



EVALUACIÓN DE LA PASTA DE PAPEL PERIÓDICO EN MORTEROS PARA FRISOS EN MUROS DE TIERRA

Víctor Piñero, Angélica Reyes, Jean Carlos Viña

Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero
Santa Ana de Coro-Municipio Miranda- Estado Falcón Venezuela
pinero@cantv.net; victorpinero@gmail.com

Palabras clave: frisos, pasta periódico, tierra

RESUMEN

El trabajo de investigación experimental desarrollado, tiene como principal objetivo evaluar la pasta de papel periódico en el mortero para frisos en muros de tierra, a través de ensayos físicos-mecánicos basados en las normas ASTM. En la mezcla experimental, la pasta de papel periódico sustituye el excremento de animal (burro), el cual, se ha venido utilizando de generación en generación por nuestros artesanos locales. En la bibliografía consultada, no se encontró dosificaciones establecidas para mezclas con el uso de la tierra como principal material de construcción que garanticen durabilidad en el tiempo, como lo existe para mezcla de concreto. Razón por la que la dosificación usada en esta investigación fue determinada partiendo de una dosificación patrón, conocidas de acuerdo a la información recopilada en entrevistas con artesanos de la localidad de la ciudad de Coro, Estado Falcón, Venezuela. Para la elaboración de la pasta de papel periódico, se empleo el método descrito por Fornerino (1998). Se recolecto material (caliche), de Zumurucuaré, Municipio Miranda, y del Hatillo, Municipio Colina, del Estado Falcón, Venezuela. Resultando el suelo del Hatillo adecuado dentro de las curvas límites, siendo este seleccionado para trabajar en nuestra investigación. Para la identificación de ambos suelos, se realizó por el método del SUCS (Sistema Unificado para la Clasificación de Suelos). Para el diseño de la mezcla propuesta en este trabajo de investigación experimental, se efectuó fijando las mezclas de caliche, cal y cemento, variando las cantidades de la pasta de papel, resultando como la mezcla más óptima la de 9:1:4:1/2, que son nueve partes de caliche, una parte de cal, cuatro partes de pasta de papel y media parte de cemento. Demostrando su confiabilidad mediante los ensayos realizados en laboratorio tanto a la resistencia a flexión (3 kgf/cm^2) como compresión (12 kgf/cm^2), pero no muy eficiente en los ensayos de absorción 18% con pasta de papel, contra 12% de estiércol de burro. Por lo que es necesario desarrollar investigaciones donde se pueda aplicar una resina natural o artificial, sobre los frisos elaborados con la mezcla a base de la pasta de papel, ya que es muy susceptible ante la presencia de humedad.

1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA CIUDAD DE SANTA ANA DE CORO COMO PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD

La ciudad de Santa Ana de Coro, fundada en 1527, y su centro histórico, esta constituido por un conjunto urbano de edificaciones construida con tierra cruda, siendo actualmente el mas destacado de Venezuela y uno de las mas representativo de las cuencas caribeñas. Se hacen presente en ella dos de las modalidades mas comunes en cuanto a sistemas constructivos en muros de tierra como son el bahareque y el adobe. Con su trazado urbano y la experiencia constructiva acumulada a largo del siglo XVI, se elige como primera ciudad y capital de la provincia de Venezuela, teniendo una influencia considerable en otras ciudades antiguas del país. Junto a la persistencia del trazado y las técnicas constructivas, en Coro se manifiesta una marcada recurrencia tipológicas en sus edificaciones religiosas y civiles. Se conserva en la ciudad el conjunto de iglesias coloniales mas numerosas del país `presidido por la primera catedral de Venezuela, que fuera sede del primer obispado creado en Sudamérica.

