, pero

muy poco porque allí hay bastante hierva pero en la costa sí, bastante utilizan las hojas de guineo para la alimentación del ganado.

Muy bien, ¿En cuanto al aspecto constructivo?

De eso sí que no tengo conocimiento de que las hojas del guineo sean empleadas para construir; no he visto, solamente que aparte las utilizaban no es construir pero con las hojas secas, formando una rosca, se hacían nidos para las gallinas donde ponían los huevos.

Listo, ¿Alguna otra cuestión que acotar al respecto?

En cuanto a las hojas del guineo… conocimientos sé que del tallo del guineo extrayendo su fibra con un proceso para elaborar carteras, sombreros y tejidos.

Pero aquello actualmente ¿Verdad?

Sí actualmente.

También pues con las partes del malque (tallo) hablando de años anteriores en el campo servían para trasladar agua desde las quebradas cercanas a las viviendas de los campesinos.

Es un dato interesante que tiene que ver con la satisfacción de las necesidades elementales dentro del vivir del ser humano.

Bueno, hablamos de los años para no ser muy específicos con el tema de la edad, son más de cincuenta años de conocer estos aspectos y características de uso ¿verdad?

Sí son más de cincuenta años de conocer y uno siempre ha estado conversando con los padres y los abuelos, quienes han dado ha conocer al respecto sobre el uso de las hojas del guineo y en sí toda la planta.

Finalmente agradezco infinitamente su colaboración.

Yo espero que esta información sea útil, gracias también.

Cantón Zaruma, Parroquia Urbana de Zaruma.

Entrevista en Hacienda bananera "La Esperanza"

Entrevista a Mario Fernández

Por Darío López León

Hoy 28 de julio de 2018, en el cantón Santa Rosa, parroquia rural de Bellavista, estoy en compañía del Sr. Mario Oswaldo Fernández Castro, quien posee el cargo de administrador durante 28 años en la Hacienda "La Esperanza", muy gentilmente accedió a esta entrevista informativa, como parte de esta investigación del trabajo de titulación dentro de la carrera de arquitectura en la Universidad Católica de Cuenca.

Con la finalidad de documentar el empleo que tienen los desechos agrarios tras la cosecha del banano, un producto aquí en la costa de vasta producción.

¿Cuáles son los usos que tienen los tallos y restos del racimo (pedúnculo) del banano después de ser cosechados?

Hay dos modos en los que se lo puede utilizar, se lo puede utilizar, como te puedo explicar, como abono orgánico, o se lo puede utilizar también como alimento para el ganado. Te comento, en tiempos de sequía, cuando no había pasto hace años atrás, la gente lo comenzó a llevar bastante para el ganado, que hacen, lo pican y le dan al ganado con melaza, lo entreveran y le dan de comer, porque no había hierva para los animales, así lo utilizaban para el ganado; recuerdo que los antiguos sacaban tiritas de la chanta para secarlas y hacer cuerdas y amarrar cosas, así lo del tallo, lo del resto del racimo ,lo regalamos y va a convertirse en abono orgánico para los campos.

A más de dichos fines tanto como abono o alimento, alguna otra utilidad ha escuchado usted, referido a la confección de tejidos, artesanías con estos dos materiales?

Del racimo nada más, solo abono, pero hacen derivados de lo que es la corteza del tallo, hay una señora cerca de mi casa que asistió a unos cursos que venían a dar a La Avanzada, ella me pedía que le lleve unos canalitos de la chanta, hasta donde sé, la secaban y hacían tejidos, carteras, sombreros, así cositas.

Con la finalidad de cuantificar aproximadamente cuantos tallos y racimos se generan, entendiendo que de cada fruto cosechado, es una planta cortada; aproximadamente, en la semana, la quincena o el mes. ¿Cuantos racimos o cuantas cajas, si es más fácil contarlo de ese modo se producen aquí en la hacienda?

Aquí verás nosotros producimos un promedio de 1500 cajas, lo mismo es el tallo que la caja, porque de un tallo sale una caja, más o menos 1500 tallos por semana, porque cada racimo que se enfunda, se sabe cuántas cajas van a salir. Enfundamos los racimos y los contamos, nosotros necesitamos saber eso para que no sobren o falten cajas. Multiplícale por cuatro unos 6000 en promedio mensuales. Aquí trabajamos por semana, porque de igual del mismo tallo hay que cortar uno.

