

Resistencia e impermeabilidad de *Typha angustifolia* L. "totora" como material sostenible de los humedales de Villa María de Chimbote (Perú)

Resistance and impermeability of *Typha angustifolia* L. "totora" as sustainable material of the wetlands of Villa María of Chimbote (Perú)

Edwin A. Carrera Soria¹, José R. Sánchez Solórzano¹, Frank I. Fournier Pais¹, Enrique García Eusebio¹, Fernando Rosales Briones¹

RESUMEN

Los humedales de Villa María de Chimbote es un ecosistema natural que sirve de hábitat para 32 variedades de especies animales nativas de la zona y migrantes, asimismo, alberga una diversidad vegetal entre la que destaca *Typha angustifolia* L. "totora", lamentablemente, los humedales ha sido severamente afectado por la actividad antrópica. El objetivo de la presente investigación es analizar a *T. angustifolia* como material sostenible, para lo cual se realizaron pruebas de resistencia, tracción, impermeabilidad y características térmicas bajo el método de la experimentación que nos permitió conocer las propiedades del material para su utilización. El estudio busca aprovechar el material sostenible que se encuentra en los Humedales de Villa María.

Palabras clave: *Typha angustifolia* "totora"; material sostenible; humedales.

ABSTRACT

The wetlands of Villa Maria of Chimbote is a natural ecosystem that provides habitat for 32 varieties of animal species native to the area and migrants, also home to a diversity of vegetation including *Typha angustifolia* L. "totora", unfortunately, the wetland has been severely affected by anthropogenic activity. The objective of this research is to analyze *T. angustifolia* as sustainable material, for which were tested for resistance, tensile strength, impermeability and thermal characteristic under the experimental method allowed us to determine the characteristics of the material for use. The research seeks to harness the sustainable materials found in the wetlands of Villa Maria.

Keywords: *Typha angustifolia* "totora"; sustainable material; wetlands.

INTRODUCCIÓN

Los Humedales de Villa María (Chimbote) durante los últimos años, viene siendo severamente afectado por la actividad antrópica ocasionando la drástica disminución de totorales, gramadales y juncales; esto debido a la falta de control y monitoreo respectivo de la zona (Loayza, 2002).

Ante el problema regional de la carencia de viviendas en las zonas económicamente deprimidas de Chimbote se han realizado estudios e informes sobre la aplicación de materiales rústicos y sostenibles empleados en la construcción de viviendas y muebles (Ramírez, 2002). Estos materiales antiguamente han sido empleados por diversas poblaciones que haciendo uso de los recursos que encontraban en su zona construían espacios para ser habitados (Vida, 2008).

¹ Facultad de Ingeniería, calejandroconsultor@hotmail.com

Las familias andinas se dedican principalmente a la explotación y comercialización de diversos productos artesanales obtenidos de plantas de fibra, para la venta al turismo nacional y extranjero (Dirección Nacional de Construcción, 2011; Global Business Alliance, 2011).

Sin embargo, en las ciudades del litoral no ha ocurrido lo mismo. Por ejemplo, la diversidad de especies existentes en los Humedales de Villa María y el potencial de sus recursos naturales con los que cuenta, no son aprovechados debidamente por los pobladores de la zona, debido a una falta de estudio de sus recursos para diversificar su aprovechamiento y generar ingresos económicos a la población que depende del humedal, como ocurre en algunas ciudades de América Central (McClure, 2008; Perú ecológico, 2007; Tabilo, 1997).

De esta manera, el presente estudio se propuso determinar la resistencia e impermeabilidad de *Typha angustifolia* L. “totora” como material sostenible de los humedales de Villa María (Chimbote) en relación con la carga que soporta y a la absorción de humedad. La finalidad del trabajo es analizar el nivel de importancia natural de los Humedales de Villa María dentro de la zona ecológica de Chimbote y Nuevo Chimbote.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos a utilizar en el proceso de la investigación fueron el inductivo-deductivo, cuantitativo y método estadístico descriptivo e inferencial, asimismo, el diseño que le compete a la investigación fue el experimental de corte transversal (Capella, 2002).

