

Ensayos a compresión y tensión diagonal sobre muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca

Compression and diagonal tension test on walls made using recycled newspaper and paste of yucca starch

José C. Chanchí Golondrino*¹, Diego F. Bonilla Campos*, John A. Gaviria Rojas*, John J. Giraldo López*

* Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Caldas, COLOMBIA

Fecha de recepción: 05/ 06/ 2008
Fecha de aceptación: 30/ 08/ 2008
PAG. 145 - 154

Resumen

El presente artículo describe el proceso de concepción, investigación desarrollo e implementación a nivel de laboratorio de una unidad de mampostería con traba semiovoide superior e inferior hecha a base de una dosificación establecida entre papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca. El proceso de implementación desarrollado se utilizó para la confección de unidades de mampostería destinadas a la elaboración de muretes. A nivel de muretes se presenta una metodología desarrollada para su proceso constructivo, la cual es aplicable a muros a gran escala. Ésta fue utilizada para la confección de 6 muretes destinados a la caracterización de su comportamiento mecánico en dos niveles: compresión axial y tensión diagonal (cortante), para cada ensayo se efectuó una discusión del comportamiento y su extrapolación cualitativa a la sollicitación análoga en escala 1:1. Finalmente se presenta un análisis de viabilidad del uso estructural de estos muretes en el entorno constructivo del campo de la Ingeniería Civil.

Palabras Clave: Muretes, papel periódico reciclado, engrudo de almidón de yuca, resistencia a compresión, resistencia a tensión diagonal

Abstract

This article describes the conception process, research development and implementation process at the laboratory level of a masonry unit with top and bottom semiovoid chock and made using recycled newspaper and paste of yucca starch. The developed implementation process has been used to make a set of masonry units to build walls. The article presents a methodology related to the constructive process of the walls in the real constructive context. This methodology was used to build 6 walls for characterization of the mechanical behaviour at two levels: axial compression and diagonal tension (shear). A discussion about the behaviour of the wall specimens and conclusions about the behaviour in the real context are presented. Finally, a feasibility analysis related to the structural application of the walls in the construction field of the civil engineering is argued.

Keywords: Walls, recycled newspaper, paste of yucca starch, compression strength, diagonal tension strength

1. Introducción

En éste artículo se describe el proceso de investigación desarrollado para la ejecución de ensayos de compresión y tensión diagonal sobre muretes conformados por unidades de mampostería hechas a base de papel periódico y engrudo de almidón de yuca. En la fase inicial se describen los parámetros básicos y el proceso de fabricación a nivel de laboratorio de una unidad de mampostería, al igual que la mecánica de

ensamblaje de un murete constituido por un número finito de unidades. En la fase intermedia se describe el proceso de implementación, ejecución y acopio de resultados de los ensayos de compresión y tensión diagonal realizados sobre los muretes. En la fase final se propone una posible aplicación del sistema constructivo de muretes al ser implementado en muros en escala 1:1 en el contexto constructivo.

¹ Autor de correspondencia / Corresponding author:
Departamento de Ingeniería Civil, Campus La Nubia, Oficina V224, Colombia.
Teléfono: 57-6-8 879400 ext. 5799, E-mail: jcchanchigo@unal.edu.co

2. Estado del arte

El estado del arte en esta área es precario, sin embargo los autores realizaron un ensayo de módulo de rotura sobre una viga simplemente apoyada de luz 60cm y de sección cuadrada de dimensiones 12x12cm (Figura 1), elaborada a base de papel periódico reciclado, yuca rayada y agua en las proporciones 3:2:1 respectivamente; la yuca rayada y el agua fueron usadas para la obtención del engrudo, el cual constituyó el ligante del papel periódico previamente desintegrado a través de inmersión en agua. El ensayo en consideración permitió evidenciar un material dúctil y de rigidez media, factores que permitieron emprender una investigación exploratoria encaminada a desarrollar una metodología para la producción a nivel de laboratorio del material aglomerado en consideración, el cual sería usado para la confección de unidades de mampostería destinadas a la conformación de muretes sobre los que se efectuarían ensayos de compresión y tensión diagonal cuyos resultados permitirían contextualizar su posible uso dentro del ámbito de la Ingeniería Civil.

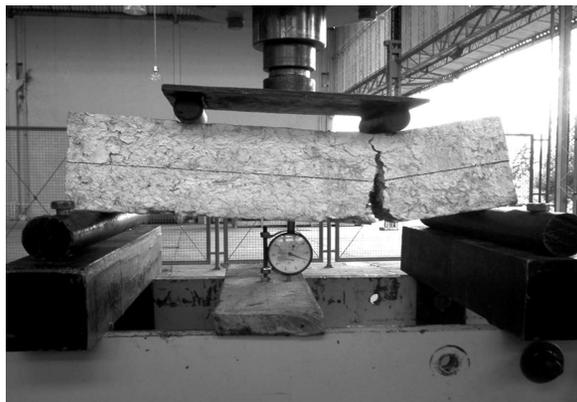


Figura 1. Ensayo de módulo de rotura sobre viga

3. Materiales

Para el desarrollo del material base de las unidades de mampostería que constituyen los muretes se usaron los siguientes materiales: cubetas para huevo, papel periódico, almidón de yuca y vinagre. A continuación se describen las características típicas de cada uno de estos materiales al igual que su aplicabilidad.