Bueno, igual para sacar una relación numérica. ¿Cuántas hectáreas tiene la hacienda?

Aquí tenemos 35 hectáreas de banano.

¿Estimo que es importante no sobrepoblar el terreno de cultivo, verdad?

Sí, porque se debilita la tierra; verás que puede entrarte aunque sea unas 2000 a 2500 matas pueden entrar por hectárea, pero no te va a dar la misma cantidad de racimo o el mismo tamaño y calidad, sale más pequeño, de nada sirve; Hasta por la misma luz que recibe, porque de acuerdo a la cantidad de sol que coge el racimo viene a coger más rápido, o sea a echar más rápido. De 12 a 13 semanas, desde que se lo enfunda el racimo se lo cosecha.

En cuanto a los tiempos de producción, cual es el auge de la cantidad cosechada, ¿Es en invierno o verano donde se marca un incremento notorio?

En verano como que baja un poco, es por el frío; en tiempo de invierno, por el calor sube, por ejemplo en este mes que estamos entrando al calor que es noviembre, diciembre , enero, viene como a aumentar un poco la producción.

Digamos de los 1500, ¿A cuánto asciende?

Sube a los 1700, 1800, a veces llegamos a los 2000. A horita por lo que está frío, a veces también bajamos hasta menos, de 1500 bajamos a 1200, 1300 como un promedio, pero a nivel general el promedio son de 1500 a lo largo del año. Tiempo de frío baja, tiempo de calor sube.

La finalidad de cortar los tallos luego de la cosecha, ¿A qué se debe?

Lo que pasa es que ya después de esto ya no tiene sentido que esté.

Podría considerarse como un peligro que se desplomen y dañen retoños cercanos entiendo.

Sí, y porque da mal aspecto, se lo ve feo al tallo pudriéndose, se lo coge y se lo pica.

¿Alguna variedad específica que se cultive aquí en el sitio?

Hace unos 10 años, se cambió de variedad ahora tenemos uno que le llaman Williams, más antes teníamos el Cavendish, el de ahora es más rápido para cosechar, te puede dar unas 3 cosechas por año, mientras que el otro solo unas 2, este nuevo es mejor y más pequeña la mata. Dicen que es importada, pero con tantos años y todos casi en el Ecuador lo tienen.

Perfecto, Don Mario Por vuestro tiempo y conocimiento brindado le agradezco infinitamente, esperando su colaboración en caso requiera algún dato anexo dentro de este proceso investigativo, siendo ya las 11:30 de la mañana, me despido deseándole un excelente día. Muchas gracias.

Lugar: Santa Rosa, Parroquia rural de Bellavista.

Planta procesadora "Piladora del Puelbo"

Entrevista a Luis Pérez

Por Darío López León

Hoy 13 de septiembre de 2018, en el cantón Macará, parroquia urbana de Macará, me encuentro con el señor Luis Alfonso Pérez Galán, gerente propietario de la planta "Piladora del Pueblo" quién me ayudará respondiendo algunas preguntas referentes a los procesos industriales dentro de la línea del proceso en la selección y preparación industrial del arroz.

Don Luis, ¿Cuántos años de experiencia posee en este negocio?

En esto tengo más o menos quince años, pero en el cultivo del arroz tengo más, haber… ochenta y… unos veintiocho años más o menos, me jubilé y vine para acá, yo era maestro.

En cuanto a la producción, ¿Cuántos quintales de arroz en cáscara le llegan aquí semanalmente o diariamente?

Es por campaña, dos al año en cada campaña cada seis meses, dependiendo, entran entre diez y veinte mil quintales , si la campaña es buena, si la campaña es regular o mala, eso depende del tiempo , de que las plagas azotan más o menos, que se cosecha más o se cosecha menos, también depende de las variedades que se siembren, digamos ahora mucha gente está sembrando una variedad perón, es una variedad peruana, es buen arroz pero mucho se daña y se quiebra al pilar por lo que perdemos producción, es lo malo, es variedad peruana; en la costa la importaron y la están sembrando porque al consumidor se le antojó grano largo, ahora quieren grano largo ya no quieren grano chico, es el más vendido, se vende pero no se está ganando mucho.