La población estudiada fue *T. angustifolia* “totora” de los Humedales de Villa María (Chimbote), teniendo en cuenta la resistencia e impermeabilidad de los materiales sostenibles, los cuales se analizaron como materia prima.

Para el análisis de la muestra se tomaron tres atados de *T. angustifolia*, para lo cual se aplicó el muestreo por conveniencia, que se basa en seleccionar tres sectores de los Humedales de Villa María (Chimbote), teniendo en cuenta los siguientes criterios: a) Mayor cantidad de agua propia del humedal y b) Mayor circulación de agua propia del humedal.

A las totoras seleccionadas, se les aplicó posteriormente las pruebas de deformación de petate por carga distribuida, fuerza de tracción del petate por carga puntual, determinación de su impermeabilidad, determinación de su capacidad de combustión y capacidad térmica de la totora.

RESULTADOS

Deformación del entramado de totora por Carga Distribuida:

Falla por Corte

Características del Petate:

Ancho:	51,1	cm
Largo:	51,4	cm
Área:	2626,54	cm ²
Condiciones:	Estado Seco	
Distancia entre tirantes:	55,1	cm

Tabla 1. Deformación unitaria por esfuerzo

Peso Kg	Peso Acum. Kg	Longitud (cm)	Deform. cm	h al piso (cm)	H al piso (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Δ (D/L)
7,16	7,16	51,44	1	58,5	59,5	0,00273	0,08
7,51	14,67	51,45	1,2	58,3	59,5	0,00559	0,10
26,69	41,36	51,62	2,4	57,1	59,5	0,01575	0,43
22,99	64,35	51,64	2,5	57	59,5	0,02450	0,47
24,51	88,86	51,75	3	56,5	59,5	0,03383	0,68
	96	52,29	4,8	54,7	59,5	0,03655	1,73

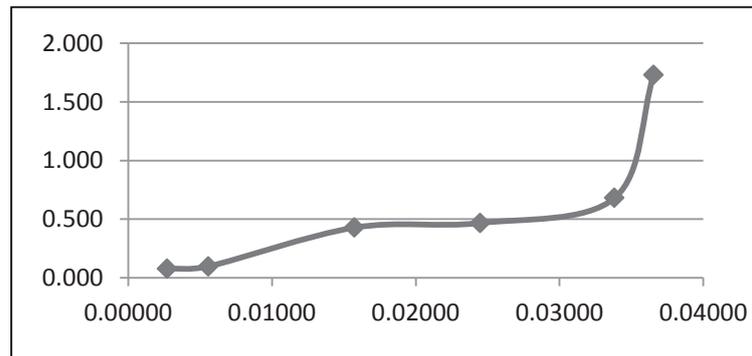


Figura 1. Deformación unitaria - esfuerzo

Tabla 2. Deformación unitaria por esfuerzo

Peso Kg	Peso Acum. Kg	Longitud (cm)	Deform. cm	h al piso (cm)	H al piso (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Δ (D/L)
7,16	7,16	51,44	1,1	58,4	59,5	0,00273	0,08
7,51	14,67	51,47	1,3	58,2	59,5	0,00585	0,14
26,69	41,36	51,6	2,5	57	59,5	0,01543	0,39
22,99	64,35	51,62	2,7	56,8	59,5	0,02474	0,43
24,51	88,86	51,73	3,1	56,4	59,5	0,03353	0,64
	96	52,33	5,3	54,2	59,5	0,03655	1,81