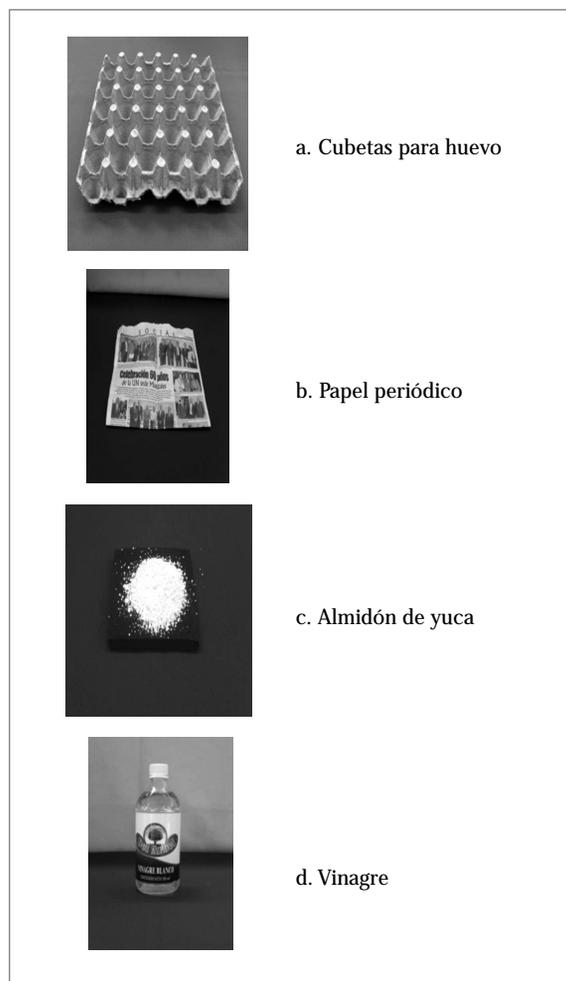


Figura 2. Materia prima para elaboración de unidad de mampostería.

3.1 Cubetas para huevo

Son bandejas de papel reciclado no clasificado (Figura 2-a.), plegadas de tal manera que su forma está constituida por un grupo de semiovoides; éstas se caracterizan por su flexibilidad, poco espesor, bajo peso y economía. La función de las cubetas en el proceso de conformación de las unidades es constituir la traba semiovoide superior e inferior.

3.2 Papel periódico reciclado

Corresponde a hojas de periódico (Figura 2-b.) que se caracterizan por su bajo peso y economía, una vez son usadas como medio informativo se convierten en material de reciclaje. La función de las hojas de papel

periódico en el proceso de conformación de la unidad es constituir el material matriz o el material a aglutinar para constituir el cuerpo de la unidad.

3.3 Almidón de yuca

Es un polisacárido de glucosa que se constituye en una de las principales sustancias glúcidas sintetizadas por vegetales superiores con la ayuda de la energía solar. Para el caso de la investigación se ha decidido usar almidón de yuca (Figura 2-c.), por cuanto este presenta una ventaja respecto a otros almidones provenientes de cereales, la cual está asociada al bajo contenido de lípidos, condición que permite que sus partículas se hinchen en forma rápida y a baja temperatura dentro del proceso de confección del aglutinante, de otro lado, permite producir aglutinantes de altas viscosidades. La función del almidón de yuca en el proceso de conformación de la unidad es constituir la materia prima para la elaboración del aglutinante.

3.4 Vinagre

Es una solución diluida de ácido acético a la que se le agregan sales y extractos de otras materias. Para el caso de la investigación se utilizó el vinagre denominado "Vinagre Blanco Destilado" (Figura 2-d.). Las funciones del vinagre en el proceso de conformación de la unidad son: participar como materia prima en la elaboración del aglutinante y prevenir el crecimiento de hongos y bacterias que puedan deteriorar la unidad de mampostería.

4. Dosificación de materiales

El aglomerado que constituye la unidad de mampostería es elaborado a partir de los materiales descritos anteriormente, su proceso de elaboración puede dividirse en dos etapas: preparación y mezcla de los materiales. A continuación se describe cada una de estas.

4.1 Preparación de materiales

En esta etapa los materiales son procesados previamente antes de ser mezclados. Ésta consta de dos procesos: molienda de papel y preparación de engrudo, cada una de estos procesos es caracterizado a continuación indicando los parámetros mínimos para su ejecución.

4.1.1 Molienda de papel

Las hojas de papel periódico fueron molidas con el fin de garantizar homogeneidad de las partículas a aglomerar y gran superficie específica del material

resultante. Condiciones para las que se requieren grandes cantidades de aglutinante para la conformación de un aglomerado rígido. El proceso de molienda del papel con la ayuda de un prototipo desarrollado a partir de un molino casero típico, dos poleas, una banda y un motor. En la Figura 3 se presenta el prototipo antes descrito y una fracción del papel periódico molido.

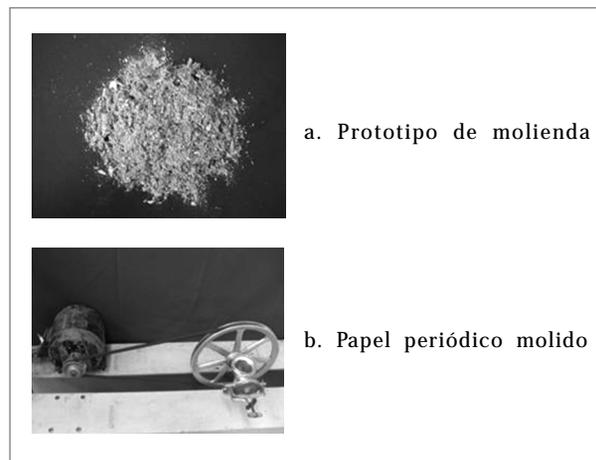


Figura 3. Proceso de molienda papel periódico

4.1.2 Preparación del engrudo

El engrudo es una solución o pasta viscosa obtenida cuando una suspensión de almidón en agua es calentada a una temperatura a la cual sus gránulos absorben agua y se hinchan aumentando varias veces su tamaño original, el aumento de tamaño de las partículas está directamente asociado a la viscosidad resultante de la solución o pasta. Para el caso del almidón de yuca la temperatura de gelatinización es aproximadamente 60° C.

