

**FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS CON BAGAZO DE
CAÑA DE AZÚCAR**

**JONATHAN ESTEVENS ESTRADA ARDILA
CRISTIAN JHOAN RODRÍGUEZ GARZÓN**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C., Mayo de 2016**

**FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS CON BAGAZO DE
CAÑA DE AZÚCAR**

**Trabajo de grado para el Programa de
Tecnología en Construcciones Arquitectónicas**

**Docente proyecto de grado
ARQ. NELSON RICARDO CIFUENTES VILLALOBOS**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C., Mayo de 2016**

Resumen

Después de la cubierta, fue cerramiento lo más importante para el hombre desde tiempos ancestrales, a través de la historia las personas le daban uso a los objetos que encontraban a su alrededor, inicialmente se usó la roca y la tierra, pero con el pasar el tiempo se ha ido modificando y mejorando, hasta llegar a lo que tenemos en la actualidad, que son productos a base de arcilla y concreto. Pensando en el desarrollo de este tipo de elementos el hombre busca nuevas alternativas para mejorar los mampuestos tradicionales que son fabricados con materiales no renovables. Por esta razón, los mampuestos aligerados con bagazo de caña de azúcar, buscan resolver algunos de los problemas ambientales y parte de los que encontramos en la construcción; esto se lograra gracias a la baja densidad del bagazo de caña de azúcar, cemento y el silicato de sodio, de obtendrá la resistencia necesaria para reemplazar los mampuestos tradicionales y disminuir las cargas muertas de los muros de cerramiento y divisorios transmitidas a la cimentación.

Palabras clave: Mampuestos, aligerar, bagazo de caña de azúcar, silicato de sodio.

Abstract

After the cover was closing most important for man since ancient times through history people gave use the objects that were around him, initially the rock and earth was used, but over the time has been changing and improving, up to what we have today, which are products made from clay and concrete. Thinking about the development of this type of elements man seeks new ways to improve traditional masonry which are made of non-renewable materials. For this reason, masonry lightened with sugar cane bagasse, seek to solve some of the environmental problems and some of those found in construction; this was achieved thanks to the low density of sugar cane bagasse, cement and sodium silicate, to obtain the necessary to replace traditional masonry and reduce the dead load of the enclosure walls and partition transmitted to the foundation resistance.

Keywords: masonry, lighten, sugar cane bagasse, sodium silicate.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Marco referencial	9
Marco teórico	9
Marco conceptual	10
mampuestos en arcilla	10
mampuestos en concreto	12
bloque de tierra compactada (BTC)	13
Relación de variables de mampuestos tradicionales	14
Marco legal.....	15
Desarrollo de propuesta.....	18
Materias primas de mampuestos aligerados.....	18
caña de azúcar	18
cemento	18
silicato de sodio.....	19
Fabricación y dosificación de los mampuestos aligerados.....	20
prototipo 1. Mampuesto con perforación vertical	21
equipos	22
proceso de fabricación.....	23
dosificación de materiales	25
Pruebas y ensayos.....	30
Ensayos a Compresión	30
resultados dosificación tipo 1	31
resultados dosificación tipo 2	32
resultados dosificación tipo 3	33
resultados dosificación tipo 4	34
resultados dosificación tipo 5	35

grafica de resultados de ensayos	36
Ensayo de Compresión de Murete	37
resultados de ensayo de Murete	38
Prueba de adsorción de agua	40
resultados con dosificación tipo 1	40
resultados con dosificación tipo 2	41
resultados con dosificación tipo 3	41
resultados con dosificación tipo 4	42
resultados con dosificación tipo 5	42
Costos de fabricación de los mampuestos según su dosificación - Análisis de precios unitarios (APU)	43
Relación de variables de mampuestos con bagazo de caña de azúcar con las distintas dosificaciones	48
Discusiones y recomendaciones	49
Referencia Bibliográfica	51
Anexos.....	52

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Bagazo Triturado de 1 a 2.5 cm	21
Ilustración 2: Silicato de Sodio	21
Ilustración 3: Molde metálico fabricado	22
Ilustración 4: Molde metálico en 3D.....	22
Ilustración 5: Molde en madera.....	22
Ilustración 6: Mezcla de agregados	23
Ilustración 7: Mezcla de agregados secos con silicato de sodio y agua	23
Ilustración 8: Llenado de molde.....	24
Ilustración 9: Compactación de mezcal con prensa manual	24
Ilustración 10: Desmoldado y curado del producto	25
Ilustración 11: Mampuesto macizo-Dosificación tipo 1	25
Ilustración 12: Mampuestos con perforación vertical-Dosificación tipo 2	26
Ilustración 13: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 3	27
Ilustración 14: Mampuestos con perforación vertical-Dosificación tipo 4	28
Ilustración 15: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 5	29
Ilustración 16: Murete	37
Ilustración 17: Murete primera falla.....	38
Ilustración 18: Deformación del murete.....	39
Ilustración 19: Resultado final de la falla del murete.....	39
Ilustración 20: Prueba de adsorción de agua.....	40
Ilustración 21: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 1	40
Ilustración 22: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 2	41
Ilustración 23: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 3	41
Ilustración 24: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 4	42
Ilustración 25: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 5	42

Contenido de tablas

Tabla 1: Relación de variables de mampuestos tradicionales.....	14
Tabla 2: NSR-10. D.3.4-1 Clasificación de morteros de pega:	16
Tabla 3: D.3.6-1 Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques) de mampostería de perforación vertical (mm).....	17
Tabla 4: Dosificación tipo 1- Macizo.....	26
Tabla 5: Dosificación tipo 2- perforado	27
Tabla 6: Dosificación tipo 3 - Perforado	28
Tabla 7: Dosificación Tipo 4- Perforado.....	29
Tabla 8: Dosificación Tipo 5- Perforado.....	30
Tabla 9: Resultados dosificación tipo 1	31
Tabla 10: Resultados dosificación tipo 2	32
Tabla 11:Resultados dosificación tipo 3	33
Tabla 12: Resultados dosificación tipo 4	34
Tabla 13: Resultados dosificación tipo 5	35
Tabla 14: Resultado general de ensayos	36
Tabla 15: Grafica general de ensayos	36
Tabla 16: APU. Mampuestos Macizos- Dosificación tipo 1.....	43
Tabla 17: APU. Mampuestos con perforación vertical- Dosificación Tipo 2.....	44
Tabla 18: Mampuesto con perforación vertical- Dosificación Tipo 3	45
Tabla 19: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 4	46
Tabla 20: Mampuesto con perforación vertical- Dosificación Tipo 5	47
Tabla 21: Relación de variables de mampuestos con bagazo de caña de azúcar	48

Introducción

Los mampuestos fabricados en arcilla, concreto o tierra compactada, en el ámbito de la construcción tienen una demanda que va en constante crecimiento, sin embargo, esta mampostería en algunos casos es utilizada para cerramiento e interiores, los cuales también transmiten una carga a la cimentación, por los materiales con los que están fabricados, estos materiales generan una mayor densidad por sus agregados pétreos y materias primas utilizadas, esto se ve reflejado en el peso que genera por metro cuadrado; por esta razón, aumentan las dimensiones de la cimentación y como consecuencia final sobrecostos al proyecto.

El objetivo principal de este proyecto es, la fabricación de mampuestos para muros de cerramiento e interiores con medidas superiores a las utilizadas en los mampuestos tradicionales; los cuales se desarrollaran con las fibras del bagazo y cemento, para determinar el peso que se generara por metro cuadrado y su densidad en comparación a los mampuestos que hay en el mercado. Para el desarrollo de este, se lleva a cabo unos pasos los cuales se dividirán en la siguiente secuencia: Realizar pruebas de laboratorio, para demostrar las características físicas y mecánicas de los mampuestos, determinar la factibilidad del proyecto tanto en su fabricación como en su instalación en obra y diseñar una dosificación con el bagazo de caña de azúcar y otros agregados para la fabricación de los mampuestos.

El bagazo de caña de azúcar, el cual se obtiene de la molienda para la producción de panela, este al ser un subproducto que es utilizado como agente combustible en pequeñas proporciones para los hornos donde se fabrica la panela, el bagazo sobrante es considerado un desperdicio siendo amontonado generando incomodidad a las personas. Al combinar el bagazo de caña de azúcar, un material fibroso, con cemento Portland, arena de peña, agua y silicato de sodio como inmunizante para el material vegetal, obtenemos un material óptimo para la fabricación de mampuestos para cerramiento e interiores, ya que el bagazo ocupa más espacios que los agregados pétreos con los que se producen los ladrillos convencionales y esto da como resultado un mampuesto más liviano.

Marco referencial

Para el desarrollo de la siguiente monografía se tendrá los siguientes los marcos, teórico, conceptual y legal, el cual será nuestro suministro de información, para el correcto desarrollo de este proyecto

Marco teórico

Teniendo como base de esta propuesta utilizaremos esta tesis, que consiste en la fabricación de paneles para el sector de la construcción, en la cual, la materia prima es el bagazo de caña de azúcar, diseñando una dosificación, el cual será de iniciación para la nueva propuesta (Elaboración de paneles prefabricados para muros divisorios a partir de bagazo de caña de azúcar y cemento del 2006 de Nelson Johanny Lopez Barrios y Crystiam Manuel Valencia Gualdron de la Universidad Industrial de Santander) que tiene como propósito abrir la posibilidad de producción de paneles prefabricados de bagazo-cemento presentando un insumo de menor valor que los de una construcción tradicional, buscando opciones de vivienda de bajo costo.