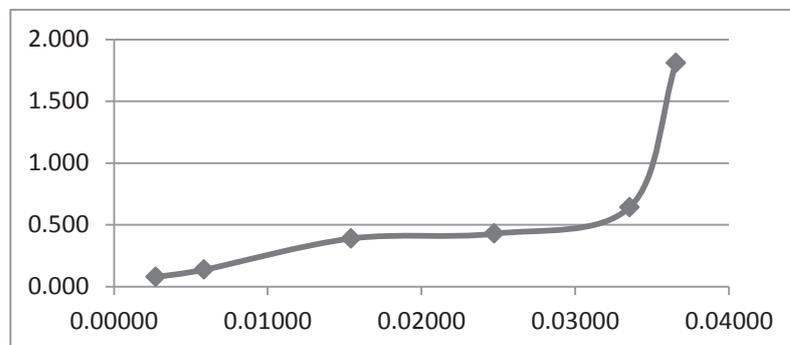


Figura 2. Deformación unitaria - esfuerzo

Tabla 3. Deformación unitaria por esfuerzo

Peso Kg	Peso Acum. Kg	Longitud (cm)	Deform. (cm)	h al piso (cm)	H al piso (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Δ (D/L)
7,16	7,16	51,44	1,3	58,2	59,5	0,00273	0,08
7,51	14,67	51,47	1,5	58	59,5	0,00663	0,14
26,69	41,36	51,6	2,4	57,1	59,5	0,01505	0,39
22,99	64,35	51,62	2,7	56,8	59,5	0,02427	0,43
24,51	88,86	51,73	2,9	56,6	59,5	0,03002	0,64
	96	52,33	5,6	53,9	59,5	0,03655	1,81

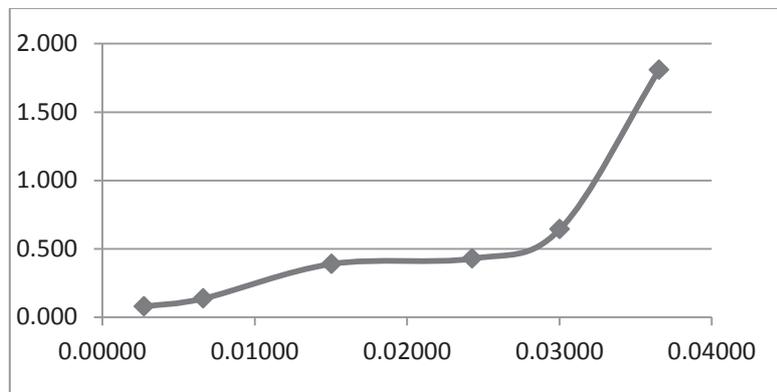


Figura 3. Deformación unitaria - esfuerzo

De la comparación de los cuadros y los gráficos, se observa que el entramado de *T. angustifolia* “totora” tiene una respuesta inicial elástica lineal hasta un punto de fluencia definido, más allá, sigue el incremento substancial en el esfuerzo sin que venga aparejado un incremento en la deformación. Si se sigue incrementando la carga, esta mera fluencia es seguida por una región de endurecimiento por deformación, durante el cual se obtiene una relación pronunciadamente no lineal entre el esfuerzo y la deformación. Eventualmente ocurrirá la ruptura del material, a una deformación alrededor del 2% para entramados de totora de características usadas para la prueba.

Capacidad de resistencia del entramado de totora por carga Puntual

Falla por Tracción

Características del entramado de totora

Largo:	14,2	cm
Ancho:	51,3	cm
Área:	728,46	cm ²
Nº Fibras sometidas a carga:	8	
Condición estado seco		

Tabla 4. Determinación de carga (Kg/cm) y deformación.