Para la elaboración del engrudo se definió una receta, la cual fue obtenida a partir de una amplia búsqueda bibliográfica en la que se obtuvo un conjunto de recetas, sobre las cuales se determinó las etapas comunes en el proceso de preparación de la pasta, éstas constituyeron la base fundamental para conformar la receta propuesta. A continuación se definen los ingredientes y los pasos que la constituyen.

- Ingredientes y dosificación

El engrudo está constituido por tres componentes: agua, almidón de yuca y vinagre, estos fueron mezclados en masa a través de la dosificación expresada en la Tabla 1, la cual corresponde a las masas de los componentes del engrudo para la elaboración de una unidad de mampostería.

Tabla 1. Masa de componentes del engrudo

CANTIDAD(gr)	MATERIAL
115	Almidón de yuca
770	Agua
115	Vinagre

• Receta de preparación

A continuación se presenta la secuencia de pasos para la elaboración del engrudo usando la información de la Tabla 1, algunos de éstos son ilustrados en la Figura 4.

- Paso 1: Vierta el almidón sobre el 75% del agua y mezcle en frío. Ver Figura 4-a.

- Paso 2: Caliente la solución a fuego medio (temperatura aproximada 60° C) y mezcle constantemente durante 10 minutos. Ver Figura 4-b.

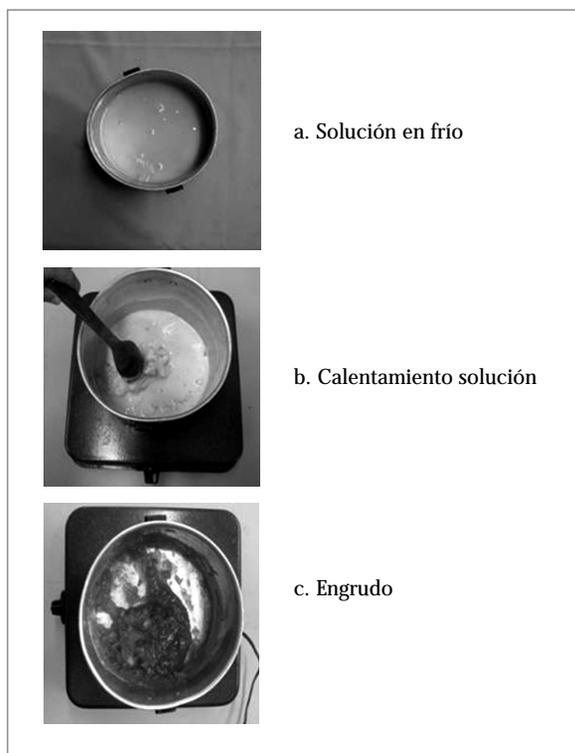


Figura 4. Proceso de preparación del engrudo

- Paso 3: Agregue a la solución el 25% del agua restante y mezcle constantemente durante 10 minutos hasta que la solución se torne en una pasta viscosa y consistente. Deje enfriar la pasta durante 20 min.

- Paso 4: Agregue el vinagre y mezcle uniformemente. La mezcla resultante constituye el engrudo. Ver Figura 4-c.

4.2 Mezcla de materiales

Para la elaboración del aglomerado es necesario realizar la mezcla entre el papel periódico molido y el engrudo. La dosificación que gobierna la mezcla se realizó en masa. En la Tabla 2 se presentan las proporciones de cada uno de los componentes y las masas de cada uno de éstos para la elaboración de una unidad de mampostería.

Tabla 2. Dosificación de aglutinante y material a aglutinar

MATERIAL	PROPORCIÓN	CANTIDAD(gr)
Papel periódico molido	1	300
Engrudo	4.3	1300

Esta dosificación fue obtenida a través de la metodología prueba-error, usando como parámetro básico la manejabilidad de la mezcla, la cual está directamente asociada a la cantidad de engrudo participante, variable que se sensibilizó hasta obtener la mezcla que garantizó la facilidad constructiva de la unidad.

La mezcla fue realizada manualmente a través de un proceso de amasado orientado a la distribución uniforme del engrudo sobre el papel periódico evitando la formación de grumos, éste tiene una duración de 10 minutos, periodo al final del cual se obtiene una masa de color grisáceo de consistencia media. En la secuencia de fotos de la Figura 5 se presenta el proceso de mezcla y el aglomerado en estado pastoso.



Figura 5. Proceso elaboración de aglomerado

5. Especímenes de prueba

Los especímenes de prueba se pueden dividir en tres grupos: unidades de mampostería, muretes destinados al ensayo de compresión y muretes destinados al ensayo de tensión diagonal. A continuación se describe el proceso de elaboración de cada uno de estos.

5.1 Proceso de elaboración de una unidad de mampostería

Para la elaboración de una unidad de mampostería se siguieron dos etapas básicas: definición de características geométricas y la conformación de la unidad. A continuación se describen cada una de estas.

