

**DESEMPEÑO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS  
DE SISAL PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELES EXTERIORES**

Sosa, Milena / Águila, Idalberto / Centeno, Yuraima  
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura  
y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas  
pimifaster@gmail.com / idalbertoaguila@gmail.com

**1.- LAS FIBRAS DE SISAL PARA LA PRODUCCION DE MATERIALES DE FIBRO-  
CEMENTO.**

Las fibras del sisal se extraen de la planta del género *Agava* siendo la más común la *Sisalana*, planta originaria de Yucatán (México). Son comúnmente usadas para el tejido de telas para muy diferentes usos, sin embargo, el empleo creciente de tejidos sintéticos a más bajos costos genera la necesidad de evaluar su empleo para otros usos no tradicionales entre ellos para la producción de fibrocemento. De la planta de sisal solamente el 4 % de la fibra es utilizable, un 85 % es agua y el resto son desperdicios de pulpa y fibrillas. Durante la vida de una planta se producen entre 5 y 7 kilogramos de fibra QUIÑONEZ (F.S.) (1.989). Citado por: DE OTEIZA SAN PEDRO (I.). p.108).

De su composición química de la fibra de Sisal permite destacar que alrededor de 78 % de la fibra está compuesto por celulosa. Así como se mencionó, éste componente es el responsable de la degradación de la fibra cuando es utilizada en un medio alcalino como el cemento.

**2.- DESARROLLO EXPERIMENTAL**

Con el objeto de determinar la mezcla ideal (relación cemento/fibras) así como el largo ideal de las fibras para la producción de paneles exteriores de fibrocemento se diseñó un plan de experimentación, de los materiales, elaboración de moldes y así como los ensayos requeridos realizados bajo nuestra solicitud por el Instituto Venezolano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales (INVESTI). El programa experimental de ensayos fueron realizados contempla los siguientes puntos:

- Caracterización de los materiales: Corresponde a la determinación de las características de todos los materiales que se utilizan en la elaboración de las probetas a ser sometidas a ensayos de laboratorio: cemento, agregados, fibras.
- Ensayos de mortero reforzado con fibras: resistencia a flexión y a compresión correspondiente a los 28 días.
- Caracterización de los materiales.
- Los materiales utilizados en la elaboración de las probetas fueron: cemento,
- arena natural, agua de chorro y fibras de sisal.
- Cemento: cemento Portland tipo I según norma COVENIN 28 (ASTM C150).
- Arena natural: los agregados comerciales son analizados granulométricamente en sus condiciones iniciales según norma COVENIN 277.

### **2.1.- Diseño de la mezcla y vaciado de probetas**

Se elabora un plan de trabajo para la preparación de las probetas y ejecución de los ensayos para edades del concreto a los 28 días, esto permite evaluar las propiedades elásticas y mecánicas del mortero reforzado con fibras, entre las cuales son: trabajabilidad basada en el asentamiento, peso unitario del concreto fresco, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad.

Posteriormente se realizaron 10 mezclas (1 mezcla patrón y 9 mezclas con fibra), de cada una de las mezclas se elaboraron tres (3) muestras con las siguientes características: vigas de 10cm x 40cm x 10 cm y 2 cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

La dosificación del mortero originalmente planteada para realizar la experimentación fue de una relación agua/cemento 0,50 y cemento/arena 1:4 = 0,25. La densidad arrojada de la fibra de Sisal fue de 1,45 g. /cm<sup>3</sup> = 1450 Kg. /m<sup>3</sup> y el porcentaje de la misma en el mortero se calcularía de la siguiente forma % de fibra en el mortero = m<sup>3</sup> de fibra x 100/ m<sup>3</sup> de mortero. Partiendo de lo anteriormente expuesto, se confeccionaron las mezclas con las siguientes longitudes y porcentajes de fibra expuestas en el cuadro No 1

<i>Muestra</i>	<i>Long de la fibra (cm.)</i>	<i>% Fibra de Sisal</i>
P-1	0	0
P-2	0	0
M-1	5	0,5
M-2	5	0,75
M-3	5	1
M-4	7,5	0,5
M-5	7,5	0,75
M-6	7,5	1
M-7	10	0,5
M-8	10	0,75
M-9	10	1

CUADRO No 1. RESUMEN DE LAS MEZCLAS  
C.F.: Elaboración Propia, con base en ensayos realizados por INVESTI (2009)

Sin embargo al elaborar las primeras mezclas denominadas M1 y M2 se pudo observar que al utilizar el mortero con la relación Agua/Cemento = 0,55 la trabajabilidad de la mezcla era baja, motivo por el cual se aumentó la relación Agua/Cemento a 0,6 para todas las mezclas restantes. La mezcla patrón denominada (P) no poseía fibras y el mortero era con una relación agua/cemento de a/c de 0,6. En el cuadro numero No 2 se reportan los datos correspondientes al diseño de las mezclas:

<i>Muestra</i>	<i>Arena</i> <i>(Kg.)</i>	<i>Cemento</i> <i>(Kg.)</i>	<i>Agua</i> <i>(Kg.)</i>	<i>Agua/</i> <i>Cemento</i>	<i>Cemento/</i> <i>Arena</i>	<i>% Fibra de</i> <i>Sisal</i>	<i>Longitud</i> <i>de Fibra</i>
P	46,8	11,8	7,1	0,6	0,25	0	0
M-1	39	9,8	4,9	0,55	0,25	0,5	5
M-2	39	9,8	5,4	0,55	0,25	0,75	5
M-3	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	5
M-4	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,5	7,5
M-5	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,75	7,5
M-6	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	7,5
M-7	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,5	1
M-8	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,75	1
M-9	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	1