También el Cannabric es un bloque macizo para la construcción a base de cáñamo, que se fabrica desde 1999 en Guadix (Granada) y con características especiales térmicas, acústicas y bioclimáticas. El bloque de cáñamo ha sido desarrollado para su posible empleo en muros de carga y de cerramientos. Al ser su composición totalmente natural (material vegetal, conglomerantes naturales y aglomerantes minerales y de reciclaje), reemplazando así materiales desfavorables para el medio ambiente.

Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana, Jenny Moreno Mora, Clara Pamela Pozo García, Francisco Nájera, Los materiales usados en la fabricación de estos bloques son cemento, agua, agregados pétreos (arena y cascajo) y bagazo de caña de azúcar. Este último ayuda a disminuir la cantidad de arena. El bagazo contiene una alta densidad aparente; es así que el bloque se vuelve más liviano debido que el bagazo ocupa más espacio que los agregados pétreos.

En la propuesta de elemento constructivo a partir de bagazo de caña de azúcar y cemento pórtland, desarrollada en la Universidad Industrial de Santander Facultad de Ciencias Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería civil Bucaramanga 2005. El estudio realizado con el bagazo destaca la noble función que puede cumplir desde el punto de vista constructivo, y

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

pasar de ser un producto de desecho a materia prima en la elaboración de elementos constructivos.

En la artículo de . “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar” explica cómo fue él estudió que se le realizo al bagazo de caña y la influencia del tamaño y de la adición de fibras expresadas en porcentaje del peso total, en la resistencia a compresión y en la densidad del material” dando como resultado un concreto más liviano que el tradicional

Para saber el uso que se le tiene que dar al silicato de sodio, utilizamos la tesis “Uso del silicato de sodio adición natural del concreto hidráulico del 2009 elaborada por Néstor Andrés Amaris Martínez y Vladimir Rondón Panqueva” y en esta nos habla de cómo el silicato de sodio al mezclarlo con el concreto hidráulico mejora de forma natural la resistencia del concreto indicando que es un material óptimo.

Marco conceptual

En el desarrollo de este marco, se mencionaran todos los conceptos técnicos claves en construcción para el correcto entendimiento de la propuesta y poder hacer una correcta relación de los términos existentes con los mencionados en el siguiente capítulo.

mampuestos en arcilla

Bloque de arcilla o cerámica cocida empleado en la construcción y para revestimientos decorativos. La arcilla con la que se elaboran los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la ilita.

La geometría: hace referencia a las distintas dimensiones, las cuales reciben el nombre de soga, tizón y grueso, (largo, alto y ancho) siendo la soga su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testa (la tabla es la mayor). Por lo general, la soga es del doble de longitud que el tizón o, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente.

etapas para la fabricación del ladrillo de arcilla

Eta de maduración: Es cuando se procede a triturar la arcilla, se homogeniza y se deja un cierto tiempo en reposo para que así la misma obtenga consistencia uniforme y se pueda adquirir ladrillos con el tamaño y consistencia que se desea. Se deja que repose expuesta a los elementos para que desprenda terrones y disuelva nódulos, así como que se

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

deshaga de las materias orgánicas que pueda contener y se torne puro para su manipulación en la fabricación.

Etapa de tratamiento mecánico previo: Concluido el proceso de maduración, la arcilla entra la etapa de pre-elaboración, para purificar y refinar la arcilla, rompiendo los terrones existentes, eliminando las piedras que le quitan uniformidad, y convirtiendo la arcilla en material totalmente uniforme para su procesamiento.

Etapa de depósito de materia prima procesada, cuando ya se ha uniformado la arcilla se procede a colocarla en un silo techado, donde la misma se convertirá en un material homogéneo y listo para ser manipulado durante el proceso de fabricación.

Etapa de humidificación, sigue a la etapa de depósito que ha sufrido la arcilla, en esta fase se coloca en un laminador refinado al que seguirá una etapa de mezclador humedecedor donde se irá humidificando para obtener la consistencia de humedad ideal.

Etapa de moldeado, es cuando se procede a llevar la arcilla a través de una boquilla, que es una plancha perforada en forma del objeto que se quiere elaborar. El proceso se hace con vapor caliente saturado a 130°C, lo que hace que el material se compacte y la humedad se vuelve más uniforme.

Etapa de secado, con esta etapa se procede a eliminar el agua que el material absorbió durante el moldeado, y se hace previo al cocimiento. Suele hacerse usando aire en el secadero controlando que el mismo no sufra cambios para que el material no se dañe.

Etapa de cocción: Esta etapa es la que se realiza en los hornos en forma de túnel, con temperaturas extremas de 90°C a 1000°C, y donde el material que se ha secado previamente se coloca por una entrada, en grupos para que se someta al proceso de cocimiento y sale por el otro extremo cuando ha completado el mismo. Durante el mismo se comprueba la resistencia que se ha logrado del material.

Etapa de almacenaje, cuando el producto se ha cocido y es resistente y llena las exigencias de calidad, se coloca en formaciones de paquetes sobre los denominados “pallets” que hacen fácil su traslado de un lugar a otro. Los mismos se van atando ya usando cintas metálicas o de plástico para que los mismos no corran riesgo de caerse y dañarse, y de esa manera es más fácil la manipulación porque pueden llevarse a los lugares de almacenamiento.

mampuestos en concreto

“El primer bloque de concreto fue diseñado en 1890 por Harmon S. Palmer en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, Palmer patentó el diseño en 1900; los bloques de Palmer fueron de 20.3*25.4* cm. En 1905, aproximadamente 1500 compañías estadounidenses se encontraban manufacturando bloques de concreto; estos bloques eran sólidos, sumamente pesados, en los que utilizaban la cal como material cementante. La introducción del cemento portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria.

Para la fabricación de los bloques se utilizan agregados granulométricos, cemento portland y agua.

Los bloques o unidad de mampostería de perforación vertical son elementos de construcción prefabricados, de mortero o concreto en forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 2 % de su área bruta (manualmente o con maquinaria) en matrices o moldes, utilizando como materia prima agregado grueso, cemento, agregado fino y agua en proporciones tales que generan una mezcla trabajable en el molde.

Los bloques de mortero se obtienen de la mezcla de (cemento, arena y agua). El puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

proceso de fabricación de los bloques

El proceso de fabricación de bloques de mortero se inicia con la elección del tipo de equipo de producción y del proceso de curado, almacenamiento y despacho, que se adecua en escala, tecnología y costos al medio o al proyecto que se va emprender.

Luego viene la selección de agregados de buena calidad, limpios, y con la granulometría indicada según las dimensiones de las unidades (paredes y tabiques) y la resistencia y la textura esperada. Adicionalmente es necesario elegir con cuidado los otros materiales que se van a utilizar: el o los cementos, con base en sus características de ganancia de resistencia, resistencia final y color; los aditivos, a partir de sus características y compatibilidad con los cementos, y los pigmentos, según su forma de embalaje (polvo, gránulos, suspensión), el sistema de incorporación de los mismos a la mezcla y la relación costo/ poder pigmentante que tenga.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Es indispensable formular una dosificación de todos estos materiales y del agua, de acuerdo a las características esperadas para el producto terminado. Esto se debe hacer con base a experiencias previas o en gulas de los productos de equipo, pues no se puede encargar una dosificación de mezcla convencional (como para concreto estructural), dada la naturaleza seca de la mezcla y la diferencias radicales en el vibrado y compactación de la misma dentro de los equipos “(Ordoñez, Villanueva, 2010)

bloque de tierra compactada (BTC)

El bloque prensado de tierra que se conoce como bloque de tierra comprimida (BTC). Se llama bloque de tierra comprimida a aquel bloque al que se le han incorporado otros materiales con la finalidad de mejorar sus características físicas y mecánicas, pero que además en su proceso de fabricación se emplea maquinaria, que comprime al material de una manera significativa, haciendo que mejoren así sus características mecánicas.

Esta máquina es la CIMVA-RAM es una prensa portátil, de operación manual para fabricar Boques para construcción, usando suelo-cemento como materia prima. Básicamente consta de una caja o molde dentro del cual usa un pistón actuado por un dispositivo de palanca operado a mano, comprime la mezcla fresca de suelo-cemento para formar el bloque. Al accionar la palanca en sentido inverso, el mismo pistón expulsa el bloque, el cual es retirado manualmente para ser puesto a curar a la sombra y en húmedo por un periodo mínimo de 7 días.

el BTC y reforzado con fibra de coco

Las mezclas usualmente utilizadas para producir BTC son: 60% de arcilla o suelo plástico, 40% de arena de río más la adición de productos estabilizadores como cemento, cal, emulsiones asfálticas o productos naturales, con el fin de incrementar su resistencia a la humedad. Sin embargo en el proceso tradicional se adicionan pajas o fibras vegetales en proporción del 1.5% en peso con relación al material seco. Esta adición se realiza para evitar que existan grietas por secado y para incrementar la resistencia a la flexión de los BTC.

La decisión de utilización de la fibra de coco (Palmaceae nucifera) en la presente investigación, viene determinada por la abundancia de palmeras, y en consecuencia de cocos, en la región donde se realiza el modelo experimental, así como por sus características apropiadas para el uso como refuerzo en el bloque de tierra comprimida. Asimismo se determina utilizar esta fibra sobre otras ya utilizadas, como son la lechuguilla (Agave

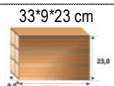
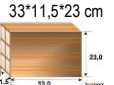
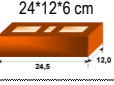
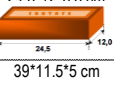

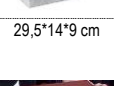

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

lophantha) y el bagazo de caña (*Saccharum officinarum*), por presentar condiciones físicas, químicas y mecánicas mejores que las otras fibras, además de tener una mayor durabilidad que las otras fibras, hecho que será demostrado en los estudios previos realizados a la fibra de coco.