La ciudad de Santa Ana de Coro y su Puerto La Vela situados en los municipios Miranda y Colina del Estado Falcón, Venezuela, fueron declarados por la UNESCO un 9 de diciembre de 1993 (Gasparini, 1994), como Patrimonio Cultural de la humanidad, debido a su valor

histórico desde el punto de vista arquitectónico, en ella tenemos un total de 1.622 edificaciones en tierra cruda de gran valor, construidas entre los siglos XVI, XVII, XVIII, XIX hasta las cuatros primeras décadas del siglo XX, estas fueron construidas aplicando técnicas para muros como: el bahareque, el adobe, la tapia, la piedra y el ladrillo, con techos de tierra(torta) y madera protegidos con tejas, donde el material local tierra, es utilizado al máximo para este tipo de obras. Para el recubrimiento y protección de los muros de cerramientos tanto interior como exterior en los muros de tierra, se aplican varias capas, la primera capa de este recubrimiento es una mezcla constituida por tierra, fibra orgánica y agua, a la que se le denomina pañote, la cual, permite darle nivel al muro ante posibles deformaciones una vez construido el muro, luego continua una segunda capa conformada con otra mezcla de tierra, arena, estiércol seco cernido de burro (fibra orgánica) y cal para el acabado final (friso). La cal actúa como aglomerante y de forma antiséptica para eliminar posibles bacterias u otra contaminación contenidas en el estiércol de burro, el cual, tiene la función de absorber los movimientos diferenciales que presenta la estructura, evitando que se produzcan agrietamientos y desprendimientos del friso en el muro de tierra y finalmente se aplica la capa de pintura(cal y zavila). El estiércol seco del burro es muy escaso en estas zonas urbanas; por lo que es necesario buscar este producto hacia las zonas rurales adyacentes a estas localidades. Además que no hay forma de garantizar, una vez obtenido, que el mismo sea sometido a un proceso de secado más la adición de una lechada de cal, de manera que este quede libre de cualquier contaminación o bacterias que afecten la salud del artesano que hace la mezcla. A todo esto se le añade el excelente comportamiento físico-mecánico y térmico de estos frisos ante los movimientos diferenciales y la radiación solar, bien sea por expansión o retracción de las arcillas presentes en el suelo de la zona, que al entrar en contacto con la humedad producen este fenómeno, influyendo indirectamente en el friso hasta causar agrietamiento y/o desprendimiento del mismo. La utilización del papel periódico como un componente en morteros de tierra y de arena cemento, han venido revolucionando en el campo de la construcción dando como resultados mejoras en muchas de las propiedades físicas de los elementos construidos con este tipo de mezcla. El presente trabajo de investigación evaluó el diseño de una mezcla de tierra con la incorporación de Pasta de papel periódico, en este caso para ser utilizada en revestimiento en muros de tierra en su capa externa, con ciertas características específicas en cuanto a resistencia y durabilidad, partiendo de dosificaciones determinadas en campo por la experiencia de artesanos reconocidos en la Ciudad de Santa Ana de Coro, siendo estas dosificaciones el punto de partida para el diseño de la mezcla experimental.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

- Evaluar la pasta de papel periódico en el mortero para friso en muros de tierra.

Objetivos Específicos

- Determinar las características de la pasta de papel periódico y el suelo a emplear.
- Determinar la dosificación de los materiales que constituyen la mezcla (tierra, cal, cemento y una porción variable de la pasta de papel periódico).
- Estudiar el comportamiento físico-mecánico de los morteros diseñados a través de los ensayos de compresión, flexión, absorción, adherencia y resistencia al agua.

3. RESEÑA HISTÓRICA DEL USO DE LA TIERRA EN LA LOCALIDAD

Nuestros viejos artesanos que trabajan con la tierra, acostumbran a utilizar arcilla, paja conejera, cal hidratada y cagajón (estiércol) de burro, todos los materiales procedentes del mismo lugar donde se ejecutaba la obra. Utilizan procedimientos y técnicas heredadas de generación en generación y logrando calidad y durabilidad en el tiempo. Al momento de extraer la tierra, descubren los 20 primeros centímetros para así desechar la capa vegetal y

hacen un hoyo en el suelo. Una vez picada y desmenuzada la tierra se procede a humedecerla con agua de cal, goma de tuna y zábila. En épocas coloniales usaban guarapos de caña y sangre de ganado vacuno, los materiales después de mezclado se dejaban reposar por el mayor tiempo posible, de esta manera las mezclas adquirirían mayor consistencia, durabilidad y calidad. Una vez amasado (pisoteado) el barro se le añade la cantidad de agua y fibra vegetal y se mezcla hasta homogenizarla. Luego se deja en reposo de 2 a 3 días, al cumplir los tres días se siente un olor fétido por la descomposición del barro y la paja, lo que indicaba que la mezcla estaba en su punto, es decir, con una excelente consistencia óptima para emplearla en los recubrimientos (pañote).

