



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA
MASTER EN TECNOLOGIA EN LA ARQUITECTURA
AÑO ACADEMICO 2014 - 2015

LA TOTORA COMO MATERIAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO : PROPIEDADES Y POTENCIALIDADES

TESIS DE MASTER

Autor: Leyda Cinthia Aza Medina
Arquitecta
leyda_aza@yahoo.com

Tutores:

Dr. Arq. Jaume Avellaneda Díaz-Grande
Dra. Arq. Mariana Palumbo Fernández
Dra. Física. Ana María Lacasta Palacio

Barcelona, Mayo, 2016



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA
MASTER EN TECNOLOGIA EN LA ARQUITECTURA

LA TOTORA COMO MATERIAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO : PROPIEDADES Y POTENCIALIDADES

TESIS DE MASTER

Autor:

Arq. Leyda Cinthia Aza Medina
leyda_aza@yahoo.com

Tutores:

Dr. Arq. Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Dra. Arq. Mariana Palumbo Fernández

Dra. Física. Ana María Lacasta Palacio

Barcelona, Mayo, 2016



MASTER: TECNOLOGÍA EN LA ARQUITECTURA.

TEMA:

LA TOTORA COMO MATERIAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO: PROPIEDADES Y POTENCIALIDADES.

RESUMEN:

Una parte importante del impacto ambiental generado por las actividades humanas se debe a la extracción y uso de materiales para la construcción; frente a este problema existe la necesidad de desarrollar nuevas alternativas y se experimenta un cambio hacia la construcción sostenible; el empleo de materiales de origen natural es una oportunidad para reducir significativamente los efectos negativos de la fabricación de los materiales, en particular de los productos derivados del petróleo, como son las emisiones de efecto invernadero (Co₂), el consumo de energía, y la liberación de tóxicos al medio, entre otros.

Mediante el presente proyecto se busca desarrollar un nuevo aislante térmico de origen vegetal a partir de la totora (*Schoenoplectus tatora*), planta acuática con presencia en el Lago Titicaca. Los resultados de las diversas pruebas realizadas muestran que este material tiene una baja conductividad térmica, lo que pone en evidencia su potencial aislante. De esta manera surge la posibilidad de aprovechar y potenciar las propiedades de este material de fácil renovación, que podría ser usado para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas en la zona alto andina del Perú frente a las variaciones de temperatura extremas.

Palabras clave: Aislantes térmicos de origen vegetal, aislamiento térmico, materiales naturales, transferencia de calor, subproductos, recursos naturales, totora, Schoenoplectus Tatora.



MASTER'S DEGREE: TECHNOLOGY IN ARCHITECTURE

THEME:

TOTORA USED AS THERMAL INSULATION: PROPERTIES AND POTENTIAL.

ABSTRACT:

An important part of the environmental impact generated by human activity is the extraction and use of construction materials; confronting this issue creates the need to develop new alternatives and to experience change towards sustainable construction. The use of natural resources gives significant opportunity to reduce the negative effects of the material production, especially in petroleum derivate products. These effects being the emission of greenhouse gasses (Co2), the consumption of energy and the emission of toxic substances in the environment, among others.

This project aims to address the development of a new thermal insulator from a plant source, the Totora (*Schoenoplectus tatora*), an aquatic plant present in the Titicaca Lake. The results of various tests show that this material has a low thermal conductivity, which reveals its insulation potential. Therefore, we have the possibility to benefit from, and enhance the properties of this easily self-restoring material. This material could be used to improve the conditions of thermal comfort inside of houses in the Andean high zone in Peru, where they are faced with extreme variations in temperature.

Key words: thermal insulator from plant source, thermal insulator, natural products, heat transfer, sub-products, natural sources, totora, Schoenoplectus Tatora.



DEDICATORIA:

A nuestro Magnífico Creador Jehová Dios; mediante el desarrollo de este proyecto, una vez más quedé cautivada con la perfección de su maravillosa creación.

A mis amados padres, Celia y Arnulfo. Hoy Tengo la certeza de que sin importar el lugar donde me encuentre o la distancia que nos separe, siempre podré contar con su apoyo incondicional y sus cariñosos consejos.