Relación de variables de mampuestos tradicionales

En esta tabla se muestra un relación en su peso, dimensiones, resistencia a la compresión y precio de los mampuestos tradicionales utilizados para muros de cerramiento y divisorios

Tabla 1: Relación de variables de mampuestos tradicionales

MAMPUESTOS PARA MUROS DIVISORIOS Y DE CERRAMIENTO									
Tipo de mampuesto	Material	Proceso de elaboración	Medidas	Peso/unidad (Kg)	Peso/m2 (Kg/m2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)	Precio	
C R U C E D E V A R I A B L E S	Bloque N°4	Arcilla cocida	Esta es una forma de procesamiento del ladrillo en forma industrial pero las etapas suponen las mismas para la fabricación de ladrillos artesanales o manuales que aunque de igual calidad en algunas ocasiones suelen ser irregulares en su forma, pero que igual cumplen las expectativas de construcción y durabilidad para usarlos en interiores y exteriores, y que se siguen usando en muchos países en vías de desarrollo porque luego del uso del adobe, que duraba menos y estaba menos apto para resistir los embates de los elementos, el ladrillo sigue siendo hoy en día uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo.		5,70	69,83	1100,00	20,0	\$ 115,00
	Bloque N°5	Arcilla cocida	Esta es una forma de procesamiento del ladrillo en forma industrial pero las etapas suponen las mismas para la fabricación de ladrillos artesanales o manuales que aunque de igual calidad en algunas ocasiones suelen ser irregulares en su forma, pero que igual cumplen las expectativas de construcción y durabilidad para usarlos en interiores y exteriores, y que se siguen usando en muchos países en vías de desarrollo porque luego del uso del adobe, que duraba menos y estaba menos apto para resistir los embates de los elementos, el ladrillo sigue siendo hoy en día uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo.		6,20	75,95	1100,00	20,0	\$ 120,00
	Ladrillo prensado Liviano	Arcilla cocida	Elementos de concreto con perforaciones verticales unidos con mortero para ser utilizados como muros divisorios		2,60	145,6	1100,00	250,0	\$ 620,00
	Ladrillo prensado macizo	Arcilla cocida	Los bloques de tierra comprimida son bloques de construcción uniformes y crudos de tierra de arcilla comprimida, adecuada para el uso en muros de carga, en muros normales, en muros que acumulen calor, en muros de calor y en homos Finnoven. Una construcción de tierra constituye una tercera piel alrededor del usuario y mantiene un ambiente cálido tranquilo.		3,00	180	1850,00	250,0	\$ 670,00
	Ladrillo Tolete gran formato	Arcilla cocida	Elementos de concreto con perforaciones verticales unidos con mortero para ser utilizados como muros divisorios		2,70	112,59	1100,00	210,0	\$ 1.560,00
	Bloque de cemento	Concreto	Elementos de concreto con perforaciones verticales unidos con mortero para ser utilizados como muros divisorios		10,50	200	2150,00	60,0	\$ 1.250,00
Bloque de tierra compactada	Tierra	Los bloques de tierra comprimida son bloques de construcción uniformes y crudos de tierra de arcilla comprimida, adecuada para el uso en muros de carga, en muros normales, en muros que acumulen calor, en muros de calor y en homos Finnoven. Una construcción de tierra constituye una tercera piel alrededor del usuario y mantiene un ambiente cálido tranquilo.		7,50	261	2200,00	60,0	\$ 4.229,00	

Fuente: Autores, 2016

Después de analizar los conceptos de los mampuestos existentes actualmente en el mercado se realizó un cruce de variables de los que son para muros de cerramiento e interiores, destacando principalmente, su peso por unidad, peso por metro cuadrado, la densidad, resistencia a la compresión y por último su precio. Pudiendo llegar a la conclusión

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

de que aunque son de un precio relativamente bajo (esto dependiendo del material en que son fabricados) su peso es considerablemente alto.

Marco legal

Para el desarrollo de esta propuesta el marco legal se dará con la Norma Sismo Resistente en el título B (cargas), en donde se implican los elementos estructurales y también los que no lo son, y su relación de las cargas muertas se utilizara las densidades de las masas reales en kg/m^3 .

Los muros no estructurales, específicamente los de cerramiento y divisorios, “son muros que no llevan más carga que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural para cargas verticales u horizontales y por lo tanto pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. No obstante, deben estar adheridos en su parte superior al sistema estructural, con el fin de evitar su vuelco ante la ocurrencia de un sismo”.

Debido a que uno de los agregados de la propuesta es el cemento, también debe estar regida por la Norma Técnica Colombiana “Esta norma establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas (bloques o ladrillos), de concreto, elaboradas con cemento hidráulico, agua, agregados minerales y aditivos, con la inclusión o no de otros materiales, aptas para elaborar mampostería no estructural, interior o exterior y para las chapas de concreto”

Otro aspecto que se debe reglamentar en esta propuesta, es el mortero de pega, teniendo en cuenta que para la unión de estos mampuestos, no se puede utilizar ninguna tipo de cal, por la reacción química que se da con el bagazo de caña de azúcar, pero debe cumplir unos requisitos generales en su dosificación o fabricación. “Los morteros de pega utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir la norma NTC 3329 (ASTM C270) y con lo especificado en la Tabla D.3.4-1. El mortero premezclado para pega de unidades de mampostería debe cumplir con la norma NTC 3356 (ASTM C1142). Los morteros de pega deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Tabla 2: NSR-10. D.3.4-1 Clasificación de morteros de pega

CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS DE PEGA POR PROPIEDAD O POR PROPORCIÓN								
Mortero tipo	Especificación de los morteros por propiedad			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la Compresión $f'_{c'p}$ MPa (2)	Flujo en (%) (3)	Retención mínima de agua	Cemento Portland	Cal hidratada (4)	Cemento para Mampostería (7)	Arena/Material Cementante (5)	
							Min.	Máx.
H	22,5	115-125	75%	1	0,25	No aplica	2,00	2,5
M	17,5	115-125	75%	1	0,25	No aplica	2,25	3,0
				1	No Aplica	1	2,50	2,5
S	12,5	110-120	75%	1	0,25 a 0,50	No aplica	2,50	3,5
				0,5	No Aplica	1	2,50	3,0
N(6)	7,5	105-115	75%	1	0,50 a 1,25	No aplica	3,00	4,5
				0	No Aplica	1	3,00	4,0

Fuente: NSR-2010. D.3.4-1. Pag. 24

Notas:

1. Solo para el diseño de mezclas de morteros en laboratorio, con base en los materiales que van a ser utilizados en obra. El control de morteros en obra se debe realizar de acuerdo con la norma NTC 3546 (ASTM C780).

2. Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en cubos de 50 mm de lado

3. Ensayo realizado según NTC 4050 (ASTM C91)

4. Se puede utilizar cal hidratada en polvo tipo N o S.

5. Para este cálculo no se incluye como cementante la cal.

6. El mortero tipo N solo se permite en sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (DMI)

7. El tipo de cemento para mampostería (M, S o N) será el mismo que el tipo de mortero de pega.

Para el diseño de los mampuesto se basara en el Título D de la Norma Sismo Resistente del año 2010, del capítulo -D.3.6.4.1 — Dimensiones de las celdas y las paredes, que dice lo siguiente “El área de las celdas verticales de la pieza de mampostería en posición normal, no puede ser mayor que el 65% del área de la sección transversal. Las celdas verticales u horizontales continuas en donde se coloque refuerzo no pueden tener una dimensión menor de 50 mm, ni menos de 3000 mm² de área. Las paredes externas e internas no pueden tener un espesor menor que el establecido en la tabla D.3.6-1.”

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Tabla 3: D.3.6-1 Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques) de mampostería de perforación vertical (mm)

Tabla 5. Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques) de mampostería de perforación vertical (cm), NSR-10)		
ESPESOR EXTERNO NOMINAL (DE LAS UNIDADES (en), cm)	ESPESOR MÍNIMO DE PAREDES EXTERIORES ((ep), cm)	ESPESOR MÍNIMO DE TABIQUES TRANSVERSALES ((et), cm)
8 ⁽¹⁾	2,0	2,0
10	2,0	2,0
12	2,2	2,0
15	2,5	2,5
20	3,0	2,5
25	3,5	3,0
30	4,0	3,0

Nota 1. La unidad de 8 cm de espesor sólo se permite en muros no estructurales y en paredes laterales de mampostería de cavidad.

Fuente: NSR-2010. D.3.6.1. Pag. 27

En esta tabla se indican los requerimientos mínimos para la fabricación de mampuestos, desde los que son para muros de cerramiento y divisorios hasta los estructurales.

Desarrollo de propuesta

Para la fabricación de los mampuestos aligerados con bagazo de caña de azúcar, se empezara mencionando, describiendo y explicando los componentes de las materias primas para su correcta dosificación y fabricación.

Materias primas de mampuestos aligerados

Para la fabricación de los mampuestos, se utilizara los siguientes materiales, cemento, arena, silicato de sodio y como componente principal el bagazo de caña de azúcar, que se puede adquirir en el departamento de Cundinamarca, en los distintos municipios de clima cálido o templado y que son productores de panela.

caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar es uno de los más importantes en el contexto agrícola Latinoamericano. En Colombia ocupa el segundo lugar de extensión después del café entre los cultivos permanentes.

