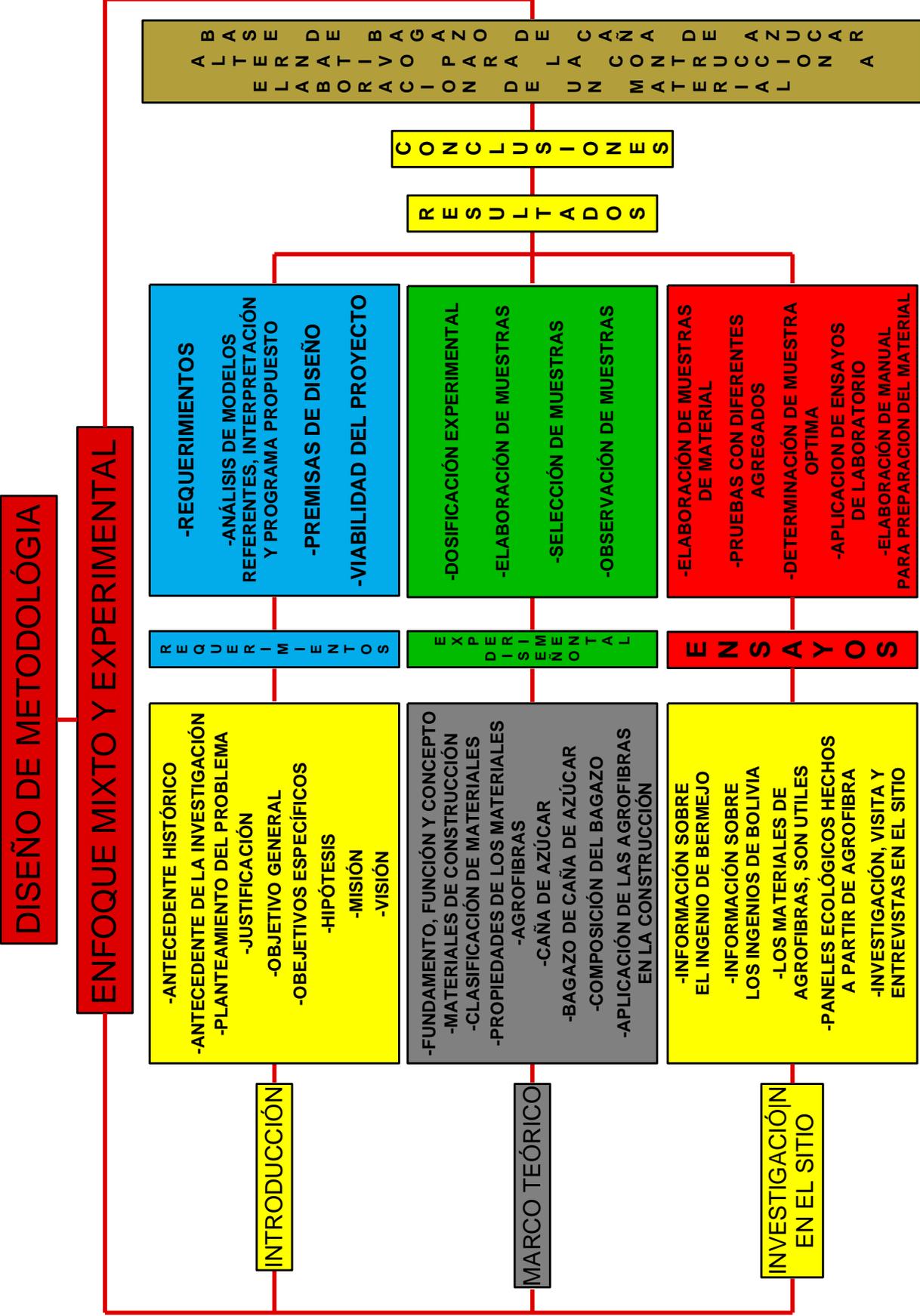


INTRODUCCIÓN



1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En Bolivia existen 5 ingenios azucareros, distribuidos por todo el país y ubicados en zonas aptas para el cultivo de la caña de azúcar, en el departamento de Tarija, en el municipio de Bermejo existen las industrias agrícolas de Bermejo S.A. que abastece de azúcar al sur de Bolivia. (<http://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=374>)

El ingenio tuvo su primera zafra en el año de 1968 con una capacidad de 1200 toneladas al día. En el año de 1974 se amplió la capacidad de molienda con un ingenio paralelo “Moto Méndez” con una producción de 2000 toneladas al día. Por el año 1985 se fusionó en uno solo: "Ingenio Moto Méndez", se hizo una ampliación para la molienda de 4 mil toneladas al día. Actualmente cuenta con una capacidad de molienda de 4.500 toneladas/día.

(<http://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=374>)

La caña producida en campo está entre 500 a 600 mil toneladas, dependiendo si hay o no una baja en la producción anual. La producción máxima que se ha obtenido es de 1 millón 625 mil toneladas/año. Actualmente proyecta una producción de 1 millón 300 mil quintales con una molienda de 570 mil toneladas de caña. (<http://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=374>)

El bagazo obtenido como subproducto de la caña de azúcar no ha tenido un uso significativo desde la construcción de la fábrica, siendo considerado más un desecho como un subproducto, utilizado para alimentar animales y siendo devuelto a las plantaciones con intención de aprovechar su descomposición para ser consumido como abono natural, sin embargo en el año 2017 se presentaron planes para aprovechar los residuos de la caña, con apoyo internacional.

Según la propuesta planteada se pretende aprovechar los residuos para la generación de energía eléctrica con la combustión del bagazo, elaboración de abonos orgánicos, pellets o briquetas de carbón, sin embargo estas alternativas incluyen la quema del bagazo generando emisiones de CO₂ y también procesamiento químico para la elaboración de los fertilizantes.

2.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones respecto al bagazo de caña de azúcar fueron realizadas por especialistas agrónomos y botánicos para clasificar la caña de azúcar siendo de la misma manera estudiado el bagazo, se realizaron estudios a su composición química, y se sometieron a diferentes pruebas de laboratorio con el fin de recolectar información sobre esta especie vegetal, no se realizaron estudios con el fin de encontrar otras posibles aplicaciones.

Sin embargo se realizaron algunos estudios por parte de universidades que estudiaron las propiedades de diferentes agrofibras siendo una de estas el bagazo, y se determinó que contiene una composición similar a la de otras fibras que son muy requeridas por el campo de la construcción, aun así no se ha investigado lo suficiente ni se ha descubierto o explotado el gran potencial de esta fibra vegetal.

La aplicación del bagazo en el campo de la construcción, no fue experimentado de manera intensa, se realizaron investigaciones con las cenizas del bagazo de la caña de azúcar creando generando reacciones químicas con soluciones similares a las propiedades puzolanas del cemento romano, diferentes investigaciones prueban que las cenizas del bagazo de caña de azúcar es apta para sustituir parcialmente el cemento.

Existen estudios realizados con las fibras, para la elaboración de paneles no portantes en combinación con aditivos para garantizar su efectividad, también se utilizó el bagazo para reforzar las propiedades de paneles con otro componente principal.

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las emisiones de CO₂ y contaminación ambiental son producidas en un gran porcentaje por la elaboración de materiales de construcción, por tal razón la industria de materiales de construcción tiene un impacto negativo a los ecosistemas y al medio ambiente.

En Tarija se cuenta con el ingenio azucarero de Bermejo donde se produce residuos de la molienda de caña de azúcar, del cual se obtiene la fibra del bagazo de caña como residuo industrial, el cual no tiene un uso adecuado.

Con la presente investigación se pretende dar uso a estas fibras para la elaboración de materiales de construcción, haciendo que en su elaboración no haya el proceso de combustión y de este modo contribuir a un menor impacto ambiental.

4.- HIPÓTESIS

La aplicación del bagazo de caña de azúcar, podría ser utilizado como un material de construcción, por su composición química, que es similar a otra agro fibra (cáñamo), con el cual se realizan materiales de construcción, el bagazo por la cantidad que existe, y por su composición química, podría tener una aplicación en la construcción.

5.- JUSTIFICACIÓN

La necesidad de aplicar técnicas y materiales constructivos que no contaminen en su proceso de fabricación, se ha convertido en una preocupación socio ambiental a nivel mundial. El incontrolable crecimiento de las industrias que emiten emisiones de CO₂, no regulan ni aplican políticas para la reducción de estos gases, por tal razón la aplicación de técnicas alternativas para la elaboración de materiales ecológicos amigables con el medio ambiente son la respuesta para contrarrestar y disminuir los efectos ocasionados por las industrias.

Las agro-fibras son residuos lignocelulosos, fibrosos, obtenidos de plantas con materia orgánica fibrosa, como por ejemplo la caña de azúcar que contiene la fibra llamada bagazo que se obtiene de la salida del último molino del tándem, que en la fábrica de azúcar extrae el jugo de la caña, La parte designada como fibra por los azucareros está compuesta de toda la fracción sólida orgánica insoluble en agua presente originalmente en el tallo de la caña. La elaboración de un material alternativo a la elaboración industrial, aplicando agro-fibras para sustituir parcialmente al cemento o ladrillo, disminuirá la contaminación en el proceso de su fabricación, y se estará dando uso alternativo de un material de residuo industrial.

En nuestro país existen 5 ingenios azucareros, que generan el residuo industrial del bagazo de caña de azúcar, el cual es destinado a diferentes usos como abono, alimento para animales e insecticidas pero no existe la posibilidad como material de construcción.

El bagazo de la caña de azúcar, al estar constituido principalmente por la lignina y la celulosa que son dos sustancias que constituyen el principal componente de las paredes celulares de los vegetales, dándole dureza y resistencia a la fibra del bagazo. Otra de las cualidades más importantes para utilizarlo como un material de

construcción es que es insoluble al agua, una de las características que debe tener un material convencional. Asimismo al ser un material de procedencia orgánica, se constituye en un material con propiedades térmicas similares al adobe.

6.- OBJETIVO GENERAL

Elaborar un material alternativo para la construcción, que cumpla con las características necesarias de un material, empleando las propiedades naturales de las agro-fibras del bagazo de caña de azúcar, para la aplicación en construcciones arquitectónicas.

7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si las agro-fibras del bagazo de caña de azúcar, pueden aplicarse como agregado para un material constructivo.
- Definir los posibles usos de aplicación como material constructivo, para proponer aplicaciones específicas.
- Elaborar un material eficiente y amigable al medio ambiente, para mitigar la contaminación ambiental que ocasiona la industria de la construcción.
- Aplicar los ensayos de laboratorio necesarios, en las muestras obtenidas de la investigación.

8.- MISIÓN

Elaboración de un material de construcción alternativo, para la sustitución parcial de los materiales convencionales, empleando residuos industriales del ingenio azucarero de Bermejo.

9.- VISIÓN

Aplicación en la construcción con este material alternativo, en edificaciones de mediana complejidad y de esta manera contribuir a un menor impacto ambiental, y aportar tecnológicamente al campo de la arquitectura.

MARCO TEÓRICO

10.- ALCANCE TEÓRICO

10.1.- FUNDAMENTACIÓN

Existe la necesidad de investigar sobre la aplicación de las agrofibras en la construcción, para presentar propuesta de materiales alternativos, que ayuden a disminuir el impacto ambiental, que genera la industria de la construcción.

La fundamentación teórica de esta investigación pretende la elaboración de un material alternativo para la construcción, enfocado a la aplicación de paneles ligeros no estructurales, que cumpla con las características necesarias que deba tener un material, empleando las propiedades naturales de las agrofibras del bagazo de caña de azúcar, para la aplicación en construcciones arquitectónicas.

A nivel de interpretación teórica la investigación científica de este material puede fundamentarse tomando en cuenta los siguientes aspectos:

-Existe la materia prima para la elaboración del material.

En el ingenio de Bermejo, anualmente se genera un aproximadamente 103,200 Tn De bagazo de caña de azúcar que se utilizará como materia prima.

-La explotación de caña de azúcar, es un recurso renovable, a diferencia de otras fuentes de abastecimiento para la fabricación de materiales.

La materia prima que se utilizara para esta investigación, se origina de la caña de Azúcar, la cual es un recurso renovable ya que se cultiva anualmente.

-Se aprovechará los desechos industriales de una fábrica industrial, para elaborar el material.

El bagazo de la caña de azúcar es en realidad un desecho industrial, y esta será la materia prima para la elaboración del material, reciclando estos desechos.

-En el proceso de elaboración se pretende evitar la combustión en fabricación, para evitar o disminuir las emisiones de CO₂.

10.2.- DEFINICIÓN

El material que se pretende elaborar, requiere para obtener mejores resultados, un punto de partida definido, y para este motivo se plantea enfocar la investigación a la elaboración de un material no estructural tipo portante, orientado a la fabricación de muros y paneles.

Según la evolución de la investigación, se realizará la interpretación de los resultados estudiados, para proceder a una evaluación de los resultados, y de esta manera definir el uso adecuado para el cual se podría utilizar el bagazo de caña de azúcar, tomando en cuenta que en proyectos de esta índole, las hipótesis, los resultados, y las proyecciones pueden variar o cambiar, durante el proceso de la investigación.

Tomando en cuenta el punto de partida definido, se plantea emplear diferentes aspectos que aportaran características especiales al material, tanto como de calidad, funcionalidad, tomando modelos y aplicando métodos de comparación con materiales similares.

10.3.- CONCEPTO

Para aplicar un concepto de innovación en esta investigación, y de esta manera dotar de una singularidad al material, para lograr este planteamiento, se plantea lo siguiente:

Elaborar un material que aporte tecnológicamente al campo de la arquitectura, tomando en cuenta que en el proceso de elaboración se plantea reciclar desechos industriales de procedencia orgánica. Siendo de esta manera un material que genera biomasa (agrícola) tanto en su elaboración como en su colocado, que son los que permiten transformar los residuos en recursos, aportando de esta manera una singularidad al material, que es la de que la materia prima absorbe CO₂ y lo convierte en oxígeno, tanto como en estado de planta o en estado de desecho. Tomando en cuenta que esta es una singularidad propia de la materia orgánica, se plantea un concepto innovador del material ya preparado.

Elaborar un material de origen reciclado, ecológico, ligero y que permita crear, transformar, reducir, ampliar o modificar espacios arquitectónicos, aplicando tecnología que permita la movilidad del material, y recreando técnicas de materiales que se repliegan, se colocan fácil y se pueden desmontar fácilmente, de esta manera se podrá modificar los espacios arquitectónicos, ya que no se contará con un material rígido, estático que no permite su desplazamiento, otorgando de esta manera una singularidad al material ya elaborado.

11.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se definen como materiales de construcción a todos los elementos o cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma, de tal manera que cumplan con los requisitos mínimos para tal fin. Como ser las especificaciones técnicas, como Resistencia Mecánica, Desgaste, Absorción, y Resistencia a la Compresión. La mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra. (<http://dearkitectura.blogspot.com/2011/02/>).

11.1.- MATERIALES NATURALES

Son aquéllos que se emplean en las construcciones prácticamente tal como proceden de la Naturaleza, o sea sin experimentar cambios en su composición química ni en constitución física, aunque se haya alterado su forma física natural. Por ejemplo la piedra triturada que es un material natural, cuya forma se ha alterado al ser desmenuzado. (<http://dearkitectura.blogspot.com/2011/02/>).

11.2.- MATERIALES ARTIFICIALES

Son aquéllos que han sufrido un proceso de transformación antes de emplearse en las construcciones, experimentando cambios físicos y químicos por ejemplo el cemento, el acero etc. Tanto los materiales de construcción naturales como los artificiales se deben emplear en las obras de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, siguiendo una serie de normas, características o necesidades que limitan su elección. (<http://dearkitectura.blogspot.com/2011/02/>).

11.3.-MATERIALES ECOLÓGICOS

Este tipo de materiales, no son más que aquéllos que la propia naturaleza proporciona y que se han venido utilizando en la construcción de viviendas durante miles de años: madera, barro, corcho, mármol, etc. y a los que se les pueden añadir nuevos materiales para lograr una utilización ecológica de los mismos: termoarcilla, sudorita, geotextiles, bioblock, celenit, cables afumex, arlita, heraklith, pinturas biofa. También se elaboran materiales ecológicos a partir de escombros y de residuos sólidos industriales, que sustituyen el consumo creciente de materias primas, escasas o ubicadas en sitios distantes, reduciendo el incremento de costos y resultando más económicos que los materiales tradicionales de construcción. Podemos citar como ejemplo los sistemas de ahorro de agua y autoabastecimiento con energía solar y/o eólica. ([https://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente / ecoproductos/ materiales-ecologicos](https://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente/ecoproductos/materiales-ecologicos)).

11.4.- DEFINICIÓN DE ECOLOGÍA

La ecología es la especialidad científica centrada en el estudio y análisis del vínculo que surge entre los seres vivos y el entorno que los rodea, entendido como la combinación de los factores abióticos (entre los cuales se puede mencionar al clima y a la geología) y los factores bióticos (organismos que comparten el hábitat). La ecología analiza también la distribución y la cantidad de organismos vivos como resultado de la citada relación. (<https://definicion.de/ecologia/>).

12.- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

12.1.-MATERIALES PÉTREOS

Los materiales pétreos son de procedencia natural, se pueden aplicar directamente sin tratamiento, también se transforman en materia prima para la elaboración de otros materiales, aplicándolos como agregados para el hormigón, mediante la pulverización de algunas piedra específicas se obtiene la materia prima para la fabricación de algunos conglomerantes como ser la cal, yeso y cemento. (https://es.wikipedia.org/wiki/Materiales_p%C3%A9treos).

12.2.- MATERIALES CERÁMICOS

Los materiales cerámicos son procesados a partir de la arcilla, que en contacto con el agua obtiene una consistencia plástica, de la cual se puede elaborar adobes y tapiales, cuando la arcilla se somete a temperaturas que superan los 900° C, esta adquiere la resistencia y durabilidad, propia de los materiales cerámicos, siendo uno de los materiales más utilizados en la construcción. (https://es.wikipedia.org/wiki/Material_cer%C3%A1mico).

12.3.- MATERIALES METÁLICOS

Los materiales metálicos resultan de la extracción de los minerales que se encuentran de forma natural en yacimientos o minas, son procesados mediante la fundición a calor y tratados químicamente, los más utilizados en la construcción son el hierro y el aluminio, la combinación de hierro más carbono da como resultado el acero.

12.4.- MATERIALES ORGÁNICOS

Los materiales orgánicos son aquéllos que se obtienen directamente de la naturaleza, son fibras vegetales principalmente algunas especies de madera con propiedades aptas para la construcción, también se utilizan otras especies vegetales como ser el bambú, corcho, paja y las agro-fibras, también se puede obtener materiales de los residuos industriales de las maderas, llamados aglomerados. (https://es.wikipedia.org/Materia_org%C3%A1nica).

12.5.- MATERIALES SINTÉTICOS

Los materiales sintéticos resultan en su mayoría de la derivación del petróleo, y son tratados químicamente con alquitranes y polímeros lo que otorga resistencias y durabilidad, son muy utilizados en la construcción porque son inalterables, lo que dificulta su degradación, convirtiéndose en materiales contaminantes, como resultado se obtienen plásticos PVC, neopreno, acrílicos, pinturas, asfalto, etc. (<https://es.scribd.com/document/77915772/MATERIALES-SINTÉTICOS-OBTENIDOS-DEL-PETRÓLEO>).

Los materiales de construcción también se clasifican por su función de los cuales se conocen los materiales estructurales y los materiales no portantes o estructurales.

13.- MATERIALES ESTRUCTURALES

Son aquéllos capaces de soportar esfuerzos, utilizados para reforzar las estructuras.