5.1.1 Definición de características geométricas y morfológicas

A nivel geométrico se definió que la unidad de mampostería debería tener dimensiones de 0.09m x 0.195m x 0.11m, ancho, largo y altura respectivamente. A nivel morfológico se decidió reproducir el sistema de traba superior e inferior basado en depresiones y protuberancias semiovoides. (Chanchí y Suarez, 2006).

5.1.2 Conformación de la unidad

Para la conformación de la unidad se desarrolló un sistema de formaleta DESACOPLABLE Y AUTOCOMPRESIONANTE, hecho a base de madera, acero, tornillos y moldes de aluminio; un detalle de ésta se ilustra en la secuencia de fotos de la Figura 6.

La configuración de la unidad inicia a través del proceso de vaciado para el cual se aplica una fina capa de grasa sobre las paredes laterales de la formaleta y cada uno de los moldes de aluminio es cubierto por una fracción de cubeta de cartón, estas medidas fueron enfocadas a facilitar el proceso de desencofrado de la unidad de mampostería. Posteriormente el sistema de tornillos horizontal es asegurado con el fin de garantizar el largo y el espesor de la unidad, una vez ejecutado este proceso se localiza manualmente el aglomerado en la formaleta.

Como etapa final del vaciado se localiza el molde superior y se garantiza su descenso a través del sistema de tornillos vertical. Finalizado el vaciado se procede a ejecutar el secado el cual consiste en introducir la unidad a un horno a una temperatura de 110° C durante un tiempo aproximado de 48 horas.

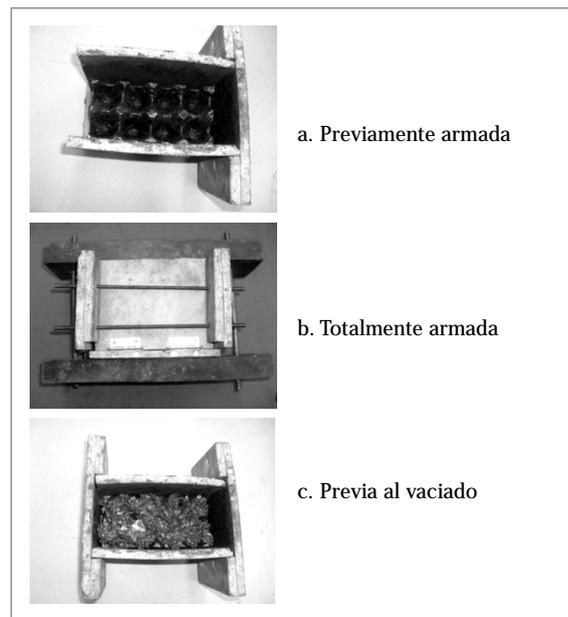


Figura 6. Detalles de la formaleta acoplable y autocompresionante

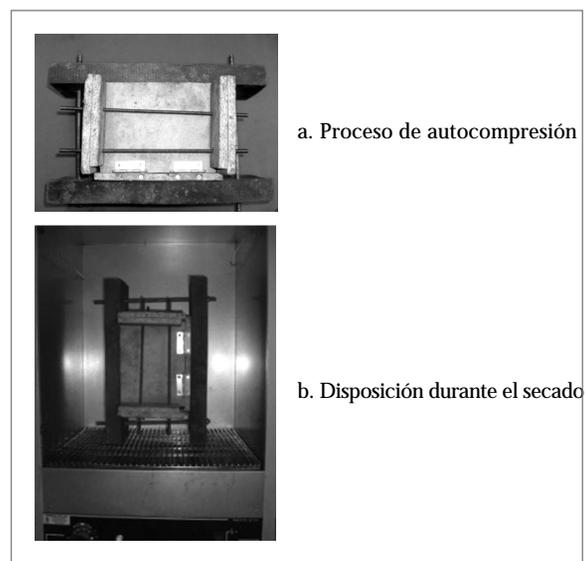


Figura 7. Detalles del proceso de vaciado de la unidad de mampostería

5.2 Proceso de elaboración de muretes para ensayo de compresión

La elaboración de los muretes se realizó de acuerdo a la norma ASTM C1314-02^a, en ese sentido se usó una pila conformada por 3 unidades cuyas dimensiones geométricas son 0.22 m x 0.195m x 0.09m altura, longitud y espesor respectivamente (Figura 8). El proceso de elaboración consiste en superponer las unidades usando la traba generada por las protuberancias

y cavidades que tienen éstas, el ajuste entre las unidades fue realizado localizando los moldes de confección en la parte superior e inferior del murete y aplicando confinamiento vertical.