AGRADECIMIENTOS:

A Jaume Avellaneda, por todo el conocimiento impartido en las clases del Máster.
Gracias Jaume; por darle el rumbo adecuado a este proyecto.

A Mariana Palumbo, por su guía, dirección y sugerencias durante todo el desarrollo
de este trabajo.

Gracias Mariana; tu experiencia, entusiasmo y optimismo fueron el combustible de
este proyecto, eres una excelente profesional.

A Ana María Lacasta, por todo su apoyo, motivación y por estar siempre dispuesta a
brindarme su ayuda.

Gracias Ana; por acogerme en los laboratorios de la EPSEP - UPC, me he sentido
muy a gusto durante este tiempo.

A Pronabec - Perú por el apoyo que me brindó para realizar mis Estudios de Máster
en esta Universidad.



CONTENIDO

RESUMEN

CAPITULO I: PRESENTACION

1.	INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	01
2.	DEFINICION DEL PROBLEMA	03
3.	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	04
4.	OBJETIVOS	
4.1	OBJETIVOS GENERALES	05
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	05

CAPITULO II : ESTADO DEL ARTE

5	TECNOLOGIA Y SISTEMAS DE AISLAMIENTO TERMICO	06
5.1	AISLANTES TERMICOS CONVENCIONALES	07
5.2	IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AISLANTES TERMICOS CONVENCIONALES	11
5.3	AISLANTES TERMICOS DE FIBRAS NATURALES	12
5.4	VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE AISLANTES TERMICOS DE FIBRAS NATURALES FRENTE A LOS CONVENCIONALES	17
6	LA VIVIENDA ALTOANDINA EN EL PERU, TIPOLOGIA Y CARACTERISCAS	18
6.1	TIPOLOGIAS EXISTENTES	21
6.2	PROYECTO: ABRIGANDO HOGARES	27
6.3	NORMATIVA DE CONFORT TERMICO EN EL PERU.	30
6.4	DATOS DE INTERES SOBRE EL LAGO TITICACA	32
6.5	LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS	34
7	ASPECTOS GENERALES DE LA TOTORA	38
7.1	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA TOTORA	40
7.2	PROPIEDADES FISICAS DE LA TOTORA	42
7.3	EL USO DE LA TOTORA	43
7.3.1	EXTRACCION	43
7.3.2	ALIMENTACION	44
7.3.3	COMERCIO Y ARTESANIA	44
7.3.4	EMBARCACIONES	45



CAPITULO III: CAMPAÑA EXPERIMENTAL

8.	CAMPAÑA EXPERIMENTAL	47
8.1	MATERIALES USADOS	47
9.	SELECCIÓN DE FORMULACIONES	52
10.	DESARROLLO DE PROBETAS	55
11.	ENSAYOS DE CARACTERIZACION	
11.1	PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD TERMICA	65
11.2	ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	67
11.3	ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AIRE	72
11.4	ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION	76
11.5	COMPORTAMIENTO AL FUEGO: ENSAYO DE RADIADOR	80
12	CONCLUSIONES	85
13	BIBLIOGRAFIA	87



CAPITULO I

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES:

Las propiedades termoaislantes de la totora (*Schoenoplectus tatora*) planta acuática que crece en el lago Titicaca han sido aprovechadas desde hace mucho tiempo de manera artesanal por los Uros, pobladores indígenas que habitan el Lago Titicaca. La totora es para ellos el material principal y más abundante, con el que se construyen las islas flotantes sobre las que habitan, así como sus casas y embarcaciones, mediante el empleo de sus técnicas ancestrales. Esta planta se usa también como forraje para el ganado, una parte del tallo que tiene un color blanquecino es utilizado en la alimentación humana y cuando la totora está madura es utilizada como materia prima de la artesanía. Por todo ello la totora tiene una importancia social y económica relevante.