13.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES

- Se caracterizan por tener resistencia y módulo de elasticidad en compresión relativamente altos y por una baja resistencia en tensión.
- La falla es de carácter frágil, tanto en compresión como en tensión.
- El material formado por un conjunto de piedras naturales o artificiales unidas o sobrepuestas se denomina mampostería.
- Las zonas de contacto entre las piezas o piedras individuales constituyen planos de debilidad para la transmisión de esfuerzos de tensión y de cortante.
- La unión entre las piedras individuales se realiza en general por medio de juntas de morteros de diferentes composiciones. (Revista ARQHYS. 2012, 12. Materiales estructurales. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com.).

Los materiales estructurales más utilizados por sus características específicas son los siguientes:

-hormigón armado

-acero

-mampostería

-madera

14.- MATERIALES NO PORTANTES

Los materiales no portantes actúan como cerramientos y divisiones, estos muros no soportan cargas debido al material con el cual son construidos, son fabricados con diferentes elementos y generalmente se fabrican paneles, aglomerados, placas de yeso, etc.

15.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Con el objeto de garantizar la calidad, seguridad y durabilidad de los materiales se presentan requisitos mínimos que deben cumplir para certificar su aplicación, las cuales son detalladas en hojas de especificaciones técnicas según el producto requerido, las propiedades varían según el material, los requisitos más comunes que presenta los materiales de construcción son los siguientes:

- Resistencia mecánica: Capacidad para soportar esfuerzos de compresión.
- Elasticidad: Capacidad para recuperar la forma al ser sometido a un esfuerzo.
- Plasticidad: Deformación permanente ante esfuerzos mecánicos.
- Conductividad térmica: Capacidad para obtener energía térmica.
- Coeficiente de dilatación: variación de tamaño al contacto con la temperatura.
- Higroscopicidad: Capacidad para absorber agua.
- Densidad: Relación entre masa y volumen.
- Rigidez: Resistencia a la deformación.

16.- LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, Y SU IMPACTO AMBIENTAL

Los materiales de construcción generan distintos tipos de impacto en el ambiente, ya sea por la explotación de la materia prima para elaborar los mismos o los recursos naturales que se requieren para elaborar los mismos, la mayoría de los materiales son procesados industrialmente lo que genera emisiones de CO₂, contaminando la atmosfera, pero también existen materiales que son gestionados de forma responsable y reciclados de diferente manera.

16.1.- LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

La madera es uno de los materiales de construcción más sostenibles, de acuerdo a sus características de obtención, renovación y posibilidad de reutilización o reciclaje. Para asegurarnos de que se haya obtenido en forma sustentable, debemos buscar, en las maderas que compremos, el sello FSC. El FSC es un certificado de Cadena de Custodia, vigente en muchos países, que garantiza que la fuente de donde se obtuvo el material es controlada, o que es un material obtenido por reciclado. En el caso de la madera, esto nos garantiza que se ha talado de bosques gestionados en forma responsable. Otra de las características de sustentabilidad o sostenibilidad de la madera, es que, finalizada su vida útil, puede convertirse en biomasa, o ser usada para construir aglomerado (compuesto de maderas recicladas). (Patricia Rossi - los-materiales-de-construcción-y-su-impacto-ambiental).

16.2.- LA PIEDRA EN LA CONSTRUCCIÓN

En el caso de la piedra usada como material de construcción, el mayor impacto está en la forma de extracción y en los efectos de esta extracción, ya que las labores que se realizan en las canteras modifican, sin duda, el medioambiente. El necesario uso de agua implica que, en ocasiones, se contaminen vertederos naturales, o se impida el acceso al agua de poblaciones aledañas. (Patricia Rossi - los-materiales-de-construcción-y-su-impacto-ambiental).

16.3.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONALES

Si decidimos usar materiales de construcción tradicionales, como el hormigón o el cemento, debemos tener en cuenta que el cemento requiere de mucha energía para su fabricación y manipulación, además de ser potencialmente riesgoso para la salud. El hormigón, además, tiene un alto impacto ambiental. Sin embargo, existen ahora nuevos tipos de hormigón, con añadido de fibras de polipropileno, para hacerlo más resistente, y disminuir la cantidad de barras de acero. También se han creado acelerados de fraguado que no producen residuos tóxicos. (Patricia Rossi - los-materiales-de-construcción-y-su-impacto-ambiental).

16.4.- ACERO, ALUMINIO Y PLÁSTICO PARA CONSTRUIR

Metales como el acero y el aluminio, también de uso tradicional en construcción, consumen mucha energía en su fabricación, y contaminan la atmósfera. La ventaja de su uso radica en que se necesita menor cantidad en comparación con otros materiales, para la misma prestación, por su resistencia. Todos los plásticos son derivados del petróleo, por lo que no hace falta explicar el impacto de su fabricación y uso. Pero

también es cierto que, en parte, el plástico compensa este gasto energético siendo uno de los mejores aislantes térmicos, y por el hecho de que puede reemplazar a materiales mucho más contaminantes, como el cobre o el plomo, en los sistemas de tuberías. (Patricia Rossi - los-materiales-de-construcción-y-su-impacto-ambiental).

17.- AGROFIBRAS

Las agrofibras son fibras vegetales derivadas de los residuos de las cosechas agrícolas responsablemente gestionadas, estas fibras son aprovechadas por la industria de la construcción para la fabricación de paneles a base aglomerados, ya que las fibras vegetales son fácilmente disponibles en el campo de la agricultura. La gran mayoría de las agrofibras contienen dos elementos químicos que son clave para la utilización del mismo, la celulosa y la lignina los cuales otorgan dureza a las fibras, convirtiéndola en materia insoluble al agua, mismas características que contiene la madera apta, convirtiendo a las agrofibras aptas para la construcción en combinación con otros elementos.

Las fibras vegetales no liberan toxinas perjudiciales, mas al contrario según investigaciones científicas la biomasa de las plantaciones que contienen fibras vegetales, capturan carbono y dióxido de carbono del aire, transformándolo con un proceso natural en oxígeno.

De la utilización de las fibras vegetales se fabrican materiales de rápida renovación, siendo las más utilizadas las fibras de cáñamo, trigo, paja, bambú, cañas, lino, yute, bagazo de caña de azúcar, etc. (<http://www.mimbrea.com/materiales-de-rapida-renovacion-para-la-construccion/>).(<http://cosntruccion.blogspot.com/2016/06/agro-fibras-canamo.html>).

Existen diferentes tipos de agrofibras los cuales son los siguientes:

- Fibra de cáñamo
- Fibra de linaza
- Fibra de álamo
- Fibra de soja
- Fibra de girasol
- Fibra de coco
- Fibra de caucho
- Fibra de corcho
- Fibra de bambú
- Fibra de lana
- Fibra de algodón
- Fibra de bagazo

Todas las agrofibras tienen en su composición en diferentes porcentajes de sustancias químicas, que le dan dureza y firmeza a estas fibras, las más importantes que poseen las agrofibras son las siguientes:

Celulosa.- Sustancia que en unión con otra llamada lignina, constituye el principal componente de las paredes celulares de los vegetales, insoluble al agua.

Lignina.- Sustancia química de composición compleja, que se encuentra en el tejido leñoso de los vegetales, uniendo las fibras de celulosa y dándole consistencia.

18.- CAÑA DE AZÚCAR

(*Saccharum ssp*) la caña de azúcar es una especie vegetal que se produce en diversos climas y suelos, el cultivo se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad.

La caña de azúcar pertenece a la familia SPERMATOPHYTA, clase ANGIOSPERMAE, orden GUMIFLORALES, familia GRAMINACEAE, genero SACCHARUM. La caña que actualmente se cultiva en la zona productiva de bermejo es un híbrido muy complejo de dos o más de las 5 especies del género Saccharum: S. Barden, S. Officinarum, S. Robustum, S. Sinence y S. Spontaneum. Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género muy diverso (Tecnológico de Monterrey, 2002 “captura de carbono en la caña de azúcar de Horacio Fernando Vega Gareca).

El Tronco mide aproximadamente de 5cm de diámetro y 2-3 metros de altura, tiene una parte sólida que es fibra (bagazo) y una parte líquida que es la que contiene el jugo y sacarosa. El tronco de la caña de azúcar contiene un 11-16% de fibra (bagazo) según estudios de la Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, esta fibra no tiene gran uso, pocas veces es utilizada para la fabricación del papel y madera prensada (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2010).

19.- BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El bagazo es el término utilizado para describir los residuos fibrosos de la caña de azúcar, esta fibra vegetal es utilizada de diferentes formas, desde fabricación de papel, compostaje para animales, materia prima para fertilizantes, generación de energía eléctrica y se ha experimentado con paneles para la construcción con aditivos químicos.

El bagazo de caña de azúcar es un material lignocelulósico constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se obtiene como subproducto o residuo en los centrales azucareros después de la extracción del jugo de caña de azúcar y representa

entre el 40% del total de materia procesada, dependiendo del contenido de fibra de caña y la eficiencia de extracción del jugo (Pernalet, et al, 2008).

20.- COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE EL BAGAZO

20.1.- COMPOSICIÓN

El bagazo cuando es procesado en la fábrica de azúcar está compuesto básicamente de la siguiente manera: (https://www.ecured.cu/Bagazo_de_ca%C3%B1a).

- Humedad (50%)
- Sólidos solubles (5%)
- Sólidos insolubles o fibra cruda (45%)

20.2.- ESTRUCTURA

El bagazo es el residuo o remanente de los tallos de la caña de azúcar después que ésta ha sido sometida al proceso de extracción del jugo azucarado, saliendo del último molino con un 50% de humedad y un contenido residual de sacarosa de alrededor del 4 % (base seca).

Es uno de los Subproductos de la Caña de Azúcar, además de la miel final y la Cachaza, entre otros, y representa entre un 23 - 27 % del total (11-13 % base seca). Desde el punto de vista general de su estructura, el bagazo se caracteriza por su Elevada heterogeneidad morfológica y está formado por dos fracciones bien Diferenciadas, la fibra, de estructura cristalina, estable químicamente, que brinda rigidez a la planta, y el meollo o parénquima de estructura amorfa y de un alto poder de

Absorción. (Triana, O.; Leonard, M.; Saavedra, F.; Fernández, N.; Gálvez, G.; Peña, E. Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar. GEPLACEA, 1990- Gastón, C.; Bambanaste, R.; Correa, J. L.; Alfonso, G.; Herryman, M., Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3ra. Ed. ICIDCA, Cuba. Cap. 2.2, p. 40,2000).

20.3.- COMPOSICIÓN FÍSICA Y MORFOLÓGICA

Físicamente el bagazo está constituido por cuatro fracciones cuya magnitud relativa esta en dependencia del proceso agroindustrial azucarero, a saber, la designada como fibra o bagazo en la terminología azucarera, con aproximadamente un 45 %; los sólidos no solubles entre el 2 y 3 %; los sólidos solubles entre el 2 y 3 % y el agua en proporción de 51-49%. (Triana, O.; Leonard, M.; Saavedra, F.; Fernández, N.; Gálvez, G.; Peña, E. Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar. GEPLACEA, 1990- Fernández, N; Sabatier, J; Bambanaste, R.; Triana, O. The Bagasse Chemistry Book. 1991).

La parte designada como fibra por los azucareros está compuesta de toda la fracción sólida orgánica insoluble en agua presente originalmente en el tallo de la caña y que se caracteriza por marcada heterogeneidad desde el punto de vista morfológico (constituida por la fracción fibra verdadera y por meollo). La fracción insoluble está formada principalmente por sustancias inorgánicas (como piedras, tierra, materiales extraños) de cuya presencia son responsables las condiciones del procesamiento agrícola así como del tipo de corte y recolección. Los sólidos solubles abarcan la fracción que se disuelve en agua, compuesta principalmente por sacarosa y ceras en menor proporción. El agua presente en el bagazo se retiene a través de mecanismos de absorción (capacidad que presentan los componentes químicos del bagazo de absorber moléculas de agua en cantidades que dependen de la humedad relativa ambiental) y capilaridad dado el carácter poroso del mismo (agua mantenida por fuerzas de capilaridad y tensión superficial).

La densidad y la humedad son dos propiedades físicas importantes del bagazo, las que se encuentran íntimamente vinculadas y son imprescindibles para realizar cualquier tipo de cálculo de ingeniería relacionada con los procesos industriales. En la Tabla I se muestra la composición morfológica del bagazo: (Triana, O.; Leonard, M.; Saavedra, F.; Fernández, N.; Gálvez, G.; Peña, E. Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar. GEPLACEA, 1990- Gastón, C.; Bambanaste, R.; Correa, J. L.; Alfonso, G.; Herryman, M., Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3ra. Ed. ICIDCA, Cuba. Cap. 2.2, p. 40,2000).

Tabla 1. Composición morfológica del bagazo

COMPONENTES	PROPORCIÓN %
FIBRAS	50
PARENQUIMA	30
VASOS	15
EPIDERMIS	5

Las fibras del bagazo, de gran interés para la industria del papel y de tableros, son rígidas, de contornos irregulares y bien definidos. Las fibras del haz vascular son finas y de paredes delgadas con extremos romos, horquillados o bifurcados y en su superficie presentan ocasionalmente pequeños poros. Las fibras de la corteza son de mayor longitud y diámetro, con paredes gruesas y presentan poros en toda su superficie. La abundancia de grandes células parenquimatosas y segmentos de vasos presentes en el bagazo de la caña de azúcar, constituyen su rasgo más característico. Las células parenquimatosas son de paredes finas y muy porosas, los segmentos de vasos se distinguen por su gran longitud y las células epidérmicas se caracterizan por presentar bordes irregulares. (Triana, O.; Leonard, M.; Saavedra, F.; Fernández, N.; Gálvez, G.; Peña, E. Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar. GEPLACEA, 1990- Fernández, N; Sabatier, J; Bambanaste, R.; Triana, O. The Bagasse Chemistry

Book. 1991).

El parénquima se distingue por su anisotropía y sus formas variadas e irregulares. Tiene una fina pared celular que permite un lumen mayor y con ello cumple su función de almacenamiento y reserva de la planta. De acuerdo con la experiencia industrial está claramente demostrado que para la producción de celulosa, papel y tableros, el bagazo debe ser mejorado morfológicamente separando la mayor cantidad posible de tejido parenquimatoso con lo que se eleva proporcionalmente el contenido de fibras. (Carvajal., O.; Puig, J.; Leal, J. A.; Rodríguez, M. Influencia del contenido de meollo sobre la calidad de los tableros de partículas. Revista ICIDCA, Vol. XIX, No. 3, 1985 - Orreally, B.; Cepero, I; Céspedes, M. I. Distribución de polimerización de Celulosa de diferentes contenidos de fibra. Revista ICIDCA, Vol. 23, No.2, 1989).

Desde el punto de vista de sus parámetros biométricos las fibras de bagazo clasifican como fibras cortas comparables con las de las maderas duras como se observa en la tabla II. (Fernández, N; Sabatier, J; Bambanaste, R.; Triana, O. The Bagasse Chemistry Book. 1991 - Antigua, M. Determinación de dimensiones y contenido morfológico del bagazo:

Materia prima desmeollado. Informe interno ICIDCA, 1975 - Antigua, M. Análisis morfológico del bagazo: La salud. Informe interno 1977).

A continuación se presenta una tabla que muestra las propiedades biométricas de fibras de diferentes fuentes, recopilada de investigaciones sobre la fibra del bagazo de azúcar (Almagro, R. Caracterización del bagazo a nivel industrial durante su preparación.

Informe interno ICIDCA, 1980).

Tabla 2. Propiedades biométricas de fibras de diferentes fuentes.

TIPO DE FIBRA	LONGITUD PROMEDIO, mm	DIÁMETRO PROMEDIO	DIÁMETRO DE LUMEN	ANCHO DE PARED
BAGAZO	1,5	20	12.0	4,0
HAYA	1,5	14	7,4	3,3
PINO	2,9	28	21.0	3,2
EUCALIPTUS	1,0	13	9,8	1,6

20.4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA

Desde el punto de vista químico el bagazo de la caña de azúcar está compuesto, aproximadamente de 50% de Celulosa, 25-27% de Hemicelulosas, 20-22% de Lignina y 8-10% de otros componentes, entre estos las cenizas. La celulosa y Hemicelulosas componen la fracción carbohidrática del bagazo a la que se le denomina analíticamente como Holocelulosa . (Triana, O.; Leonard, M.; Saavedra, F.; Fernández, N.; Gálvez, G.; Peña, E. Atlas del Bagazo de la Caña de Azúcar. GEPLACEA, 1990- Gastón, C.; Bambanaste, R.; Correa, J. L.; Alfonso, G.; Herryman, M., Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3ra. Ed. ICIDCA, Cuba. Cap. 2.2, p. 40,2000).

La celulosa es el componente fundamental de la pared celular de todas las plantas. Su solubilidad en agua, en solventes orgánicos, en soluciones alcalinas y su resistencia apreciable al efecto de agentes oxidantes, diferencia a la celulosa del resto de los componentes químicos, existiendo diversos métodos analíticos para aislarla (Orreally, B.; Cepero, I; Céspedes, M. I. Distribución de polimerización de Celulosa de diferentes contenidos de fibra. Revista ICIDCA, Vol. 23, No.2, 1989). Las Hemicelulosas son el segundo polímero en importancia en el bagazo de la caña de azúcar dada su abundancia relativa. Las que más abundan son las D-xilanas, que

representan más del 80 % de los polisacáridos no celulósicos. Están formadas principalmente por unidades de D xilosas en la cadena principal, sustituidos por grupos

Acetilos y ácidos urónicos metilados. Las cadenas poliméricas son relativamente cortas de peso molecular promedio visco simétrico en el rango de 10,000 a 20,000 (Triana, O.; Saavedra, F.; Leonard, M.; Peña, E.; González, J. Estudio por microscopia electrónica de transmisión de los cambios estructurales de la pared celular del bagazo por remoción secuencial de hemicelulosas y lignina. Subproductos y Derivados Agroindustriales, Pág. 63 - 77, 1988).

La lignina es el tercer componente en importancia cuantitativa del bagazo y representa un conjunto de polímeros amorfos, reticulados, de alto peso molecular, de naturaleza eminentemente fenólica y cuya unidad estructural puede ser considerada el fenil propano (Laboratorios de Asistencia Técnica ICIDCA. Estudio de la determinación cuantitativa de lignina en el bagazo de la caña de azúcar por el método del ácido sulfúrico. Cuba Azúcar, Noviembre/Diciembre/1967).

21.- APLICACIÓN DE LAS AGROFIBRAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Se han realizado diferentes investigaciones sobre las agrofibras, para su aplicación como materiales de construcción, siendo los más fabricados por la industria los paneles aglomerados de virutas de maderas, en Europa se han fabricado muros a base de cáñamo industrial, en Chile se fabricaron paneles con la fibra de quila obtenida del bambú, la paja se utiliza para la elaboración de los adobes, con la fibra de lino se elaboraron paneles, y existen estudios que demuestran que las cenizas del bagazo de caña de azúcar contienen propiedades puzolanas, la aplicación de las fibras vegetales se extiende más allá del campo de la construcción por sus características particulares. Los materiales de construcción que contienen fibras vegetales han demostrado tener

propiedades óptimas para su aplicación en obras, siendo las más comunes las siguientes:

- Libres de emanación de toxinas contaminantes y perjudiciales
- Proporcionan un aislamiento térmico de gran resistencia
- Los paneles elaborados de agrofibras son buenos aislantes acústicos
- Al ser materia orgánica pueden absorber naturalmente el CO₂

Algunos de estos materiales son denominados de rápida renovación para la construcción, porque estas fibras en promedio tardan en crecer entre 3 a 5 meses dependiendo la especie

De esta forma se fomenta la biodiversidad proporcionando ciclos de cosecha razonables.