Parece que demanda más cuidado y demás ¿Verdad?

Es que son variedades que se enferman mucho, entonces requieren mejor tratamiento y mayor gasto.

Claro, entonces la ganancia se va a pique. Don Luis, entonces estos diez mil o veinte mil son el promedio por campaña. Por lo general la producción por hectárea que ha identificado, ¿De cuánto se estima?

Aquí se está estipulado unos cien quintales por hectárea, depende también del terreno, hay terrenos llanos, hay terrenos que le llamamos terrazas y esos producen menos, pero en promedio son unos cien quintales por hectárea, a veces hasta más.

Listo, en las campañas, no sé como aquí han tratado de darle una medida a la cantidad de tamo que sale al pelar el arroz, ¿Por camiones o quintales quizá?

Bueno, que será, un camión diario, no nos hemos puesto a calcular eso, pero uno de esos camiones de quinientos quintales en un día normal se llena (24 metros cúbicos aproximadamente); cuando los días de pilado son normales a veces se pilan quinientos sacos, cuatrocientos sacos o doscientos, dependiendo del tiempo la venta, a veces vienen más unos menos, dicen que le espere y no viene y todo eso, es un relajo esto aquí.

Veo que la paciencia es algo que debe tener por quintales entonces.

Así es.

En sí del arroz que ingresa con cáscara, ¿Cuánto será el porcentaje de tamo, un diez o quince por ciento quizá?

Esas son preguntas completamente nuevas le digo, hablemos de quinientos sacos, en quinientos sacos sale un camión, diez por ciento está bien, un cálculo más o menos estimando.

Estamos hablando de volumen ahora ¿No?

Si claro, pues el tamo es muy ligero, tiene más aire que nada. Don Luis, ¿Qué uso le dan al tamo actualmente o antes que usted recuerde?

Claro, cuando yo empecé esto, inclusive era un barranco, era un hueco detrás de la piladora que se llenaba de tamo nadie lo compraba, entonces la gente lo quemaba, yo incluso lo quemé en unas dos o tres ocasiones.

Justamente en una conversación con algunos familiares, comentaban que se usaba la ceniza del tamo como lavavajillas, ¿Lo procesaban o lo tomaban directamente?

No, lo tomábamos directamente, es una ceniza media azulada a veces rosadita, sale lindísima, con eso se refriega las ollas de aluminio y no queda un grano. Ya se perdió ese asunto porque lo empezó a comprar la gente para hacer cama para criar pollos, lo compran para hacer adobes, ¿Si sabe lo que es el adobe?

Sí, claro.

Lo utilizan para hacer abonos para plantas también, tiene un montón de usos eso.

Y en el caso de los adobes ¿Lo usan quizá para darle más volumen?

No, es para que sea más compacto, para que no se parta, ya que es paja y lo pega, antes le ponían paja de monte, luego encontraron el tamo; incluso creo, no estoy seguro, hasta ladrillos hacen con eso.

Sí, ciertamente me consta que en algunas partes de la costa, se añade el tamo en la mezcla de los ladrillos, cuando ya se quema queda la cavidad del mismo, incluso le colocan con la finalidad de perder peso, pues como son capsulitas de aire coopera con este fin.

En cuanto al arrocillo que acá se produce de los quinientos quintales pilados al día, ¿Cuántos quintales saldrán de arrocillo?

La medida del arrocillo cuando es bueno está en un cuatro, ocho a un diez por ciento, pero cuando el arroz es malo como el de ahora, va de un veinte a veinticinco por ciento y eso ya es pérdida para el dueño pues; arroz normal del cuadro al diez por ciento, arroz desmejorado o con plagas de un veinte a veinticinco por ciento. Por ejemplo lo que le pasó a Campoverde, trajo como trecientos quintales, le salieron como ochenta de arrocillo, el que lo venden a trece dólares y el de arroz a treinta y cuatro, es una pérdida para mí, porque no se cobra por el arrocillo, y debemos cobrar porque es mano de obra, máquinas y empleados. No podemos seguir trabajando a pérdida, por lo que darle un

valor agregado sería conveniente hablarlo con los demás compañeros y acordar un porcentaje.