32 % del área cultivada con caña de azúcar en Colombia se dedica a la producción de azúcar, el 7 % a mieles, guarapo y forrajea, el 61 % a panela

Las partes básicas de la estructura de una planta que determinan su forma son: la raíz, el tallo, las hojas y la flor; perteneciente a la familia de las gramíneas, con el tallo leñoso, de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal. El tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar. La caña de azúcar se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales de la tierra. En Colombia se cultiva en forma productiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2.000 metros en las más variadas condiciones de temperatura, luminosidad, precipitación y calidad de suelos.

El bagazo es un elemento lignocelulósico fibroso que se obtiene del último molido del tándem azucarero o panelero. Está formado por un conjunto heterogéneo de partículas de diferentes tamaños y su granulometría depende en lo fundamental del trabajo de los equipos de preparación de la caña y en menor grado del diseño del molino. (López, Valencia, 2006)

cemento

El cemento portland, uno de los componentes básicos para la elaboración del concreto, debe su nombre a Joseph Aspdin, un albañil inglés quien en 1824 obtuvo la patente para este producto. Debido a su semejanza con una caliza natural que se explotaba en la isla de

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Portland, Inglaterra, lo denominó cemento Portland. Los cementos Portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulico, esto es, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. En el curso de esta reacción, denominada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una pasta, y cuando le son agregados arena y grava triturada, se forma lo que se conoce como el material más versátil utilizado para la construcción: el concreto. El Clinker, la materia prima para producir el cemento, se alimenta a los molinos junto con mineral de yeso, el cual actúa como regulador del fraguado. La molienda conjunta de estos materiales produce el cemento.

Las variables a controlar, los porcentajes y tipos de materiales añadidos, dependerá del tipo de cemento que se requiera producir. La norma ASTM C 150 establece ocho diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción.

Clasificación de los cementos.

Tipo, nombre y aplicación

I: Normal. Para uso general, donde no son requeridos otros tipos de cementos

IA: Normal. Uso general, con incluso de aire.

II: Moderado. Para uso general y además en construcciones donde existe un moderado ataque de sulfatos o se requiere un moderado calor de hidratación.

IIA: Moderado: Igual que el tipo II, pero con incluso de aire.

III: Altas resistencias. Para uso donde se requieren altas resistencias a edades tempranas.

IIIA: Altas resistencias. Mismo uso que el tipo III, con aire incluido

IV: Bajo calor de hidratación. Para uso donde se requiere un bajo calor de hidratación.

V: Resistencia a la acción de los sulfatos. Para uso general y además en construcciones donde existe un alto ataque de sulfatos. (Ordoñez, Villanueva, 2010)

silicato de sodio.

Es un químico básico de múltiples usos en la producción de aditivos para el concreto, detergentes, jabones, adhesivos en la industria del papel y el cartón, en la industria textil, en el grouting y la estabilización de suelos, como limpiadores de metal, agentes a prueba de fuego, en la industria de pinturas, clarificadores de agua y un sin número de propiedades físicas y químicas que hacen del silicato de sodio un material ideal para adherir elementos como

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

madera enchapada, tableros, pavimento y hojas de metal. Otro uso importante del silicato de sodio se presenta

El silicato de sodio como característica fundamental que permite que sus componentes, óxido de sodio (NaO) y óxido de silicio (SiO₂), los cuales pueden variar para obtener los porcentajes deseados. Los fabricantes encargados en el proceso de producción del silicato de sodio, no requieren un conocimiento o habilidad especial. Esto combinado con un costo estable y moderado de materia prima, hace de la producción del silicato de sodio, una inversión ideal para cualquier industria dispuesta a obtener ganancias.

uso y aplicación del silicato de sodio en el Cementos – ligantes

Cuando los silicatos son combinados con ingredientes de cemento, reaccionan químicamente para formar masas con fuertes propiedades ligantes. Una gran variedad de cementos se hacen con silicatos, tanto en polvo como en solución. Los silicatos son ingredientes importantes en las especialidades refractarias autofraguantes y morteros químicamente resistentes. Las ventajas de los silicatos solubles como ligantes son:

Resistencia a la temperatura, Resistencia a los ácidos, Resistencia a disolventes después de su uso, Facilidad de manejo, Seguridad, Bajo costo.

tratamiento del concreto

El silicato de sodio ofrece dos aplicaciones diferentes para aumentar la durabilidad del concreto. Se puede aplicar una solución de silicato de sodio como agente curante a la superficie de la capa fresca de concreto después de que el área ha sido cubierta y mantenida húmeda durante 24 horas. La aplicación de silicato cierra los poros de la superficie sellándolos mientras están húmedos. Para tratar el concreto, después de que está completamente seco o endurecido, se aplica el silicato hasta penetrar el concreto. La cal y otros ingredientes en el concreto fresco reaccionan lentamente con la solución penetrante de silicato, formando un gel insoluble en los poros del concreto. Se incrementa la resistencia al uso, agua, grasa o ácido.

Fabricación y dosificación de los mampuestos aligerados

En este capítulo se llevara a cabo un flujo de proceso de fabricación de los mampuestos, el cual empezara con la selección de los equipos o materiales y finalizara con el desencofrado y pruebas de calidad de los productos

prototipo 1. Mampuesto con perforación vertical

Inicialmente se deberá tener el bagazo de caña de azúcar secado durante un periodo de tres a cuatro meses después de extraído el jugo y triturado de 1 a 2.5 cm de longitud para que alcance la adherencia entre las mismas fibras, el cemento y la arena de peña.

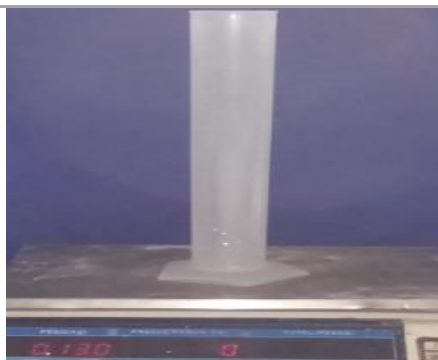
Ilustración 1: Bagazo Triturado de 1 a 2.5 cm



Fuente: Autores. 2016

En un periodo de tres a cuatro meses se secara el bagazo de caña de azúcar, que consiste en dejarlo en un lugar fresco y seco, no dejando que haga contacto con el suelo y cubierto del agua. Después del secado se triturara de 1 a 2.5 cm de longitud.

Ilustración 9: Silicato de Sodio



Fuente: Autores. 2016

El silicato de sodio, por sus componentes químicos y sus ventajas tanto en la industria agrónoma y en la construcción, se usara de manera porcentual, sirviendo como inmunizante para el bagazo de caña de azúcar y también servirá para mejorar el fraguado y resistencia del cemento

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

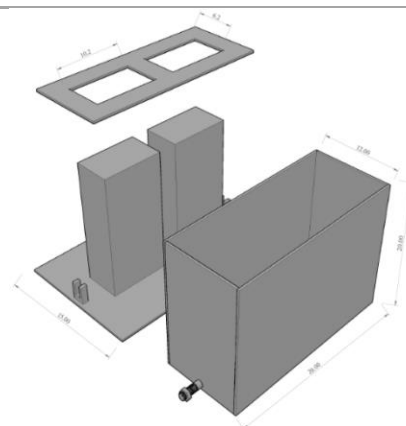
equipos

Para estos prototipos se plantea un molde metálico con una lámina de 1/8" con la forma del mampuesto, y está compuesto por tres partes, la primera es una caja que tiene unas dimensiones internas de 29*12*20, la segunda una base la cual tiene dos dovelas de fijas de 10*5 cada una y la tercera parte es una tapa de 28.8*11.8 con dos aberturas de 10.2*5.2 esta tapa se fabrica con estas dimensiones con el fin de que no se obstruya a la hora de compactar el mampuesto.

Ilustración 18: Molde metálico fabricado



Ilustración 25: Molde metálico en 3D



Fuente: Autores. 2016

Para el mampuesto macizo se fabricó un molde en madera con lámina de quintuplex, como se muestra en la ilustración.

Ilustración 5: Molde en madera



Fuente: Autores. 2016

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Adicional a los moldes, se requiere de herramienta menor como pala, palustre, prensa manual y varilla lisa para apisonar la mezcla.

proceso de fabricación

Después de tener las dosificaciones que se quieren realizar, se mezclaran los agregados secos (bagazo de caña de azúcar, cemento y en los casos que se requiera la arena de peña) esta se realiza de forma manual con una pala hasta que tomen el color gris del cemento, posterior a esto, se vierte el agua y el silicato de sodio en solución con el agua, para luego mezclar constantemente con la pala hasta que quede una textura homogénea y húmeda. Como se muestra en la ilustración 6 y 7.

Ilustración 6: Mezcla de agregados



Ilustración 7: Mezcla de agregados secos con silicato de sodio y agua



Fuente: Autores. 2016

Para que al momento de extraer el producto sea más fácil, se aplica un desmoldante, en este caso aceite hidráulico, el cual se agrega al interior del molde uniformemente cubriendo todos los lados de este, luego se vierte la mezcla previamente elaborada, se llena hasta la mitad y apisona con la varilla lisa, se agrega más material hasta el borde del molde y se repite el proceso de apisonamiento. Posterior a esto se vuelve a llenar y se enraza para luego instala la tapa del molde.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Se vierte la mezcla de forma uniforme al molde, hasta llenar por completo, pero adicional se apisona para evitar cavidades o espacios vacíos.

Ilustración 8: Llenado de molde



Fuente: Autores. 2016

Con una prensa manual se compacta hasta alcanzar la altura deseada para el mampuesto, entre más compacto este dará un mejor acabado.