Pero su utilización en obras no es de forma total ya que las resistencias mecánicas no superan a la de los materiales de fabricación convencional, siendo una opción más óptima para aplicar en zonas que no requieren esfuerzos mecánicos, por esa razón se utilizan en construcciones mixtas, construcciones livianas y para viviendas de fabricación rápida y económica. De esta forma siendo los materiales a base de agrofibras opciones adecuadas para aplicarlas en la construcción.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

22.- REQUERIMIENTOS

22.1.- NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN BOLIVIANA

Actualmente en la normativa de construcción boliviana no existen normas específicas sobre la elaboración de materiales no estructurales solo existen normas para materiales estructurales, los cuales no son normas elaboradas en Bolivia, sino más bien son adaptaciones de normas extranjeras.

Pero, si existe en Bolivia el organismo regulador IBNORCA (Instituto Boliviano de normalización y calidad), el cual tiene como objetivo normalizar y certificar la calidad de la fabricación de materiales de construcción.

ARTÍCULO 1.- (OBJETO). La guía Boliviana de construcción de edificaciones tiene por objeto, facilitar a los gobiernos autónomos municipales de un instrumento que les puede servir para elaborar su propia normativa, recatando partes o todo de este documento, que les permitirá contar con un método, sistema de valoración, forma de apreciación y requisitos mínimos para la construcción o mejoramiento de edificaciones públicas o privadas, y puedan establecer lineamientos para determinar responsabilidades y obligaciones de todas las entidades participantes en el proceso, en el marco de sus competencias. ([http://sim.lapaz.bo/nuevocatastro/Archivos/GUIA BOLIVIANA DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES.pdf](http://sim.lapaz.bo/nuevocatastro/Archivos/GUIA%20BOLIVIANA%20DE%20CONSTRUCCION%20DE%20EDIFICACIONES.pdf)).

SECTOR 12 CONSTRUCCIÓN

- Cemento
- Cal y yeso
- Áridos
- Piedras para la construcción

- Agua
- Aditivos para la construcción
- Morteros y hormigones
- Vigas y postes pretensados
- Puertas y ventanas
- Materiales cerámicos
- Materiales refractarios
- Materiales fibrocemento

22.2.- NORMAS DE CALIDAD ISO 9001

22.2.1.- QUÉ SON LAS NORMAS DE CALIDAD ISO 9001

La Norma ISO 9001:2015 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización, determina los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad, que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto y/o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera que sea su rama, para su certificación o con fines contractuales.

22.2.2.- QUÉ ES IBNORCA

IBNORCA es una institución privada, sin fines de lucro, que promueve la cultura de la calidad en Bolivia, a través de la normalización técnica, capacitación, certificación de productos y de sistemas de gestión en organizaciones o empresas.

IBNORCA tiene a su cargo dos pilares fundamentales de la calidad:

Normalización Técnica

Certificación de Calidad

REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

El nivel de protección requerido para los elementos no estructurales debe asegurar:

- a) Daños escasos o nulos en situación sísmica o ciclónica.
- b) Funcionalidad mantenida del establecimiento.
- c) Prevención de los daños a las personas y al equipamiento

(NORMA ASCE 7-10 PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES)

22.3.- ENSAYOS APLICADOS A MATERIALES DE INTERIORES

Los materiales de construcción se someten a diferentes pruebas según el tipo de material y el tipo de aplicación que se le dará.

El ensayo y empleo de materiales es una parte fundamental de su integridad y permite que todas las partes interesadas en la fabricación de embarcaciones de ferro cemento se muestren satisfechas de los resultados. Existen dos grupos de ensayos. El primero se refiere a las condiciones exigidas en la producción diaria y puede realizarse normalmente en el propio taller.

El segundo grupo son los ensayos más exigentes para atender a las prescripciones de las sociedades de clasificación y también la investigación detallada que se querrá hacer de un determinado tipo de construcción antes de iniciar los trabajos. (<http://www.fao.org/3/V9468S/v9468s07.htm>).

En el caso de materiales no estructurales debe cumplir cierto tipo de especificaciones técnicas, para las cuales se somete al material a diferentes ensayos los cuales son:

ENSAYOS APLICADOS A PANELES DE AGLOMERADO:

-PRUEBA DE ADHERENCIA

-PRUEBA DE RETRACCIÓN

-PRUEBA DE HIDROSCOPISIDAD

-PRUEBA DE RESISTENCIA A TEMPERATURA

-PRUEBA DE POROSIDAD (ABSORCION DE AGUA)

-PRUEBA DE ESFUERZO DE FLEXIÓN

-PRUEBA DE IMPACTO

-PRUEBA Y ANÁLISIS DE DUREZA Y PENETRACIÓN

22.4.- MANUALES DE ELABORACIÓN DE MATERIALES

Al no existir normativas específicas sobre la elaboración de materiales no estructurales en la normativa Boliviana, se puede plantear un modelo con cierta libertad, tomando en cuenta ensayos aplicado en prácticas similares, aplicando metodologías por comparación, y tomando como base manuales de elaboración de materiales similares al que se pretende investigar.

Los manuales que se tomaran como referencia para la elaboración del material, están enfocados en algunos aspectos a la elaboración manual, ecológica, y con el empleo de agrofibras, los manuales son los siguientes:

MANUAL DE ELABORACIÓN DE MÉTODO MANUAL DE HEMPCRETE.

MANUAL DE ELABORACIÓN DE PANELES DE AGLOMERADO.

MANUAL DE ELABORACIÓN DE PAREDES FALSAS DE INTERIORES A BASE DE MATERIALES ORGÁNICOS.

MANUAL DE ELABORACIÓN DE PAREDES FALSAS DE INTERIORES A BASE DE MATERIALES ORGÁNICOS.

DISEÑO EXPERIMENTAL SECUENCIAL DE MEZCLAS PARA OPTIMIZAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE TABLEROS DE AGROFIBRAS.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON MATERIALES ECOLÓGICOS.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON HEMPCRETE.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.

MANUAL DE ELABORACIÓN Y APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCION CON ADOBES.

MANUAL DE APLICACIÓN DE ENSAYOS A MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

MANUAL DE PUEBAS DE LABORATORIO FISICOMECAÑICAS.

23.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE MODELOS REFERENTES

23.1.- ANÁLISIS DE MATERIAL HEMPCRETE

Este material posee características que lo convierten en un material que podría remplazar parcialmente a otros materiales, a continuación se presentan las características que para esta investigación se tomó en cuenta, como características que podrían ser útiles para la investigación.

- Material de procedencia orgánica
- Permite crear estructuras lineales
- Tiene diferentes formas de presentación
- Preparación del material en el sitio
- El hempcrete es un aislante térmico
- El hempcrete es un aislante acústico
- Material relativamente económico

23.1.1.- INTERPRETACIÓN Y SÍNTESIS DE MATERIAL HEMPCRETE

Del análisis de las cualidades del material se rescatan los siguientes aspectos:

Permite crear estructuras lineales

El hempcrete es un material para emplear en muros, se lo utiliza en sistemas mixtos de materiales, principalmente se lo utiliza en ambientes interiores pero también es óptimo para ambientes exteriores.

Preparación del material en el sitio

El hempcrete es un material que se puede preparar en el sitio con sus respectivas dosificaciones y agregados, es un aspecto que los vuelve similar al concreto, respecto a preparación.

Manejabilidad en la aplicación del material

Al ser un material que se prepara en el sitio, pasa por un estado plástico, el cual permite la manejabilidad del mismo, se le puede moldear formas encofrándolo, para obtener diferentes resultados.

23.2.- ANÁLISIS DE MATERIAL PANELES SIP

Este material posee características que lo convierten en un material que podría reemplazar parcialmente a otros materiales, a continuación se presentan las características que para esta investigación se tomó en cuenta, como características que podrían ser útiles para la investigación.

- Material que permite modulación.
- Tiene sistema de empalmes.
- Material de aplicación fácil.
- Material liviano.
- Los paneles SIP son aislantes acústicos.
- Permite aplicación en techos.
- Permite crear aberturas.
- No es de colocación fija definitivamente.
- Es un material prefabricado.
- Sólo tiene un tipo de presentación.

23.2.1.- INTERPRETACIÓN Y SÍNTESIS DE LOS PANELES SIP

Del análisis de las cualidades del material se rescatan los siguientes aspectos:

Tiene sistema de empalmes

Los paneles SIP tienen un sistema de empalme el que permite modular los paneles, y conectarlos formando piezas más amplias, logrando muros no estructurales separados.

Permite crear aberturas

Los paneles SIP además de ser modulares se pueden manipular para crear aberturas, cortándolos y conectándolos, transformándose no sólo en paneles sólidos y estáticos.

No es de colocación fija definitivamente

A diferencia de otros materiales más rígidos, los paneles SIP pueden cambiarse de posición permitiendo crear nuevos espacios o delimitando espacios según se requiera, pero no tienen un sistema integrado que permita el movimiento.

23.3.- ANÁLISIS DE MATERIALES DE FIBRA DE CORCHO

Este material posee características que lo convierten en un material que podría reemplazar parcialmente a otros materiales, a continuación se presentan las características que para esta investigación se tomó en cuenta, como características que podrían ser útiles para la investigación.

- Material de aplicación en muros
- Material de aplicación en techos
- Material de tiene diferentes formas de presentación
- Material de procedencia orgánica
- Los paneles de corcho y coco son aislantes acústicos
- Material de colocación fácil
- Material no estructural
- Material prefabricado

23.3.1.- INTERPRETACIÓN Y SÍNTESIS DE LA FIBRA DE CORCHO

Del análisis de las cualidades del material se rescatan los siguientes aspectos:

Los paneles de corcho y coco son aislantes acústicos

Al ser un material de procedencia orgánica, los paneles de corcho son aislantes acústicos debido a la densidad de las fibras del corcho, coco o de otras fibras, que se aglutinan y crean una barrera acústica.

Material de tiene diferentes formas de presentación

El hempcrete es un material para emplear en muros, se lo utiliza en sistemas mixtos de materiales, principalmente se lo utiliza en ambientes interiores pero también es óptimo para ambientes exteriores.

Material de colocación fácil

Los paneles de corcho no son materiales estructurales, más bien son materiales que se emplean antes o al mismo tiempo de ejecutar la obra fina, con el fin de ayudar a otros elementos a mejorar su efectividad.

23.4.- PROGRAMA DE MODELO PROPUESTO

23.4.1.- PROGRAMA DE MODELO 1 HEMPCRETE

Tabla 3. Programa de modelo hempcrete.

HEMPCRETE	PROGRAMA MODELO 1
	<p> AISLANTE ACUSTICO AISLANTE TERMICO RELATIVAMENTE ECONOMICO TEXTURAS SUPERFICIALES MATERIAL DE PROCEDENCIA ORGANICA PREPARACION MANUAL RESISTENCIA AL VIENTO RESISTENCIA AL FUEGO DIFERENTES FORMAS DE PRESENTACION RENDIMIENTO TIEMPO OPTIMO EN OBRA </p>

23.4.2.- PROGRAMA DE MODELO 2 PANELES SIP

Tabla 4. Programa de paneles SIP.

PANELES SIP	PROGRAMA MODELO 2
	<p> AISLANTE ACUSTICO AISLANTE TERMICO MATERIAL PREFABRICADO SISTEMA DE EMPALMES RENDIMIENTO OPTIMO DE TIEMPO EN OBRA MERCADOS LIMITADOS MATERIAL LIGERO NO REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA MATERIAL MODULADO FACIL COLOCADO Y FACIL RETIRADO </p>

23.4.3.- PROGRAMA IDEAL

Tabla 5. Programa ideal.

PROGRAMA IDEAL
RELATIVAMENTE ECONOMICO PROCEDENCIA ORGANICA PREPARACION MANUAL MATERIAL LIGERO MATERIAL MODULADO NO REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA RENDIMIENTO TIEMPO OPTIMO EN OBRA SISTEMA DE EMPALMES DIFERENTES FORMAS DE PRESENTACION FACIL COLOCADO Y FACIL RETIRADO

23.4.4.- PROGRAMA PROYECTUAL

Tabla 6. Programa proyectual.

PROGRAMA PROYECTUAL
RELATIVAMENTE ECONOMICO PROCEDENCIA ORGANICA PREPARACION MANUAL MATERIAL LIGERO MATERIAL MODULADO NO REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA RENDIMIENTO TIEMPO OPTIMO EN OBRA SISTEMA DE EMPALMES DIFERENTES FORMAS DE PRESENTACION FACIL COLOCADO Y FACIL RETIRADO APROVECHAR DESECHOS INDUSTRIALES SE PUEDA COMERCIALIZAR ECONOMICAMENTE EMPLEAR PARA VIVIENDAS SOCIALES

24.- VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para demostrar que el proyecto es viable, es necesario demostrar que la cantidad de bagazo es suficiente para ser empleada como materia prima para la elaboración del material, por tal razón se realizó un cálculo tentativo, tomando en cuenta la cantidad de bagazo procesada de la gestión de 2018, ya que en la gestión 2019 no se comenzó con la zafra, tomando en cuenta la cantidad total de materia procesada, donde el bagazo se constituye como el 40%.

Se pretende estimar cuanto bagazo podría ser útil para emplearlo, comparando el material con dos tipos de ladrillos, Gambote y 6 Huecos, tomando como medida de comparación las dimensiones de dichos ladrillos, y también el volumen de los mismos, posteriormente se calculó cuantos ladrillos se podría elaborar para una vivienda de 81 m² y 256 m², de esta manera se tendrá un cálculo cuantitativo estimativo, que podría variar según la evolución de la investigación, también se realizó el cálculo de cuantas viviendas se podrían construir con el bagazo. A continuación se presenta los cálculos realizados para la investigación:

INVESTIGACIÓN EN EL SITIO

25.- DATOS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

En los últimos años de zafra el ingenio ha procesado diferentes cantidades de caña de azúcar siendo la del 2017 la producción más baja, la producción de caña varía dependiendo de diferentes factores.

En este año la zafra según información del ingenio la zafra debió comenzar en la primera quincena del mes de junio estimando una producción de 400,000 Tn de caña de azúcar, pero por motivos administrativos la zafra no empezó en la fecha prevista.

Tabla 7. Producción de caña de azúcar de los últimos años.

PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR DE LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS		
AÑO DE COSECHA DE LA ZAFRA	CANTIDAD DE CAÑA PRODUCIDA	CANTIDAD DE BAGAZO
2013	432,000 Tn	172,800 Tn
2014	325,000 Tn	130,000 Tn
2015	365,000 Tn	146,000 Tn
2016	380,000 Tn	152,000 Tn
2017	258,000 Tn	103,200 Tn
2018	570,000 Tn	228,000 Tn
2019	pendiente	pendiente

(Elaboración propia)

El ingenio azucarero de bermejo abastece la parte sur del país, siendo el principal productor de esta zona, la zona de producción cuenta con 5 variedades de caña, el tipo de cosecha es manual y mecanizada.

26.- INFORMACIÓN SOBRE EL INGENIO AZUCARERO DE BERMEJO

A continuación se presenta información recopilada de diferentes fuentes sobre el estado actual del ingenio azucarero de bermejo.

26.1.- EN BERMEJO: CONCLUYÓ ZAFRA 2018 CON 320,200 TONELADAS DE CAÑA MOLIDA



(Entrega de caña al ingenio)

El gerente técnico del Ingenio Azucarero de Bermejo, Mario Gallardo, informó que ayer en horas de la madrugada finalizó la zafra 2017, alcanzaron a moler 258 mil toneladas de caña equivalente al 90% de la materia prima disponible para este año. Gallardo en una entrevista a radio La Mega de Bermejo indicó que alrededor de las 03.30 de ayer terminó la zafra, a esa hora se apagaron los calderos y el turbo generador; pero hasta las 19.00 horas del miércoles todavía ingresó caña al Ingenio para la molienda. Destacó que hubo una gran cantidad de toneladas de caña que ingresó a la molienda este año y hasta el momento continúan con el envase del

azúcar, luego la distribuirán a los mercados para la venta. Mencionó un rendimiento de dos quintales de azúcar por tonelada de caña molida, esperan superar los 520 mil quintales de azúcar este año al destacar tal rendimiento, a pesar que no hubo molienda en la anterior zafra. Atribuyó al buen clima como uno de los factores que incidió favorablemente para alcanzar la gran cantidad de caña cultivada. Gallardo recordó que al iniciar la zafra este año, mucha gente dijo que se quedarían con una gran cantidad de materia prima en campo, porque la zafra empezó tarde, recién en septiembre; sin embargo, el rendimiento en la producción ha sido sorprendente.

Se estima que en campo quedarán alrededor de 30 toneladas, al parecer se llegó a producir este año cerca de 310 mil toneladas de caña y no 500 mil toneladas, como estaba previsto inicialmente antes del inicio de la zafra. Al iniciar la zafra se presentaron algunos problemas con el turbo generador y trajeron un técnico electrónico de Brasil, para resolver el problema pero una vez iniciado el trabajo no se registraron mayores problemas. Economía de la empresa. Mario Gallardo dijo que la situación económica del Ingenio empezará a mejorar, cuando se produzca por encima de los 800 mil quintales de azúcar.

Indicó que ya se tiene firmado el contrato con el sector cañero y la industria, para la zafra del próximo año. Se espera moler el 2018 alrededor de 350 mil toneladas de caña de azúcar.

(<http://www.diarionuevosur.com/en-bermejo-concluyo-zafra-2017>).



(Cosecha manual de la caña de azúcar)

26.2.-AZUCAREROS LOGRAN 3,5 MILLONES DE QUINTALES Y ACELERAN LA ZAFRA

Englobando la producción de los ingenios de Santa Cruz, Tarija y de La Paz, se estima procesar unos 10,3 millones de quintales de azúcar. El clima en esas zonas acompaña la cosecha de la materia prima

Las cinco industrias azucareras de Santa Cruz -Unagro, Guabirá, San Aurelio, La Bélgica y Aguaí- pisan el acelerador y consiguen industrializar 3,5 millones de quintales de azúcar, que equivalen a 51.000 hectáreas de caña molida (38%) de las 136.000 cultivadas en municipios de las provincias Warnes, Obispo Santistevan, Sara e Ichilo.

A decir del gerente general de la Federación de Cañeros Santa Cruz, Federico Martínez, el comportamiento del clima, hasta ahora, está acompañando las labores de campo -cosecha manual y mecanizada- y cree que si las condiciones del tiempo continúan siendo favorables como hasta hoy el sector cerrará la molienda con una producción que rozará los 9,4 millones de quintales de azúcar, 900.000 más de lo que se requiere para garantizar el consumo nacional.

Desde la corporación Unagro, el gerente general Marcelo Fraija, manifestó que el ritmo de cosecha de caña en el área de influencia de la factoría es aceptable, al igual, que los rendimientos de caña por hectárea.

En el ámbito industrial, aseguró que Unagro ya superó los 1,1 millones de quintales de azúcar producido y que espera cerrar con 3 millones de quintales de azúcar producidos en la molienda de este año. En 2016 superaron los 2,5 millones de quintales.

El presidente del ingenio azucarero Guabirá, Mariano Aguilera, también se declaró optimista por los resultados de molienda alcanzados por la industria monterreña. Dijo

que ya se molieron 785.000 toneladas de caña que equivalen a más de 1,1 millones de quintales de azúcar.

De las proyecciones, Aguilera cree que este año la producción oscilará entre 2,7 y 3 millones de quintales. El año pasado alcanzaron una producción de más de 2,5 millones de quintales.