Disculpe, ¿En cuanto está el precio del saco de arrocillo?

Eso depende de la oferta y demanda, está últimamente a trece dólares.

¿Ese es el costo más alto al que puede llegar?

No, incluso puede llegar a los quince dólares, es una demanda media por ahora, y el precio cuando hay mucho se lo puede vender hasta en 11 dólares.

Esto lo usan para alimento de animales estimo.

Sí, aunque cuando es grano grande lo usan las personas para hacer consomé, para no estar quebrando el arroz bueno, usan el arrocillo.

Don Luis, en cuanto al polvillo, tomando como medida los quinientos quintales al día ¿Cuánta cantidad saldrá?

Un veinte o veinticinco por ciento normal.

El polvillo en sí va para alimentar animalitos también verdad.

SÍ, lo mezclan con melaza para caballos. Ahora que no ha llovido lo han llevado bastante.

¿El polvillo de donde proviene?

Es al momento de blanquear el arroz, como un lijado para quitar la cascara café del grano (pericarpio) y la semilla (germen), es como pulir el grano, así queda blanco y se conserva por más tiempo.

El costo del saco ¿Cuánto es?

Unos doce dólares, pero cuando hay demanda se vende hasta en unos ocho dólares. Ese si se queda, y ese cuando se queda empieza apolillarse rápido.

¿En qué tiempo comienza a dañarse?

Hasta los seis meses empieza la polilla y allí hago que se lo lleven y lo boten por allá arriba, porque la polilla contamina todo.

Esto cada que tiempo se vende.

Esto es periódicamente, cuando el maíz baja, se vende poco, cuando el maíz sube se vende mucho porque es usado como alimento.

¿El camión de tamo en cuanto está?

Ese lo vendemos en unos treinta dólares, veinticinco dólares; la vez pasada tuve que pagar una pala mecánica para que lo saque, abrí también las compuertas para que la gente se lo lleve pero nadie quería, entonces tocó sacarlo. En la costa ha de ser más, volúmenes inmensos en la cantidad de arroz que se produce. Aquí cerca en Zapotillo, se produce mucho también.

Don Luis entonces, yo le agradezco infinitamente por su tiempo y la importante información que me ha brindado.

No tiene de qué, agradezco su visita.

Lugar: Cantón Macará, Parroquia urbana Macará.

Fecha: 13 de septiembre de 2018.

Planta procesadora "COAGRO"

Entrevista a José Castillo

Por Darío López León

En esta mañana, 28 de Agosto de 2018, en el cantón Arenillas, Parroquia rural La Cuca, he solicitado una entrevista informativa en la piladora "COAGRO" como parte de la búsqueda de datos para el trabajo de titulación en la carrera de arquitectura.

Me encuentro en compañía del señor José Castillo, quién es el jefe de cuadrilla dentro de la planta y será quién aclarará las interrogantes que se han planteado.

Señor José buenos días, para empezar con esta entrevista, estimo que es importante conocer en qué estado el arroz ingresa a la planta.

El arroz entra así con pajitas y cáscara, la llamamos gramínea, así la trae el productor para ser pelado.

¿Usted conoce que especie de arroz aquí se procesa?

Hay arroz de algunas variedades, la nueve, once, once mejorado, hay catorce, catorce ochenta, ahora ha salido un arroz que le llaman poderosa, hay uno que le llaman ETL Arenillas, con eso se trabaja aquí en este momento.

¿Aproximadamente cuántos quintales de gramínea llega el arroz, por día o por semana?

Ahora esta la producción de hecho mal, a lo mucho hasta para pilar hasta mil quintales; de allí cuando está bueno bueno se pilan hasta tres mil quintales semanales, cuando hay a full arroz.

Digamos en estos tiempos de mil quintales, ¿Depende mucho de la estación?

Sí, pero más por lo que la gente ya no siembra mucho por lo que hubo una temporada en la que se perdió mucho en esto, por eso por aquí a la agricultura la están haciendo a un lado, la gente camaroneras es lo que está haciendo, están preparando el terreno para eso, hace unos dos o tres años era bueno.