Ilustración 9: Compactación de mezcla con prensa manual



Fuente: Autores. 2016

Al momento de compactar con la prensa puede expulsar agua, lo que es una consecuencia normal por la capacidad de absorción del bagazo

El bagazo al ser un material fibroso y natural adsorbe una buena cantidad de agua y esto hace que se fraguado sea de buenas condiciones, por lo tanto no es necesario aplicarle un gran cantidad de agua, se tiene que conservar y mantener en un lugar seco para un curado y fraguado eficiente.

Ilustración 10: Desmoldado y curado del producto



Fuente: Autores. 2016

El desencofrado se debe hacer sobre una superficie limpia y plana, evitando golpear el producto al momento de desarmar el molde.

dosificación de materiales

Para obtener la resistencia de los mampuestos, es importante que este sea sometidos a una serie de ensayos mecánicos y físicos, dato que varía con las diferentes mezclas en cuanto procesos de elaboración y las dosificaciones utilizadas, ya que a través de este se puede determinar el comportamiento del bagazo, para determinar esta resistencia se realizan 4 predosificaciones variando la cantidad de los materiales esto con el fin de determinar su resistencia, el peso y el costo, que se genera para fabricar un mampuesto. Para estas mezclas se emplearon los dos tipos de moldes esto con el fin de determinar la variación del peso que se puede tener un mampuesto macizo comparándolo con el mampuesto de perforación vertical. A continuación se muestran una serie de tablas con las distintas dosificaciones.

dosificación tipo 1.

Para la fabricación de los mampuestos se implementaron distintas dosificaciones y moldes, para determinar su densidad y resistencia de cada uno.

Ilustración 11: Mampuesto macizo-Dosificación tipo 1



Fuente: Autores. 2016

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Para este mampuesto se utilizó el molde de madera, para crear un modelo macizo, el cual por la falta de compactación queda un mampuesto frágil en sus esquinas, demasiado poroso en sus caras y relativamente liviano.

Tabla 4: Dosificación tipo 1- Macizo

MATERIAL	DOSIFICACIÓN TIPO 1-MACIZO		
	RELACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Bagazo de caña		739	Gramos
Cemento	350% veces el peso del Bagazo	2956	Gramos
Arena de peña	No aplica	-	Gramos
Peso total agregados secos		3695	Gramos
Silicato de Sodio	10% con respecto al peso del cemento	425	Gramos
Agua de amasado	80% con respecto al peso del cemento y bagazo	2956	Gramos
Peso total a los 28 días		3695	Gramos

Nota: 100 mm de Silicato de Sodio = 140 Grs

Fuente: Autores. 2016

Para la fabricación de este mampuesto no se agrega arena de peña, arrojando un producto muy liviano, pero con un acabado no tan bueno como los de las otras dosificaciones.

dosificación tipo 2.

Para la fabricación de los mampuestos se implementaron distintas dosificaciones y moldes, para determinar su densidad y resistencia de cada uno.

Ilustración 12: Mampuestos con perforación vertical-Dosificación tipo 2



Fuente: Autores. 2016

Para este mampuesto se utilizó el molde metálico con perforación vertical, este modelo se cataloga como una de los mejores, la compactación fue la indicada generando un acabado

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

más liso, tiene unos fillos que no se desmoronan. La desventaja que se produce con este mampuesto es su peso ya que es el de mayor peso que los fabricados con las otras dosificaciones.

Tabla 5: Dosificación tipo 2- perforado

MATERIAL	DOSIFICACIÓN TIPO 2-PERFORADO		
	RELACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Bagazo de caña		762	Gramos
Cemento	400% veces el peso del Bagazo	3048	Gramos
Arena de peña	No aplica	-	Gramos
Peso total agregados secos		3810	Gramos
Silicato de Sodio	10% con respecto al peso del cemento	372	Gramos
Agua de amasado	80% con respecto al peso del cemento y bagazo	3048	Gramos
Peso total a los 28 días		3810	Gramos

Nota: 100 mm de Silicato de Sodio = 140 Grs

Fuente: Autores. 2016

En esta dosificación tampoco se agregó arena de peña, pero se aumentó la cantidad de cemento y de compactación, dando un mampuesto con mejor acabado, mayor manejabilidad y una óptima resistencia.

dosificación tipo 3.

Para la fabricación de los mampuestos se implementaron distintas dosificaciones y moldes, para determinar su densidad y resistencia de cada uno.

Ilustración 13: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 3



Fuente: Autores. 2016

Para este mampuesto se utilizó el molde metálico con perforación vertical. Este dio una textura similar al mampuesto de la dosificación tipo 2, pero este es más liviano.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Tabla 6: Dosificación tipo 3 - Perforado

MATERIAL	DOSIFICACIÓN TIPO 3-PERFORADO		
	RELACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Bagazo de caña		697	Gramos
Cemento	300% veces el peso del Bagazo	2092	Gramos
Arena de peña	100% veces el peso del Bagazo	697	Gramos
Peso total agregados secos		3487	Gramos
Silicato de Sodio	10% con respecto al peso del cemento	280	Gramos
Agua de amasado	80% con respecto al peso del cemento, Bagazo y arena	4000	Gramos
Peso total a los 28 días		3487	Gramos

Nota: 100 mm de Silicato de Sodio = 140 Grs

Fuente: Autores. 2016

Para esta dosificación se está disminuyendo el porcentaje de cemento y remplazándolo por arena.

dosificación tipo 4.

Para la fabricación de los mampuestos se implementaron distintas dosificaciones y moldes, para determinar su densidad y resistencia de cada uno.

Ilustración 14: Mampuestos con perforación vertical-Dosificación tipo 4



Fuente: Autores. 2016

Para este mampuesto se utilizó el molde metálico con perforación vertical. En este modelo su acabado y apariencia es amigable a la hora de ver, ya que el color que tomo fue amarillo gracias a la arena de peña.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Tabla 7: Dosificación Tipo 4- Perforado

MATERIAL	DOSIFICACIÓN TIPO 4-PERFORADO		
	RELACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Bagazo de caña		705	Gramos
Cemento	200% veces el peso del Bagazo	1333	Gramos
Arena de peña	200% veces el peso del Bagazo	1333	Gramos
Peso total agregados secos		3371	Gramos
Silicato de Sodio	10% con respecto al peso del cemento	186	Gramos
Agua de amasado	80% con respecto al peso del cemento, Bagazo, arena y cemento	2697	Gramos
Peso total a los 28 días		3371	Gramos

Nota: 100 mm de Silicato de Sodio = 140 Grs

Fuente: Autores. 2016

A este mampuesto se disminuyó el cemento en un cincuenta por ciento y se reemplazó por arena de peña, dando como resultado un producto más económico en su fabricación.

dosificación tipo 5.

Para la fabricación de los mampuestos se implementaron distintas dosificaciones y moldes, para determinar su densidad y resistencia de cada uno.

Ilustración 15: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 5



Fuente: Autores. 2016

Para este mampuesto se utilizó el molde metálico con perforación vertical, este modelo fue fabricado con las especificaciones de la tesis “propuesta de elemento constructivo a partir

de bagazo de caña de azúcar y cemento pórtland.”, pero los resultados no fueron los esperados, porque la dosificación presentaba muchas inconsistencias, por lo tanto no hubo adecuada homogeneidad.

Tabla 8: Dosificación Tipo 5- Perforado

MATERIAL	DOSIFICACIÓN TIPO 5-PERFORADO		
	RELACIÓN	CANTIDA D	UNIDA D
Bagazo de caña		636	Gramos
Cemento	350% veces el peso del Bagazo	2227	Gramos
Arena de peña	No aplica	-	Gramos
Peso total agregados secos		2863	Gramos
Silicato de Sodio	10% con respecto al peso del cemento	372	Gramos
Agua de amasado	80% con respecto al peso del cemento y bagazo	2290.4	Gramos
Peso total a los 28 días		2863	Gramos

Nota: 100 mm de Silicato de Sodio = 140 Gris

Fuente: Autores. 2016

Pruebas y ensayos

En este capítulo se realizaron pruebas de compresión al modelo de cada dosificación, pruebas de murete para determinar el comportamiento de la pega y de adsorción de la humedad.

Ensayos a Compresión

Los modelos que se utilizaron para realizar las pruebas a compresión, fueron elaborados de forma manual, cuyas mezclas varían según su dosificación. Las respectivas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, con un Maquina Universal Forney la cual tiene capacidad de 180 toneladas en ensayos estáticos.

La prueba consiste en someter el mampuesto a una carga aplastante hasta determinar la falla. Para la realizar esta prueba, se procede a clasificar los mampuestos según su dosificación, posteriormente se miden y pesan para así luego someterlas a la prueba de resistencia a compresión.

resultados dosificación tipo 1

Cada uno de los mampuestos de las distintas dosificaciones fue sometido a ensayo de compresión, arrojando el siguiente resultado.

Tabla 9: Resultados dosificación tipo 1

Muestra o Referencia	Tipo 1
Largo (cm)	29.0
Ancho (cm)	12.0
Espesor (cm)	14.0
No. De Huecos	0
Área Total (cm ²)	348
Área Huecos (cm ²)	0
Área Neta (cm ²)	348
Carga (kgf)	3237
Esfuerzo (kgf/cm ²)	9
(psi)	132
(MPa)	1



Fuente: Universidad de los Andes. 2016

En este ensayo se somete a compresión el modelo con dosificación tipo 1, fallando de forma pasiva, pero no alcanzo la resistencia exigida por la norma.