Desde la presidencia del directorio de la industria azucarera Aguaí, Cristóbal Roda, refirió que este año incrementarán la producción con respecto a 2016, periodo en el que superaron 1 millón de quintales del 'grano blanco'. La meta en la presente zafra, a decir del ejecutivo, es llegar a 1,4 millones de quintales.

Roda aseguró que Aguaí concentrará, este año, su mayor esfuerzo en la producción y abastecimiento de azúcar para el pueblo boliviano. "Gracias a Aguaí el año pasado no faltó azúcar", sentenció. (<https://www.eldeber.com.bo/economia/Azucareros-logran-35-millones-de-quintales-y-aceleran-la-zafra-2017>).

26.3.- MOLIENDA EN TARIJA Y LA PAZ

Desde el ingenio azucarero Bermejo, de Tarija, el accionista Imar Zutara indicó que han ingresado a la última fase de los trabajos de reparación y mantenimiento de equipos y que entre el 5 y 7 del mes patrio los probarán para, desde el 10, dar paso a la molienda azucarera.

Bermejo estima moler entre 350.000 y 400.000 toneladas de caña y alcanzar una producción de unos 800.000 quintales de azúcar. En 2016, cerraron la zafra con 780.000 quintales.

En junio, en La Paz, el gerente de la estatal Empresa Azucarera San Buenaventura (Easba), Ramiro Lizondo, dijo que la expectativa a septiembre, cuando termine la zafra, es obtener y proveer al mercado cerca de 160.000 quintales de azúcar. (<https://www.eldeber.com.bo/economia/Azucareros-logran-35-millones-de-quintales-y-aceleran-la-zafra-2017>).

27.- INFORMACIÓN SOBRE LOS INGENIOS DE BOLIVIA

En Bolivia existen 8 ingenios distribuidos por el país, todos ellos se encuentran en lugares específicos que ayudan a desarrollar la producción de la caña de azúcar, los desechos industriales generados por estos ingenios azucareros no tienen un uso específico, muchos de ellos son utilizados para prender los calderos y utilizarlos como energía, y en otros casos son utilizados como forraje para animales, a nivel nacional no se realizaron investigaciones sobre cómo se puede utilizar estos desechos. Los ingenios azucareros de Bolivia son los siguientes:

Tabla 8. Ingenios azucareros en Bolivia.

NOMBRE DE LOS INGENIOS DE BOLIVIA	LOCALIDAD DE LOS INGENIOS
Ingenio azucarero industrias agrícolas de bermejo	Bermejo-Tarija
Ingenio azucarero Guabirá Puerto Suarez	Puerto Suarez-Santa Cruz
Ingenio azucarero Guabirá S.A.	Santa Cruz de la Sierra -Santa Cruz
Ingenio azucarero San Aurelio	San Aurelio-Santa Cruz
Ingenio azucarero Roberto Berbury Paz	Roberto Berbury Paz-Santa Cruz
Ingenio azucarero Guabirá regional Santa Cruz	Santa Cruz de la Sierra-Santa Cruz
Ingenio azucarero Guabirá San Ignacio	San Ignacio-Santa Cruz
Ingenio azucarero EASBA	San Buena Aventura-La Paz

(Elaboración propia)

27.1.- PRODUCCIÓN ANUAL DE CAÑA, DE LOS INGENIOS DE BOLIVIA

Según datos de la producción anual de los ingenios, recopilados de periódicos digitales se elaboró una tabla donde se muestra la producción anual de caña de azúcar, tomando en cuenta que la producción es relativa y no es constante todos los años, ya que esta varía por diferentes factores, como ser el clima, o la inversión pública. Se realizaron métodos de proyección de producción, que fueron hechos por el ministerio de agricultura y ganadería, a continuación se presenta una tabla donde se muestra la producción anual de cada ingenio de la zafra 2018.

Tabla 9. Producción anual de cada ingenio de Bolivia.

NOMBRE DE LOS INGENIOS DE BOLIVIA	PRODUCCIÓN ANUAL ZAFRA 2018
Ingenio azucarero industrias agrícolas de bermejo	570,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá Puerto Suarez	600,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá S.A.	500,000 Tn
Ingenio azucarero San Aurelio	230,000 Tn
Ingenio azucarero Roberto Berbury Paz	147,200 Tn
Ingenio azucarero Guabirá regional Santa Cruz	450,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá San Ignacio	550,000 Tn
Ingenio azucarero EASBA	250,000 Tn

(Elaboración propia)

27.2.- PRODUCCIÓN ANUAL DE BAGAZO, DE LOS INGENIOS DE BOLIVIA

Tomando en cuenta que se considera que el bagazo es el 40% del total de la materia procesada, se realizó la siguiente tabla donde se expresa el total de desecho industrial de cada ingenio de Bolivia.

Tabla 10. Cantidad de bagazo de cada ingenio de Bolivia.

NOMBRE DE LOS INGENIOS DE BOLIVIA	BAGAZO PRODUCIDO
Ingenio azucarero industrias agrícolas de bermejo	228,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá Puerto Suarez	240,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá S.A.	200,000 Tn
Ingenio azucarero San Aurelio	92,000 Tn
Ingenio azucarero Roberto Berbury Paz	58,880 Tn
Ingenio azucarero Guabirá regional Santa Cruz	180,000 Tn
Ingenio azucarero Guabirá San Ignacio	220,000 Tn
Ingenio azucarero EASBA	100,000 Tn

(Elaboración propia)

27.3.- PRODUCCIÓN NACIONAL

Englobando la producción del ingenio Bermejo, de Tarija, y Easba, en La Paz, se estima un total de 10,3 millones de quintales de azúcar.

El Ingenio Bermejo iniciará hoy la zafra correspondiente a este año. Con la molienda de 450.000 toneladas (t) de caña se prevé producir alrededor de 500.000 quintales (qq) de azúcar para el mercado local de Tarija.

“A partir del martes se empieza a hacer la recepción de la materia prima (caña) en el ingenio, para que el día jueves (10 de agosto) 2018 ya esté arrancando el ingenio y se inicie la zafra azucarera de la presente gestión”, informó el secretario general de los Cañeros Independientes de Bermejo, en el departamento de Tarija, Gilberto Salazar.

Indicó que la zafra comienza luego de que el ingenio desembolsó los recursos para realizar el mantenimiento de la maquinaria industrial, la contratación del personal que manipulará los equipos y que además se encargará del mantenimiento de las carreteras para transportar el endulzante.

Añadió que, de las 600.000 t de caña que tiene Bermejo, se estima moler 300.000. Con ese volumen se prevé garantizar la producción de aproximadamente 400.000 quintales de azúcar para el mercado local.

Lamentó que en meses pasados hubo “problemas internos” entre los trabajadores y la empresa, a raíz de ello se perdió alrededor de \$us 20 millones debido a que la zafra tenía que haber iniciado los primeros días de junio. (<https://www.eldeber.com.bo/economia/Azucareros-logran-35-millones-de-quintales-y-aceleran-la-zafra-2017>).

27.4.- PRINCIPAL INGENIO DE TARIJA

Industrias Agrícolas de Bermejo SA – (Iabsa) es el principal ingenio azucarero de Tarija, se encuentra en la localidad del mismo nombre a 190 kilómetros de la ciudad capital.

Provee de azúcar al sur de Bolivia, emplea alrededor de 12 mil personas, entre zafreiros, cañeros, cargadores, transportistas, entre otros, según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). (<http://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=374>)

28.- LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A BASE DE AGROFIBRAS, ¿SON ÚTILES PARA LA CONSTRUCCION?

Las agrofibras son los desechos agrícolas, que pueden extraerse de plantaciones responsablemente gestionadas. La utilización de las agrofibras en la construcción se han usado a lo largo de la historia de diferentes maneras, ya sea para mejorar las propiedades de algunos materiales o para incrementar durabilidad a otros materiales, por otro lado utilizar las agrofibras para la construcción, es de alguna manera una respuesta positivamente ambiental, ya que el origen de estas fibras son orgánicas y son también de un recurso renovable, a diferencia de otras fuentes de abastecimientos para la fabricación de materiales de construcción en algunos casos no se pueden renovar, sino más bien que se terminan según pasa el tiempo. Por esta razón en diferentes lugares del mundo se experimentó en el campo de la construcción, utilizándolo como agregados en la elaboración de otros materiales, y en otros casos se desarrollaron investigaciones en las que las agrofibras son protagonistas en la elaboración de materiales, a continuación se presentaran algunos materiales más relevantes.

Con el fin de poder definir de manera hipotética si el bagazo puede utilizarse como un material de construcción, tomando en cuenta que es también una agrofibra, que comparte características similares con otras que se utilizaron para construir y fabricar materiales.

-paja

-Cáñamo

-Viruta de madera

-Bambú

28.1.- ADOBE

El adobe, es un ladrillo sin cocer, una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena), mezclado con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen diversos tipos de elementos constructivos, como paredes, muros y arcos. La técnica de elaborarlos y su uso están extendidos por todo el mundo, encontrándose en muchas culturas que nunca tuvieron relación entre sí. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe>).

28.1.1.- CONSTRUCCIÓN CON ADOBES

Las propiedades de la arquitectura en adobe son termicidad, resistencia mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego. La construcción con adobes presenta la ventaja de su similitud formal, constructiva y estética con el ladrillo de campo cocido. En caso de disponer de mucha mano de obra, especializada o no, esta técnica es muy adecuada en función de los procesos de fabricación que permiten la integración de gran cantidad de personas durante el pisado y moldeado aunque se debe tener en cuenta aquí es el control durante la producción para minimizar la variación de las dimensiones y la forma irregular de las piezas. Los muros de adobes presentan muy buenas condiciones de aislamiento acústico y térmico debido a las características del material y los espesores utilizados. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe>).



28.2.- CÁÑAMO, HEMPCRETE

Hempcrete es un material bio compuesto hecho a partir de cáñamo. Sus fibras funcionan bien como materiales de construcción porque son livianas pero fuertes y tienen excelentes propiedades de regulación térmica y de humedad. Esta idea no es nueva, los primeros registros de hempcrete datan del siglo VI, cuando el material se encontró en un estribo de puente en Francia. El hempcrete ha sido redescubierto recientemente y hoy en día se usa en la construcción de casas y edificios, y cada vez se amplía su uso en todo el mundo. (<https://hempmeds.mx/hempcrete-usando-la-planta-de-canamo-en-la-construccion/>).

28.2.1.- CONSTRUCCIÓN CON HEMPCRETE

El uso del hempcrete tiene muchas ventajas en comparación con el hormigón tradicional. Es hasta siete veces más fuerte, pesa menos de la mitad y es tres veces más maleable que el hormigón estándar. Al envejecer y estar expuesto a los elementos, continúa petrificándose, lo que implica que se vuelva más resistente con el tiempo, conservando su maleabilidad. Resulta menos frágil que el hormigón, ya que el hempcrete no se agrieta con pequeños movimientos de tierra, y por lo tanto no son necesarias juntas de dilatación. Las paredes de hempcrete también actúan como un regulador natural de humedad, impidiendo que el exceso de ésta atraviese el muro, y ayudando a prevenir que se acumule dentro del edificio. (<https://hemplovers.org/hempcrete-construccion-de-viviendas-con-cañamo/>).



28.3.- AGLOMERADO DE MADERA

El aglomerado de madera es un material que se vende en tableros y está compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada a temperatura y presión controlada formando el tablero. El origen de las partículas madera y de los materiales de unión varía y de ahí que sea más o menos ecológico. Los aglomerados son las maderas más baratas porque están hechas con virutas de restos de cortar otras maderas naturales o restos sobrantes de maderas de los aserraderos. Se llama aglomerado porque está construido con agregación o aglomeración (o unión) de varias partículas, en este caso virutas de madera. (<https://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>).

28.3.1.- CONSTRUCCIÓN CON AGLOMERADO DE MADERA

Los paneles de aglomerado de madera son opciones adecuadas cuando se quiere economizar tiempo y costos, generalmente se los utiliza en sistemas constructivos mixtos, combinándolos con otros materiales más rígidos, la construcción con paneles de madera soluciona los pedidos de usuarios ansiosos por estrenar su nueva casa. Constructor de profesión, desde el comienzo de su carrera se especializó con el uso de los sistemas de paneles para lograr edificaciones. (<https://www.elterritorio.com.ar/con-paneles-de-madera-puede-construir-casas-en-pocos-dias-8522147639951533-et>).

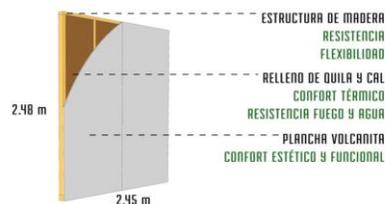


28.4.- FIBRA DE BAMBÚ, QUILA

Considerado por muchos como la mejor planta para suelos duraderos, el bambú es de origen asiático. Es una gramínea de rápido crecimiento que madura en unos 6 años y se puede cosechar sin dañar o destruir la planta. El bambú es generalmente más duro que la madera, un hecho que puede resultar en una mayor resistencia al rayado. La fibra del bambú es un tipo de fibra reciclable. Se usa cien por cien las materia primas del bambú, a través de métodos físicos tales como la destilación y la hirvición y luego se tela en condiciones mojadas. La fibra de bambú, una nueva fibra natural textil desarrollada por la Universidad de Pekín, es considerada la mejor alternativa ya que es una fibra sostenible, amigable con el medio ambiente y comparte algunas propiedades con el algodón, incluso le añade características y cualidades excepcionales. (https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1119).

28.4.1.- CONSTRUCCION CON PAMBÚ

El Pambú es un material de construcción, a base de la fibra de bambú, que fue desarrollado en Chile, como una respuesta a desastres naturales en costas marinas, proponiendo un proyecto de “vivienda de emergencia” a base de la fibra de bambú, llamado quila, elaborando paneles que fueron llamados “PAMBÚ” con los cuales se construyeron viviendas, y actualmente se desarrollan investigaciones que mejoraran los resultados de este material.



28.5.- FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

El bagazo es el residuo lignocelulósico, fibroso, obtenido a la salida del último molino del tándem, que, en la fábrica de azúcar, extrae el jugo de la caña. Representa el 40% de la materia procesada, Constituido por cuatro fracciones: fibra (45 %), sólidos insolubles (2-3 %), sólidos solubles (2-3 %) y agua (50 %), representa el co-producto de mayor tonelaje y volumen de la producción industrial del azúcar de caña. el bagazo de forma general, está constituido por: (https://www.ecured.cu/Bagazo_de_ca%C3%B1a).

-Holocelulosa (75%)

-Celulosa (50%)

-Lignina (20%)

28.5.1.- ¿ES POSIBLE CONSTRUIR CON BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR?

El bagazo de caña de azúcar, al estar constituido relativamente similar a la composición de otras agrofibras como ser la fibra de cáñamo, fibra de quila, fibra de corcho, madera, las cuales les otorgan firmeza y rigidez, lo que los convierten en elementos que se pueden utilizar en la construcción.

Por esa razón se plantea la hipótesis de que la fibra de bagazo puede ser utilizada como un material de construcción, comparando la fibra con otras que ya se emplearon como materiales de construcción, y elaborándolos de manera similar a estos materiales.

30.-PANELES ECOLÓGICOS HECHOS A PARTIR DE AGROFIBRA

Los paneles **ECOboard** son paneles de grado industrial de alta calidad, que están fabricados a partir de lo que se llama agrofibra. Es un material procedente de residuos agrícolas (paja, cañas,...) que están molidos para formar escamas. Luego se mezclan

con una resina libre de formaldehído. Por último, se comprimen a altas temperaturas para darles forma y resistencia. El material ECOboard es por tanto una solución saludable y ecológica, que se puede utilizar como sustitución de los típicos paneles MDF, OSB, y contrachapado. Sirve tanto para la construcción de viviendas como la fabricación de muebles. La huella de carbono de este material es negativa. (Fundación Energizar paneles-ecológicos).

31.- INVESTIGACIÓN, ENTREVISTAS Y VISITA EN EL SITIO

31.1.-CONFERENCIA DE LA "FOAR"

En la ciudad de Bermejo se dictó una conferencia organizada por la alcaldía de Bermejo, y dictada por la cooperación argentina, en dicha conferencia se debatieron con agricultores, productores e ingenieros, diferentes temáticas, respecto a la cosecha de caña de azúcar.



(Expositor ing. Agr. Enrique Uwivari)

Los ingenieros agrónomos especialistas en la industrialización de caña de azúcar Ing. Agr. Enrique Uwivari y el Ing. Agr. Jorge Chalco Vera, fueron los expositores que expusieron diferentes propuestas que se realizaron a la comunidad productora de

caña de azúcar en bermejo, siendo dos temas, los rescatados para esta investigación, los cuales son los siguientes:

- ¿Cosecha verde o quemada?
- Propuestas para la utilización de los residuos industriales de la caña.

La exposición tuvo una duración de tres días empezando el día 20/06/2018 hasta el día 22/06/2018, y el resultado de dicha exposición fue capacitar a ingenieros, agricultores y productores para mejorar la calidad de producción e industrialización.

31.2.- ¿COSECHA VERDE O QUEMADA?

En la actualidad, en temporadas de cosecha de la caña, los agricultores queman las plantaciones por diferentes razones tanto como economizar el tiempo y garantizar el ingreso al ingenio, la quema de una hectárea emite alrededor de 160 kg de CO₂ contaminando la atmosfera.

Al realizar la cosecha en verde no existe combustión, por lo tanto se reduce considerablemente la contaminación en el proceso de industrialización de la caña de azúcar. La cosecha quemada altera las propiedades de la caña reduciendo y alterando la sacarosa, siendo la azúcar de menor calidad que la cosecha verde. La conclusión en la conferencia es la de concientizar a los productores sobre la quema de los cultivos, actualmente existen proyectos de regulación de medio ambiente para controlar la quema de los cultivos.

La incorporación de normas que prohíban la quema de cultivos de caña, evitara que en el proceso de la industrialización hará que reduzca la contaminación ambiental siendo el bagazo un desecho proveniente de una industria más amigable con el medio ambiente.

31.3.-PROPUESTAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE LA CAÑA

Como parte de las exposiciones, se presentaron propuestas para reutilizar los residuos de la caña de azúcar, de los cuales se sociabilizaron con los agricultores, las diferentes posibilidades que se puede obtener de estos residuos.

Las diferentes propuestas fueron las siguientes:

- Briquetas
- Capacitación para generar alimento para ganado
- Bioabonos
- Compostaje

31.3.1.-BRIQUETAS.- Las briquetas o bloque sólido combustible son bio-combustibles para generar calor utilizados en estufas, chimeneas, salamandras, hornos y calderas. Es un producto 100 % ecológico y renovable, catalogado como bio-energía sólida, que viene en forma cilíndrica o de ladrillo y sustituye a la leña con muchas ventajas. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Briqueta>)



(Briquetas de bagazo)



(Briquetas de madera)

31.3.2.-ALIMENTO PARA GANADO.- Los animales pueden consumir forrajes en los siguientes estados: verde, heno y ensilaje. Si las plantas forrajeras han llegado a su madurez, el contenido de fibra aumenta, sin embargo, su valor nutritivo disminuye, por eso, se debe cosechar granos como la cebada, avena, etc. Cuando el grano está aún en un estado lechoso y las leguminosas como la alfalfa, trébol, vicia vellosa, etc. cuando han empezado a florecer en un 10%. (<https://solucionespracticas.org.pe/clasificacion-de-alimento-para-ganado-vacuno>).