Por sus buenas características físicas entre ellas su resistencia, se considera que tiene potencialidades para usarse como material de construcción, a este respecto se han impulsado iniciativas para su uso, junto a otros materiales, como parte de un reciente proyecto experimental respaldado por el gobierno que busca mejorar las condiciones precarias de las viviendas de la zona altoandina del Perú, en estos proyectos se usa la "Kesana" que es una especie de tejido hecho de totora, que se pone debajo de las chapas metálicas para tratar de evitar la pérdida de calor. De manera similar la "kesana" es usada como recubrimiento de las paredes de piedra que tienen algunas viviendas, a fin de evitar la pérdida de calor; luego es enlucido con tierra y paja.

Existen también estudios realizados que enfatizan las potencialidades de la totora como material de construcción, tal es el caso del Arquitecto ecuatoriano Juan Fernando Hidalgo quien en dos publicaciones tituladas " La totora como material de construcción I" y " La totora como material de construcción II " estudia y analiza las potencialidades y características de esta planta, actualmente usa la totora como material principal para la fabricación de muebles y alfombras.





El uso que se ha hecho hasta ahora de la totora, tanto tradicionalmente como en proyectos más modernos demuestran su potencial como material de construcción, en particular, como aislante térmico. Sin embargo, no existen estudios que analicen las propiedades térmicas de este material. Un análisis de este tipo es necesario si se pretende competir en un mercado cada vez más especializado y tecnificado, en el que los valores de conductividad térmica se encuentran entre los 0.042 y los 0.032 W/mK.

Por otro lado, el hecho de que la totora sea un recurso local, renovable y biodegradable, puede ser una ventaja para su uso en la región de Puno, tanto en términos de impacto ambiental como de costes de transporte y producción, frente a otros materiales aislantes existentes en el mercado.

Existen, sin embargo, diversos aspectos a considerar. Por ejemplo, el tipo de resina que se utilice, influirá fuertemente en el coste e impacto ambiental del material final. Además, los procesos de transformación pueden también disminuir las ventajas que de por sí presenta el material.

Algunos de estos aspectos son los que se plantean abordar en este trabajo, que pretende analizar todos estos factores para poder dar alternativas que potencien y revaloren el uso de este material en la construcción .





2. DEFINICION DEL PROBLEMA:

El Perú posee una mega diversidad climática, tiene 27 de los 32 tipos de clima que existen en el mundo [1] ; en la zona alto andina las características naturales y climáticas corresponden con el clima frío inter tropical de altura, riguroso y muy frío, en el que, en las noches de invierno, la temperatura desciende hasta los -10 °C, pudiendo llegar a los -15 °C en los fenómenos conocidos como heladas*. Año a año existe un alto índice de mortalidad por enfermedades respiratorias debido a las variaciones extremas de temperatura; sin embargo la población no muere precisamente por la acción directa de estos fenómenos climáticos (nevada, granizo o helada), si no principalmente porque sus viviendas no cuentan con las condiciones térmicas adecuadas.

Este sector del Perú presenta además altos índices de pobreza, la mayoría de sus casas en la zona rural son autoconstruidas y no cuentan con los materiales ni con los recursos necesarios para hacer de sus viviendas verdaderos lugares de cobijo.

Frente a esta realidad el presente proyecto plantea la elaboración de un aislante térmico de origen natural, a base de Tatora (*Schoenoplectus Tatora*) planta acuática que crece en abundancia en el lago Titicaca que se extiende en el altiplano peruano; para ello se toma en cuenta su resistencia, durabilidad y la aparente baja conductividad térmica.

Este tipo de aislante térmico, al ser de origen vegetal es biodegradable y permitirá disminuir el impacto ambiental, además se espera que su elaboración sea de bajo coste ya que esta planta crece en abundancia y es renovable, de esta manera se espera poder impulsar su mayor aprovechamiento en el campo de la construcción.