Cuadro No. 2. Diseño de Mezclas  
C.F.: Elaboración Propia con base en ensayos realizados por INVESTI (2009)

El mezclado y preparación del mortero correspondiente a una misma mezcla se realiza en una sola batida para evitar incorporar variables o condicionantes adicionales relacionadas con la manipulación y dosificación de los materiales, preparación y vaciado de la mezcla. De acuerdo a la siguiente secuencia y tiempo del proceso de mezclado:

1. Incorporación en la mezcladora del 30% del agua a fin de humedecer las paredes, paletas y fondo de la misma.
2. Incorporación del agregado fino y mezcla durante un minuto.
3. Incorporación del 30% del agua y mezclado durante un minuto para permitir la absorción del agua por parte de la arena.
4. Incorporación del cemento.
5. Incorporación del resto del agua y mezclado durante un minuto.
6. Incorporación de las fibras y mezclado durante tres minutos.
7. Descanso durante tres minutos y nuevamente es mezclado durante tres minutos.
8. Medición de la trabajabilidad de la mezcla. Para algunas de las mezclas, previo a la incorporación de las fibras, también se mide el asentamiento para evaluar la diferencia en la trabajabilidad.
9. Vaciado de la mezcla en las probetas. El vaciado de las viguetas se realiza por capas con vibrado manual.

Las probetas son guardadas en sus moldes por 24 horas, posteriormente desmoldadas y curadas manteniendo un 100 % de humedad relativa y a temperatura de 23 °C durante 27 días.

### **2.1.1.- Ensayos de Mortero Fresco**

Una vez concluido el procedimiento de mezclado se procede a determinar el asentamiento de cada mezcla por medio del Cono de Abrahms, tal como lo expresa COVENIN 336. Luego de concluida la prueba se pudo observar que las mezclas de mortero reflejan una pérdida de asentamiento cuando se agregan las fibras, es decir al aumentar el volumen de fibra añadido al mortero disminuye el asentamiento del mismo.

De igual manera se pudo observar que el mortero fresco reforzado con fibras no presenta sangrado de superficie y no se observa segregación alguna en la mezcla. Los resultados obtenidos en esta prueba se resumen cuadro No 3

<i>Muestra</i>	<i>Arena (Kg.)</i>	<i>Cemento (Kg.)</i>	<i>Agua (Kg.)</i>	<i>Agua/ Cemento</i>	<i>Cemento/ Arena</i>	<i>% Fibra de Sisal</i>	<i>Longitud de Fibra</i>	<i>Asentamiento (Pulgadas)</i>
<b>P</b>	46,8	11,8	7,1	0,6	0,25	0	0	3 ½
<b>M-1</b>	39	9,8	4,9	0,55	0,25	0,5	5	1 ¼
<b>M-2</b>	39	9,8	5,4	0,55	0,25	0,75	5	½
<b>M-3</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	5	2 ¾
<b>M-4</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,5	7,5	5 ¾
<b>M-5</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,75	7,5	2 ¾
<b>M-6</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	7,5	1 ¾
<b>M-7</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,5	1	2 ¾
<b>M-8</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	0,75	1	2 ¾
<b>M-9</b>	39	9,8	5,9	0,6	0,25	1	1	2 ¾

CUADRO NO 3. ASENTAMIENTO EN LAS MEZCLAS

C.F.: Elaboración Propia, con base en ensayos realizados por INVESTI (2009)

### 2.1.2.- Ensayos del Mortero endurecido

En la ejecución del programa experimental se obtienen datos, medidas e información pertinente a las probetas y a los resultados de los ensayos, para el posterior análisis y evaluación del comportamiento del material en estudio. Los ensayos realizados para determinar las propiedades mecánicas del mortero reforzado con fibras son:

1. Resistencia a flexión.
2. Resistencia a compresión en cilindros estándar.
3. Resistencia a compresión en probetas cúbicas tomadas de viguetas.

### 2.1.3.- Ensayos de resistencia a la flexión

El ensayo de flexión aplicado a las muestras de ensayo tiene por objeto establecer los resistencia a la flexión de las muestras cuando están bajo un continuo cambio de propiedades, de esta manera, los factores que influyen, tales como: longitud de la fibra, relación agua / cemento, y fibra / matriz, adherencia y otros factores inherentes al compuesto probablemente se detectarán. En los ensayos para la determinación de la resistencia a flexión del mortero

aplicando carga en el tercio medio (según norma ASTM C 78-84), se utilizan probetas prismáticas con dimensiones de 100 x 100 x 400 mm (4 x 4 x 15,5 pulg.). Para cada uno de los ensayos realizados se cumplen las siguientes condiciones:

1. La distancia entre los apoyos y puntos de aplicación de la carga permanece constante.
2. La aplicación de carga se realiza perpendicularmente a la cara de la vigueta para evitar excentricidades.
3. La carga se transmite a la vigueta a través de barras lisas ubicadas transversalmente.
4. La superficie lisa de los puntos de apoyo de la vigueta garantiza que la dirección de las reacciones sea paralela a la de la carga.
5. La aplicación de la carga se realiza de manera controlada y gradual, sobrepasando la carga de rotura.
6. Se realizan las mediciones de cargas aplicadas y su correspondiente deflexión en el punto medio de la vigueta, destacando la carga de rotura.