Dosificación de mezcla de tierra con estiércol de burro usado por los artesanos

- 3 sacos de estiércol seco tamizado por el N° 8
- 3 caretilas de tierra tamizado por el N° 10
- 3 sacos de cal de 20 kg.

Se prepara una mezcla húmeda con todos los materiales y se deja madurar la mezcla por tres días.

Preparación de la mezcla

La preparación de la mezcla para el revestimiento, es una de las operaciones más importantes. Las diferencias entre las texturas y las densidades de los materiales a mezclar (por un lado un barro pesado y pegajoso y por otro lado fibras livianas e inconsistencia) vuelven la operación de amasado difícil de llevar a cabo correctamente. Esta heterogeneidad de materiales induce a menudo al aumentar la cantidad de agua y del barro para facilitar su manipulación. Al secado o desprendimiento del revestimiento del muro. Estos defectos no son siempre visibles al inicio, pero van a afectar la durabilidad de la construcción; por ello es necesario prestar mayor atención a la proporción de agua y la homogeneidad de la mezcla.

Proceso de decantación de la mezcla

Una vez realizada la amasadura homogénea de los materiales que conforman la mezcla, se procede a dejarla por lo menos 48 horas en proceso de decantación. Este proceso consiste, en dejar "dormir" la mezcla con el fin de que los materiales que lo conforman adquieran mejores propiedades de adherencia entre si para obtener de esta manera una masa pastosa y plástica. A medida que los materiales mezclados lo dejemos dormir por más tiempo la mezcla adquiere mayores propiedades de consistencia y adherencia.

4. SELECCIÓN DEL MATERIAL EMPLEADO

Recolección de muestras

Se recolecto material, de dos sitios de préstamo, en Zumurucuaré ubicado al Sur de la Ciudad de Coro; Municipio Miranda y de Hatillo ubicado en el Municipio Colina. El estiércol de burro se recogió de los alrededores de la Vela de Coro, Municipio Colina y las hojas de papel periódico se recolecto de periódicos de desecho. La cal hidratada y el cemento fueron de procedencia comercial. De acuerdo con los ensayos obtenidos en los ensayos preliminares (granulometría y límites), fue seleccionado el material del Hatillo, por sus características granulométricas, que lo definen como un excelente material para la ejecución de trabajos con tierra, de manera que no fue necesario el empleo de arena en nuestra mezcla experimental.

Elaboración de la pasta de papel

Para la elaboración de la pasta de papel se empleo el siguiente método por vía húmeda:

- Se cortaron hojas de papel periódico a pequeñas tiras y se colocaron en remojo (figuras 1 y 2).



Figura 1 – Corte en pequeñas tiras



Figura 2 – Colocación del papel en agua

- El papel periódico permanece en agua durante un lapso de tres días (72 horas), de manera que el agua pueda saturar en un 100% el papel y así permitir el desalojo de la tinta con mayor facilidad.
- Para eliminar la mayor cantidad de tinta posible, fue necesario cambiar el agua de remojo cada 24 horas y desmenuzar aun mas los trozos de papel manualmente con la ayuda de un listón de madera batiéndola vigorosamente.
- Una vez retirada la tinta, se elimina el agua en exceso exprimiéndola manualmente y con ayuda de una malla metálica, luego se somete a un escurrimiento para finalmente exponerlo al sol durante 24 a 48 horas, como se muestra en la figura 3.