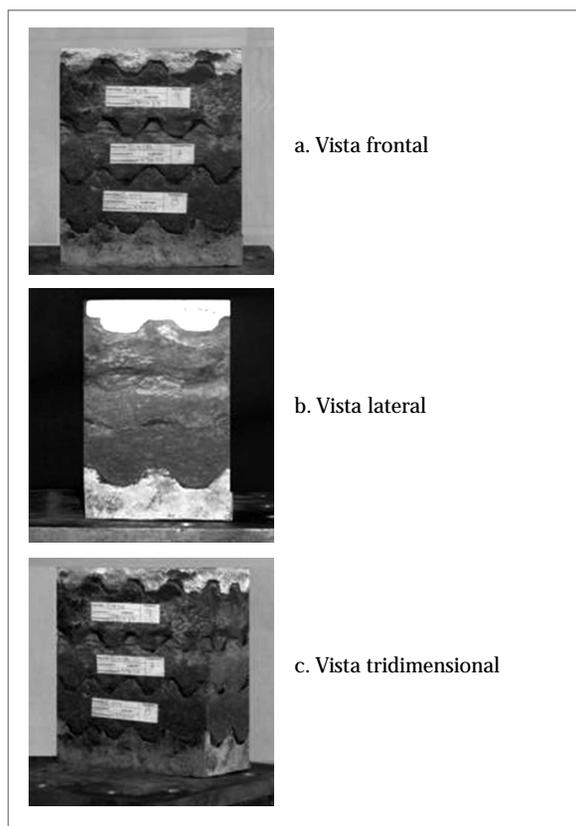


Figura 8. Murete típico para ensayo de compresión

5.3 Proceso de elaboración de muretes para ensayo de tensión diagonal

La elaboración de los muretes se realizó de acuerdo a la norma ASTM E519 – 02, en la cual se establece que el murete debe ser cuadrado y constituido por tres o más hiladas de piezas cuya junta vertical no sea continua. Debido a que entre las unidades de mampostería no hay un material ligante que garantice la estabilidad del murete en la posición de ensayo, se propuso el uso de un sistema de refuerzo vertical, el cual consiste en localizar dos moldes de aluminio análogos a los usados en el proceso de confección, uno en la parte superior y otro en la inferior del murete, a través de los cuales se localizó refuerzo vertical consistente en varillas roscadas. La cuantía de refuerzo vertical usada fue de 0.0017 medido sobre el área bruta del murete (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2002).

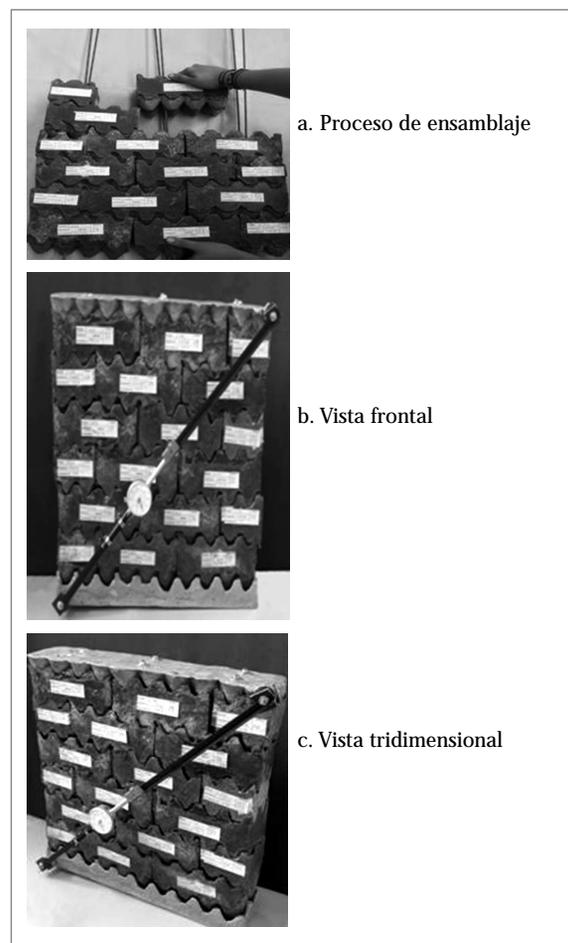


Figura 9. Murete típico para ensayo de tensión diagonal

Para localizar las unidades, éstas fueron perforadas e insertadas a través del refuerzo hasta conformar un total de 6 hiladas, cada una de ellas constituida por 2.5 unidades, para de ésta manera obtener una disposición total de 15 unidades, las que se mantienen en posición a través de 6 barras roscadas de diámetro 5/32". Una vez finalizado el proceso el murete presenta dimensiones de 0.48m x 0.48m x 0.09m altura, longitud y espesor respectivamente. El sistema de ensamblaje descrito anteriormente puede ser aplicado a muros en escala 1:1 (Figura 9).

5.4 Definición del tamaño muestral

Para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los muretes se ha constituido un espacio muestral definido de la siguiente manera: 54 unidades de mampostería las cuales fueron empleadas para la construcción de 3 muretes para el ensayo de compresión y 3 muretes para el ensayo de tensión diagonal.

6. Fase experimental

La fase experimental ejecutada sobre los especímenes puede dividirse en dos etapas: Determinación de propiedades físicas y mecánicas. A continuación se describe cada una de éstas.

6.1 Determinación de densidad

Se determinó la densidad del aglomerado usando como objeto de experimentación las unidades de mampostería. A continuación se presenta el principio básico de obtención de esta variable al igual que los resultados obtenidos.

A cada unidad se le obtuvo la masa y el volumen, la densidad respectiva fue obtenida como el cociente entre estos dos valores. En la Figura 10 se presenta la totalidad de densidades obtenidas.

Tabla 3. Medidas de tendencias estadísticas obtenidas sobre los datos de densidad

MEDIDA TENDENCIA	UNIDAD	VALOR
Promedio	Kg/m ³	330
Desviación Estándar	Kg/m ³	24
Coficiente Var.	%	7

Sobre la totalidad de los datos un análisis estadístico fue ejecutado, encontrando que la densidad promedio del aglomerado es de 330 kg/m³ y que la dispersión promedio de la totalidad de los datos respecto a este valor fue del 7%, valor que garantiza el nivel de confiabilidad y repetitibilidad del ensayo ejecutado.