En este ensayo para determinar las características geométricas de las probetas, se toman tres medidas una en cada extremo y una en el centro, estableciendo así el ancho, alto y largo promedio de cada una. Los ensayos son realizados a los 28 días, luego de confeccionar las muestras, realizándose un total de 30 ensayos experimentales obtenidos para cada una de las mezclas. Los resultados obtenidos, fueron vaciados en los siguientes cuadros y gráficos para su mejor interpretación.

<i>Muestras</i>	<i>Rf (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Deflexión (mm)</i>
P	10	2,29
M-1	11	1,51
M-2	11	1,54
M-3	8	1,3
M-4	9	1,45
M-5	9	1,94
M-6	9	1,72
M-7	10	1,48
M-8	10	2,07
M-9	9	1,9

CUADRO No. 4. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y DEFLEXIONES MÁXIMAS EN LAS DIFERENTES MUESTRAS ELABORADAS

C.F.: Elaboración Propia, con base en ensayos realizados por INVESTI (2009)

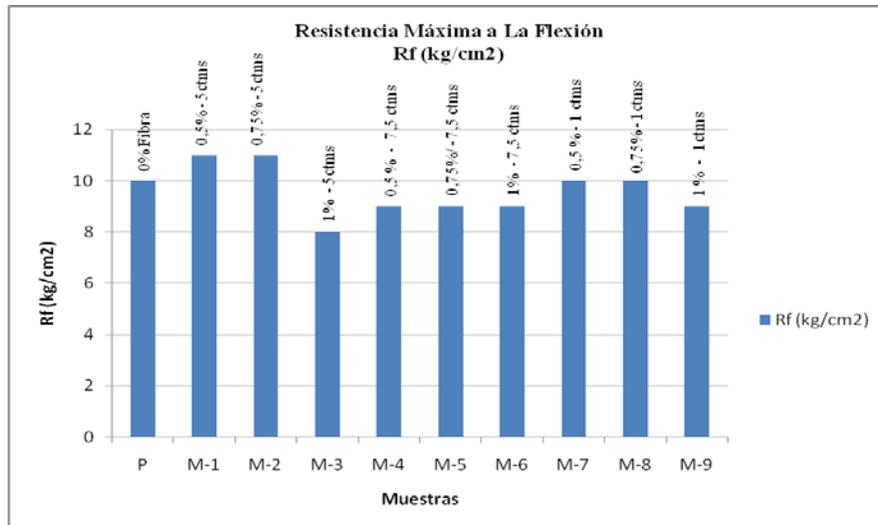


GRÁFICO NO 1. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y DEFLEXIONES MÁXIMAS

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

Al ensayar a la flexión de probetas prismáticas de mortero simple, estas se comportan de forma elástica demostrándose un esfuerzo-deformación mas o menos lineal y un fallo brusco o frágil al alcanzarse la carga ultima o de rotura. Por su parte, al colocar fibra en el mortero se mantiene el comportamiento elástico con deformaciones proporcionales a los esfuerzos, sin embargo al alcanzarse la carga de rotura no se produce un fallo frágil, sino que se comporta de forma plástica experimentando importantes deformaciones antes de llegar al fallo final.

### 2.1.3.1.- Ensayos de resistencia a compresión de cilindros estándar

Con la finalidad de obtener información adicional acerca de los cambios ocurridos en el mortero reforzado con fibras de sisal se hicieron prueba de compresión en las mismas muestras ya probada en cuanto a la flexión. Para la determinación de la resistencia a compresión del mortero se utilizaron cilindros estándar de diámetro 15cm y altura 30cm, de acuerdo a las siguientes condiciones:

1. Se aplica un mortero nivelador para asegurar la perpendicularidad de la carga
2. La aplicación de carga se realiza perpendicularmente a la cara del cubo para evitar excentricidades.
3. La aplicación de la carga se realiza de manera controlada y gradual hasta llegar a la falla, registrando solamente la medición de la carga máxima.

4. Los ensayos fueron realizados a los 28 días
5. Para esta prueba se obtuvo un total de veinticinco (25) cilindros.

Los siguientes cuadros y gráficos demuestran el comportamiento de las probetas a las distintas pruebas que fueron sometidas.

<b>Promedio Resistencia Compresión 28 días</b>				
<b>MEZCLA</b>	Fibra Largo	% FIBRA	Cilindros	cabeza viga
<b>P</b>	0	0	163	167
<b>M1</b>	5	0,5	200	161,5
<b>M4</b>	7,5	0,5	143,5	136
<b>M7</b>	10	0,5	159,5	118,5
<b>P</b>	0	0	163	167
<b>M2</b>	5	0,75	190	181,5
<b>M5</b>	7,5	0,75	157	118
<b>M-8</b>	10	0,75	152	114
<b>P</b>	0	0	163	167
<b>M3</b>	5	1	133,5	117,5
<b>M6</b>	7,5	1	138,5	110
<b>M9</b>	10	1	123	95,5

CUADRO NO 5. PROMEDIO RESISTENCIA COMPRESIÓN 28 DÍAS

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

El gráfico número 2 refleja como en generar la adición de fibra tiende a disminuir la resistencia a la compresión del mortero, lo cual es proporcional al volumen y largo de la fibra. Es de esperar que la adición de un material orgánico como lo representa la fibra, provoque un efecto como el anteriormente mencionado. Se evidencia que para porcentajes de 0.5 y 0.75 de fibra las afectaciones son pequeñas, incluso para ambos casos y utilizando fibras cortas de 5centímetros, el valor de resistencia obtenido es superior al del patrón, sin embargo más que el efecto del material añadido, este incremento se le podría atribuir al factor humano en el desarrollo del ensayo.