Figura 3 – Pasta seca

- Las fibras de papel ya secadas se toma en partes volumétricas necesarias según la dosificación requerida para elaboración de mezclas.
- Al papel seco se agrego el agua de mezclado, para ello se utilizo una batidora. De esta manera se obtuvo la pasta de papel humeda con una consistencia apropiada para ser mezclada con el resto de los materiales que compone la mezcla propuesta.

5. ELABORACIÓN DE LA MEZCLA TRADICIONAL Y EXPERIMENTAL

Mezcla tradicional

Basándose en las dosificaciones para frisos de tierra que manejan los artesanos con muchos años de experiencia se llego a una dosificación patrón 9:1:5:1/2 es decir, nueve partes de tierra, una de cal, cinco de fibra (estiércol de burro) y media de cemento.

Tabla 1 – Dosificación empleada

Mezcla	Caliche	Cal	Estiércol de burro	Cemento
Tradicional	9	1	5	1/2

Mezclas experimentales

Partiendo de la dosificación de la mezcla tradicional, se dosificaron mezclas experimentales donde el elemento innovador es la pasta de papel utilizado como fibra. Se confecciono una serie de mezclas de tierra con diferentes proporciones de pasta de papel en cantidades por debajo y por encima de cinco partes, es decir con 3, 4, 5, 6, 7 partes y sometidas a ensayos para establecer la proporción mas adecuadas de pasta de papel.

Tabla 2 – Dosificaciones de las mezclas experimentales (con pasta de papel)

Mezcla	Caliche	Cal	Pasta de papel	Cemento
A	9	1	3	1/2
B	9	1	4	1/2
B	9	1	5	1/2
D	9	1	6	1/2
E	9	1	7	1/2

Preparación y amasado de las mezclas

La forma y el orden de la preparación de las mezclas, depende de las diferentes texturas que tienen los materiales que la constituyen. Para la mezcla tradicional se realizo de la siguiente manera:

- En primer lugar se tamizaron los materiales, la tierra se hizo pasar por el tamiz #4 y el estiércol de burro, una vez secado al sol, se trituro y se tamizo por el tamiz #8 (figuras 4 y 5).



Figura 4 – Estiércol seco de burro.



Figura 5 – Triturado y tamizado del estiércol

- Se mezcla en seco las partes de tierra, cal y estiércol de burro. Luego se añade agua de forma controlada, mezclando hasta obtener una mezcla homogénea y consistente (figuras 6 y 7).



Figura 6 – Mezclado en seco



Figura 7 – Mortero con estiércol

- En ambas mezclas se utilizo el procedimiento manual, este se debe realizar aplicando suficiente fuerza al mezclado y así lograr excelente unión entre los materiales, siguiendo el orden ante descritos. Luego de cumplir el proceso de maduración, se repite el procedimiento de mezclado para la adición de cemento conjuntamente con la proporción de agua necesaria hasta lograr mezclas con humedad optima.

- Las mezclas experimentales necesitan mas agua en comparación con la mezcla tradicional, debido a que el papel absorbe una mayor cantidad de agua para saturarse.

Proceso de maduración de la mezcla tradicional y la mezcla experimental

Una vez mezclado los diferentes materiales y logrando suficiente cohesión y plasticidad entre ellos se dejo reposar por tres días (72 horas) cubierto con bolsas plásticas evitando la evaporación del agua de mezclado. Este proceso también denominado maduración tiene la finalidad de que los materiales desarrollen al máximo sus propiedades adquiera mayor adherencia entre si para obtener una mezcla con olor fétido, para finalmente añadir el cemento en proporciones adecuadas. De esta manera el mezclado estará listo para ser usada en los revestimiento de los muros de tierra.

Elaboración de las briquetas de pruebas

Para la comprobación de la resistencia al esfuerzo de compresión de las mezclas, tanto, las tradicionales como las experimentales se elaboro tres briquetas en forma de cubos con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 5 cm para cada mezcla. Para el ensayo de flexión se construyó briquetas rectangulares de 12 cm x 20 cm x 5 cm para cada mezcla.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayo de flexión – compresión de las mezclas que contienen pasta de papel periódico, fueron seleccionadas las muestras que arrojaron mayor resistencia, para someterlas a los ensayo de absorción, permeabilidad y adherencia, conjuntamente con la mezcla que contiene estiércol de burro.