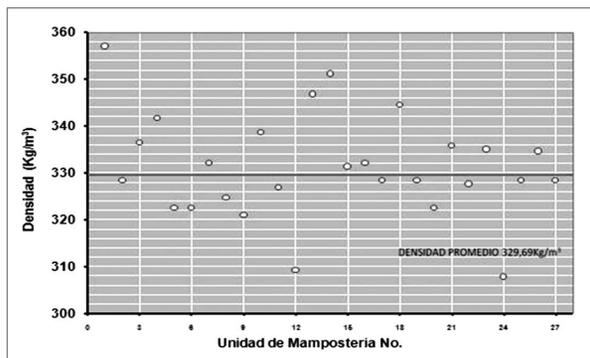


Figura 10. Datos obtenidos del análisis de densidad

6.2 Determinación de propiedades mecánicas

Se determinaron dos grupos de propiedades: compresión y tensión diagonal. A continuación se describe cada una de éstas y los resultados obtenidos.

6.2.1 Determinación de resistencia a compresión de los muretes

Para la determinación del grupo de propiedades de compresión se usó el espacio muestral correspondiente a 3 muretes, cada uno de éstos fue sometido al ensayo respectivo, referenciado a partir de los lineamientos establecidos por la norma ASTM C1314-02a; en la cual se establece que el murete debe ser sometido a una carga de compresión axial desde cero hasta la carga de falla, con la toma de los respectivos datos de deformación axial. Con el fin de garantizar la distribución uniforme y axial de la carga se usó como sistema de transmisión los moldes utilizados durante el proceso de confección de las unidades, ver Figura 11.

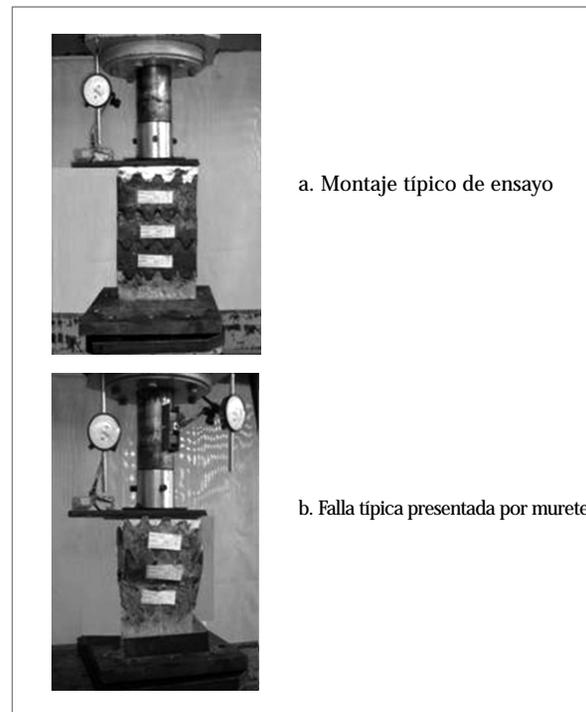


Figura 11. Ensayo a compresión típico ejecutado sobre murete

Respecto al desempeño de los muretes, éstos presentaron un comportamiento dúctil caracterizado por deformaciones apreciables presentadas en el sentido vertical, no se evidenció desprendimiento de partículas, la falla típica asociada es causada por la pérdida de estabilidad geométrica del murete debido al aplastamiento que produce la carga con las consecuentes deformaciones excesivas en el estado último. Una falla típica se ilustra en la Figura 11-b.

Como reporte de los ensayos realizados se

obtuvo la curva esfuerzo - deformación asociada a cada murete. En la Figura 12 se presenta una de éstas, a partir de la cual es posible describir el comportamiento de los muretes como elástico; condición que se pudo verificar una vez se retiró la carga actuante sobre el muro, al observar la notoria recuperación de su deformación. Sobre cada una de las curvas se efectuó una regresión lineal con el fin de obtener el módulo de elasticidad y la resistencia a compresión última. Un resumen de éstas se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos a partir del ensayo de compresión

VARIABLE	UNIDAD	MURETE		
		1	2	3
Módulo de Elasticidad	MPa	7.103	5.710	6.785
Resistencia a Compresión	MPa	1.140	1.140	1.140

Aunque el espacio muestral usado en la sensibilización de las variables de compresión fue mínimo, se realizó un análisis estadístico que permitió obtener los valores promedio de la resistencia a compresión $\bar{\sigma} = 1.140$ MPa) y el módulo de elasticidad ($E = 6.533$ MPa).

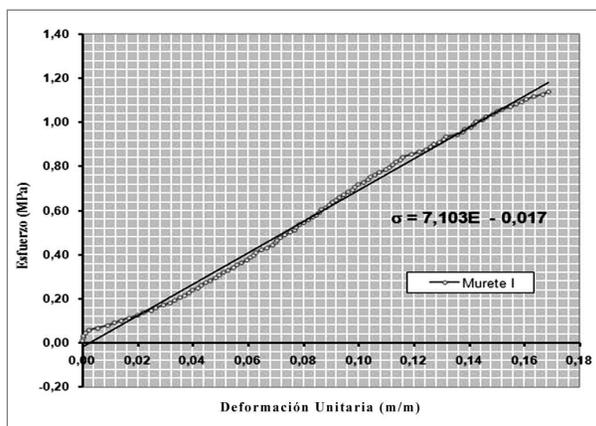


Figura 12. Curva esfuerzo-deformación axial de un murete típico

6.2.2 Determinación de resistencia a tensión diagonal (corte) de los muretes

Para la determinación del grupo de propiedades de tensión diagonal se usó el espacio muestral correspondiente a 3 muretes, cada uno de estos fue sometido al ensayo respectivo referenciado a partir de los lineamientos establecidos por la Norma ASTM E 519 - 02 , en la cual se establece que el murete debe ser sometido a una carga de compresión a través de la diagonal del mismo, la cual varía desde 0 hasta la carga

de falla, adicionalmente se debe tomar una deformación vertical y una horizontal asociadas a cada uno de los niveles de carga. En la Figura 13 se ilustra el montaje realizado para la ejecución del ensayo.