Peso Kg	Deform. cm	Carga (Kg/cm)	Δ (D/L)
12	51,5	0,8451	1,0039
24	52,2	1,6901	1,0175
36	53	2,5352	1,0331
48			

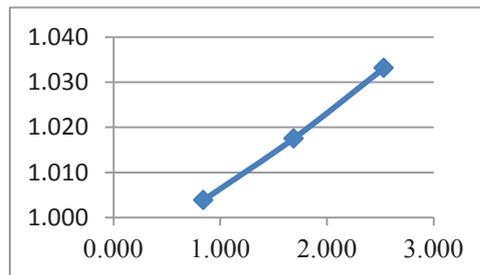


Figura 4. Deformación unitaria - esfuerzo

Tabla 5. Determinación de carga (Kg/cm) y deformación

Kg	cm	(Kg/cm)	(D/L)
12	51,5	0,8451	1,0039
24	52,5	1,6901	1,0234
36	53,3	2,5352	1,0390
48			

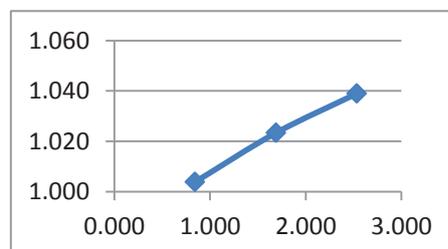


Figura 5. Deformación unitaria - esfuerzo

Tabla 6. Determinación de carga (Kg/cm) y deformación

Peso Kg	Deform. cm	Carga (Kg/cm)	Peso Kg
12	51.7	0.8451	12
24	52.6	1.6901	24
36	53.1	2.5352	36
48			48

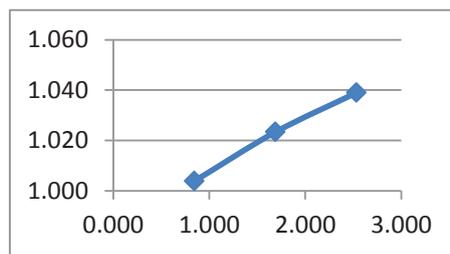


Figura 6. Deformación unitaria -esfuerzo

De los ensayos realizados, observamos que el entramado de totora desarrolla una deformación unitaria a la tracción, en una relación lineal, desarrollando un esfuerzo constante hasta casi el momento de la ruptura alcanzando una deformación del 3 % a su estado original.

Capacidad de Impermeabilidad de la Totora:

Procedimiento

Peso en seco (m1): 2,56 gr

Determinación de la Peso después de sumersión

Condición: Mojado (Con recubrimiento de barniz)

Peso (m2): 2,71 gr

Capacidad de Absorción (m2/m1): 1,06

Impermeabilidad

Con recubrimiento de barniz 1,01

Capacidad de absorción en estado seco: 12,56

Capacidad de absorción sumergido: 1,06

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Sometido el entramado de totora a la serie de cargas del experimento indicado en la tabla 1 y evaluando su deformación, podemos comparar que la cubierta de barro de 5cm de espesor, que proporcionará una carga distribuida de 80 kg/m^2 o $0,008 \text{ kg/cm}^2$, y una sobrecarga de 50 kg/m^2 o $0,005 \text{ kg/cm}^2$, siendo un total de $0,013 \text{ kg/cm}^2$, está dentro del rango elástico de la curva de esfuerzo – deformación de la figura 1.

Por lo que podemos reconocer que la cobertura con petate de totora con cubierta de barro trabajará correctamente a las cargas que estarán sometidas con un factor de seguridad del doble antes de su colapso.

Sometidos las muestras del entramado de *T. angustifolia* a un esfuerzo con cargas puntuales, del registro de las figuras 4, 5 y 6, que el mayor esfuerzo último promedio por cm de longitud de un entramado de totora, es de 2,50 kg/cm de fibra, alcanzado un esfuerzo de ruptura a 3,30 kg/cm.

Por lo que, se puede comprobar que desarrolla una deformación moderada y que las fuerzas que serán aplicadas para alcanzar su tensión no serán mayores a los 1,70 kg/cm que será cargas aplicada para tensar la cobertura.