6. ENSAYOS Y RESULTADOS

Ensayo de límites de consistencia

El suelo del Hatillo, obtuvo un índice de plasticidad de 3.98 %, limite plástico de 15.2% y limite liquido de 19.17% y un porcentaje de humedad de 6.8%. Su granulometría resulto de la siguiente manera: el pasante al tamiz # 4, es mayor al 50% de la fracción gruesa lo que indica de que es un suelo grueso se verifico su granulometría, obteniéndose un 34% de arena, 21% de grava y 45% de finos, resultando mas arena que grava. Al llevar los valores de los límites de consistencia a la grafica de plasticidad, empleando el método de SUCS, lo identifica como un suelo arenoso con presencia de limos de baja plasticidad, es decir, una arena-limosa de baja plasticidad.

Mientras que el suelo de Zumurucuaré, obtuvo un índice de plasticidad de 5,8%, limite liquido de 23,0%, limite plástico de 17,2% y un porcentaje de humedad de 4,8%, su granulometría resulto de la siguiente manera: el pasante al tamiz # 4, es mayor al 50% de la fracción gruesa lo que indica de que es un suelo grueso se verifico su granulometría, obteniéndose un 21% de arena, 45% de grava y 33% de finos, pero con la gran diferencia de que al llevar los datos de los limites de consistencia al grafico de plasticidad, este queda sobre la línea "A" con un índice de plasticidad entre 4% y 7%, el cual lo identifica como un suelo de simbología doble, una arena con contenido de arcillas y limos de baja plasticidad, es decir, una arena limo-arcillosa de baja plasticidad.

Este resultado indica de que el suelo apropiado para el diseño de la mezcla experimental es el procedente del Hatillo, ya que presenta una mezcla bien definida de arena con finos, predominando el componente arena, el cual brinda altas resistencias mecánicas al suelo y a su vez disminuyen la contracción de las arcillas por desecación, dichas propiedades son excelentes para trabajos de tierra. Para el limite de contracción, también se constato que el material que presenta mejor características físicas es el suelo del Hatillo, ya que obtuvo un porcentaje de contracción de 11,5%, mientras que el suelo de Zumurucuaré presento un 19,4%, lo que indica que tiene mucha presencia de finos (arcillas, limos), que provocan el encogimiento del material al secarse, lo cual, es dañino para los morteros de tierra. Razón por el cual el suelo de Zumurucuaré se descarto para este trabajo de investigación. De acuerdo a las características granulométricas, dadas por el suelo del Hatillo, se decidió no utilizar arena en las mezclas diseñadas.

Ensayo de compresión

Una vez realizadas las mezclas con diferentes dosificaciones, se elaboraron tres briquetas en forma de cubos con dimensiones de 5 cm de lado. Estas fueron expuestas a un proceso de secado a temperatura ambiente, para luego ser sometidas a los ensayos de compresión simple en diferentes edades a los 7, 14 y 28 días. Obteniéndose los siguientes resultados en la mezcla tradicional y en la mezcla experimental, como se indica en las tablas de resultados (tablas 3, 4 y 5 y figura 8).

Tabla 3

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:5:1/2	7	12.00
	14	8.00
	28	8.00

Tabla 4

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:4:1/2	7	10.00
	14	10.00
	28	12.00

Tabla 5

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:6:1/2	7	8
	14	9.33
	28	9.33



Figura 8 – Ensayo de compresión

Ensayo de flexión

Para el ensayo de flexión, se diseñaron briquetas de 20 cm x 12 cm x 5 cm, para cada dosificación en las mezclas experimentales y la mezcla tradicional. A continuación las tablas 6, 7 y 8 con resultados y edades de la realización del ensayo a flexión.