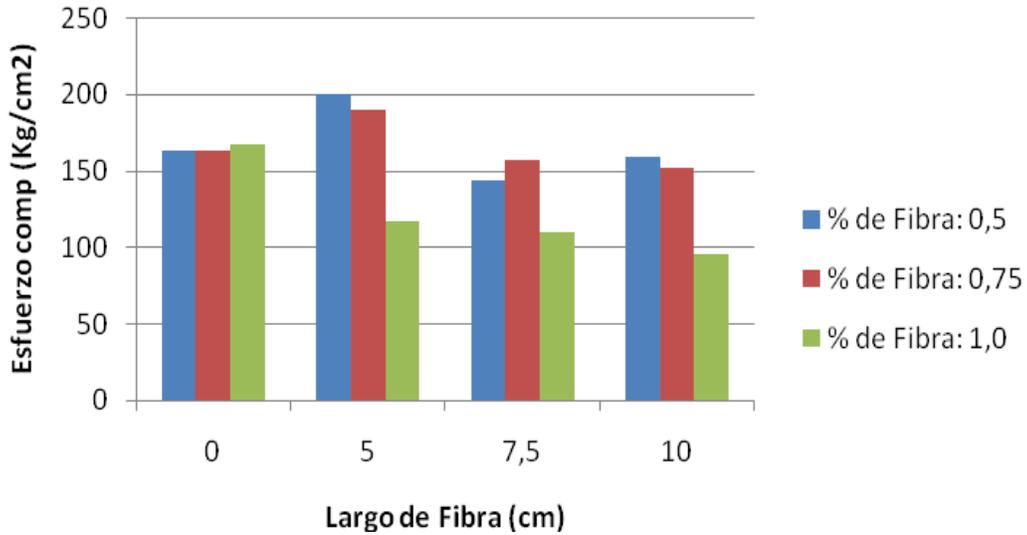


GRÁFICO NO 2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL LARGO DE LA FIBRA Y CONTENIDO DE FIBRA

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

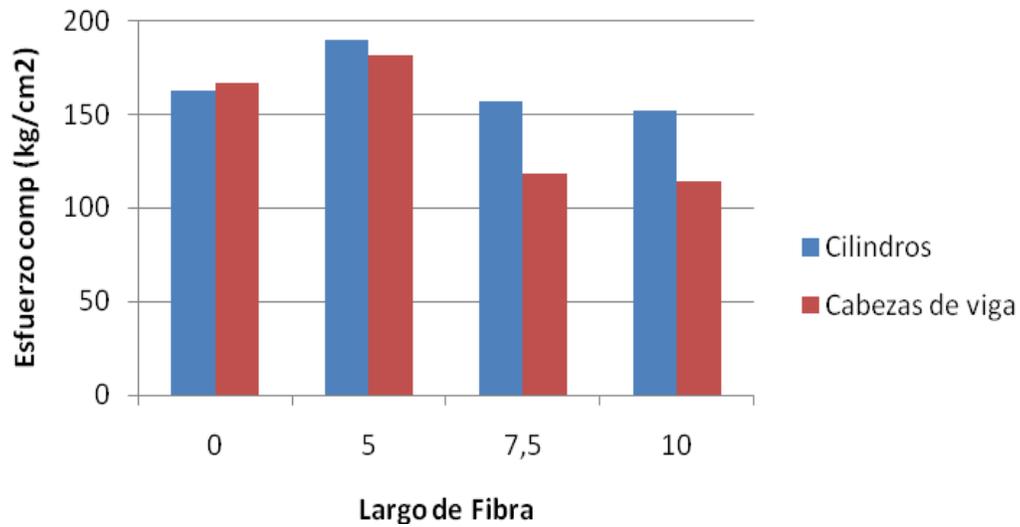


GRÁFICO NO 3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL LARGO DE LA FIBRA Y CONTENIDO DE FIBRA EN CILINDROS Y CABEZAS DE VIGA.