(Forraje para ganado)

31.3.3.-BIOABONOS.- El bioabono está compuesto por sustancias promotoras del crecimiento de las plantas como creatina, auxina y ácido B indol acético. Además proporciona una liberación lenta de los nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros, por medio de reacciones químicas y biológicas del suelo. (<https://panoramaagrario.com/2014/01/el-bioabono/>)



(Preparación del bioabono)

31.3.4.-COMPOSTAJE.- El compost o la composta es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico (lodos de depuración, estiércol, fracción orgánica de residuos sólidos, residuos agropecuarios y otros), los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de fermentación denominado compostaje. Posee un aspecto terroso, libre de olores y de patógenos, es empleado como abono de fondo y como sustituto parcial o total de fertilizantes químicos. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Compost>)

La presentación de estas diferentes alternativas de uso para el bagazo fueron planteadas y dejadas a consideración, pero no se presentó una opción donde se apliquen las propiedades del bagazo como un material de construcción.

Las diferentes investigaciones realizadas por la cooperación argentina realizaron estudios con algunas agrofibras existentes en argentina, fabricando algunos materiales combinados con otros materiales sintéticos, siendo un éxito en su elaboración, mas al contrario no se experimentó con el bagazo, los únicos estudios realizados al bagazo son con la ceniza del bagazo y aplicaciones de bagazo para fabricar paneles.

31.4.-ENTREVISTA A LA ING. QUÍMICA NORMA MENDOZA

En la visita al ingenio azucarero de bermejo, el asesoramiento de la Ing. química que trabaja en el ingenio, fue de gran ayuda. Según los datos estadísticos del ingenio la zafra del año 2017 fueron superiores a las 358,000 Tn de caña de azúcar, la ing. Explico que este dato es variable según la ing. Química ya que esta es la cifra más reducida en los últimos años siendo la cifra de 500,000 Tn la más común y la cifra de 800,000 Tn la de mayor ingreso. Según los datos explicados por la Ing. Norma el porcentaje obtenido de bagazo es de 38 % a 40 % del total de la materia procesada, dependiendo la variación de este porcentaje por el tipo de cosecha manual o mecanizada, siendo en bermejo ambos casos, el bagazo obtenido de la última molienda de la fábrica tiene un uso dado por el mismo ingenio, el cual trata de quemar el bagazo para prender las calderas, según la ing. Norma este no es el uso más adecuado porque se genera combustión que contamina la atmosfera, “ el bagazo es quemado en las calderas porque no se ha encontrado otro uso para ser usado como subproducto y no como desecho, se utiliza gran porcentaje de el bagazo para prender las calderas y el resto es vendido a campesinos para alimentar su ganado, algunas personas lo utilizan como abono para sus cultivos, pero en ambos casos no es un resultado óptimo porque el bagazo es muy difícil de consumir o desintegrar sin una intervención especial.” En palabras de la ing. Norma.



(Ing. Química Norma Mendoza)

31.5.-ENTREVISTA AL ING. AGRÓNOMO ORLANDO GÁLEA ONTIVEROS

El ingeniero agrónomo Orlando, es docente de la facultad de agronomía de bermejo, especialista en el estudio de la cosecha de caña, su asesoramiento fue de gran ayuda, ya que el realizo un estudio sobre la captura de CO₂ de los cultivos de caña de azúcar. Explicando que toda materia orgánica absorbe el CO₂ atreves de proceso total mente natural y cosechando los cultivos sin quemarlos incrementa el porcentaje de que la industria de la azúcar emita menos CO₂ que otras industrias. También explico el ing. Orlando que los estudios relacionados a la caña de azúcar son en su mayoría dirigidos al campo de la agronomía, producción y comercialización pero no existen estudios relacionados con fabricar materiales de construcción. “No se ha experimentado con materiales de construcción porque no existen procesionales especialistas interesados en el estudio, mas al contrario si existen profesionales que buscan otros usos para el bagazo, el uso más común que se le da al bagazo en otros países es convertir esta materia en materia prima para la fabricación de papel y cartón, pero no existen en el medio las instalaciones necesarias para fabricar estos productos, otro uso que comúnmente se da al bagazo en el medio, es convertir esta materia en alimento para ganado, pero si no se transforma adecuadamente y se balancea esta materia puede generar problemas en la salud de los animales, pero el uso oficial que se le da al bagazo es para prender los calderos quemando esta materia, que en otros países es un subproducto y no un desecho”.



(Ing. Agrónomo Orlando Ontiveros)

31.6.-ENTREVISTA AL ING. AGRÓNOMO ENRIQUE UWIVARI

La entrevista al ing. Enrique ayudo a reforzar la investigación asegurando que los porcentajes de bagazo obtenido por la materia total procesada, son el 40 %, explico también algunos usos que se puede dar al bagazo como subproducto y demostró que la cosecha en verde es mucho mejor que una cosecha quemada. El bagazo como subproducto para la elaboración de briquetas ecológicas es una de las propuestas más interesantes realizadas por el Ing. Enrique. “el aprovechamiento del bagazo como subproducto y no como residuo es una de los retos que enfrenta el ingenio azucarero de bermejo, la utilización del bagazo para calentar los calderos de la fábrica no es la solución más adecuada, ya que se contamina el medio ambiente y se desperdicia un subproducto que puede ser utilizado de diferentes maneras, tanto como para la fabricación de papel, ropa, abonos, alimentos para ganado, muebles, etc. Aprovechar el bagazo es indispensable ya que se cuenta con la materia prima y no se aprovecha al máximo el verdadero potencial de esta materia prima, tomando en cuenta que el ingenio de bermejo genera toneladas de bagazo, los ingresos económicos que se generarían serian de gran magnitud, si se convierte al bagazo en materia prima para la elaboración de otras alternativas más amigables con el medio ambiente.”



(Ing. Agrónomo Enrique Uwivari)

31.7.-ENTREVISTA AL ING. AGRÓNOMO JORGE CHALCO VERA

El Ing. Agrónomo Jorge especialista en el manejo de la caña y los subproductos de la misma, trabajo en conjunto con la cooperación española, estudiando las propiedades de el bagazo, realizando experimentos con la ceniza de el bagazo de caña de azúcar, y contribuyendo en otras investigaciones sobre la elaboración de materiales a base de forrajes vegetales, vale decir agrofibras, concluyendo que las mismas poseen cualidades para ser utilizadas como materiales de construcción, elaborando los materiales dependiendo de las fibras utilizadas para crear el mismo. “se ha realizado diferentes materiales con materia vegetal, los ejemplos más comunes y antiguos son los adobes, en Europa se hicieron puentes con materiales a base de fibras de cáñamo, los chinos fabricaron plaquetas con las fibras de la hoja de arroz, según las especies que existen en la región se experimentó de diferente manea, en Argentina nosotros realizamos paneles con el rastrojo de la caña de azúcar, siendo los resultados aceptables, pero no se experimentó a profundidad, vale decir solo se elaboró el material pero no lo estudiamos a profundidad.



(Ing. Agrónomo Jorge Chalco Vera)

DISEÑO EXPERIMENTAL

32.- DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. (<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>).

32.1.- MÉTODO EXPERIMENTAL

Un experimento es una situación simulada, en la que el investigador manipula conscientemente las condiciones de una o de diversas situaciones precedentes (variable independiente) para comprobar los efectos que causa dicha variable en otra situación consiguiente (variable dependiente). Esta situación se da en varias etapas, que pueden resumirse de la siguiente forma: (<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>).

- **Planteamiento de un problema.**
- **Formulación de hipótesis.**
- **Recogida y análisis de datos.**
- **Elaboración de conclusiones.**

33.- PLANTEAMIENTO DE VARIABLES

Al comenzar a realizar una investigación, hemos de delimitar las variables que deseamos analizar a través de la investigación y cuáles vamos a desechar, al igual que dejar claro cuáles podrían influir en nuestros resultados. A la hora de estudiar las variables de las que se compone una investigación experimental, debemos dejar claros los términos que vamos a emplear y el significado que poseen para nosotros. (<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>).

Los tipos de variables que se utilizan como referencia para un método experimental son los siguientes:

- Variables dependientes.
- Variables independientes.
- Variables controladas.
- Variables contaminantes.

El tipo de variable que se utilizara para la presente investigación, para la parte de la experimentación, es una variable de tipo dependiente, ya que este tipo de variable depende de lo que se tiene que observar, lo que se tiene que medir o cuantificar, aquello que nos facilitara la información, para realizar los experimentos, a diferencia de otras variables, los resultados y conclusiones son dados por la manipulación de la variable mencionada.

34.- DISEÑO DE DOSIFICACIÓN EXPERIMENTAL

Para elaborar un diseño que permita cuantificar de manera técnica, una dosificación con la cual nos permita trabajar de manera óptima con el bagazo de caña de azúcar, es necesario experimentar con diferentes aglutinantes y en diferentes porcentajes.

De esta manera se podrá determinar primeramente por medio de la observación, la reacción de cada muestra de bagazo con los diferentes aglutinantes, también de esta manera se podrá tener un acercamiento al uso específico en el cual se podría utilizar el bagazo en la construcción.

Con las diferentes muestras de bagazo se tendrán diferentes resultados, una vez terminada la práctica, se debe evaluar los resultados clasificándolos y rescatando los mejores resultados de las muestras experimentales, utilizando las cantidades empleadas en dichas muestras, para obtener una dosificación con la que se pueda trabajar.

34.1.- VARIABLES A UTILIZAR

Las diferentes variables que se utilizaran con respecto a los reactivos o aglutinantes son los comúnmente utilizados en la elaboración de materiales de construcción, con el fin de observar la reacción de estos reactivos con el bagazo de caña de azúcar, estos reactivos o aglutinantes son los siguientes:

- Cemento.
- Arcilla.
- Cal.

- Cemento-Cal.
- Arcilla-Cemento.
- Yeso.
- Ceniza de bagazo.

34.2.- DOSIFICACIONES Y PORCENTAJES

Para cada aglutinante se realizaron 3 diferentes muestras con diferentes porcentajes de bagazo de caña de azúcar, se utilizaron 3 tipos de bagazo, de diferentes procedencias y diferentes tamaños.

Con respecto a los aglutinantes se utilizara el porcentaje restante respecto al porcentaje de bagazo de caña de azúcar.

Los porcentajes aplicados en la muestras de esta fase de experimentación son los siguientes:

-Cemento: 40% - 30% - 25%

-Arcilla: 60% - 25% - 40%

-Cal: 30% - 40% - 70%

-Cemento-Cal: 20% - 40% - 30%

-Arcilla-cemento: 50% - 60% - 70%

-Yeso: 40% - 50% - 60%

-Ceniza de bagazo: 20% - 40% - 50%

34.3.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS AGLUTINANTES

Los aglutinantes usados en la construcción tienen diferentes especificaciones que deben ser consideradas, con el fin de conocer mejor estos materiales de construcción.

34.3.1.- PROCEDENCIA DEL MATERIAL, PROPORCIÓN DE AGUA, TIEMPO DE FRAGUADO

A continuación se expresara en una tabla la procedencia de cada material de aglutinante, la proporción de agua que se debe aplicar en la elaboración de muestras y el tiempo de fraguado de cada aglutinante.

Tabla 11. Especificaciones de materiales aglutinantes.

AGLUTINANTES COMPONENTES AGREGADOS	PROCEDENCIA DEL MATERIAL AGLUTINANTE	PROPORCION DE AGUA	TIEMPO DE FRAGUADO
CEMENTO	CEMENTO PORTLAND 50KG CEMENTO EL PUENTE IP: 40 CEMENTO FANCESA IP: 30	1/2 (0.5) Lt de agua por cada Kg de cemento relacion A/C=0.5	28 DIAS
ARCILLA	ARCILLA DE YACIMIENTO ARCILLA MOLIDA ARCILLA DE LADRILLOS	1/4 Lt de agua por cada Kg de arcilla CONSISTENCIA PLASTICA	3 DIAS
CEMENTO-ARCILLA	CEMENTO EL PUENTE IP: 40 ARCILLA MOLIDA	40% de agua por cada 1000cm ³	3 DIAS
CAL	CAL MARCA CALCO-BOLIVIA CAL APAGADA CAL AEREA	1/2 (0.5) Lt de agua por cada Kg de cal	2 DIAS
YESO	YESO MARCA SOBOCE YESO DE CONSTRUCCION 30 kg YESO COCIDO	1/2 (0.5) Lt de agua por cada Kg de yeso	2 DIAS
CENIZA DE BAGAZO	RESIDUO DE COMBUSTION DEL BAGAZO DE LA FABRICA CENIZA PUZZOLANA	PROPORCIONAL A LA MEZCLA CONSISTENCIA PASTOSA	2 DIA
CAL-CEMENTO	CAL APAGADA CEMENTO EL PUENTE IP: 40	PROPORCIONAL A LA MEZCLA CONSISTENCIA PASTOSA	2 DIA

(Elaboración propia)

34.3.2.- DIMENSIONES DE LOS MOLDES, DENSIDADES DE LOS MATERIALES Y PESOS ESPECÍFICOS

A continuación se presentan en una tabla las dimensiones de los moldes y el volumen de la muestra, las densidades de cada aglutinante y sus pesos específicos, datos que se toman como referencia para la elaboración de las muestras experimentales.

Tabla 12. Especificaciones de materiales peso/densidad.

AGLUTINANTES COMPONENTES AGREGADOS	DIMENSIONES DEL MOLDE Y CANTIDADES	DENSIDADES	PESO ESPECIFICO
CEMENTO	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 400cm ³ 320cm ³ 480cm ³	3.15 g/cm ³	3.15 gr/cm ³
ARCILLA	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 560cm ³ 480cm ³ 400cm ³	1.33 g/cm ³	1440 Kg/cm ³
CEMENTO-ARCILLA	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 480cm ³ 560cm ³ 400cm ³	3.15 g/cm ³ 1.33 g/cm ³	1980 kg/m ³
CAL	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 240cm ³ 320cm ³ 560cm ³	3.34 g/cm ³	1000 kg/m ³
YESO	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 320cm ³ 400cm ³ 480cm ³	2.33 g/cm ³	22,70 N/dm ³
CENIZA DE BAGAZO	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 80cm ³ 240cm ³ 400cm ³	2.5 g/cm ³	2,96 gr/cm ³
CAL-CEMENTO	16cmx10cmx5cm 800cm ³ 80cm ³ 240cm ³ 400cm ³	3.15 g/cm ³ 3.34 g/cm ³	2.5 gr/cm ³

(Elaboración propia)

35.- ELABORACIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES

Para la elaboración de las muestras experimentales se debe seguir un orden lógico, o ser guiado por un procedimiento, cuantificando datos y llevando un registro fotográfico, los pasos para la elaboración de las muestras son los siguientes:

- Pesar las cantidades de los elementos.
- Mezclar cada uno de los aglutinantes con el bagazo de caña de azúcar.
- Añadir la cantidad necesaria de agua a la mezcla.
- Proceder al amasado de la mezcla, hasta formar masa homogénea.
- Colocar la mezcla en el molde de madera.
- Dejar reposar la mezcla, para poder observar los resultados.
- Desmoldar la muestra cuando esta fragüe correctamente.
- Curar la muestra para que esta no pierda la humedad.
- Pesar la muestra una vez que esta fragüe por completo.
- Anotar todos los resultados y datos obtenidos por la muestra.
- Comparar los resultados con una muestra sin bagazo.
- Llevar un registro fotográfico de la muestra.

35.1.- MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales utilizados para la elaboración de las muestras experimentales son los siguientes:

- Balanza electrónica.
- Balde de construcción.
- Badilejo/cuchara de construcción.
- Recipiente de medida.
- molde de madera 9.5cm x 20cm x 5.5cm.
- Cernidor malla milimétrica.
- Guantes de látex.



35.2.- PROCEDIMIENTO

El procedimiento aplicado en las muestras es el mismo para todas las muestras, por lo tanto a continuación se mostrara el procedimiento de una muestra, que será el mismo para las demás muestras, con sus diferentes aglutinantes, a continuación se presentara el procedimiento de la elaboración de una muestra, para esta investigación.

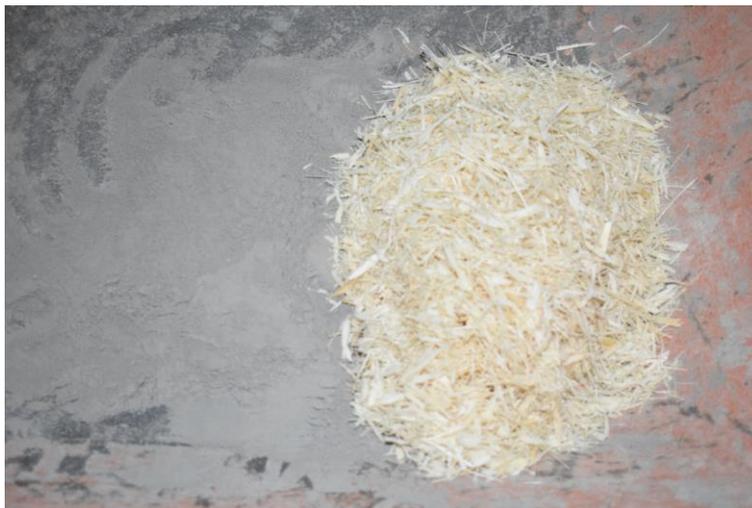
35.2.1.-PESAR LAS CANTIDADES DE LOS ELEMENTOS



Con la balanza se procede a pesar el bagazo y el cemento para registrar los datos, el peso del recipiente es de 0.016 kg y la bolsa 0.008 kg.



35.2.2.-MEZCLAR CADA UNO DE LOS AGLUTINANTES CON EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR



Una vez pesados el bagazo y el cemento, se los coloca en el balde de construcción, se puede notar que el volumen del bagazo es mayor que el del cemento.



Se mezcla el bagazo con el cemento en seco hasta lograr una forma homogénea, la cantidad de cemento se equipara al volumen del bagazo.

35.2.3.-AÑADIR LA CANTIDAD NECESARIA DE AGUA A LA MEZCLA



Una vez terminada la mezcla se debe agregar agua, la relación es de $A/C=0.5$, hasta poder manipular fluidamente la mezcla, y lograr una consistencia que se pueda manipular para poder moldear la mezcla.



La reacción del bagazo con el cemento es satisfactoria, y el bagazo ayudo a reducir la cantidad de cemento para la elaboración de la muestra.

35.2.4.-COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE DE MADERA



Después de agregar el agua a la muestra, se colocara la mezcla dentro del molde de madera, asegurándose de que la mezcla sea bien distribuida por todo el molde, vibrar la mezcla para evitar huecos dentro de la mezcla.



Asegurarse de que la mezcla este dentro de todo el molde, afinar la superficie superior, dentro de lo posible, ya que la textura del material no es fina por el bagazo.

35.3.- SEGUIMIENTO



La muestra fraguo de manera correcta no presenta rajaduras ni grietas, es una muestra que reacciona de manera correcta con el bagazo, el bagazo no perjudica el proceso del fraguado del cemento, ya que el hormigón no reacciona bien con materia orgánica.



36.- SELECCIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES

Una vez terminadas las muestras se realizó a seleccionar las muestras con mejores resultados, se hizo un resumen en un cuadro con todas las muestras.

36.1.- TABLA DE CONTROL

Tabla 13. Selección de las pruebas de mezclas.