(*) La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Helada>





3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION:

A fin de poder iniciar la fase experimental, se debe comprobar si la totora (*Schoenoplectus Tatora*) presenta una conductividad térmica lo suficientemente baja como para ser considerada aislante térmico, a razón de ello se formula la siguiente hipótesis:

“La totora (*Schoenoplectus Tatora*) presenta buenas propiedades de aislación térmico

REFUERZO DE LA HIPOTESIS:

La baja densidad de la totora es un indicador que refuerza la hipótesis principal de partida. Tal y como muestran los siguientes gráficos publicados por la editorial de Construcción Arquitectónica del Departamento de Construcción Arquitectónica de la Escuela de Arquitectura, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, [2] la densidad de un material está relacionada a sus propiedades térmicas, de modo que, en general, cuanto más baja sea la densidad de un material, más baja será también su conductividad.

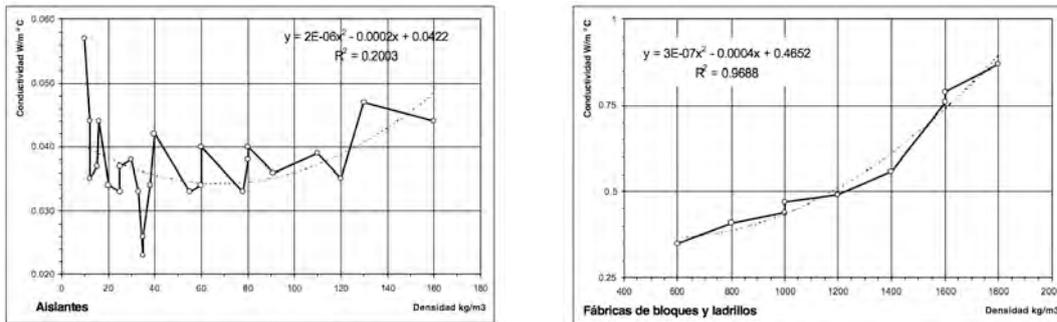


Imagen 1: Conductividad en función de la densidad de fábricas de bloques y ladrillos.

Densidad Apar. kg/m3	Conductividad W/m °K	Material: Fábricas de bloques y ladrillos
600	0.35	Fábrica bloques hormigón celular vapor L
800	0.41	Fábrica bloques hormigón celular vapor M
1000	0.44	Fábrica bloques huecos hormigón L
1000	0.47	Fábrica bloques hormigón celular vapor P
1200	0.49	Fábrica bloques huecos hormigón M
1200	0.49	Fábrica ladrillo hueco
1400	0.56	Fábrica bloques huecos hormigón P
1600	0.76	Fábrica ladrillo perforado
1600	0.79	Fábrica ladrillo silico-calcareo
1800	0.87	Fábrica ladrillo cerámico macizo

Fuente: NBE-CT-79

Imagen 2 y 3: Conductividad en función de la densidad de materiales aislantes.





4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS GENERALES

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es analizar las propiedades físicas de la Totora (*Schoenoplectus tatora*) y lograr el desarrollo de un aislante térmico vegetal, de esta manera impulsar su uso en la construcción. Considerando que es un material desvalorado.

Desarrollar paneles rígidos a base de totora y caracterizarlos experimentalmente con el fin de determinar su potencial aplicación como aislante térmico en la construcción.

Contribuir a la revalorización de la totora, un recurso que a pesar de sus buenas características físicas es actualmente infravalorado.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la densidad y la conductividad térmica de la totora y de los materiales desarrollados a partir de ella.
- Identificar la formulación adecuada (totora- aglutinante) de los materiales aislantes desarrollados para el adecuado comportamiento térmico.
- Comparar las propiedades de los modelos diseñados con otros materiales existentes en el mercado de la construcción.
- Realizar un estudio preliminar del comportamiento de los materiales desarrollados en otros aspectos relevantes: reacción al fuego, permeabilidad al vapor de agua y al aire.





CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

5.0 TECNOLOGIA Y SISTEMAS DE AISLAMIENTO TERMICO.

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura. Proporciona una alta resistencia a la conductividad térmica o al traspaso de energía calorífica [3]

En edificación Los aislantes térmicos son usados en techos, tabiques y muros y pueden ser colocados en la cara interna o externa de los paramentos, o incluso en el interior de los mismos con el fin de incrementar la capacidad aislante, de esta manera se impide el paso del calor en ambos sentidos y permite el ahorro de energía ya que en invierno evita que el calor se escape del interior de la vivienda y en verano impide que el calor entre en la vivienda.