¿Considerando estos mil quintales semanales actualmente, cuantos quintales de arroz salen para la venta, o sea , el grano entero, limpio?

Saldrán unos novecientos quintales de arroz, porque el resto es arrocillo, aquí el arroz sale limpiecito, mucho un dos o cuatro por ciento de arrocillo; porque cuando usted compra el arroz, le ve que tiene arrocillo, el arroz sale purito, por lo general la gente aquí lo compra y lo lleva para entreverarlo, eso ya es muy aparte, aquí el arroz se les entrega purito hasta el cuatro por ciento lo máximo que se le puede dejar; pero siempre la piladora deja un dos por ciento, usted lo coge en la mano y el arroz es purito mucho grano entero.

¿Por qué del arroz sale el arrocillo?

Es por que la gente lo cosecha pronto por las lluvias, otra el pájaro les gana y vienen los arroces verdes, entonces esos arroces claro que salen enteros pero con una panza blanca por lo que no está bien hecho, o también la gente aprovecha cuando está la máquina que cosecha, ve que está cerca de alguno cosechando y que termina, o algunos no cosechan el tiempo que les toca o a otros se les pasa.

¿El problema tiene que ver con las máquinas?

No hay mucho problema con las máquinas, lo malo es que no hay mucha producción, antes faltaba personal aquí, ahora somos pocos.

¿Esto es el arroz en sacos listo para la venta?

No, esto es el polvillo, el polvillo sale por tolvadas unos tres quintales.

¿Cuál es la capacidad de una tolvada?

La tolvada, la más pequeña es de doscientos quintales de arroz pilado, cuando el arroz es bueno salen hasta veintitrés o si no solo unos veinte en lo mínimo.

Por ejemplo si hay unos doscientos quintales de arroz que salen de la piladora, súmele diez de arrocillo grueso y diez de arrocillo fino, no unos siete nomás del fino porque de ese siempre sale menos, entonces, dividido para diez tovadas, salen veintiuno punto siete quintales por tolvada, un quintal de arrocillo grueso y punto siete del fino.

En cuanto al tamo amigo, ¿Hay alguna cantidad de medida para saber cuántos quintales salen por cada tolvada de arroz?

¿Solo del tamo?

Si del tamo solito, todo lo que se bota.

Ahí si no le podría dar resultado, aquí como cae a una tolva que tenemos atrás y aquí como ser la llevan los camiones como ese que pasa allí. Más o menos de unas diez tolvadas que se pilan llena un camión de esos, porque vienen aquí y compran eso.

¿Hacia dónde y para qué lo llevan?

Lo llevan a la parte alta para los pollos, más o menos de unas ocho a 10 tolvadas sacan un camioncito de esos, un Hino de seis llantas.

¿Llevan el camión al tope, completamente lleno?

Sí, llenito lo llevan.

¿En cuánto venden el tamo a estos señores?

El camión está a unos cincuenta dólares según lo que le oí a mi compañero.

¿Amigo, el costo del saco de arrocillo?

Está según como salga, aquí en la empresa mismo hay dos señores que lo venden, lo compran a trece o catorce; porque salen dos variedades, un grueso y un fino, el grueso lo pagan a catorce y el fino a trece.

El uso general que le dan al arrocillo es para darle mayor peso al arroz en las tiendas o alimentación de ganado ¿verdad?

Aquí lo llevan más para alimentar animales, porque para ese otro camello es poco, creo que traen de otros lugares.

En cuanto al tamo, ¿Conoce usted algún otro uso que se le dé, a parte del que tiene en los galpones?

No, solo para los galpones he sabido que llevan eso, hay gente que lleva por poquitos, como para pollos nomás llevan. Recuerdo que antes con el propio tamo se secaba el arroz, se lo quemaba dentro de los túneles, ahora ellos están limpios, pero antes pasaban sucios, llenos de ceniza, por eso ahora secamos el arroz con gas y el túnel pasa limpio.

Aquí es donde llega el tamo, ahora está limpio, esa tolva es donde cae. El tamo ahora está con polvo, por lo que ya es lo último, de allí cuando hay más, es pura cascarita.