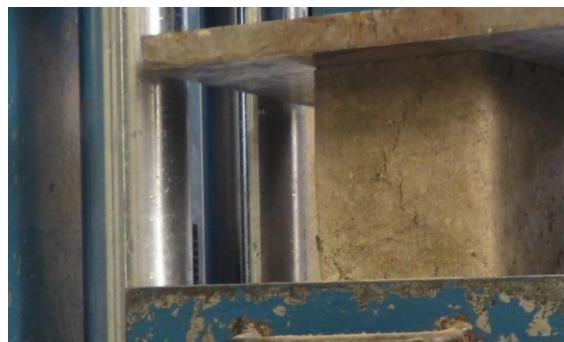
FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

resultados dosificación tipo 2

Cada uno de los mampuestos de las distintas dosificaciones fue sometido a ensayo de compresión, arrojando el siguiente resultado.

Tabla 10: Resultados dosificación tipo 2

Muestra o Referencia	Tipo 2
Largo (cm)	29.0
Ancho (cm)	12.0
Espesor (cm)	14.5
No. De Huecos	2
Área Total (cm ²)	348
Área Huecos (cm ²)	100
Área Neta (cm ²)	248
Carga (kgf)	3820
Esfuerzo (kgf/cm ²)	15
(psi)	219
(MPa)	2



Fuente: Universidad de los Andes. 2016

La resistencia que alcanzo este mampuesto fue de 2MPa, comparando con los de perforación horizontal fabricados en arcilla cumple con la resistencia mínima establecida en la NTC 4205.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

resultados dosificación tipo 3

Cada uno de los mampuestos de las distintas dosificaciones fue sometido a ensayo de compresión, arrojando el siguiente resultado.

Tabla 11: Resultados dosificación tipo 3

Muestra o Referencia	Tip o 3
Largo (cm)	29.0
Ancho (cm)	12.0
Espesor (cm)	15.5
No. De Huecos	2
Área Total (cm ²)	348
Área Huecos (cm ²)	100
Área Neta (cm ²)	248
Carga (kgf)	265
	5
Esfuerzo (kgf/cm ²)	11
(psi)	152
(MPa)	1



Fuente: Universidad de los Andes. 2016

En este ensayo se somete a compresión el modelo con dosificación tipo 3, fallando de forma pasiva, pero no alcanzo la resistencia exigida por la norma.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

resultados dosificación tipo 4

Cada uno de los mampuestos de las distintas dosificaciones fue sometido a ensayo de compresión, arrojando el siguiente resultado.

Tabla 12: Resultados dosificación tipo 4

Muestra o Referencia	Tipo 4
Largo (cm)	29.0
Ancho (cm)	12.0
Espesor (cm)	15.5
No. De Huecos	2
Área Total (cm ²)	348
Área Huecos (cm ²)	100
Área Neta (cm ²)	248
Carga (kgf)	1655
Esfuerzo (kgf/cm ²)	7
(psi)	95
(MPa)	1



Fuente: Universidad de los Andes. 2016

En este ensayo se somete a compresión el modelo con dosificación tipo 4, fallando de forma pasiva, pero no alcanzo la resistencia exigida por la norma.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

resultados dosificación tipo 5

Cada uno de los mampuestos de las distintas dosificaciones fue sometido a ensayo de compresión, arrojando el siguiente resultado.

Tabla 13: Resultados dosificación tipo 5

Muestra o Referencia	Tip o 5
Largo (cm)	29.0
Ancho (cm)	12.0
Espesor (cm)	15.5
No. De Huecos	2
Área Total (cm ²)	348
Área Huecos (cm ²)	100
Área Neta (cm ²)	248
Carga (kgf)	202
	5
Esfuerzo (kgf/cm ²)	8
(psi)	116
(MPa)	1



Fuente: Universidad de los Andes. 2016

En este ensayo se somete a compresión el modelo con dosificación tipo 5, fallando de forma pasiva, pero no alcanzo la resistencia exigida por la norma.

grafica de resultados de ensayos

En la siguiente tabla se concluye un resultado general de ensayos, donde se resume el tipo de mampuesto, carga por tonelada y carga por kilogramo fuerza.

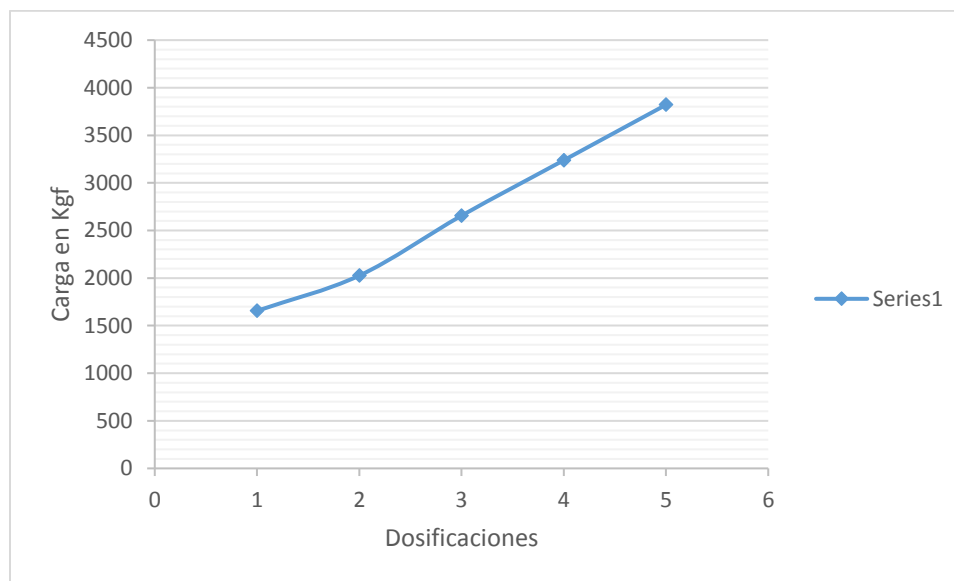
Tabla 14: Resultado general de ensayos

	Carga (Ton)	Carga (Kgf)	Tipo
1	1.65575	1655.75	Perforado tipo 4
2	2.02593	2025.93	Perforado tipo 5
3	2.65565	2655.65	Perforado tipo 3
4	3.23795	3237.95	Macizo Tipo 1
5	3.82025	3820.25	Perforado Tipo 2

Fuente: Autores. 2016

Se muestra una tabla de resumen de los mampuestos con que especifica el valor de máximo de resistencia a la compresión de cada elemento.

Tabla 15: Grafica general de ensayos



Fuente: Autores. 2016

Se analizan los resultados de los laboratorios y se evidencia en la relación de las cinco dosificaciones y dependiendo la resistencia que se quiera alcanzar, se puede aumentar o disminuir la cantidad de cemento o arena; también influyendo la fuerza de compactación se

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

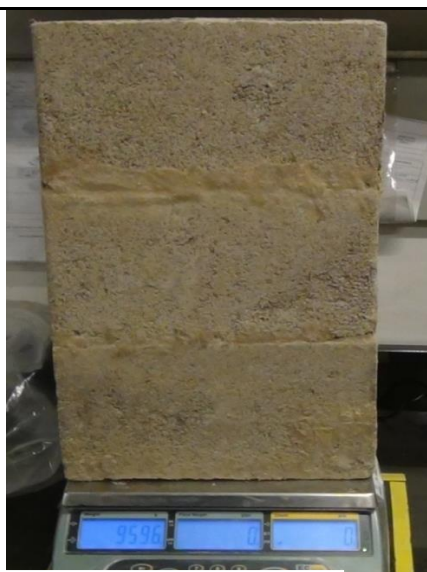
puede optimizar el producto, aumentando su resistencia y disminuyendo su peso hasta un 50% comparándolo con los mampuestos tradicionales fabricados en arcilla, concreto o tierra.

También se resalta en los ensayos de laboratorios, la forma “pasiva” en la que falla la propuesta con bagazo de caña de azúcar, no rompiéndose por completo al momento de alcanzar su límite de resistencia, sino conservando su geometría hasta el momento de la “fatiga”.

Ensayo de Compresión de Murete

El modelo que se utilizó para realizar la prueba de compresión de murete, fue elaborado de forma manual, que costa de 3 mampuestos con dosificación tipo 5, pegados de forma vertical (ilustración 16), con mortero de pega según las recomendaciones de la Norma Sismo Resistente del 2010 (Tabla 2: NSR-10. D.3.4-1 Clasificación de morteros de pega). Las respectivas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, con una máquina Universal MTS las características de esta máquina universal de prueba está compuesta por tres actuadores dinámicos servo-controlados de 5, 35 y 100 toneladas. El sistema de actuadores es manejado por un computador provisto de controladores que permiten programar ensayos bajo control de fuerza o deformación. Además, el software con el que cuenta este equipo permite registrar la fuerza y el desplazamiento de los actuadores y la deformación unitaria de las probetas. .

Ilustración 16: Murete



Fuente: Autores. 2016

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Para la fabricación del murete se utilizaron tres mampuestos con dosificación tipo 3, pegados con mortero de cemento y ensayándolos a compresión para determinar la resistencia de la pega y su comportamiento con ese tipo de mampuestos

resultados de ensayo de Murete

La prueba evidencia una primera falla en el motero de pega generando una pequeña grieta sobre el mampuesto (ilustración 17), al pasar de los minutos el murete empieza a deformarse generando una falla sobre el mampuesto superior y una pequeña inclinación de los otros mampuestos (ilustración 18), con esta falla se da por terminada la prueba, dando como resultado un aplastamiento del mampuesto superior, el cual produjo un grieta que afecto una parte del mortero de pega y al mampuesto de la parte media del murete (Ilustración 19).

Ilustración 17: Murete primera falla



Fuente: Autores. 2016

Se evidencia una falla en el centro del mampuesto superior, que desciende hasta la pega, pero no falla de manera explosiva.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

El murete se baja de la maquina universal de ensayos, se observa y determina su deformación.