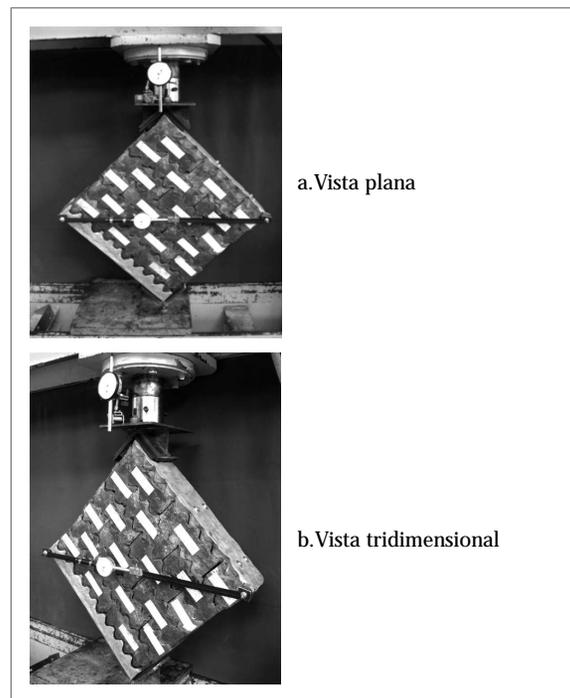


Figura 13. Montaje típico de ensayo

Respecto al desempeño de los muretes, se evidenció un comportamiento dúctil caracterizado por deformaciones apreciables presentadas en las direcciones horizontal y vertical. En la Figura 14 se ilustra una curva de la variación de la carga respecto a la variación de las deformaciones horizontal y vertical de un murete típico.

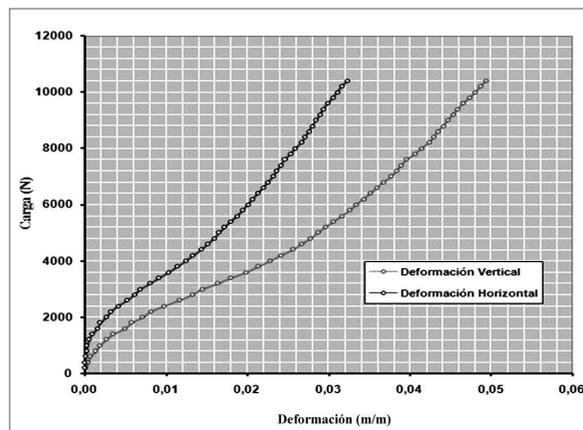


Figura 14. Curva carga-deformaciones horizontal y vertical del ensayo tensión diagonal

Durante el ensayo no se presentó desprendimiento de partículas, se pudo verificar además el óptimo comportamiento de la traba mecánica generada por las protuberancias y cavidades asociadas a la geometría de cada unidad durante el proceso de transmisión de la fuerza cortante generada en el ensayo; al igual que se comprobó la eficiencia del sistema de conformación del murete propuesto, éste garantizó la estabilidad durante toda la prueba gracias a la deformabilidad del refuerzo suministrado.

La falla típica presentada es debida a la pérdida de estabilidad geométrica del murete, la cual es causada por el aplastamiento entre unidades y la ductilidad del conjunto (unidades y refuerzo) que permiten que éste presente rotaciones que obligan a las unidades localizadas sobre la diagonal a salir de su posición y aplastar horizontal y verticalmente las unidades contiguas. Estas dos condiciones producen una falla de tendencia diagonal que sigue una ruta compuesta por trayectorias horizontales y verticales descritas por las juntas respectivas, ver Figura 15.

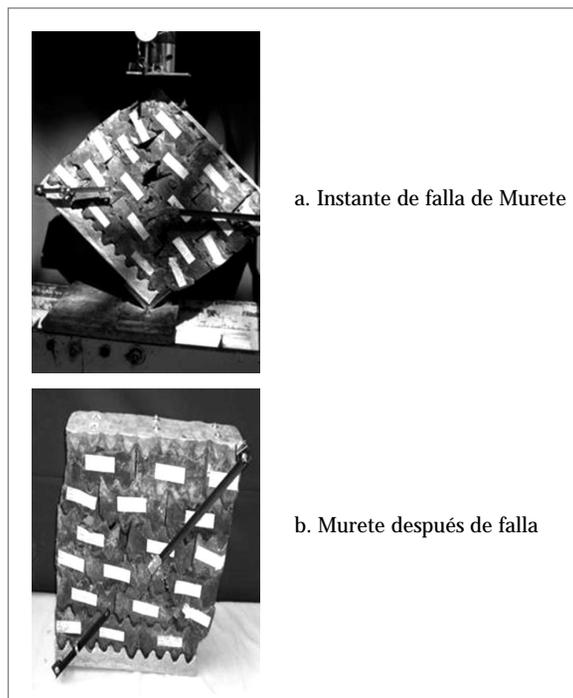


Figura 15. Falla típica de muretes a tensión diagonal

Como reporte de los ensayos realizados se obtuvo las curvas esfuerzo cortante- contra rotación, a partir de las cuales se pudo evidenciar el comportamiento elástico de los muretes, una curva típica es presentada en la Figura 16. Sobre cada una de las curvas obtenidas

se efectuó una regresión lineal tendiente a obtener el módulo de corte y la resistencia a corte última. Un sumario de las propiedades antes mencionadas se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados Obtenidos a Partir del Ensayo Tensión Diagonal

VARIABLE	UNIDAD	MURETE		
		1	2	3
Módulo de Corte	MPa	1,232	0,957	1,133
Resistencia a Corte	MPa	0,168	0,129	0,148

Aunque el espacio muestral usado en la sensibilidad de las variables de compresión diagonal fue mínimo, se realizó un análisis estadístico que permitió obtener los valores promedio de la resistencia a corte ($\tau=0.148$ MPa) y el módulo de corte ($G= 1.107$ MPa).