¿Cómo se evalúa la resistencia térmica que tienen?

En general todos los materiales oponen resistencia al paso del calor a través de ellos, dependiendo de sus características algunos más que otros; los metales oponen una resistencia muy baja; mientras que otros ofrecen una alta resistencia, son éstos los que se consideran aislantes térmicos. Los materiales de construcción como yesos, ladrillos o morteros presentan una resistencia media.

La capacidad que tienen los materiales de aislar térmicamente, se llama resistencia térmica y es expresada en el Sistema Internacional de unidades en $m^2.K/W$ (metro cuadrado y kelvin por vatio). La resistencia térmica es proporcionalmente inversa a la conductividad térmica (λ con unidades $W/(m.K)$) que se define como la capacidad que tienen los materiales de transferir calor por conducción en un régimen estacionario. [4]





5.1 AISLANTES TERMICOS CONVENCIONALES:

Por lo general estos aislantes térmicos con espesores pequeños de material presentan una resistencia suficiente, ya que logran inmovilizar el aire seco y confinarlo en el interior de pequeñas cavidades más o menos estancas. Aunque en la mayoría de estos materiales el gas encerrado es aire común, en aislantes térmicos de poro cerrado, el gas que se utiliza como agente espumante es el que queda finalmente encerrado.

LANA MINERAL (LANA DE ROCA)

La lana de roca es un aislante fabricado a partir de la roca volcánica. Durante el proceso de fabricación la roca basáltica es fundida a más de 1600 °C en un horno, y luego es transformada en fibras las cuales son unidas mediante un ligante orgánico formando un colchón de lana primaria. La composición final de todo este proceso resulta en aproximadamente un 98% de roca volcánica y 2% de ligante orgánico. Debido a su origen pétreo, presenta la ventaja de ser un material incombustible, por lo que se utiliza como protección pasiva contra el fuego

Conductividad térmica: $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m.K})$ *

Energía incorporada: 797 wh/kg



Imagen 04: Lana de Roca.





ESPUMA DE VIDRIO (LANA DE VIDRIO)

La lana de vidrio es una fibra mineral que presenta una estructura conformada por millones de filamentos de vidrio unidos con una resina térmicamente curada para formar una plancha aislante y de peso liviano y flexible. El espacio libre con aire atrapado entre las fibras aumentan la resistencia a la transmisión de calor.

Una característica muy particular de la lana de vidrio es que es un material incombustible, y resiste altas temperaturas, de esta manera limita la propagación de las llamas y retrasa el esparcimiento del fuego por tiempo determinado. Se requiere una serie de medidas de seguridad para su fabricación debido a las pequeñas fibras que se desprenden del material y que se asocian a problemas pulmonares

Conductividad térmica: $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m.K})$ *

Energía incorporada: 1993 wh/kg



Imagen 05: Lana de vidrio

POLIESTIRENO EXPANDIDO.

El Poliestireno Expandido - EPS es un derivado del petróleo y del gas natural se define técnicamente como: "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire"¹

Para su elaboración se inyecta a cierta cantidad del material vapor de agua que expande los gránulos hasta formar un bloque luego éste es cortado en placas de un espesor deseado con un alambre metálico caliente. Dado que es un material combustible se le incorporan retardantes de llama que permiten reducir drásticamente su flamabilidad.





Conductividad térmica prevista: $\lambda = 0.046 \text{ W/(m. K) }^*$

Energía incorporada: 4650 wh/kg

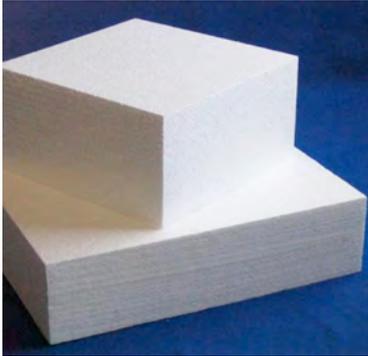


Imagen 06 y 07: Poliestireno Expandido.