PASOS PARA LA SELECCION DE MEZCLAS	SELECCION DE LAS PRUEBAS DE MEZCLAS							
	MUESTRAS REALIZADAS				MUESTRAS SELECCIONADAS			
SELECCIONAR LAS MUESTRAS FRAGUADAS QUE NO PRESENTEN FRACTURAS								
VALORAR MEJORES RESULTADOS DE CADA MUESTRA								
ELABORAR TABLAS COMPARATIVAS DE RESULTADOS								
SOMETER LAS PRUEBAS SELECCIONADAS A ENSAYOS DE LABORATORIO								
DOCUMENTAR LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO								
MEJORAR LOS PORCENTAJES DE MUESTRAS RESPECTO A LAS PRUEBAS								
REALIZAR UN REGISTRO FOTOGRAFICO DE TODAS LAS MUESTRAS								
	ARCILLA		ARCILLA-CEMENTO		ARCILLA		ARCILLA-CEMENTO	
	ARC 1	ARC 2	ARC 1	ARC 2				
	ARC 3	ARC 4	ARC 3	ARC 4				
	CEMENTO		CAL-CEMENTO		CEMENTO		CAL-CEMENTO	
	CEM 1	CEM 2	CALC 1	CALC 2				
	CEM 3	CEM 4	CALC 3	CALC 4				
	CAL		CENIZA DE BAGAZO		CAL		CENIZA DE BAGAZO	
	CAL 1	CAL 2	CEN 1	CEN 2				
	CAL 3	CAL 4	CEN 3	CEN 4				

37.- ENSAYOS DE LABORATORIOS

Una vez seleccionadas las muestras, se someterán a ensayos para determinar y cuantificar, cuan útiles podrían ser, en caso de ser empleados como materiales de construcción, las diferentes pruebas o ensayos aplicados en las muestras son recreados de instituciones que certifican materiales no estructurales.

37.1.- PRUEBA DE HIDROSCOPICIDAD

La higroscopicidad es la capacidad de los materiales para absorber la humedad, En construcción son importantes los materiales que no permiten impermeabilizar determinadas partes del edificio pero así poder evitar humedades. Cada vez más rápido. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Higroscopicidad>).

37.2.- PRUEBA DE ABSORCIÓN

En esencia, el método consiste en saturar de agua el ladrillo por ebullición del mismo en una olla a presión de las empleadas para usos domésticos. Con ello se logran saturaciones perfectamente aceptables en tiempos de tan sólo unos minutos; y el ensayo completo, desde la toma de la muestra hasta la obtención del resultado, puede realizarse en un tiempo realmente corto. (<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1264/1395>).

37.3.- PRUEBA DE CONSISTENCIA

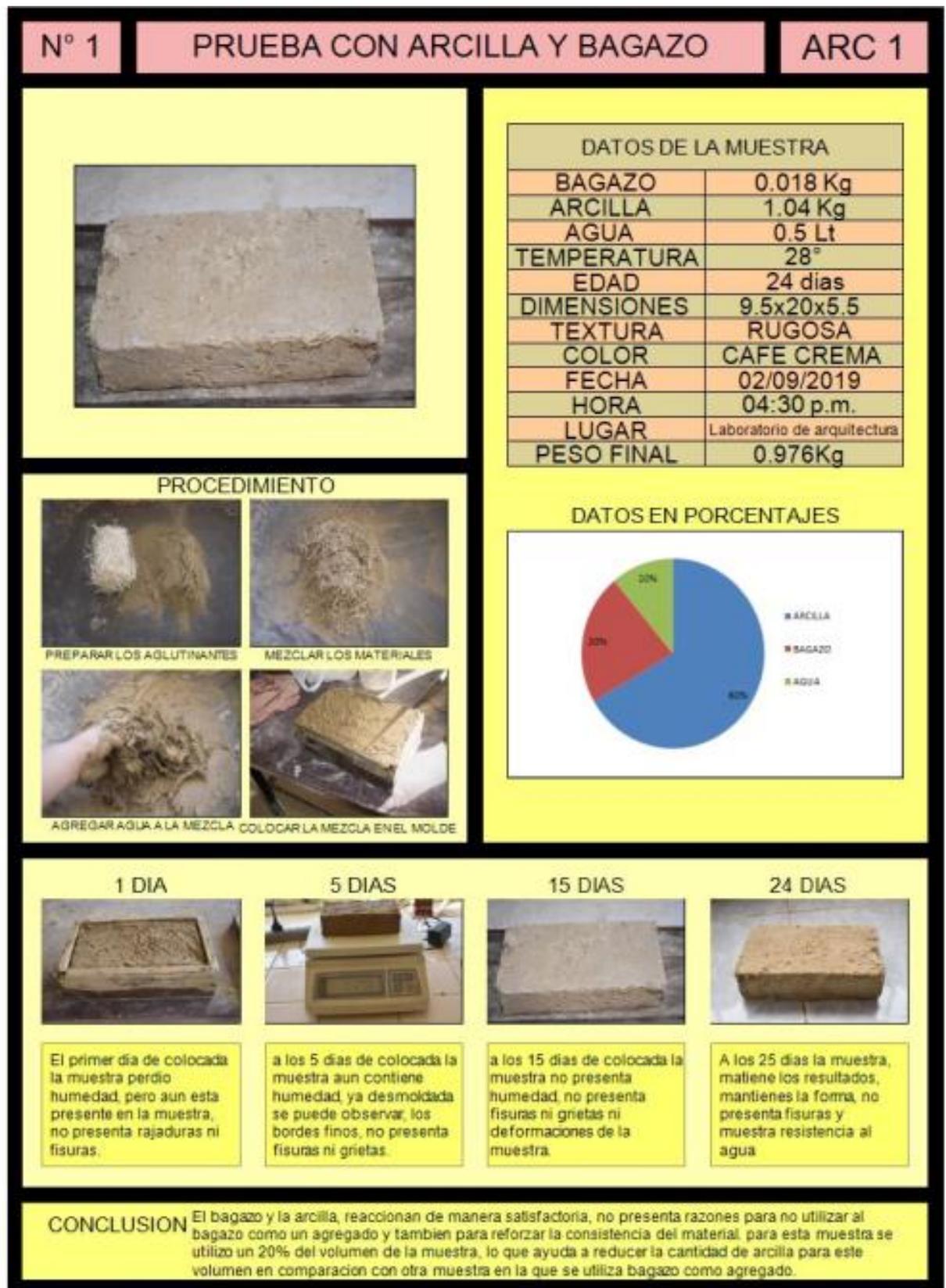
Existen diferentes pruebas de consistencia, el objetivo es determinar que tipo de consistencia de forma posee una determinada mezcla, con una determinada dosificación, se puede analizar la consistencia de la pasta y la de la forma.

37.4.- PRUEBA DE ADHERENCIA

La adherencia mecánica se produce por la trabazón que se crea en la hidratación del conglomerante (sea cal o cemento), la prueba de adherencia consiste en determinar cuanta resistencia tiene un mortero sometiéndolo a tracción por el aumento de peso progresivamente hasta que la prueba falle. (http://www.ipc.org.es/guia_colocacion/info_tec_colocacion/mat_agarre/adherencia/mecanica.html).

38.- FICHAS TÉCNICAS DE PRUEBAS

A continuación se presentara fichas que resumen todas las pruebas que se elaboraron en laboratorio, se resume todo el procedimiento y se apuntan todos los datos que influyeron en la elaboración de las muestras, datos en porcentajes, en tablas, y el seguimiento de las muestras, se encuentran resumidas en las fichas de todas las pruebas realizadas.



Nº 2

PRUEBA CON ARCILLA Y BAGAZO

ARC 2



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.078 Kg
ARCILLA	0.832 Kg
AGUA	0.3 Lt
TEMPERATURA	24°
EDAD	12 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	CAFE CREMA
FECHA	14/09/2019
HORA	03:40 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	1.058 Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

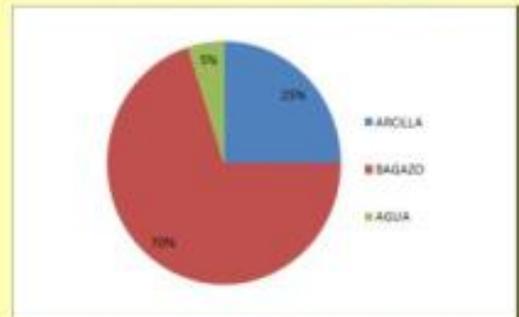


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



el primer dia de colocada la muestra, las cantidades utilizadas en la muestra fueron suficientes para rellenar el molde, la superficie presenta textura rugosa

2 DIA



El segundo dia de colocada la muestra perdo humedad, pero aun esta presente en la muestra, no presenta rajaduras ni fisuras.

15 DIAS



a los 15 dias de colocada la muestra no presenta humedad, no presenta fisuras ni grietas ni deformaciones de la muestra, las texturas laterales son finas.

24 DIAS



A los 24 dias la muestra, mantiene los resultados, mantiene la forma, no presenta fisuras ni grietas el color de la muestra es mas oscuro que otra sin bagazo.

CONCLUSION

El bagazo y la arcilla reaccionaron de manera satisfactoria no presento fisuras ni grietas, al agragar el 70% del bagazo, la muestra disminuyo su peso considerablemente con otra muestra de pura arcilla, la muestra disminuyo la cantidad de arcilla para realizar la muestra.

Nº 3

PRUEBA CON CEMENTO Y BAGAZO

CEM 1



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.038 Kg
CEMENTO	1.008 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	20°
EDAD	22 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	04/09/2019
HORA	05:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	1.564 Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

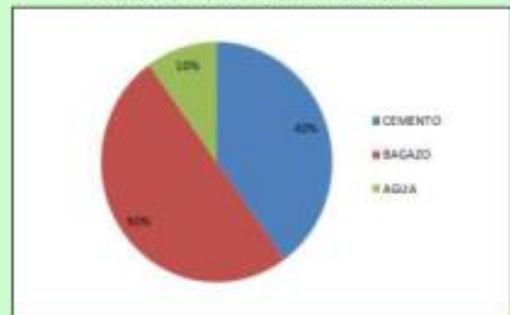


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



el primer dia de colocada la muestra, las cantidades utilizadas en la muestra fueron suficientes para rellenar el molde, la superficie presenta textura rugosa

2 DIAS



El segundo dia de colocada la muestra perdio humedad, pero aun esta presente en la muestra, no presenta rajaduras ni fisuras.

15 DIAS



a los 15 dias de colocada la muestra no presenta humedad, no presenta fisuras ni grietas ni deformaciones de la muestra, las texturas laterales son finas.

24 DIAS



A los 24 dias la muestra, mantiene los resultados, mantiene la forma, no presenta fisuras y muestra resistencia al agua

CONCLUSION El bagazo y el cemento reaccionaron de manera satisfactoria con el bagazo como remplazante total de agregados finos y gruesos, no se presentaron fisuras ni grietas. el porcentaje de 50% del volumen de la muestra fue suficiente para rellenar el molde.

Nº 4

PRUEBA CON CEMENTO Y BAGAZO

CEM 2



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.014 Kg
CEMENTO	0.640 Kg
AGUA	0.25 Lt
TEMPERATURA	17°
EDAD	20 días
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	SEMIFINA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	06/09/2019
HORA	06:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	1.314 Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

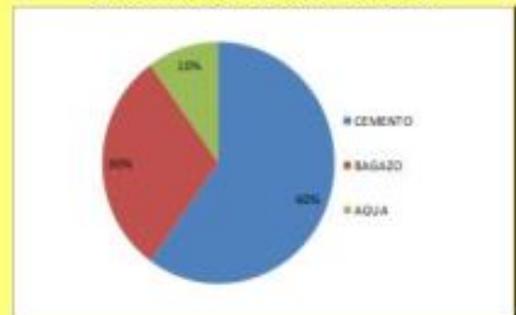


ADREGAR AGUA A LA MEZCLA

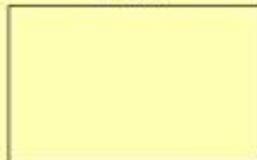


COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES

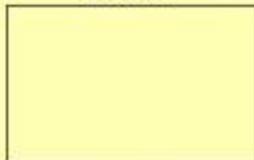


1 DIA



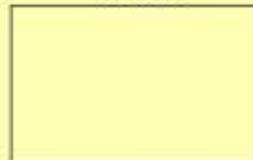
el primer día de colocada la muestra, las cantidades utilizadas en la muestra fueron suficientes para rellenar el molde, la superficie presenta textura semifina

5 DIAS



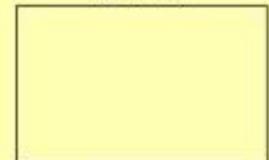
Al quinto día de colocada la muestra perdio humedad por completo, la superficie es semifina, y presenta leves irregularidades, no presenta fisuras ni grietas.

15 DIAS



a los 15 días de colocada la muestra no presenta humedad, no presenta fisuras ni grietas ni deformaciones de la muestra, las texturas laterales son finas.

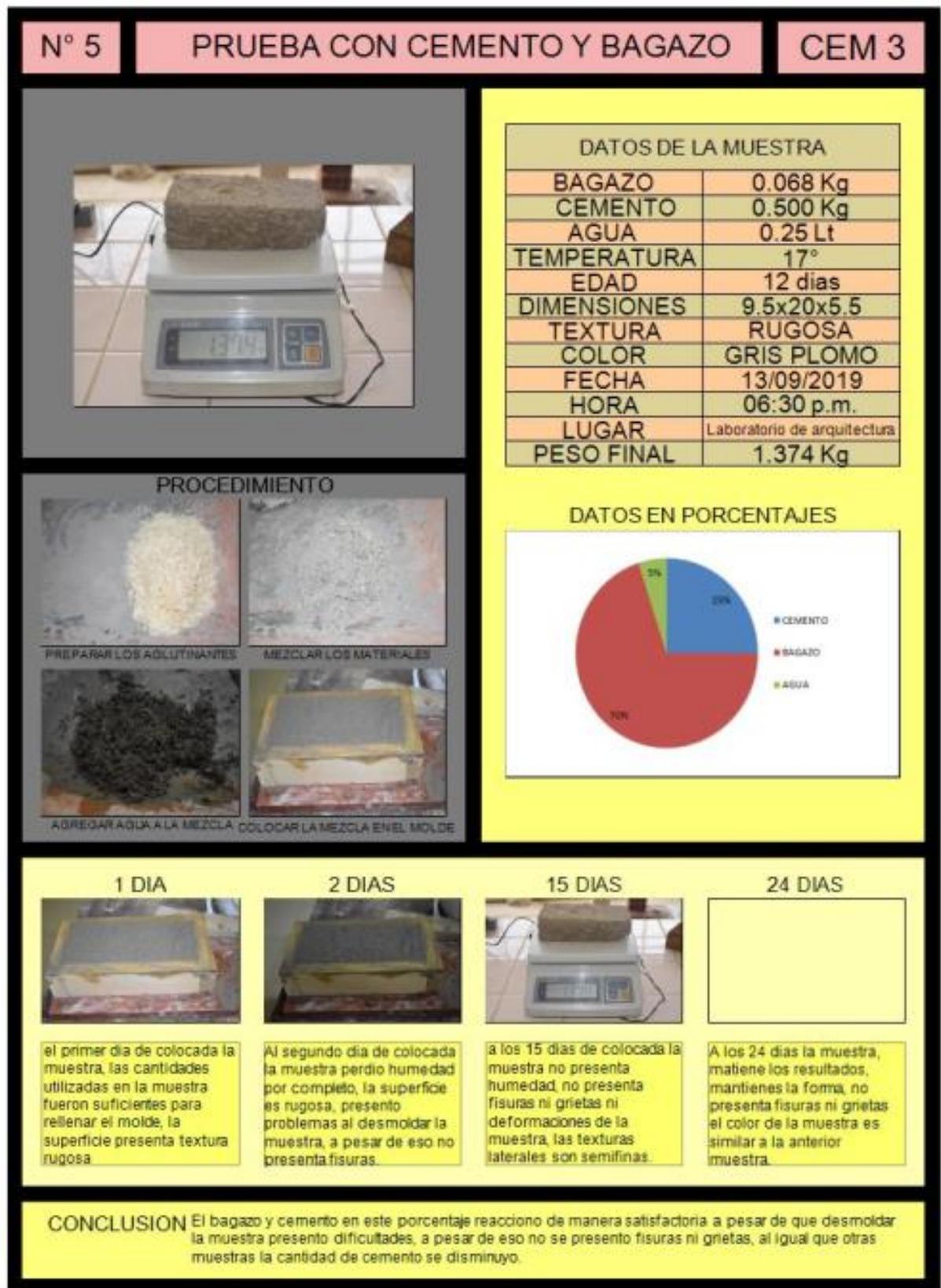
24 DIAS

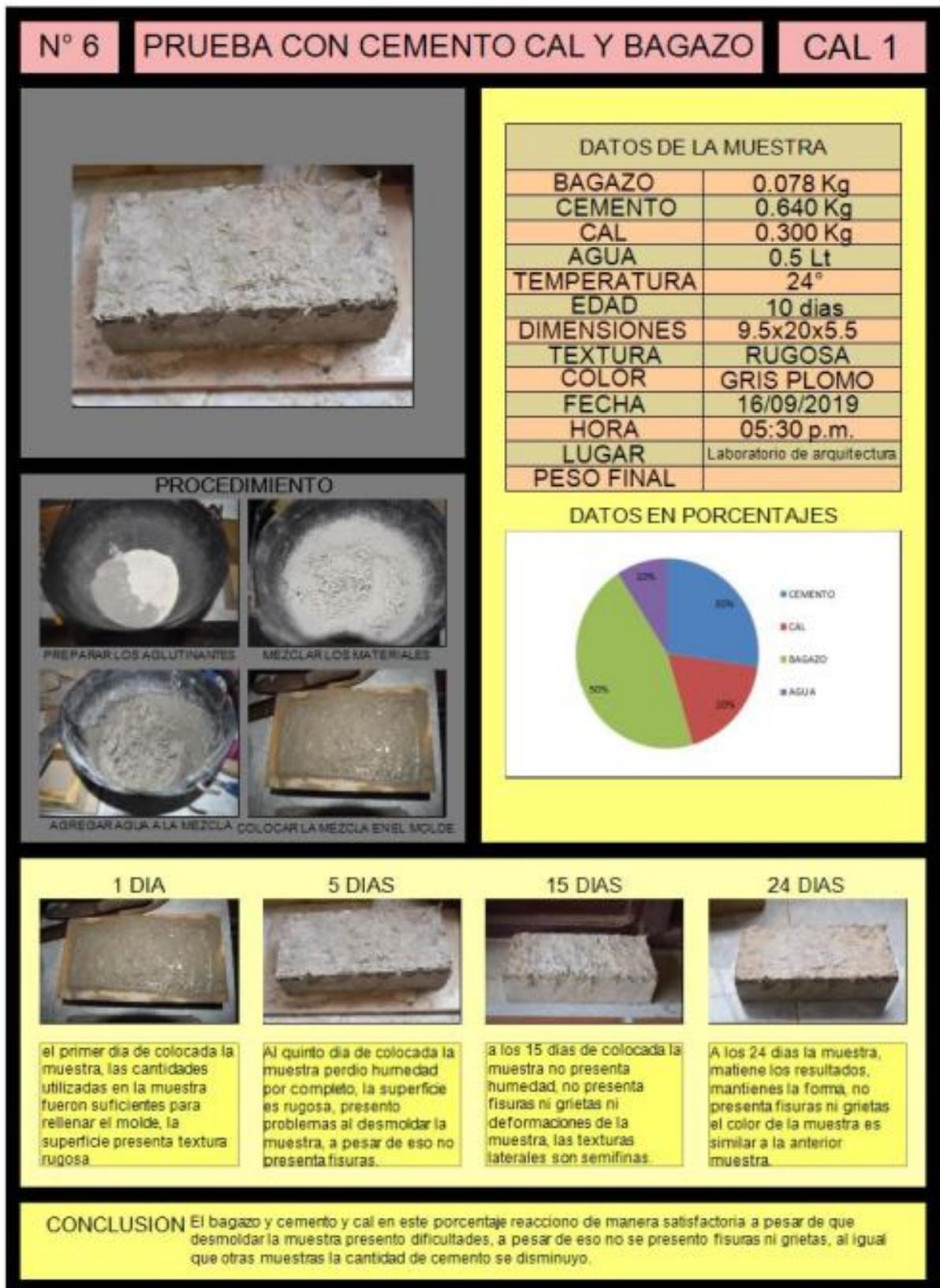


A los 24 días la muestra, mantiene los resultados, mantiene la forma, no presenta fisuras ni grietas el color de la muestra es similar a la anterior muestra.