Tabla 6

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:5:1/2	7	4.39
	14	4.57
	28	4.89

Tabla 7

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:4:1/2	7	3.53
	14	4.17
	28	4.23

Tabla 8

Diseño	Días	Esfuerzo (kgf/cm ²)
9:1:6:1/2	7	3.64
	14	4.16
	28	4.40



Figura 9 – Ensayo de flexión

Ensayo de adherencia

A través de este ensayo descrito en el tomo de Orus Asso cap. IV Materiales de Construcción (1985), se mide la capacidad que tiene un mortero de adherirse a otra superficie. En nuestro caso se evaluó la adherencia que tiene la mezcla de papel a la superficie de salpicado y compararla con la adherencia que puede tener la mezcla con estiércol de burro en la misma superficie de salpicado, se realizó de la siguiente manera:

- Se elaboraron briquetas en forma de cubos con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 5 cm, de la mezcla recomendada para usarla como salpicado antes de la colocación del friso, con una dosificación de 3:1:1/2, tres partes de arena, una parte de cal y media parte de cemento. Una vez secadas estas briquetas se hicieron estrías para simular una superficie áspera que brindara una mejor adherencia a la mezcla a ensayar.
- Se adosaron tres briquetas mediante una junta de 1 cm de espesor con las mezclas, tanto la del estiércol de burro como la que contiene cuatro y seis partes de papel periódico.
- A los siete días se midió la adherencia y luego se determinó la resistencia a la adherencia (R_{ad}) aplicando la siguiente fórmula, ($R_{ad} = P/2A$), donde P es la carga de rotura en kgf y A es el área de contacto del mortero con las dos briquetas adyacentes en cm^2 . Para efectos de este ensayo se dejó sobresaliente a la briketa central de 5 cm, donde se aplica la carga, 2 cm, por lo tanto el área de adherencia que se tomó como efectiva fue de 3,5 cm x 5 cm (x2), resultando con mayor adherencia la mezcla que contiene papel periódico, la cual obtuvo una resistencia que duplica la arrojada por la mezcla de estiércol de burro. Como se observa en la tabla 9 de resultados (figura 10).

Tabla 9

Mezcla con cinco partes de excremento de burro			
Briketa	Área (cm^2)	Carga (kgf)	Rad (kgf/ cm^2)
1	17.5	50	1.43
2	17.5	50	1.43
3	17.5	50	1.43
Mezcla con cuatro partes de papel			
1	17.5	100	2.86
2	17.5	100	2.86
3	17.5	100	2.86
Mezcla con seis partes de papel			
1	17.5	100	2.86
2	17.5	100	2.86
3	17.5	100	2.86



Figura 10 – Ensayo de adherencia

Ensayo de erosión

Consiste en tomar la mezcla seleccionada y elaborar una briqueta en forma de baldosa, dejándole caer desde una altura de 2,5 m, una gota por segundo durante un periodo de tres horas. Si no perfora la baldosa, la mezcla seleccionada es resistente, dando como resultando que la mezcla que contiene estiércol de burro produjo una erosión de 0,59 mm, mientras que la mezcla de cuatro y seis partes de papel, se noto una leve erosión de aproximadamente 0,01 mm (figuras 11 y 12).



Figura 11 – Erosión con mezcla de estiércol



Figura 12 – Leve erosión con mezcla de papel

Ensayo de absorción

Para el ensayo de absorción, se elaboraron tres briquetas de cada mezcla, las cuales, se colocaron sobre un colchón de arena totalmente saturado de agua, para obtener el porcentaje de absorción. Al pasar cinco minutos, las mezclas con papel obtuvieron una altura de humedad de 2,5 cm y la que contiene excremento de burro alcanzo 0,5 cm y al pasar los veinte minutos ambas muestras alcanzaron su máxima altura 5 cm (tabla 10 y figuras 13 y 14).