POLIESTIRENO EXTRUIDO.

El Poliestireno Extruido, es un aislante térmico duradero, resulta de la extrusión del poliestireno con la adición de un gas espumante, se requiere una gran energía para su fabricación y es un material sintético obtenido a partir del refinamiento del petróleo; esta espuma rígida es un material resistente al agua y de elevadas prestaciones mecánicas ya que su estructura celular es totalmente cerrada y homogénea; este material comparte características similares con el poliestireno expandido ya que su composición química es la misma siendo un 95% de poliestireno y un 5% de gas; la diferencia esta dada en el proceso de conformación ya que en el caso del poliestireno extruido se conforma una estructura de burbuja cerrada.



Conductividad térmica: $\lambda = 0,027\text{W/(m.K) }^*$

Energía incorporada: 5845 wh/kg

Imagen 08: Poliestireno Extruido





ESPUMA DE POLIURETANO.

La espuma de poliuretano es un material sintético y duroplástico de origen 100% petroquímico con alta carga química y su fabricación es costosa en energía, es un material altamente reticulado y formado por una agregación de burbujas; que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el isocianato y el polioliol, aunque su formulación está compuesta por múltiples variantes y aditivos los que liberan dióxido de carbono y van formando las burbujas.

La Espuma de Poliuretano presenta una gran resistencia frente a los efectos del paso del tiempo y tiene una larga vida útil, manteniéndose sin deteriorarse durante más de 50 años.

Conductividad térmica típica: $\lambda = 0,023$

W/(m.K) *

Energía incorporada: 6908 wh/kg



Imagen 09: Espuma de poliuretano

* Todos los datos de conductividad térmica .

Fuente: Mimbrea.





5.2 IMPACTO AMBIENTAL DE LOS AISLANTES TERMICOS CONVENCIONALES.

Uno de los sectores más intensivos en el consumo de recursos no renovables y en la generación de residuos contaminantes de la sociedad es el sector de la edificación. En efecto, la construcción y el uso de los edificios consumen hasta el 25% de todas las materias primas extraídas de la litósfera. [5]

Las edificaciones tienen una gran repercusión en el impacto ambiental actual, esto se debe en gran medida a la extracción de la materia primas, consumo de recursos no renovables y la fabricación de los productos. Los aislantes térmicos resultan ser elementos muy importantes en el diseño de edificios sin embargo, los aislantes térmicos convencionales están fabricados a base de productos petroquímicos y la mayoría de ellos poseen productos artificiales retardantes al fuego, adhesivos y otros aditivos químicos que sumados a la alta cantidad de energía que se requiere para su fabricación y a la generación de residuos contaminantes relacionados a su elaboración suponen una gran cantidad de impactos ambientales asociados. Entre todo el agotamiento de combustibles, la contaminación de la atmosfera a través de la emisión de gases como el dióxido de carbono Co_2 , los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno que son los que producen el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono.

Otro problema ambiental en casi todas las lanas minerales son las pequeñas fibras que se desprenden en su fabricación e instalación que son respirables y se asocian con problemas de conjuntivitis y problemas pulmonares para los trabajadores. Por ello requieren una serie de medidas de seguridad para su fabricación, instalación y desinstalación , aunque una vez instaladas en las viviendas no existiría este problema.





5.3 AISLANTES TERMICOS DE FIBRAS NATURALES

A diferencia de los aislantes térmicos convencionales los aislantes térmicos de origen natural tienen como materia prima productos vegetales o animales como madera, paja, cáñamo, corcho, lana de oveja, entre otros; este tipo de aislantes son fáciles de reciclar, reutilizables, no son tóxicos, su extracción genera menos impacto al medio ambiente y son biodegradables para la etapa de demolición. Por esta razón el aislamiento natural es una energía eficiente y es muy importante para la construcción sostenible, ya que durante la etapa de uso presentan buenos niveles de transmitancia térmica y usan muy bajos niveles de energía gris en la etapa de producción. [6]

A continuación se describen algunos de los tipos de aislantes con fibras naturales que existen en el mercado, también se indica el coeficiente de conductividad térmica y la energía incorporada es decir, la cantidad de energía que se requiere para su fabricación.