CONCLUSION

El bagazo y cemento en este porcentaje reacciono de manera satisfactoria no presento fisuras ni grietas, al agragar el 30% del bagazo, la muestra disminuyo su peso, la muestra disminuyo la cantidad de cemento para realizar la muestra.





N° 7
PRUEBA CON CEMENTO Y BAGAZO
CEM 4



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.084 Kg
CEMENTO	0.400 Kg
AGUA	0.50 Lt
ARENA	0.398 Kg
TEMPERATURA	24°
EDAD	13 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	SEMIFINA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	06/10/2019
HORA	03:00 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

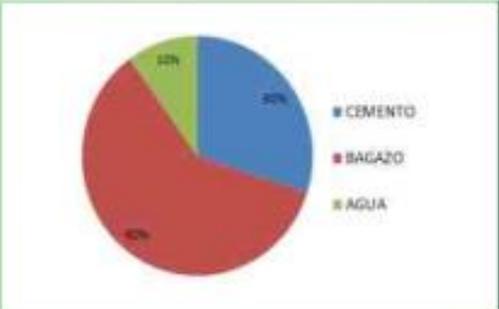


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdio humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, presenta una textura mas fina que las anteriores muestras.

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdio humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, la textura de la superficie de la muestra es semifina.

10 DIAS



A los 10 dias de colocada la muestra, perdio humedad por completo, la muestra no presenta deformacion, de la forma, ni grietas ni fisuras, la textura del material es semifina.

20 DIAS



A los 20 dias de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas.

CONCLUSION: El bagazo y el cemento, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 60% de bagazo del volumen de la muestra, lo que ayuda a disminuir la cantidad de cemento para la mezcla.

ELABORACIÓN DE UN MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

N° 8
PRUEBA CON CEMENTO Y BAGAZO
CEM 5



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.126 Kg
CEMENTO	0.400 Kg
AGUA	0.25 Lt
TEMPERATURA	24°
EDAD	13 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	SEMIFINA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	06/10/2019
HORA	03:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

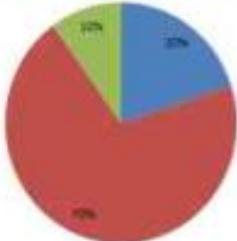


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



CEMENTO
 BAGAZO
 AGUA

1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, presenta una textura semifina, es de textura irregular.

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, la textura de la superficie de la muestra es semifina.

10 DIAS



A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra presenta deformaciones, de desmolde de los bordes, no presenta grietas la textura del material es semifina.

20 DIAS



A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras ni grietas, la textura es semifina, con leves deformaciones.

CONCLUSION: El bagazo y el cemento, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 70% de bagazo del volumen de la muestra, la cantidad de mezcla fue suficiente para completar el molde.

ELABORACIÓN DE UN MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

N° 9

PRUEBA CON CEMENTO Y BAGAZO

CEM 6



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.126 Kg
CEMENTO	0.800 Kg
AGUA	0.25 Lt
TEMPERATURA	24°
EDAD	13 días
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	SEMIFINA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	06/10/2019
HORA	04:00 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	Kg

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES



AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, presenta una textura semifina, es de textura irregular.

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas la textura de la superficie de la muestra es semifina.

10 DIAS



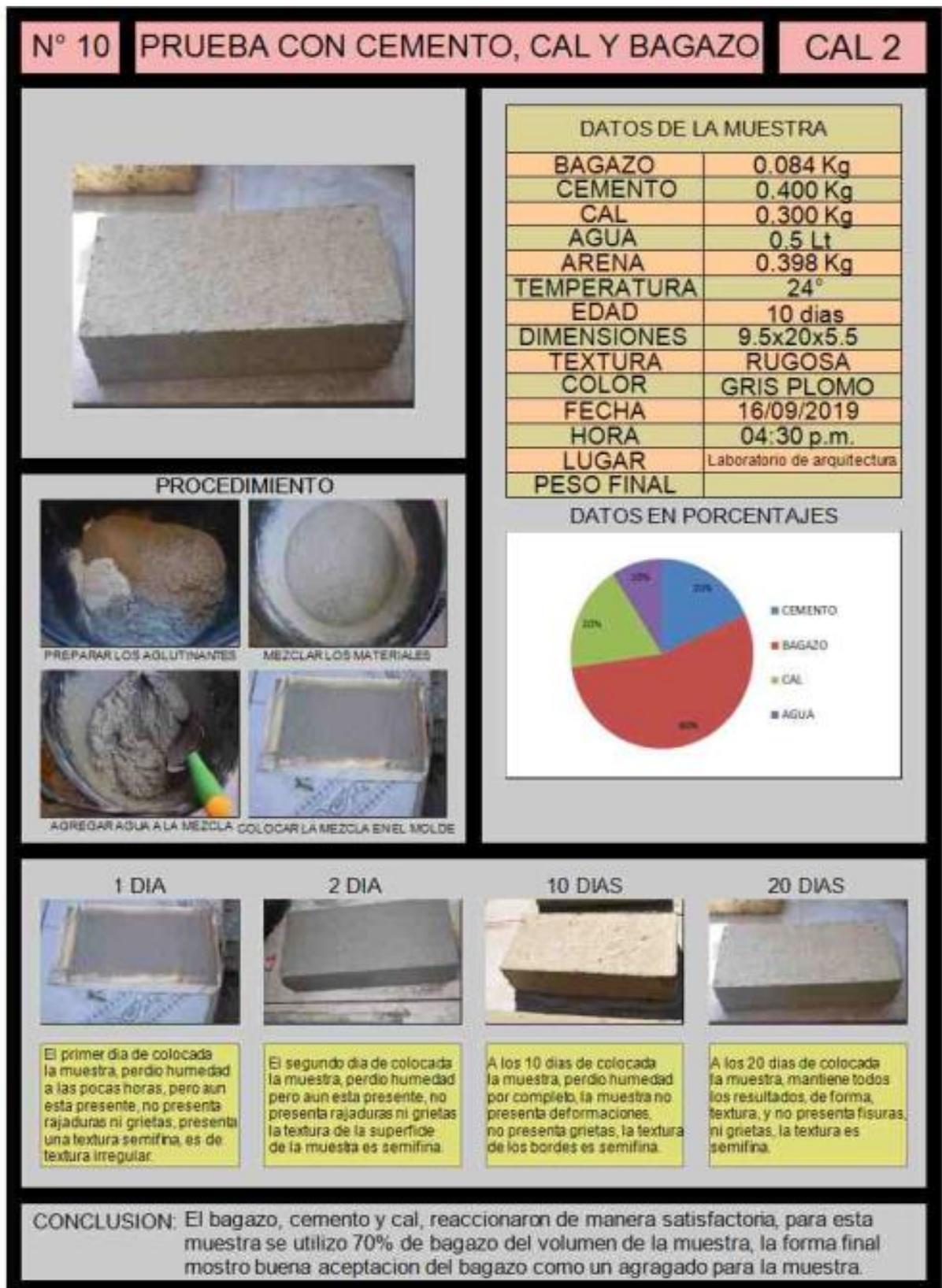
A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra no presenta deformaciones, no presenta grietas, la textura de los bordes es semifina.

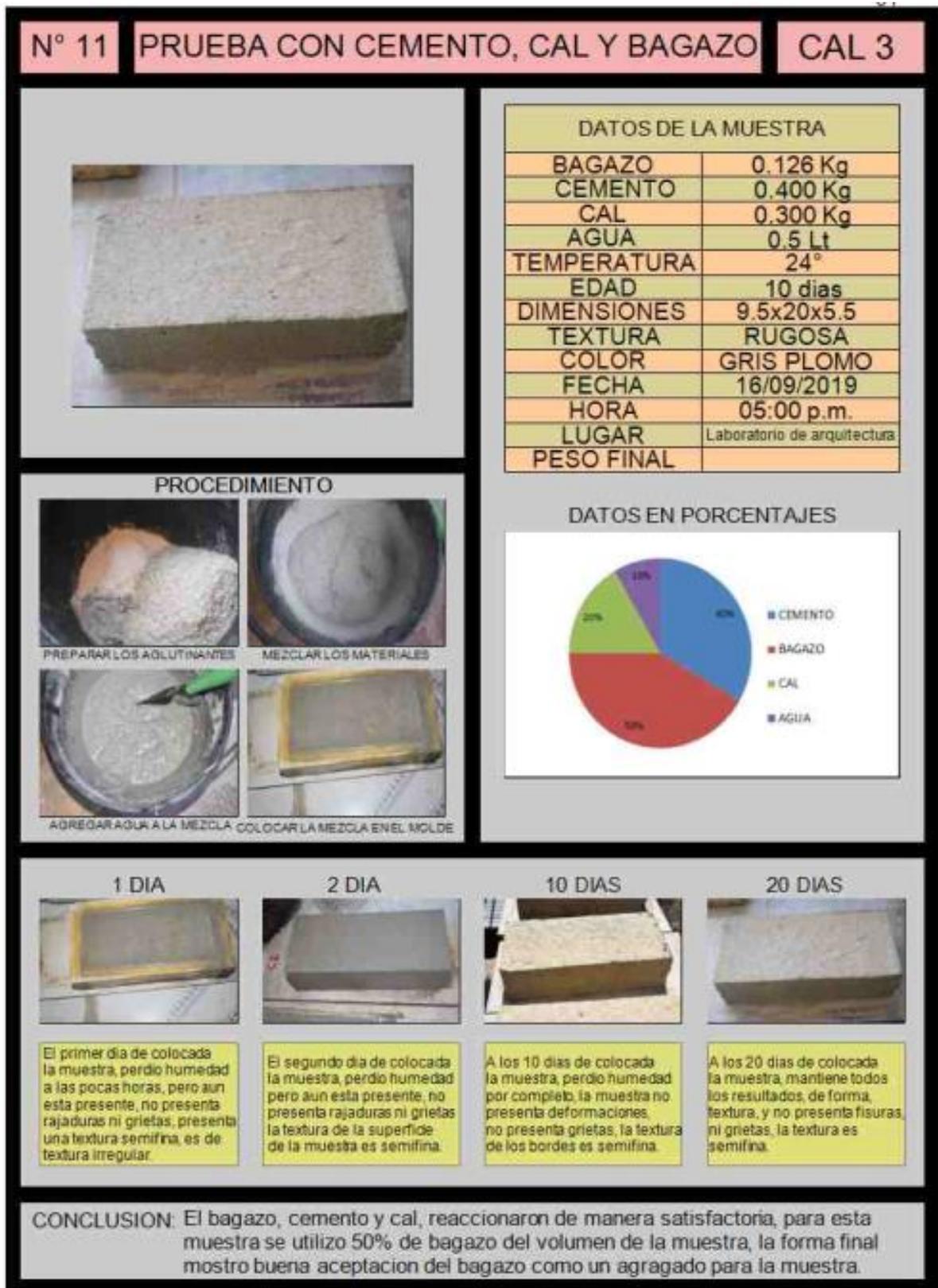
20 DIAS



A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas, la textura es semifina.

CONCLUSION: El bagazo y el cemento, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 70% de bagazo del volumen de la muestra, y se utilizo mas cemento, la cantidad de bagazo puede ser utilizada como un agregado para la mezcla.





Nº 12
PRUEBA CON CEMENTO, CAL Y BAGAZO
CAL 4



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.084 Kg
CEMENTO	0.400 Kg
CAL	0.300 Kg
ARENA	1.194 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	24°
EDAD	10 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	16/09/2019
HORA	05:00 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

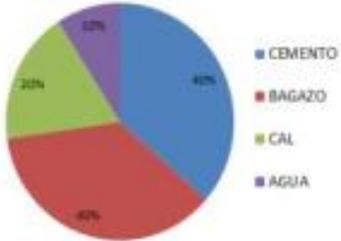


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA	2 DIA	10 DIAS	20 DIAS
			
El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, presenta una textura semifina, es de textura irregular.	El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas la textura de la superficie de la muestra es semifina.	A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra no presenta deformaciones, no presenta grietas, la textura de los bordes es semifina.	A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas, la textura es semifina.

CONCLUSION: El bagazo, cemento y cal, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 40% de bagazo del volumen de la muestra, la forma final mostro buena aceptacion del bagazo como un agregado para la muestra.

ELABORACIÓN DE UN MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

N° 13

PRUEBA CON CEMENTO, CAL Y BAGAZO

CAL 5



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.126 Kg
CAL	0.300 Kg
ARENA	0.796 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	24°
EDAD	10 días
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	GRIS PLOMO
FECHA	16/09/2019
HORA	06:00 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

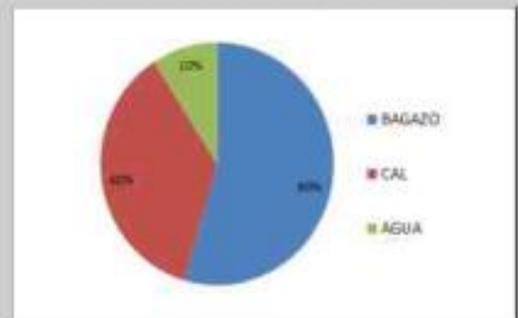


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, presenta una textura semifina, es de textura irregular.

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas, la textura de la superficie de la muestra es semifina.

10 DIAS



A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra presenta deformaciones con el contacto, el bloque no esta solidado por completo, presenta desprendimiento.

20 DIAS



A los 20 días de colocada la muestra, la muestra no esta completamente solidada, se desprende facilmente, y no es solidada.

CONCLUSION: El bagazo y cal, como unico aglutinante reaccionaron de manera diferente a las demas muestras, se desprendieron los bordes, y tardo demasiado en fraguar, se se utilizo en 60% de bagazo, la cantidad de mezcla fue suficiente para el molde.

N° 14

PRUEBA CON ARCILLA Y BAGAZO

ARC 1



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.084 Kg
ARCILLA	1.296 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	28°
EDAD	24 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	CAFE CREMA
FECHA	02/09/2019
HORA	04:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

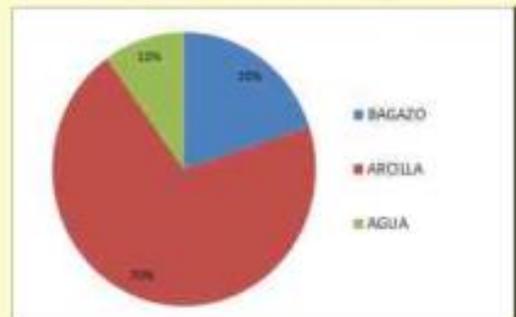


ADREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras, tiene una textura, fina que las anteriores muestras, no presentan

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas la textura de la superficie de la muestra es fina

10 DIAS



A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra no presenta deformación, de la forma, ni grietas ni fisuras, la textura del material es semifina

20 DIAS



A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas.

CONCLUSION: El bagazo y la arcilla, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 70% de bagazo del volumen de la muestra, esta mezcla con el bagazo logra que el bloque sea mas ligero que uno que no contiene bagazo.

N° 15

PRUEBA CON ARCILLA Y BAGAZO

ARC 1



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.034 Kg
ARCILLA	0.864 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	28°
EDAD	24 dias
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	CAFE CREMA
FECHA	02/09/2019
HORA	04:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

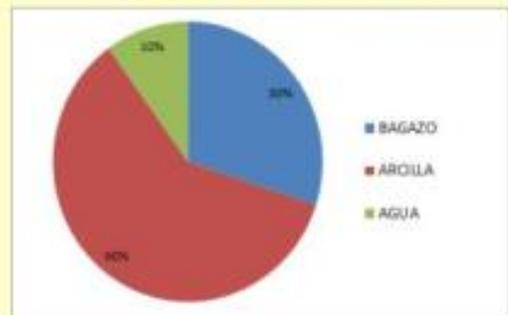


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



1 DIA



El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras, tiene una textura fina que las anteriores muestras, no presentan

2 DIA



El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas la textura de la superficie de la muestra es fina.

15 DIAS



A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra no presenta deformación, de la forma, ni grietas ni fisuras, la textura del material es semifina.

24 DIAS



A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas.

CONCLUSION: El bagazo y la arcilla, reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 60% de bagazo del volumen de la muestra, esta mezcla con el bagazo logra que el bloque sea mas ligero que uno que no contiene bagazo.

N° 16
PRUEBA CON ARCILLA CEMENTO Y BAGAZO
AC 1



DATOS DE LA MUESTRA	
BAGAZO	0.042 Kg
ARCILLA	1.296 Kg
CEMENTO	0.338 Kg
AGUA	0.5 Lt
TEMPERATURA	28°
EDAD	24 días
DIMENSIONES	9.5x20x5.5
TEXTURA	RUGOSA
COLOR	CAFE CREMA
FECHA	02/09/2019
HORA	04:30 p.m.
LUGAR	Laboratorio de arquitectura
PESO FINAL	

PROCEDIMIENTO



PREPARAR LOS AGLUTINANTES



MEZCLAR LOS MATERIALES

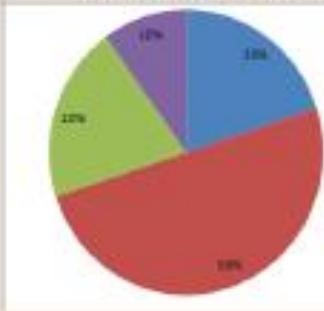


AGREGAR AGUA A LA MEZCLA



COLOCAR LA MEZCLA EN EL MOLDE

DATOS EN PORCENTAJES



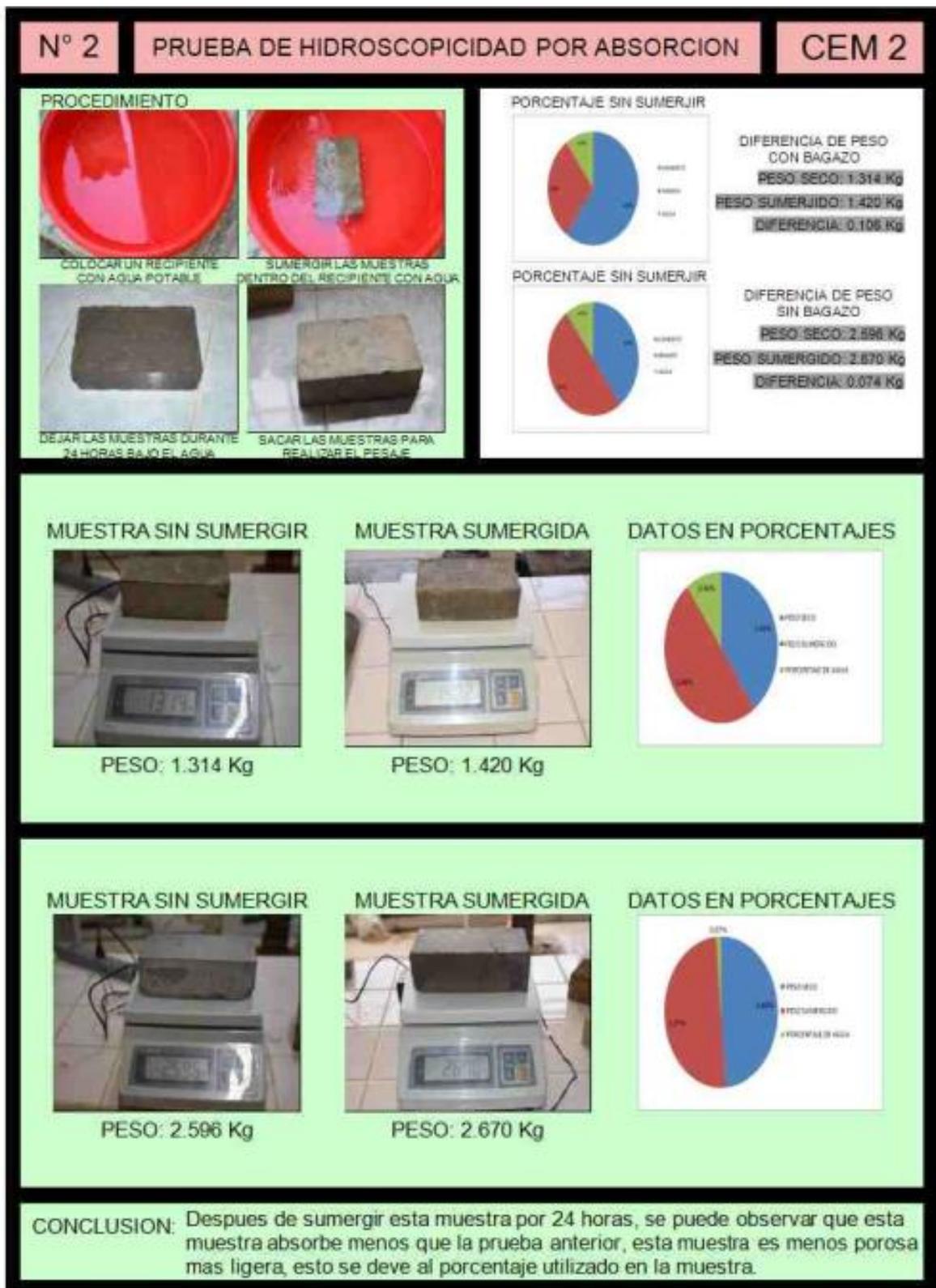
- BAGAZO
- ARCILLA
- CEMENTO
- AGUA

1 DIA	5 DIAS	15 DIAS	24 DIAS
			
El primer día de colocada la muestra, perdió humedad a las pocas horas, pero aun esta presente, no presenta rajaduras, tiene una textura fina que las anteriores muestras, no presentan	El segundo día de colocada la muestra, perdió humedad pero aun esta presente, no presenta rajaduras ni grietas la textura de la superficie de la muestra es fina.	A los 10 días de colocada la muestra, perdió humedad por completo, la muestra no presenta deformación, de la forma, ni grietas ni fisuras, la textura del material es semifina.	A los 20 días de colocada la muestra, mantiene todos los resultados, de forma, textura, y no presenta fisuras, ni grietas.