Estimo que estos sacos son de polvillo verdad?

Sí, este es el polvillo que sacamos de aquí, le llamamos mascono.

Disculpe, ¿Por qué del nombre mascono?

Porque es más puro, hay algunos tipos, unos que vienen de Guayaquil, allá hay máquinas que muelen al tamo, lo hacen polvo, por eso salen algunas clases de polvillo, pero el que sale aquí es más puro.

En cuanto a este arrocillo que está en el suelo, con plumas y demás basuritas, ¿Qué fin tiene?

Ese ya va a la basura, hay gente que lo lleva para los pollos que tienen en la casa pero más se lo bota.

¿Estas pajitas de donde provienen?

Salen de la primera zaranda del arroz, son solo pajitas que vienen con el arroz cuando lo cosechan. Con la máquina, que a veces no gradúan la máquina y viene con eso, otros si la gradúan y el arroz viene purito.

¿Tiene algún uso especial esta paja?

Yo sé que a las bananeras lo llevan.

¿Cómo fertilizante?

Sí, para eso ha de ser; pero cuando se amontona se lo bota y se lo quema.

¿La presencia de estas pajitas es muy común o de repente no más viene así?

Sí, es muy común, siempre viene así el arroz.

Toda esta maquinaria que ve aquí es para el pilado del arroz, las zarandas (tamices), de aquí sale el arroz limpio.

José, la parte del rendimiento del polvillo le pido una nueva aclaración, era por tolvada.

Por tolvada le sale más o menos tres quintales, en arroz molido le bota según cómo el agricultor cuide su arroz le bota hasta veintidós o veintitrés incluso a veces hasta menos, diecinueve o dieciocho quintales.

¿ Diecinueve o dieciocho quintales de arrocillo?

No, allí le sale veinte entre arrocillo y arroz, uno y uno para hacer la cuenta, así se pila, se sacan unos docientos o docientos veinte quintales, de allí sale un presupuesto de cuanto le sale, ; si le botó unos doscientos de arroz, más unos, entre grueso y fino que le haya votado unos dieciocho o diecisiete, porque el fino siempre bota menos, pongámosle unos diecisiete, sería doscientos diecisiete, doscientos diecisiete dividido para diez tolvadas, le esta botando de la tolvada a veintiuno setenta, para diez tolvadas que le bote doscientos diecisiete, entre arrocillo y polvillo, esa es la tolvada que uno ya le saca.

¿De allí viene el tamizado y cernido verdad?

Claro, de allí ya purito le queda doscientos, pero usted como quiere saber como le quedó por tolvada, le suma todo eso y le divide por las diez tolvadas.

Diez tolvadas, doscientos diecisiete quintales procesados

Procesados pero entre arroz y arrocillo, le coge y divide allí por las diez y le sale el porcentaje de como la ha salido por tolvada.

Nosotros cobramos el trabajo por tolvada.

¿Cual es el máximo de contenido que puede acaparar una tovada?

Veinte cintales, como ser ese señor que vino enantitos (hace un momento), ese le bota hasta veintitrés o veinticuatro, porque el dueño le hizo un crecimiento para arriba a la maquinaria y llena más, y cuando el arroz esta bueno le bota hasta veinticinco por tolvada por que le crece más; antes había cosechadora grande y pequeña, las grandes se perdieron casi y solo vienen las pequeñas, por eso dicen tolvada pequeña, tolvada pequeña y uno ya sabe la cantidad que entra.

¿Entra en gramínea el arroz, verdad?

Sí, así entra.

Sin sacarse las pajitas, o con pajitas y todo, esas del saco ¿o cómo?

La máquina es un grado que tiene, de como ser así la cosechadora venga para que vea.

Este de aquí le llevan pero no sé para qué le llevan también (trozos de paja provenientes del tallo y hojas de la planta).

Este proceso de poda al arroz ¿para qué es?

Es para que crezca nuevamente la planta, antes la gente cogía y araba, vuelta el terreno para volver a sembrar, ahora ha salido una tecnología de dejarlo vuelta nacer, dejarlo vuelta crecer y sale igual muy bueno el arroz.