Tabla 10 – Resultado de absorción

Mezclas con cinco partes de excremento de burro					
Horas	1:00	1:30	3:00	4:00	4:30
% Abs	7.91	9.37	11.15	12.07	12.07
Mezclas con cuatro partes de pasta de papel					
Horas	1:00	1:30	3:00	4:00	4:30
%Abs	17.66	17.72	17.72	17.87	17.87
Mezclas con seis partes de pasta de papel					
Horas	1:00	1:30	3:00	4:00	4:30
% Abs	19.55	20.11	20.31	20.31	20.31



Figura 13 – Mezcla de papel



Figura 14 – Mezcla de estiércol

7. ANÁLISIS DE RESULTADO

7.1 Ensayos mecánicos

Ensayo de compresión simple

En este ensayo las mezclas experimentales, tuvieron un excelente comportamiento resultando de mayor o igual resistencia que la mezcla tradicional, donde las mezclas que arrojaron mejores resultados fueron las de 9:1:4:1/2, es decir, nueve partes de caliche, una parte de cal, cuatro partes de papel y media parte de cemento. Y la de 9:1:6:1/2, igual que la anterior pero con seis partes de papel.

Además, durante la ejecución de este ensayo se observaron características favorables en el comportamiento físico de las mezclas que contienen papel, donde le dan propiedades ventajosas al revestimiento en muros de tierra. Características como:

En el momento de la rotura las briquetas presentan una falla dúctil de tal manera que no se fracturan; al dejar de aplicar la carga, estas tienden a volver a su altura inicial. Además las mismas obtuvieron menor peso en comparación con la mezcla tradicional. Tales observaciones, indican que los frisos realizados con esta mezcla se puede amoldar a los movimientos diferenciales que realice el muro, sin fracturar y desprender los frisos, siendo esta la principal causa del deterioro en los revestimientos en las edificaciones de tierra en la localidad.

Ensayo de flexión

En este ensayo las resistencias dadas en las mezclas de papel, resultaron con valores por debajo e igual que la mezcla tradicional. Se comprobó que mientras mas cantidad de papel, menor era la resistencia a flexión. Al momento del ensayo se observo que las briquetas fracturaban formando una línea de 45° con respecto a la horizontal, según las normas para mezclas de concretos, este tipo de fractura indica que la mezcla tiene aire atrapado, siendo esto perjudicial para los elementos de concretos, en nuestro caso no, porque nuestra mezcla esta destinada para revestimiento y el aire que tenga en su masa son menos pesados los frisos, evitando su desprendimiento provocado por exceso del propio peso. Las mezclas que arrojaron mejores resultados fueron las que contenían cuatro y seis parte de papel.

7.2 Ensayos físicos

Se decidió someter ambas mezclas, la tradicional y la experimental, a los ensayos físicos como: adherencia, erosión y absorción, resultando lo siguiente:

Adherencia

Resultando con una mayor adherencia la mezcla que contiene 6 y 4 partes de papel, la cual, obtuvo una resistencia que duplica la resistencia dada por la mezcla con estiércol de burro. El ensayo según la norma ASTM C-952. Los resultados obtenidos en las mezclas experimentales cumplen la especificaciones del código Colombiano de Estructuras Sismorresistente en el capítulo D, párrafo D.43.2.5, con esfuerzo admisibles en tensión perpendicular a las juntas horizontales. Para morteros M o S, el esfuerzo permisible es de 2,7 kgf/cm² y para morteros del tipo N, de 1,9 kgf/cm².

Nota:

Morteros M: de gran calidad

Morteros S: de media – alta calidad

Morteros N: de media calidad.

Tomando como referencia los parámetros de adherencia de las normas ASTM C – 952, referidos a morteros de arena–cemento, se puede considerar como de gran calidad la adherencia que tiene las mezclas que contiene papel ya que el resultado obtenido fue de 2,86 kgf/cm². La adherencia de la mezcla que contiene excremento de burro se considera como de mediana calidad ya que el resultado obtenido fue de 1,43 kgf/cm². Es de resaltar que una mayor adherencia para un mortero de tierra, se alcanzará mediante la calidad de los materiales de la mezcla, la rugosidad y porosidad de la superficie de contacto como también de la decantación o maduración de la mezcla por un tiempo mas prolongado.