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

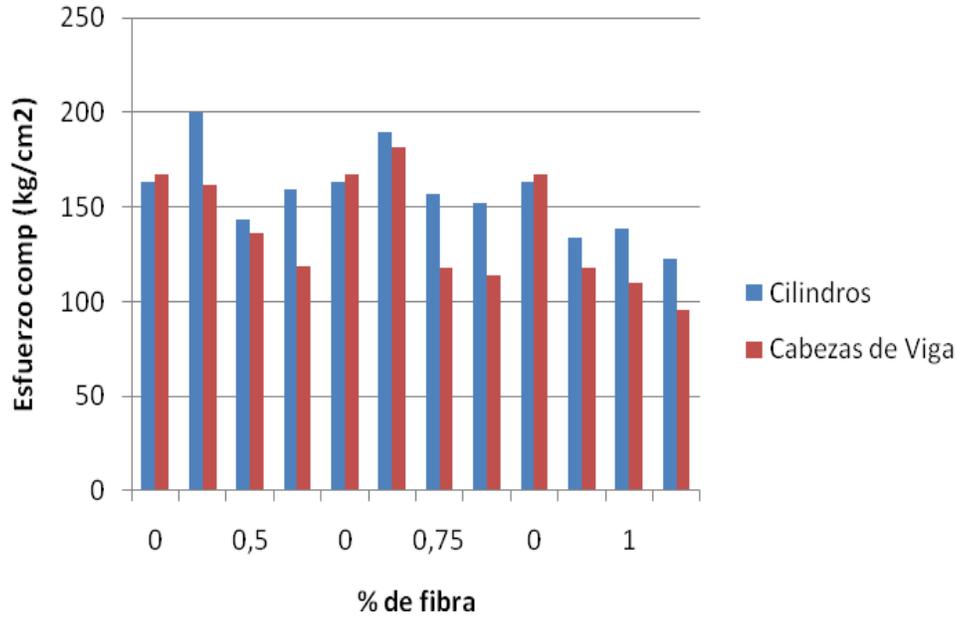


GRÁFICO NO 4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE FIBRA

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

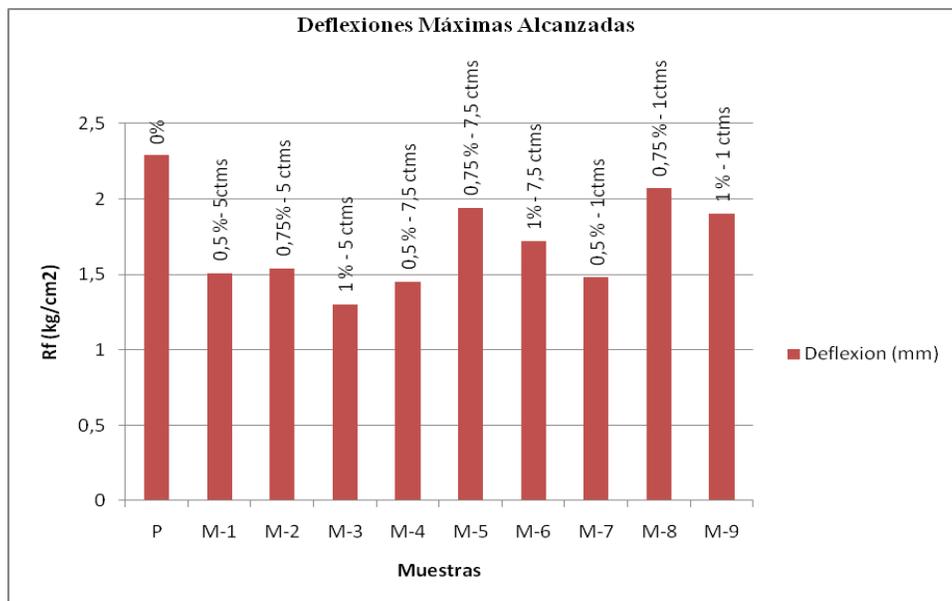


GRÁFICO NO 5. ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CABEZA DE VIGAS

C.F.: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN ENSAYOS REALIZADOS POR INVESTI (2009)

### 3.- DISEÑO DE PANELES DE FIBROCEMENTO (Fibras de sisal y concreto)

Para el peso del panel se consideró el peso del mortero, al respecto cabe destacar que, en la Universidad Castilla, La Mancha, específicamente en la Escuela de Ingeniería Rural, de España, sostienen que la resistencia del mortero para Bóvedas de escalera, tabiques, muros cargados, fábrica de ladrillos, enfoscados, se denomina Mortero Ordinario y su resistencia oscila entre 98 y 130 Kg. /cm<sup>2</sup>, de manera que permite conocer la resistencia de los paneles los cuales serán aproximadamente de 100 Kg. /cm<sup>2</sup>.

Para la modulación del panel se considera el peso, las dimensiones de puertas y ventanas y el módulo de proyecto. Según Mauricio Poler (1970), esta medida debe ser múltiplo del módulo estándar basándose en que en Venezuela desde la experiencia practicada por la institución Banco Obrero, organismo pionero en proponer la medida 80cm (8M), luego de muchos años de utilización se ha aceptado por su adecuación a los espacios requeridos en una vivienda. Es necesario destacar, que las premisas a tomar en consideración son las de fácil ensamblaje, para lo cual debe tener poco peso y ser de fácil armado (juntas), además de las modulaciones en base a ventanas y puertas.

#### 3.1.- Desarrollo de la propuesta de Paneles

Se toma en consideración el peso del mortero que de acuerdo a J. Sequeira (1976), es de 2020 Kg./m<sup>3</sup>. Con lo que se arrojaría los siguientes pesos de paneles según modulaciones propuestas.

- Panel de 0.60mts x 2.10mts: Peso aproximado 74,6 Kg., Modulación basada en puertas y ventanas, anchos y altos, pudiendo ser éstas las más adecuadas para viviendas.
- Panel de 0.60mts x 0.90mts, con peso de 32kgs
- Panel especial de 0,30mts x 2,10mts con un peso de 37,3

Con la finalidad de que el proceso de montaje se desarrolle de manera sencilla, se propone en el caso que los paneles sean incorporados a la estructura existente en la edificación (metálica o tradicional) a través del empleo de ángulos metálicos, fijados en el piso y en la viga superior.

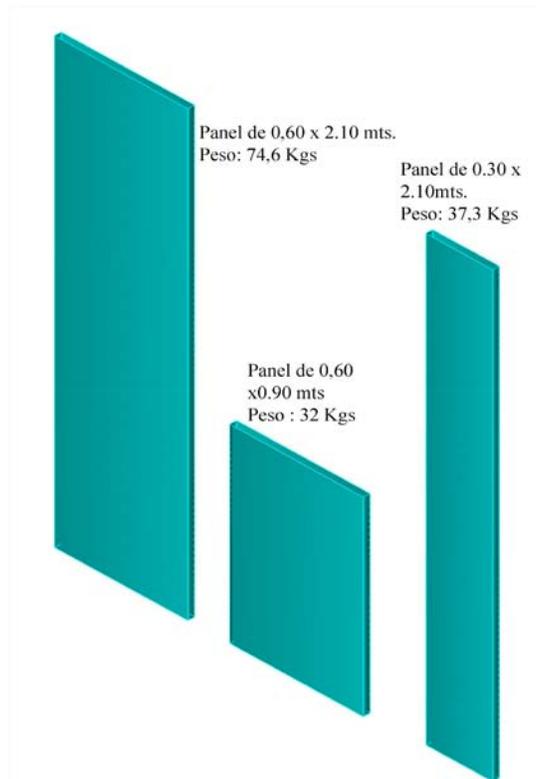


GRÁFICO N° 6. PESOS DE LOS PANELES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