Ilustración 18: Deformación del murete



Fuente: Autores. 2016

Al momento de bajar la probeta se nota un leve pandeo desde el mampuesto medio.

Esta probeta, evidencia su falla en los mampuestos, pero no en la pega, el cual esta fue la finalidad de este ensayo.

Ilustración 19: Resultado final de la falla del murete



Fuente: Autores. 2016

Al momento de bajar la probeta se nota un leve pandeo desde el mampuesto medio.

Prueba de adsorción de agua

En esta prueba se procede a tomar el peso inicial de los mampuestos secos, luego se sumergen en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas, (ilustración 20).

Ilustración 20: Prueba de adsorción de agua.



Fuente: Autores. 2016

Pasadas las 24 horas, se retira el bloque del agua, se escurre y se limpia el exceso de agua con un paño seco, nuevamente se pesa y se revisa cuánta agua adsorbió cada mampuesto. Esta prueba se realiza con las diferentes dosificaciones las cuales fueron descritas anteriormente.

resultados con dosificación tipo 1

En esta prueba el mampuesto adsorbió aproximadamente un 45% de agua con relación a su peso inicial.

Ilustración 21: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 1



Fuente: Autores. 2016

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

En esta evidencia se resalta el resultado, donde se toma el peso inicial y el peso después de las 24 horas.

resultados con dosificación tipo 2

En esta prueba el mampuesto adsorbió aproximadamente un 34% de agua con relación a su peso inicial

Ilustración 22: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 2



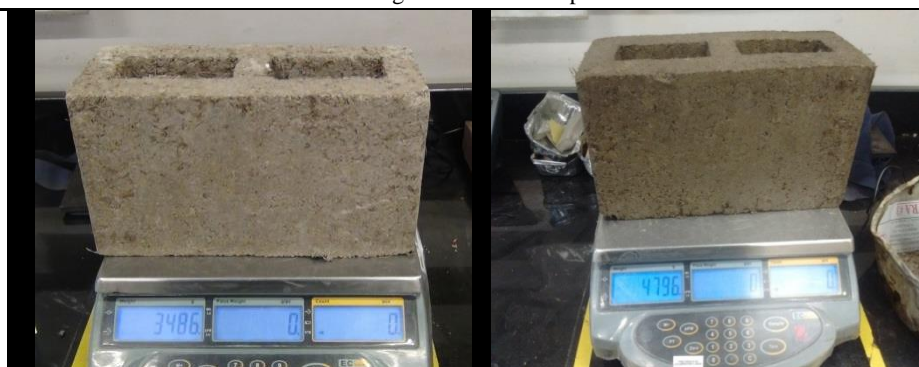
Fuente: Autores. 2016

En esta evidencia se resalta el resultado, donde se toma el peso inicial y el peso después de las 24 horas.

resultados con dosificación tipo 3

En esta evidencia se resalta el resultado, donde se toma el peso inicial y el peso después de las 24 horas.

Ilustración 23: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 3



Fuente: Autores. 2016

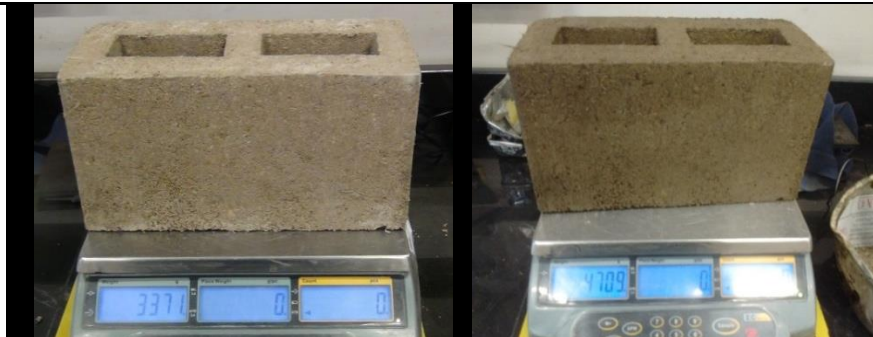
En esta prueba el mampuesto adsorbió aproximadamente un 38% de agua con relación a su peso inicial

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

resultados con dosificación tipo 4

En esta evidencia se resalta el resultado, donde se toma el peso inicial y el peso después de las 24 horas.

Ilustración 24: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 4



Fuente: Autores. 2016

En esta prueba el mampuesto adsorbió aproximadamente un 40% de agua con relación a su peso inicial

resultados con dosificación tipo 5

En esta prueba el mampuesto adsorbió aproximadamente un 42% de agua con relación a su peso inicial

Ilustración 25: Prueba de adsorción de agua dosificación tipo 5



Fuente: Autores. 2016

Después de analizar los resultados obtenidos se puede determinar que entre menos compactado y más poroso este el mampuesto su porcentaje de adsorción de agua va ser mucho mayor con relación a su peso inicial. Según la NTC 4076, en la tabla numero 3 requisitos adsorción de agua y clasificación del peso, los requisitos para la adsorción de agua de estos


FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

mampuestos, exige que no sea mayor al 18%; por lo tanto, estos mampuestos no cumplen con lo estipulado en esta norma.

Costos de fabricación de los mampuestos según su dosificación - Análisis de precios unitarios (APU)

En este capítulo se realiza un análisis de precios unitarios de cada dosificación, para determinar su costo de fabricación con precios comerciales, en estos APU'S no se establece precios por grandes cantidades, dado que no se tiene un análisis de los rendimientos y tampoco precios comerciales de la propuesta.

Tabla 16: APU. Mampuestos Macizos- Dosificación tipo 1

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA						
		Propuesta: Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios.				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Ítem	Descripción				Unidad	Cantidad
1,0	Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios. Dosificación Tipo 1.MACIZOS				Un	1,0
1. Equipo						
Descripción		Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta Menor			% MdeO	\$1.122,00	0,07	\$80,00
SUBTOTAL						\$80,00
2. Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Bagazo de caña de azúcar		Gramos	760	\$0,42	\$319,00	
Cemento tipo portland		Gramos	3040	\$0,59	\$1.794,00	
Silicato de sodio		Gramos	425	\$1,80	\$765,00	
SUBTOTAL						\$2.878,00
3. Transportes						
Material		Vol. o Peso	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de Material O equipo		0,08	5,429	m3-Ton	\$560,00	\$250,00
SUBTOTAL						\$250,00
4. Mano de Obra						
Trabajador		Jornal	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
-		-	-			\$0,00
SUBTOTAL						\$0,00
TOTAL COSTO DIRECTO						\$3.208,00
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE LA ACTIVIDAD						\$3.208,00


Fuente: Autores. 2016

Se determina que las dosificaciones con un margen menor de costos, son las que tienen un porcentaje mayor de arena.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

En estos APU'S no se establece precios por grandes cantidades, dado que no se tiene un análisis de los rendimientos y tampoco precios comerciales de la propuesta.

Tabla 17: APU. Mampuestos con perforación vertical- Dosificación Tipo 2

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA						
		Propuesta: Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios.				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Ítem	Descripción				Unidad	Cantidad
2,0	Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios. Dosificación Tipo 2. PERFORACIÓN VERTICAL				Un	1,0
1. Equipo						
Descripción		Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta Menor			% MdeO	\$1.122,00	0,07	\$80,00
SUBTOTAL						\$80,00
2. Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Bagazo de caña de azúcar		Gramos	666	\$0,42	\$280,00	
Cemento tipo portland		Gramos	2664	\$0,59	\$1.572,00	
Silicato de sodio		Gramos	372	\$1,80	\$670,00	
SUBTOTAL						\$2.522,00
3. Transportes						
Material		Vol. o Peso	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de Material O equipo		0,08	5,429	m3-Ton	\$560,00	\$250,00
SUBTOTAL						\$250,00
4. Mano de Obra						
Trabajador		Jornal	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
						\$0,00
SUBTOTAL						\$0,00
TOTAL COSTO DIRECTO						\$2.852,00
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE LA ACTIVIDAD						\$2.852,00

Fuente: Autores. 2016

Se determina que las dosificaciones con un margen menor de costos, son las que tienen un porcentaje mayor de arena.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

En estos APU'S no se establece precios por grandes cantidades, dado que no se tiene un análisis de los rendimientos y tampoco precios comerciales de la propuesta.

Tabla 18: Mampuesto con perforación vertical- Dosificación Tipo 3

UNIVERSITAS UNIVERSIDAD La Gran Colombia		UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA			
Propuesta:		Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios.			
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
3,0	Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios. Dosificación Tipo 3. PERFORACIÓN VERTICAL	Un	1,0		
1. Equipo					
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta Menor		% MdeO	\$1.122,00	0,07	\$80,00
SUBTOTAL					\$80,00
2. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Bagazo de caña de azúcar	Gramos	666	\$0,42	\$280,00	
Cemento tipo portland	Gramos	1998	\$0,59	\$1.179,00	
Arena de peña	Gramos	666	\$0,22	\$147,00	
Silicato de sodio	Gramos	280	\$1,80	\$504,00	
SUBTOTAL					\$2.110,00
3. Transportes					
Material	Vol. o Peso	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de Material O equipo	0,08	5,429	m3-Ton	\$560,00	\$250,00
SUBTOTAL					\$250,00
4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
					\$0,00
SUBTOTAL					\$0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$2.440,00
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE LA ACTIVIDAD					\$2.440,00


Fuente: Autores. 2016

Se determina que las dosificaciones con un margen menor de costos, son las que tienen un porcentaje mayor de arena.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

En estos APU'S no se establece precios por grandes cantidades, dado que no se tiene un análisis de los rendimientos y tampoco precios comerciales de la propuesta.