Esto es lo que cosecha y esto es lo que la máquina bota, y van unos pedacitos como lo vio en la máquina se pasan y llegan allá.

Aquí le llenan de agua vuelta para que crezca y nazca vuelta. A esto le llaman la soca. Así queda cuando se cosecha, luego se la deja brotar, hay una máquina que tiene como machetes, viene y como que lo poda; no se si ha visto como cuando las vacas se comen la hierva y crece con más fuerza, por eso le están quitando la paja. Antes la gente lo que hacía es hecharle candela y enraba el arado vuelta de la máquina y a sembrar de nuevo. Pero aquí hubo un señor que no sé de donde trajo esa inteligencia y le llaman resoca, o sea soca, como ya es cotada entonces le llaman resoca.

¿Y hasta cuantas veces la planta soporta este proceso de poda y crecimiento?

Por aquí he escuchado que un señor le hace hasta tres veces y saca el arroz.

¿Y el tiempo de cosecha es menor para cosecharla?

Claro es menor, porque normal normal para sembrar y cosechar son cuatro meses.

¿Y con esto?

Es como una semana o dos menos.

Excelente, el tiempo es oro.

Y ya invierte menos, menos maquinaria.

Claro menos trabajo, menos tiempo de sembrado.

Yo he visto que entran camiones a llevarse esto pero no sé para qué mismo será (pajas del campo antes dichas).

¿Quizá para establos?

A de ser, no sé. A veces en la máquina se va pero la máquina lo saca y luego solo queda el granito puro.

Sin más por el momento, señor Castillo le agradezco infinitamente por su tiempo.

Lugar: Cantón Arenillas, Parroquia rural La Cuca.

Tabla de registro Higro-térmico durante el proceso de fermentación para obtención de las fibras de banano

Fecha	Temperatura °C	Humedad Ambiental%
8 de agosto		
8 am	29	73
12 pm	34	56
4 pm	33	57
9 de agosto		
8 am	27	70
12 pm	30	63
4 pm	36	41
10 de agosto		
8 am	24	79
12 pm	25	75
4 pm	24	71
11 de agosto		
8 am	24	70
12 pm	29	69
4 pm	32	54
12 de agosto		
8 am	24	79
12 pm	30	65
4 pm	25	73
13 de agosto		
8 am	23	82
12 pm	24	78
4 pm	23	79
14 de agosto		
8 am	23	80
12 pm	34	51
4 pm	33	78
Promedio semanal	**27.90**	**68.71**

Presupuesto para paneles y mampostería de residuos vegetales

Equipos						
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo hora	Rendmt	Costo	Costo total
Trozadora	1	u		0,7	0,2	0,14
Tamizadora	1	u		0,6	0,1	0,06
Cubos para fermentación	1	u		0,4	0,5	0,2
Mezcladora	1	u		0,7	0,1	0,07
Prensa	1	u		0,6	0,1	0,06
Horno	1	u		0,5	0,2	0,1
Mano de obra					Total	0,63
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo hora	Rendmt	Costo	Costo total
Operador 1	1	u	3	0,8		2,4
Operador 2	1	u	3	0,9		2,7
Operador 3	1	u	3	0,1		0,3
					Total	5,4

Materiales						
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo hora	Rendmt	Costo	Costo total
Fibras de banano (Tallo)	500	kg			0,05	25
Aserrín	150	kg			0,03	4,5
Cascarillade arroz	100	kg			0,5	50
Ácido bório	2,5	kg			1	2,5
Arrocillo	250	kg			0,3	75
					Total	157
Transporte						
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo hora	Rendmt	Costo	Costo total
Fibras de banano (Tallo)	500	kg			15	15
Aserrín	150	kg			10	10
Cascarillade arroz	100	kg			30	30
Arrocillo	250	kg			10	10
					Total	65

Total Costo	227,4
Costo u bloques	0,09
Costo m2 panel	2,10

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Darío Miguel López León** portador de la cédula de ciudadanía Nº 0706249513. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **"Desarrollo de módulos termoaislantes para tabiquería interior a base de residuos vegetales. Estudio realizado en Arenillas, Santa Rosa y Macará"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 02 de julio de 2019

F: .....

Darío Miguel López León
C.I. 0706249513