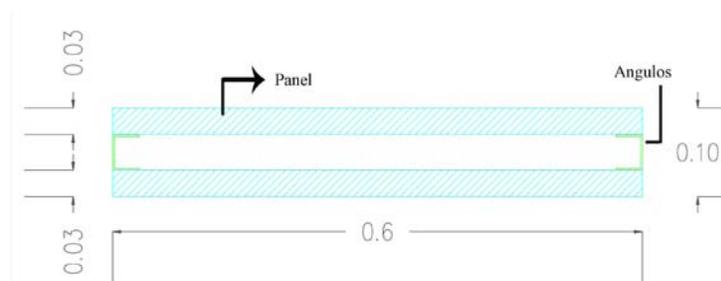


GRÁFICO N° 7. MONTAJE DE PANELES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

En la grafico anterior se demuestran los ángulos propuestos con base a una estructura de diez (10) centímetros quedando 4 cms entre tableros para una cámara de aire y para el paso de instalaciones.

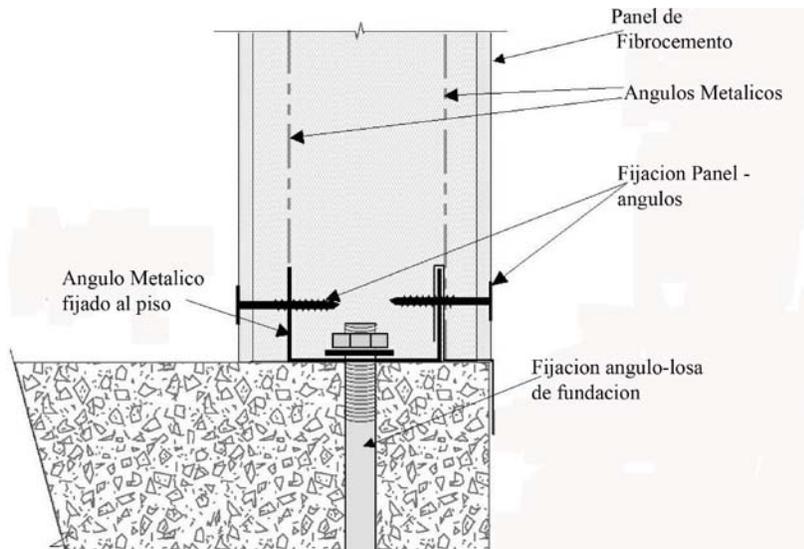


GRAFICO No 8. FIJACION DE PANELES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

En el gráfico N° 8 se muestra cómo los ángulos pueden ser fijados al piso o losa de fundación por medio de un perno o tornillo, para la consecuente incorporación de los paneles.

Se estima un ángulo de 2.10 mts que será fijado a la columna, a través de puntos de soldaduras o pernos, dependiendo de la estructura (metálica o de concreto) y de la preferencia del instalador.

De esta manera se colocará el ángulo que será fijado en la viga, enmarcando así, la estructura que recibirá al panel, el mismo ha de fijarse respetando las mismas premisas anteriormente mencionadas.

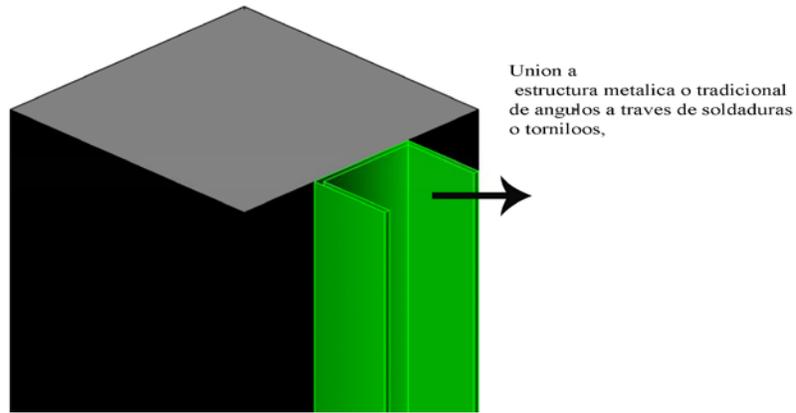


GRÁFICO N° 9. UNIONES SUPERIORES PROPUESTAS PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS EXISTENTES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

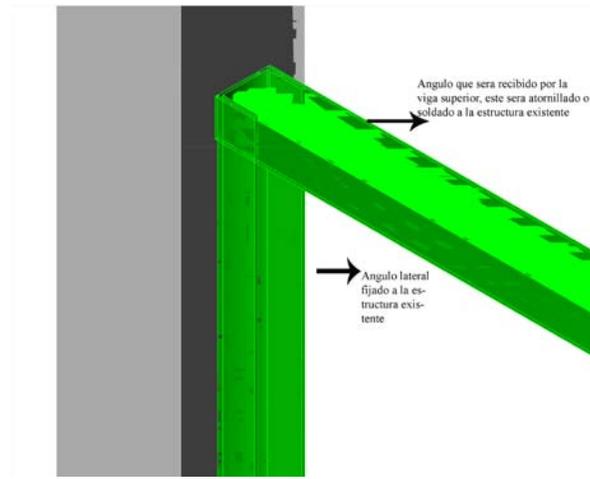


GRÁFICO N° 10. ÁNGULOS SUPERIORES PARA COLOCACIÓN DE PANELES EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

De igual manera se propone fijar los ángulos en la parte inferior (losa de piso), tal como se ilustra en el siguiente grafico.