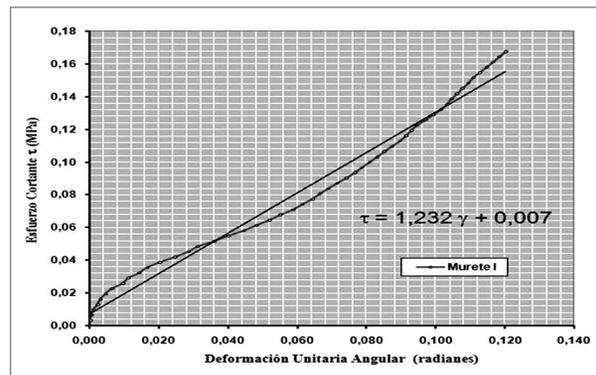


Figura 16. Curva esfuerzo - deformación a cortante de un murete típico

7. Discusión de resultados

Con el fin de contextualizar la importancia de los muretes presentados en esta publicación a continuación se describen las ventajas y desventajas de éstos.

7.1 Ventajas

Entre las ventajas que presentan los muretes desarrollados, se pueden mencionar:

a. A nivel de densidad

Su densidad es el 15% de la densidad de muretes convencionales conformados por unidades de mampostería en arcilla o en concreto, esta condición permite establecer que los muretes propuestos son livianos,

lo cual permitiría generar bajas cargas muertas en las edificaciones de las que estos formen parte.

b. A nivel de propiedades mecánicas

Debido a que los valores asociados a las propiedades de resistencia a compresión y resistencia a corte son bajos respecto a los valores correspondientes a muretes convencionales de arcilla o concreto (7% y 20% respectivamente), se puede inferir que los muretes propuestos son viables como elementos no estructurales o divisorios dada su baja capacidad de carga.

c. A nivel de ductilidad

A partir de los ensayos de laboratorio realizados se evidenciaron características dúctiles de los muretes ante cargas de cortante, esta condición los hace atractivos al nivel de desempeño sísmico, dado el papel que juega ésta variable dentro de éste tipo de desempeño en muretes no estructurales.

7.2 Desventajas

La principal desventaja de los muretes propuestos está asociada a su comportamiento ante intemperie y fuego, debido a que el material que los constituye se puede ver afectado severamente por la exposición directa a estos dos factores.

8. Aplicabilidad del trabajo

Basados en el trabajo experimental que soporta esta publicación, los autores han considerado sugerir el uso de un sistema análogo al de los muretes desarrollados en la construcción de MUROS NO ESTRUCTURALES O PANELES DIVISORIOS interiores en escala 1:1, en ese sentido recomiendan iniciar investigaciones destinadas a definir medidas para la protección del panel contra fuego e intemperie.

9. Conclusiones

- El comportamiento de los muretes ante cargas axiales es dúctil. Debido al bajo valor de resistencia a compresión, no es conveniente usar la técnica constructiva de los muretes desarrollados en muros estructurales cargueros con el fin de prevenir grandes deformaciones verticales y colapsos por deformación excesiva. Los muretes propuestos presentan una resistencia última 1.140 MPa, y un módulo de elasticidad

$E=6.533$ MPa. La falla típica está asociada a la pérdida de su estabilidad geométrica y a esfuerzos de aplastamiento debidos a la traba mecánica semiovoide usada.

- El comportamiento de los muretes ante un sistema de carga análogo al de la carga sísmica es dúctil, condición que favorece su desempeño no estructural. Los muretes propuestos presentan una resistencia última a corte de 0,148 MPa y un módulo de corte $G=1,107$ MPa. Es importante destacar la funcionalidad del refuerzo al igual que el de la traba mecánica como agentes generadores de ductilidad en el murete.
- Los autores recomiendan el uso del sistema constructivo asociado al murete objeto de esta publicación, en la construcción de paneles divisorios o muros no estructurales localizados en lugares donde no tengan posibilidad de estar en contacto con la intemperie. De otro lado motivan a otros investigadores a iniciar trabajos tendientes a difundir medidas para el control de la amenaza de fuego e intemperie.

10. Agradecimientos

Es loable agradecer a los integrantes del grupo de investigación ESTRUCTUNAL adjunto al Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, por su apoyo logístico en el planeamiento, ejecución y producción de los resultados de la investigación soporte de esta publicación.

11. Referencias

- ASTM E 519 – 02 (2002), Standard Method for Diagonal (shear) in Masonry Assemblages.
- ASTM C 1314 – 02a (2002), Standard Test Methods for Compressive Strength of Masonry Prisms.
- Chanchí J.C. y Suarez L.A. (2006), Unidad de Mampostería Fabricada con Cubetas para Huevo, Aserrín y P.V.A (Acetato de Polivinilo). Obtención de Resistencia a Compresión y Módulo de Rotura. Ponencia "Primer Congreso Colombiano de Calidad y Patología de las Construcciones". Octubre, Colombia.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1998), Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98). Volumen I. Colombia.