CONCLUSION El bagazo, la arcilla y el cemento reaccionaron de manera satisfactoria, para esta muestra se utilizo 50% de bagazo del volumen de la muestra, esta mezcla con el bagazo logra que el bloque sea mas ligero que uno que no contiene bagazo.

ELABORACIÓN DE UN MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

N° 1 PRUEBA DE HIDROSCOPICIDAD POR GOTEO		ARC 1
PROCEDIMIENTO		
		
PREPARAR EL BOTE DE SUERO COLOCAR LA MUESTRA EN POSICION		
		
COLOCAR LA MANGERA A 10 cm DE LA AGUA DE GOTEO COLOCAR A 30-40 GOTAS POR MIN		
RESULTADO DE LA PRUEBA		
		
Despues de retirar el goteo de la prueba, se puede observar en la muestra de arcilla, una resistencia a la infiltracion evitando la perforacion de la muestra		
RESULTADO DE LA PRUEBA		
		
La prueba se seco en 24 horas bajo el sol y no presenta rajaduras ni fisuras, recupero la forma inicial y el rastro de desgaste es minimo.		
CONCLUSION		
1 HORA DE GOTEO		
	A la primera hora de colocada la prueba, los resultados demuestran resistencia al goteo, mostrando infiltracion de agua, con una pequeña emposadura.	
2 HORA DE GOTEO		
	A la segunda hora de colocada la prueba, los resultados empiezan a cambiar, convirtiendo la superficie del bloque con una relativa deformacion de la muestra, pero no con una infiltracion total.	
3 HORA DE GOTEO		
	A la tercera hora de colocada la prueba, los resultados se mantienen, la diferencia es que la zona afectada dejo de emposar agua y se observa mas humeda.	



39.- APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA

Después de haber realizado la etapa de investigación de laboratorio, con los diferentes ensayos, se realizó la selección de las muestras más adecuadas, según los resultados de los ensayos aplicados, se puede determinar la aplicación específica del material elaborado a base de bagazo.

Es necesario dar una aplicación del bagazo, para la construcción, ya que se determinó que la aplicación de estas fibras, no perjudican el rendimiento ni la estabilidad, con otros materiales de construcción. La materia prima, que es el bagazo se puede conseguir como un desecho industrial, contribuyendo de esta forma a reutilizar un desecho para darle un nuevo y uso.

La aplicación para la arquitectura, de esta investigación, es directamente para el campo de la construcción, contribuyendo de esta manera a la sustitución de materiales o agregados, planteando alternativas que puedan ser aplicadas en la construcción.

40.- EL BAGAZO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA ARQUITECTURA

La aplicación del bagazo en la construcción, se determinó de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio debiendo cumplir diferentes requisitos, para ser considerados aplicables en la construcción, de esta forma se puede determinar según la prueba, para que uso específico de aplicación en la construcción, se puede utilizar, como un material o la sustitución parcial de agregados para la elaboración de morteros. Según la prueba se determinó lo siguiente:

Los resultados de la prueba de absorción de agua determinaron que la aplicación del bagazo, absorbe más agua, que una mezcla sin bagazo, por lo tanto no puede ser usado como un material de exteriores, puesto que podría absorber humedad.

Los resultados de adherencia muestran que el bagazo como un agregado en la elaboración de mortero, no perjudican la estabilidad del mortero, con la aplicación del bagazo, se puede conseguir la misma resistencia de adherencia de un mortero común, con la diferencia de que se puede sustituir parcialmente el agregado fino.

La resistencia al fuego, que presentaron las muestras, dan como resultado, los estándares necesarios que debe cumplir un material, por lo tanto pueden ser utilizados como materiales de interiores.

Los diferentes resultados indican que el bagazo puede ser utilizado como un agregado para la elaboración de morteros, también puede disminuir considerablemente el peso del volumen de hormigón, puede ser utilizado, para la elaboración de bloques de mampostería liviana, tanto como de hormigón o de arcilla.

41.- ELABORACIÓN DE MUESTRAS APLICADAS EN OBRA

Las muestras de material de diferentes dosificaciones, cumplieron con los requisitos mínimos que deben cumplir, un material para ser considerado en la utilización de una obra civil, por lo tanto para esta investigación se plantea, la aplicación en un módulo de 1m², con las muestras de material con bagazo que mostraron los mejores resultados, con el objetivo de realizar cálculos, análisis de comportamiento, rendimientos y comparación de costos, respecto a 1m² de muro con material sin bagazo, y de esta forma se podrá aplicar el material en una construcción.

41.1.- PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE 1M2 DE MURO CON BAGAZO

41.1.1.- ELABORACIÓN DE BLOQUES

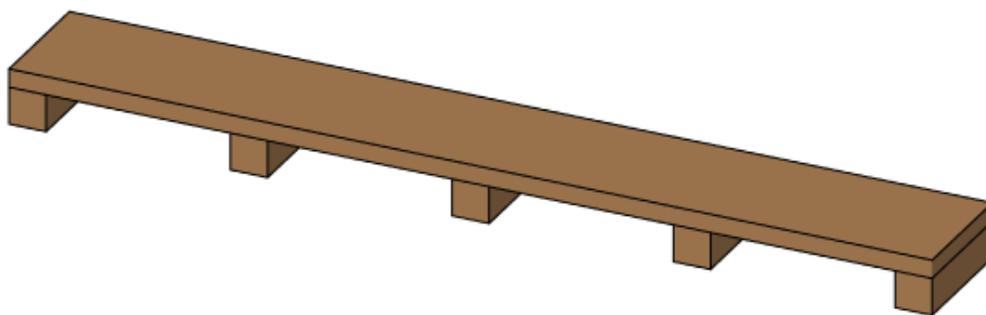
La preparación de los bloques con agregado de bagazo, consta de la preparación de mezcla de aglomerado y agregado, esta mezcla debe ser colocada sobre un molde con las dimensiones de 10x20x5.5cm, posteriormente se debe proceder al desmoldado de la mezcla, cuando esta esta fraguada por completo.

Se tomaran en cuenta diferentes dosificaciones, aquellas que haya superados las pruebas de laboratorio.



41.1.2.- PREPARACIÓN DE BASE DEL MURO

La base del muro, donde se construirá el muro, tiene como dimensiones un largo de 1m, espesor de 1plg, el tablón de base estará apoyado sobre listones, perpendiculares a la base.



41.1.3.- PREPARACIÓN DE MORTERO CON BAGAZO

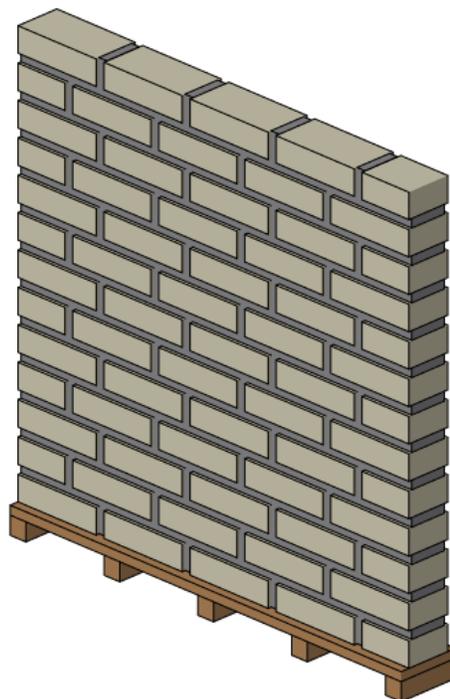
La preparación del mortero para el colocado de los bloques, tendrá como agregado, un porcentaje de bagazo, que actuara como sustituto parcial del agregado fino.

Este mortero será colocado para unir los bloques, el espesor de la junta será de 2cm.



41.1.4.- COLOCADO DE BLOQUES SOBRE LA BASE DEL MURO

Los bloques de bagazo, se colocarán con un tipo de aparejo es a “soga”, con el espesor de la junta de 2 cm, la cantidad de bloques que serán necesarios para la elaboración de un 1m² de muro, son de 58 piezas.



41.1.5.- REVOCADO DEL MURO, CON AGREGADO DE BAGAZO

El revoque que se aplicara solo en una cara del muro, se prepara con una parte de bagazo, el objetivo es mostrar el recubrimiento que se podría utilizar en el muro.

42.- COMPARACIÓN DE 1 M2 DE MURO CON BAGAZO Y SIN BAGAZO

La comparación que se realiza entre 1m2 de muro con bagazo y uno sin bagazo, tiene como objetivo, determinar la diferencia entre ambas muestras, para lo cual se tomó como parámetros de comparación los siguientes puntos:

42.1.- COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTO

El procedimiento para elaborar el 1m2 de muro, para ambos casos es el mismo con la diferencia de las cantidades de agregados, que en el caso de del muro con bagazo, el agregado fino para la elaboración del mortero es menor que el muro que no contiene bagazo, para la elaboración de los bloques, las piezas con agregado de bagazo reducen considerablemente la cantidad de aglomerado, lo que permite disminuir el volumen del agregado y del aglomerante.

42.2.- COMPARACIÓN DEL PESO

Tomando en cuenta la diferencia de peso entre ambos bloques con bagazo y sin bagazo, la diferencia entre ambos es muy significativa ya que los bloques con agregado de bagazo son más ligeros en un 60%, tomando como ejemplo la muestra “CEM-2” que pesa exactamente 1.314 kg, y la muestra “CEM-P” que pesa exactamente 2.596 kg, la diferencia es de 1.282 kg, esto se debe a la relación de volumen del bagazo respecto a la del agregado, que más ligero que el agregado fino.

42.3.- COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE INSUMOS

La cantidad de insumos está directamente relacionada con el peso de los bloques, el bagazo ayudo a disminuir la cantidad de aglomerante y de agregados, tomando como ejemplo la muestra “CEM-2” que para su preparación se necesitó 0.640 kg de cemento y 0.140 kg de bagazo, y para la muestra “CEM-P” se necesitó, 1.344 kg de cemento y 0.796 kg de agregado fino, siendo la diferencia de el aglomerado de cemento de 0.704 kg, y del agregado de 0.656 kg, reduciendo casi en un 50% la cantidad de materia prima para la elaboración de un bloque.

Lo que permite poder sustituir parcialmente una porción de agregado fino ya que cumple la función principal de disminuir el volumen de cemento que se utilizara para hacer un bloque, tomando en cuenta que para los materiales no estructurales el agregado cumple la función de disminuir el volumen de cemento.

42.4.- COMPARACIÓN DEL COSTO

Para elaborar 1m² de muro con bloques de bagazo, se necesitaron 58 piezas, cada pieza contenía 0.672 kg de cemento, 0.510 kg de arena y 0.082 kg de bagazo, para el muro de bloques de cemento y bagazo, para el muro completo se utilizó 38,976 kg de cemento, 29.58 kg de arena, 4,756 kg de bagazo. Para realizar un muro de bloques sin agregado de bagazo, con la misma cantidad de piezas se necesita por pieza 1.344 kg de cemento y 1.530 kg de arena, lo que significa que para el muro completo se necesitaría 77.952 kg de cemento y 88.74 kg de arena.

Tomando en cuenta que la bolsa de cemento portland tiene un precio de 48 bs por bolsa de 50 kg, lo que significa que por cada kg de cemento se puede suponer que

tiene un costo de 1bs/kg, lo que significa que cada bloque de cemento con agregado de bagazo tiene un costo de 0,50 cent de bs, lo que significa que las 58 piezas costarían 29 bs, la bolsa de arena tiene un precio de 10bs y tiene un peso de 25kg, cada kg de arena tiene un costo de 0,40 cent de bs, para la elaboración de un bloque se necesita 0.510 kg de arena, cada bloque tiene un costo de 0.20 cent de bs, lo que significa que para 58 piezas, tendrían un precio de 11.6 bs, en total un bloque de cemento con bagazo tendría un costo de 0.80 cent, y las 58 piezas costarían 46.4 bs.

Para un muro con bloques sin agregado de bagazo, cada bloque tendría con costo de 1,40 bs, para las 58 piezas sería un costo de 81,2bs, el costo de la arena por pieza sería de 0.60 cent, para las 58 piezas sería 34.80 bs, en total un bloque de cemento sin bagazo tiene un costo de 2.00 bs, y las 58 piezas costarían 116 bs.

La diferencia entre el bloque con agregado de bagazo y el que no contiene agregado es de 69,6 bs.

Para elaborar 1m² de muro con bloques de arcilla con bagazo, se necesitaron 58 piezas, cada pieza contenía 0.833kg, de arcilla y 0.082kg de bagazo, para el muro de bloques de arcilla y bagazo, se utilizó 48,256 kg de arcilla y 4.756 kg de bagazo. Para realizar un muro de bloques sin agregado de bagazo, con la misma cantidad de piezas se necesita por pieza 1.664 kg de arcilla, lo que significa que para el muro completo se necesitaría 96,512 kg de arcilla.

42.5.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA

La principal complicación respecto a utilizar el bagazo con el cemento, es que teóricamente se sabe que el cemento no reacciona de manera correcta con la materia orgánica, pero según los resultados de los ensayos aplicados a las diferentes muestras

dan como resultado una tolerancia a esta materia orgánica (bagazo), aprobando la prueba de adherencia, lo que demuestra el buen comportamiento de el bagazo frente al cemento, la prueba al comportamiento mecánico, logro cumplir el requisito mínimo que debe cumplir un material no estructural, las pruebas de hidroscopticidad en caso de las muestras con arcilla mostraron resistencia a la perforación, y todas las muestras que lograron superar los ensayos primarios, también demostraron un buen comportamiento de resistencia al fuego. Respecto a la comparación con material sin agregado de bagazo, la diferencia principal es la de la cantidad aplicada y la del peso, ya que las muestras con bagazo cumplen los requisitos que debe cumplir un material, al igual que las muestras que no tienen bagazo, la diferencia es que se puede ahorrar material y disminuir el peso utilizando bagazo, sin comprometer los resultados y la resistencia del material.

42.6.- COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO

El rendimiento de un muro con agregado de bagazo y un muro que no contiene bagazo es el mismo, ya que solo se sustituye un material, el procedimiento de elaboración es el mismo, no se requiere un procedimiento especial o diferente, ya que el bagazo no compromete el procedimiento de elaboración, ni del fraguado, la única diferencia es la manejabilidad del material, ya que el bagazo es mucho más ligero que otro material

43.- RECOMENDACIÓN DE USO APLICABLE DEL BAGAZO PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los resultados de esta investigación, demostraron que el bagazo si puede ser utilizado para la construcción, los ensayos de laboratorio dieron resultados y respuestas que pueden dar una pauta para el uso específico del bagazo como material de construcción.

El bagazo puede ser un sustituto de agregado para morteros, ya que según los ensayos, no perjudica la resistencia ni la consistencia del mortero, el colocado de mortero con bagazo fue sometido a prueba de comportamiento mecánico el cual resistió satisfactoriamente, al igual que una muestra de mortero sin bagazo, siendo la diferencia el porcentaje de agregado fino, ahorrando significativamente un costo económico y un recurso natural.

También se experimentó en bloques de mampostería liviana, los cuales son más ligeros que un bloque común, con menos material de aglomerante, ya que el volumen del bagazo ayuda a disminuir el volumen de masa de aglomerante sin aumentar el peso del bloque. El bagazo no perjudica la adherencia de la mezcla por lo tanto también puede ser utilizado para la elaboración de revoques, ya que la prueba de adherencia a la que se sometió, cumplió satisfactoriamente los requisitos que debe cumplir para ser considerado como un material de construcción. El revoque con agregado de bagazo disminuye considerablemente el peso de la mezcla, también disminuye la cantidad de agregado fino, sin perjudicar la resistencia y la adherencia del revoque.

La aplicación del bagazo cumplió con los requisitos, pero lo más importante es que logro agregar un valor que el material común no tiene, la diferencia de peso.

44.- RESULTADOS GENERALES

Como resultado de la elaboración de las muestras experimentales, se pudo observar el comportamiento del bagazo de caña de azúcar, mostro en general buenos resultados, ya que algunos de los aglomerantes con los que se experimentó no trabajan bien con agregados orgánicos como el cemento para la elaboración de concreto, también se pudo observar que las muestras utilizadas con bagazo redujeron considerablemente el peso de las muestras, y lo más sobresaliente de esta experimentación es que las muestras no presentaron grietas ni fisuras, lo que demuestra la buena reacción del bagazo de caña de azúcar con los reactivos con los que se experimentó, de lo que se concluye que el bagazo tiene potencial para ser utilizado, para elaborar materiales de construcción.

45.- CONCLUSIÓN GENERALES

Las conclusiones que resultaron de esta etapa de experimentación son las siguientes:

- El bagazo reacciona de manera correcta con otros materiales de construcción.
- El bagazo ayuda de disminuir el peso de los materiales alivianándolos.
- El bagazo podría ser utilizado como un sustituto de agregados utilizados en la construcción.
- Al ser un residuo industrial y no tener un uso específico podría ser utilizado, como una alternativa de construcción.
- Las cantidades producidas por los ingenios de Bolivia podrían ser utilizadas para fines de esta investigación.
- La composición del bagazo garantiza ser utilizada en la construcción al igual que el cáñamo de construcción utilizado en Centro y Norte América.