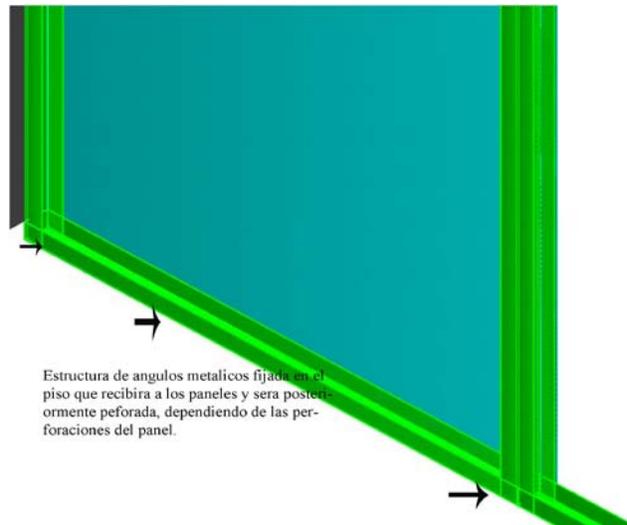


GRÁFICO N° 11. ÁNGULOS INFERIORES PARA MONTAJES EN ESTRUCTURAS METÁLICAS EXISTENTES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

Los ángulos se colocarán a 60 centímetros para recibir el panel, lográndose así que entre ellos se encuentre una pieza "H" que permite disminuir la cantidad de uniones

Las medidas de los ángulos dependen de las dimensiones de la estructura, podrán darse soluciones para estructuras de 10x 10 y de 20x20, donde sólo cambiarán las dimensiones internas, debido a que el ángulo superior siempre tendrá 8ctms, en sus extremos y el inferior 8ctms de altura, en el ejemplo presentado se muestra dimensiones de las utilizadas, en estructura de 10x10.

Para que dichos ángulos puedan recibir el panel se propone sean perforados, una vez se presente el panel para su colocación, con lo cual se evitarían errores de montaje. Una vez colocados los ángulos en sitio, se instalaran los paneles de mortero reforzado con fibra y se perforarán los ángulos, para colocar los tornillos adecuados para la fijación.

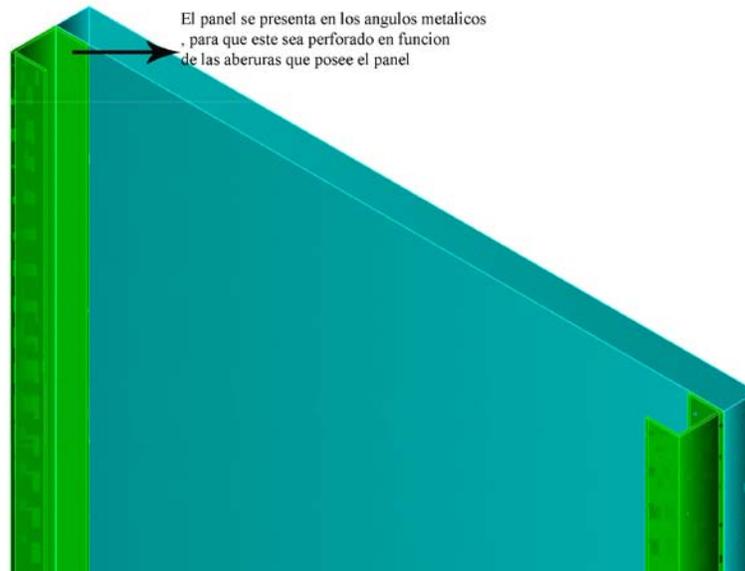


GRÁFICO N° 12. DETALLES DEL MONTAJE PROPUESTO DE PANELES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

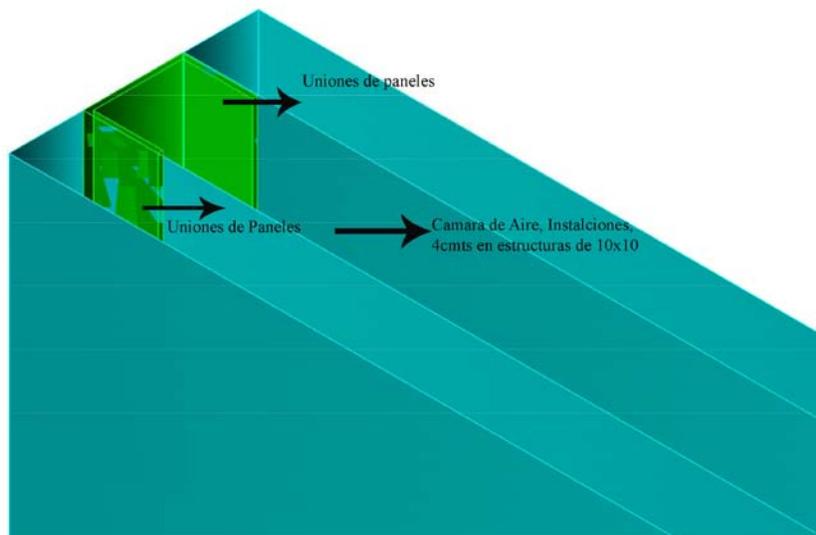


GRÁFICO N° 13. MONTAJE PROPUESTO DE PANELES

C.F. ELABORACIÓN PROPIA

En el gráfico N° 13 se muestra cómo se monta el panel en los ángulos propuestos y la manera como se origina la cámara de aire, necesaria para este tipo de cerramiento. Los bordes inferiores y superiores pueden llevar juntas plásticas en aquellos casos en que el piso presente

desperfectos o se originen espacios abiertos y, luego de montado, el panel podrá ser revestido con pintura o con el acabado que se considere pertinente.

los cerramientos exteriores, por lo que algunos de sus componentes (ángulos, tornillos, anclajes y otros) serán ajustados en medidas para el correcto funcionamiento del sistema.