De la prueba de impermeabilidad realizada a la totora podemos determinar que la capa exterior, por ser lisa tiene propiedades impermeabilizantes, contraria a sus fibras interiores que por tener cavidades porosas son altamente absorbentes.

Una desventaja de la capa lisa de *T. angustifolia*, es su fragilidad, que tiende a rasgarse o quebrarse, restando la capacidad impermeabilizante del material. Para reforzar la impermeabilidad a la totora se realizó una prueba que constó en aplicar dos capas de barniz en su superficie lisa y en el borde de sus fibras interiores.

De la prueba de la combustión podemos determinar que la totora en su estado seco es altamente inflamable, a causa de sus características fibrosas. Asimismo, *T. angustifolia* con una aplicación de doble capa de barniz, adquiere mayores características inflamables, haciendo combustión de manera instantánea.

Obtenido los datos térmicos aplicados a los tres módulos de referencia podemos determinar que el módulo con características de concreto acumuló mayor calor que los otros módulos, debido a que la su estructura cuenta con mayor densidad por ser una estructura rígida y contar con pocos vacíos demostrando que este material no posee características térmicas apropiadas para el confort de un ambiente.

En el módulo2 se obtuvo una diferencia promedio de temperatura de 3,00 C°, comprobándose que la totora por ser un material fibroso y poroso en su estructura, actúa como aislante térmico moderado. El poco espesor aplicado a la muestra no provocó cambio de temperatura significativa.

En el módulo 3 se complementa la propiedad de *T. angustifolia* con una torta de barro de 5 cm de espesor en la cubierta, por ser un material menos denso que el concreto, permitiendo mejorar su capacidad como aislante térmico., de esta manera conservar la temperatura interior; como consecuencia del incremento de la masa aplicada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El entramado de *Typha angustifolia* L. “totora” actúa como buen aislante de calor por ser un mal conductor de calor.
- En los puntos que servirán de unión o fijación del material de *T. angustifolia* con elementos de la estructura, es recomendable un doblés en los extremos y colocar tirantes de totora para duplicar su sección como mínimo y poder mantener un rango de seguridad al esfuerzo de corte en las fibras de totora.
- La capacidad de absorción de agua del interior de una fibra de totora, en relación con su peso seco, es de 12,5 veces de su peso original, ya que es impermeable; siendo un aislante térmico natural.
- *T. angustifolia* es un material alternativo para la construcción de viviendas temporales, por sus características resistentes y térmicas.

- Se recomienda continuar con el estudio de *T. angustifolia* para determinar su durabilidad, propiedad acústica ya que se considera como un recurso sostenible existente en la localidad de Chimbote.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capella, J. (2002). *La Investigación en el Campo de la Educación*. Lima: Lima.
- Dirección Nacional de Construcción. (2011). Proyecto normativo-diseño y construcción con bambú. *El Peruano*, 7-50.
- Global Business Alliance. (2011). *GBA Desing and Development*. [consultado el 25 de Junio de 2011], de GBA Desing and Development. Disponible en: <http://globizall.com/design/materials>
- Loayza, R. (2002). *Diagnóstico de los Humedales de Villa María*. Chimbote : Intituto Ambientalista Natura.
- McClure, F. (2008). El Bambú como material de construcción. *El Bambú como material de construcción*, 2-9.
- Perú ecológico. (2007). [peruecologico.com](http://www.peruecologico.com). [consultado el 13 de mayo de 2011], de [peruecologico.com](http://www.peruecologico.com). Disponible en: http://www.peruecologico.com.pe/flo_totora_2.htm
- Ramírez, A. (2002). La Construcción Sostenible. *Física y Sociedad*, N° 13, 30-32.
- Tabilo, V. E. (1997). El potencial de los humedales para el Desarrollo. *El beneficio de los humedales en América Central*, 48.
- Vida, F. C. (2008). *Construyendo Ciudades Para La Vida*. Lima-Peru: Son imágenes del Perú scl.