Tabla 19: Mampuestos con perforación vertical- Dosificación tipo 4

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA					
	Propuesta: Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios.				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
4,0	Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios. Dosificación Tipo 4. PERFORACIÓN VERTICAL	Un	1,0		
1. Equipo					
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta Menor		% MdeO	\$1.122,00	0,07	\$80,00
SUBTOTAL					\$80,00
2. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Bagazo de caña de azúcar	Gramos	666	\$0,42	\$280,00	
Cemento tipo portland	Gramos	1333	\$0,59	\$786,00	
Arena de peña	Gramos	1333	\$0,22	\$293,00	
Silicato de sodio	Gramos	186	\$1,80	\$335,00	
SUBTOTAL					\$1.694,00
3. Transportes					
Material	Vol. o Peso	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de Material O equipo	0,08	5,429	m3-Ton	\$560,00	\$250,00
SUBTOTAL					\$250,00
4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
					\$0,00
SUBTOTAL					\$0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$2.024,00
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE LA ACTIVIDAD					\$2.024,00


Fuente: Autores. 2016

Se determina que las dosificaciones con un margen menor de costos, son las que tienen un porcentaje mayor de arena.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

En estos APU'S no se establece precios por grandes cantidades, dado que no se tiene un análisis de los rendimiento y tampoco precios comerciales de la propuesta.

Tabla 20: Mampuesto con perforación vertical- Dosificación Tipo 5

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA					
	Propuesta: Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios.				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
5,0	Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña para muros de cerramiento y divisorios. Dosificación Tipo 5. PERFORACIÓN VERTICAL	Un	1,0		
1. Equipo					
Descripción	Marca	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
Herramienta Menor		% MdeO	\$1.122,00	0,07	\$80,00
SUBTOTAL					\$80,00
2. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Bagazo de caña de azúcar	Gramos	666	\$0,42	\$280,00	
Cemento tipo portland	Gramos	2331	\$0,59	\$1.375,00	
Arena de peña	Gramos	0	\$0,22	\$0,00	
Silicato de sodio	Gramos	372	\$1,80	\$670,00	
SUBTOTAL					\$2.325,00
3. Transportes					
Material	Vol. o Peso	Distancia	m2 o Ton/Km	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de Material O equipo	0,08	5,429	m3-Ton	\$560,00	\$250,00
SUBTOTAL					\$250,00
4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
					\$0,00
SUBTOTAL					\$0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$2.655,00
VALOR RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE LA ACTIVIDAD					\$2.655,00

Fuente: Autores. 2016

Se determina que las dosificaciones con un margen menor de costos, son las que tienen un porcentaje mayor de arena.

Relación de variables de mampuestos con bagazo de caña de azúcar con las distintas dosificaciones

En la siguiente tabla se realiza un cruce de variables en el cual se resaltan sus materias primas y su viabilidad en su fabricación.

Tabla 21: Relación de variables de mampuestos con bagazo de caña de azúcar

MAMPUESTOS PARA MUROS DIVISORIOS Y DE CERRAMIENTO									
	Tipo de mampuesto	Material	Proceso de elaboración	Medidas	Peso/unidad (Kg)	Peso/m2 (Kg/m2)	Densidad (kg/m3)	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)	Precio
C R U C E D E V A R I A B L E S	Mampuesto Macizo con bagazo de caña de azúcar-Dosificación tipo 1	Bagazo de caña de azúcar y cemento	Para aligerar el mampuesto, se utilizara como materia prima el bagazo de caña de azúcar, cemento pórtland, agua e inmunizante para el material vegetal; se realizara una mezcla proporcional entre estos materiales y se compactara mediante un equipo mecánico, que nos permitirá variar las medidas según necesidades del proyectb.	29*14*12 	3,69	92,4	757,00	64,31	\$ 3.208,00
	Mampuesto con perforación vertical con bagazo de caña de azúcar-Dosificación tipo 2	Bagazo de caña de azúcar y cemento		29*14*12 	3,81	95,25	782,01	21,59	\$ 2.852,00
	Mampuesto con perforación vertical con bagazo de caña de azúcar-Dosificación tipo 3	Bagazo de caña de azúcar, cemento y arena		29*14*12 	3,64	91,0	747,13	8,0	\$ 2.440,00
	Mampuesto con perforación vertical con bagazo de caña de azúcar-Dosificación tipo 4	Bagazo de caña de azúcar, cemento y arena		29*14*12 	3,37	84,25	691,71	5,9	\$ 2.024,00
	Mampuesto con perforación vertical con bagazo de caña de azúcar-Dosificación tipo 5	Bagazo de caña de azúcar y cemento		29*14*13 	3,81	95,25	782,02	15,4	\$ 2.655,00

Fuente: Autores. 2016

<

Se realiza una relación de variables de los mampuestos con las distintas dosificaciones, en la cual se concluye o se determina su peso final por unidad, su peso por metro cuadrado, densidad y el precio de fabricación.

Discusiones y recomendaciones

Una vez finalizado el proceso de investigación, realizar distintos tipo de dosificaciones y ensayos realizados con el bagazo de caña de azúcar, se puede concluir:

Que el bagazo de caña de azúcar y el cemento, al ser combinados, se comportan de forma apropiada, tanto física y mecánica, y presenta una óptima adherencia siguiendo el proceso de dosificación y compactación apropiada.

El uso y la fabricación de los mampuestos a base de bagazo de caña de azúcar, en el ensayo de compresión no generan una adecuada resistencia, por lo tanto no cumple con lo mínimo requerido por la norma NTC 4076 (Unidades de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto).

Estos elementos, por su componente cementante, no presentan inconvenientes al momento de la instalación y por su diseño tradicional, tiene los mismos principios de manipulación de la mampostería a base de arcilla, concreto y tierra. Utilizan un mortero de pega y un pañete a base de cemento por lo tanto la adherencia entre estos elementos es óptima.

Los mampuestos fabricados con bagazo de caña de azúcar, este al ser un material vegetal con baja densidad, ya que estas fibras ocupan más espacio que los agregados pétreos, entonces, generan una reducción en peso de hasta el 50% por metro cuadrado, esto comparándolo con los mampuestos elaborados con otros materiales.

Entre más compactada este la mezcla, el acabado es más agradable a la vista y su manipulación es más viable, porque por su resistencia es óptima y esto evita el desmoronamiento al momento de la instalación.

El bagazo de caña de azúcar, no se debe combinar con cal viva, porque su comportamiento químico y físico no genera una adherencia entre estos dos elementos.

Durante los primeros siete días no es necesario curar los mampuestos por la adsorción de agua que tiene el bagazo de caña azúcar, pero una vez finalizado este tiempo se requiere curar el elemento periódicamente hasta completar los catorce días.

Para una mejor compactación y resistencia, se recomienda utilizar una prensa hidráulica, para que el material se compacte uniformemente, así generara un acabado y altura igual en todos los mampuestos, ya que su altura varia al ser compactados con prensa manual.

FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS ALIGERADOS

Se debe utilizar el porcentaje de agua según las dosificaciones realizadas en esta investigación, dado que si se aplica menos agua, el cemento no reacciona, porque el bagazo de caña de azúcar adsorbe la mayor cantidad del líquido.

Referencia Bibliográfica

- Amaris, Rondon. (2009). *Uso del silicato de sodio como adición natural del concreto hidráulico*. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, facultad de ingeniería civil.
- Andes, U. d. (s.f.). Recuperado el 16 de 05 de 2016, de <http://laboratoriointegrado.uniandes.edu.co/index.php/laboratorio-ingenieria-civil/78-laboratorio-ingenieria-civil/104-equipos>
- Hurtado, Chaverra. (2010). *Formulación de un plan de negocios para la puesta en marcha de la empresa "ladrillos guapi s.a."*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial.
- Jaen, H. (2011). *Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de CBCA como árido en aplanados en muros*. Xalapa, Mexico: Universidad Veracruzana, facultad de ingeniería civil.
- Klinger, R. (2001). *Especificaciones, diseño y calculo de mamposteria*. Colombia: Instituto colombiano de productores de cemento Bogotá y Barranquilla, Colombia.
- Lau. (1981). *Manual para la construcción de la CETA-RAM*. Guatemala: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Ciudad Universitaria, Zona 12.
- Lopez, Valencia. (2006). *Elaboración de paneles prefabricados para muros divisorios*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander, facultad de ingenierías fisico-mecánicas, escuela de ingeniería civil.
- Moreno, Pozo, Nájera. (2011). Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana. *Perfiles*, 19.
- NSR-10. (2010). *Norma Sismo Resistente*. Colombia: AIS.
- NTC-4076. (1997). *Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapa de concreto*. Colombia: ICONTEC.
- NTC-4205. (2000). *Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos*. Colombia: ICONTEC.
- Osorio, V. H. (2007). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Osorio, Varon, Herrera. (2007). *comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Medellín, Colombia: DYNA.
- Parra, C. (2005). *Propuesta de elemento constructivo a partir de bagazo de caña de azúcar y cemento pórtland*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander, facultad de ciencias fisicomecánicas, escuela de ingeniería civil.
- Roux, Espuna. (2012). *Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales*. Mexico.

Anexos

- Anexo 1. Ficha técnica Bloque N 4
- Anexo 2. Ficha técnica Bloque N 5
- Anexo 3. Ficha técnica Ladrillo prensado
- Anexo 4. Ficha técnica Ladrillo prensado macizo
- Anexo 5. Ficha técnica Ladrillo gran formato
- Anexo 6. Ficha técnica Bloque en concreto
- Anexo 7. NTC – 4076
- Anexo 8. NTC – 4026
- Anexo 9. Instalación de mampuestos
- Anexo 10. Paneles