#### **4.- Aspectos Técnicos- Económicos**

La factibilidad técnico-económica en la construcción de paneles a base de fibrocemento para el cerramiento exterior de viviendas, estará determinada por los siguientes recursos:

- Humanos: la mano de obra requerida tanto para la producción de los paneles como para su puesta en obra no requiere ser especializada. Con una inducción y capacitación técnica un obrero no especializado con el empleo de herramientas sencillas de uso corriente en albañilería puede fabricar los paneles así como su puesta en obra.
- Materiales: En la fabricación de estos paneles se observa disponibilidad de todos los materiales que lo integran y son de fácil adquisición, por estar en el mercado de la construcción (cemento, arena) y en la naturaleza (fibra sisal, agua), los cuales abundan en suelos nacionales, Estado Lara, donde existen grandes plantaciones de Agave Sisalana generando así factibilidad a su construcción.
- Económico: Se realizó un análisis de precio unitario con base a este estudio se determinó En este análisis de precio unitario se puede demostrar tanto la mano de obra necesaria, como el costo del m<sup>2</sup> de panel, el cual es de 211,33 Bs equivalente a 49.15 \$.

Se observa que el panel propuesto, podría tener mayor costo si se compara con algunos sistemas constructivos como el dry-wall, o paredes de bloques de arcilla, sin embargo, la rapidez y sencillez de su colocación, significaría un ahorro monetario importante.

## CONCLUSIONES

En la presente ponencia pretendía evaluar el comportamiento del fibrocemento con fibra de sisal para lo cual se estudió el comportamiento de la fibra frente a pruebas a flexión y compresión, se pudo notar en todas la pruebas realizadas que al momento que el mortero alcanza la carga de rotura no se produce un fallo frágil, sino que se comporta de forma plástica luego va deformándose hasta llegar al fallo final., este comportamiento es deseable para su utilización en paneles de cerramiento. De igual manera se pudo evidenciar en la prueba de flexión que no se aprecia una influencia marcada de la utilización de las fibras en la resistencia la flexión del mortero, sin embargo pareciera que utilizando las fibras de sisal cortas (5ctms) en menores porcentajes se obtienen mejores resultados incluso obteniendo valores de resistencia superiores al patrón.

En cuanto a la experimentación relacionada con la resistencia a la compresión se pudo evidenciar según el comportamiento de las muestras en función de la longitud y porcentaje de fibra contenida en las mismas que la presencia de fibra tiende a disminuir la resistencia a la compresión del mortero lo cual es proporcional, así se observa que para porcentajes de 0.5 y 0.75 de fibra las afectaciones son pequeñas, incluso para ambos casos y utilizando fibras cortas de 5 (cinco) centímetros, el valor de resistencia obtenido es superior al del patrón, sin embargo más que el efecto del material añadido, este incremento se le podría atribuir al factor humano en el desarrollo del ensayo., pudiéndose demostrar que las resistencias máximas a la flexión las lograron aquellas muestras con un porcentaje de fibra de 0.5% a 0.75% y con longitud de 5ctms. Igualmente aquellas muestras con porcentajes bajos de fibra y longitud corta (5tms) obtuvieron mejores resultados en la resistencia a la compresión, siendo entonces esta dosificación la mas idónea para ser usada en la fabricación de componentes constructivos, en este caso, paneles de cerramiento exteriores.

Seguidamente la propuesta demostró que mediante diversos pesos de mortero y con modulaciones variadas se llevan a cabo paneles de distintos tamaños, por otra parte, se logró formular variados diseños de fijación de paneles, algunos experimentos señalados en imágenes muestran cómo han de ser fijados los mismos. Y en último lugar se expone una propuesta de sistema de paneles tomándose de ejemplo algunas experiencias de investigadores y estudiosos

del área, así como sistemas similares existentes en el campo de la construcción, presentándose un estimado de costos y mano de obra que el mismo tendría.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DE OTEIZA SAN PEDRO (I.) (1.992.). Estudio del comportamiento de la Escayola reforzada con Fibras de Sisal para Componentes en Viviendas de Bajo Coste. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España. Tesis Doctoral. Inédito.
- FILHO (R.D.T.), BARBOSA (N.P.) y GHAVAMI (K.) (1.990). Aplication of Sisal and Coconut Fibras in adobe bloks. In Vegetable Plants and their Fibras as Building Materials. Proceeding of the Second International RILEM Symposiun. Chapman and Hall.
- GRAM (H.E.) (1.983). Durability of Natural Fibras in Concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institutem Estocolmo, Suecia.
- JOHN (V.M.), AGOPYAN (V.) y DEROLLE (A.) (1.990). Durability of the blast-furnace slag based cement mortard reinforced with coir fibras. In Vegetable Plants and their Fibras as Building Materials. Proceeding of the Second International RILEM Symposiun. Chapman and Hall.