Erosión

En la mezcla experimental el resultado obtenido en la que contiene estiércol de burro, se produjo una erosión de 0,59 mm., mientras que la mezcla de cuatro y seis partes de papel, se noto una leve erosión de aproximadamente 0,01 mm, lo que indica que el mortero de papel obtuvo una mayor resistencia al agua en comparación con la mezcla tradicional. Sin embargo se observo que la mezcla experimental es muy permeable debido a que la humedad se distribuyo en toda la sección permaneciendo dentro de ella. Mientras que la mezcla tradicional, no permitió que el agua se distribuyera o penetrara completamente a la sección de la muestra. Por lo que resulto ser menos permeable.

Absorción

En este ensayo la mezcla de papel absorbe mayor humedad y con mayor rapidez ya que tan solo se requiere de una hora para saturar mientras que la mezcla con cuatro partes de papel obtuvo un 17,87% y la de seis partes un 20,51%, por otra parte la mezcla que contiene estiércol de burro aunque absorbió menos agua 12,07 %, necesito de cuatro horas para su saturación. Una vez obtenidos estos resultados, se tomo la mezcla de 9:1:4:1/2. Es necesario el uso de algún impermeabilizante, bien sea al momento de hacer la mezcla o una vez secada la mezcla.

8. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una mezcla de mayor resistencia mecánica, resistente al agua y con excelente adherencia, pero con la particularidad que absorbe mucha agua. La mezcla con cuatro partes de papel alcanzo un 17,87% de absorción, esta fue la que menos humedad absorbió, por tal razón, fue seleccionada como mezcla apropiada, mientras que la mezcla que contiene estiércol de burro obtuvo un 12.07%.
- Con la incorporación de la pasta de papel periódico en la mezcla, se obtienen frisos livianos, de menor peso que la de estiércol de burro.
- Al someter la muestra de las mezcla a los ensayos de compresión, esta se comporta en forma ductil, lo que indica que los frisos elaborados a base de esta mezcla experimental, se amolda a los movimientos diferenciales que realice el muro de tierra, provocado por la expansión o retracción de las arcillas expansivas de la localidad o por las vibraciones que genera la circulación de vehículos u otros factores.
- Se determino que la mezcla propuesta para realizarla en campo sería de la siguiente manera: 3 carretillas de caliche. 1 saco de 20 kg de cal, 4 cuñetes de 18 l de papel y ¼ de saco de cemento.
- La evaluación mediante los ensayos mecánicos de flexión–compresión, se demuestra que la incorporación de papel en las mezcla en estudio incrementa notablemente la resistencia, siendo estas mayores que las obtenidas en las mezclas que contienen estiércol de burro.

- Una vez elaboradas las mezclas, tanto la experimental como la tradicional, se concluye, que la mezcla de papel en estado fresco, adquiere mas volumen y por consiguiente mas rendimiento que la mezcla de estiércol de burro.
- Es necesario desarrollar investigaciones donde se pueda aplicar una resina natural o artificial, sobre los frisos elaborados con la mezcla a base de la pasta de papel, ya que es muy susceptible ante la presencia de humedad.
- Se recomienda realizar ensayos a edades de 90 a 120 dias.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM C-952-91. Ensayo adherencia "Metodo de ensayo de resistencia de adhesión de morteros a unidades de mampostería".

Código Colombiano para estructuras Sismorresistente.

GASPARINI, Graziano(1994). *Coro Patrimonio Mundial*. Caracas: Armitano.

FORNERINO, Luis (1988). *Papel periódico en mezclas de mortero*. Trabajo de investigación. Coro: IUTAG.

ORUS, Felix (1985). *Materiales de Construcción*. Madrid: Dossat.

AUTORES

Victor Piñero, Msc. Ingeniero Civil, docente investigador universitario, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero, Coro-Estado Falcón Venezuela, desarrollo de investigaciones en vivienda de tierra, participante en numerosos eventos internacionales, nacionales y regionales vinculado a la vivienda de tierra, experiencias en proyectos comunitarios utilizando la tierra como material base para la vivienda.

Angélica Reyes, Técnico Superior Universitario en Construcción Civil

Jean Carlos Viña, Técnico Superior Universitario en Construcción Civil