FIBRA DE MADERA

Los paneles de fibra de madera presentan muchas ventajas, gracias a su estructura de poros abiertos son capaces de absorber las ondas sonoras y mejorar considerablemente la amortiguación del ruido de impacto, su uso produce un agradable clima interior: la estructura porosa de sus fibras, favorece la difusión de vapor; evitan el efecto de pared fría y regulan la humedad.

Como la instalación es seca los paneles se instalan por su diseño tipo machihembrado, fijándolas con unos tirafondos y grapones de dorso esto permite que se pueden remover fácilmente a la hora de demoler la construcción, también permite que los paneles se puedan reutilizar o reciclar.





Conductividad térmica: $\lambda=0,037 - 0,050$
W/(m.K)
Energía incorporada: 492 wh/kg



Imagen 10: Fibra de madera.

FIBRA DE CÁÑAMO

La fibra de cáñamo es un producto natural proveniente de una planta que tiene como principal característica que es de fácil y rápido crecimiento a partir de sus fibras unidas se fabrica un excelente aislante térmico y acústico que es utilizado en la construcción. La composición del material es una matriz hecha con la fibra de la planta de cáñamo, se distribuye en paneles flexibles, lo cual permite la instalación en paredes, pisos y cubiertas, permitiendo la instalación en edificio de nueva construcción y de rehabilitaciones de edificios viejos. Se comercializa en dos formas: como un disgregado aislante de celulosa de cáñamo protegida con sales minerales o en forma de manta aislante.

Como la materia prima de este material proviene de una planta, favorece el ciclo de vida del producto final y compensa la producción de CO₂ que se puede llegar a emitir por la producción del aislante térmico, y resulta favorablemente al final el ciclo de vida del edificio ya que compensa la producción de CO₂ del mismo.

Conductividad térmica: $\lambda= 0,038$ W/(m.K)
Energía incorporada: 252 wh/kg



Imagen 11: Fibra de cáñamo.





BALAS DE PAJA

Las balas de paja son un desecho agrario su elaboración supone un escaso procesamiento. Es un producto natural y biodegradable, por lo que es enormemente ecológico, las balas de paja además de ser un excelente aislante cumple la función de cerramiento e incluso puede ser portante, su uso contribuye a la productividad en su ejecución ya que la colocación de una bala de paja equivale a la colocación de aproximadamente 30 ladrillos. Todas estas características hacen que el coste de una construcción con balas de paja sea mucho menor que el de una casa convencional.

La conductividad térmica de este material depende de la densidad de la bala, de la orientación de las fibras (verticales o paralelas al paso de flujo de calor) y la humedad de la paja utilizada. Cuando la paja está colocada de canto funciona mejor como aislamiento que cuando están colocadas planas.

Conductividad térmica: $\lambda = 0,045 - 0,065$
W/(m.K)



Imagen 12: Balas de paja.

AISLAMIENTO DE CORCHO.

Proviene directamente de la corteza de un árbol, tiene un excelente ciclo de vida, es respetuoso con el medio ambiente, tiene una larga durabilidad, posee una gran resistencia a los agentes químicos, no lo atacan los insectos, es reciclable, reutilizable, y en caso de convertirse en residuo es completamente biodegradable. Su elaboración final no requiere componentes químicos, ya que se aglutina con su propia resina, sus propiedades aislantes se deben a su estructura particular y a la composición química de sus células.





Los aislantes se fabrican en forma de virutas para rellenar cavidades y en forma de paneles proyectado para revestimientos o cubiertas, tienen un grado de impermeabilidad considerable gracias a sus resinas naturales, es un material ligero y sólido lo que hace fácil su instalación , a todo esto se adiciona su buen comportamiento contra el fuego y en la combustión no libera gases tóxicos debido a su procedencia natural.

Conductividad térmica: $\lambda = 0,040 - 0,150$

W/(m.K)

Energía incorporada: 837 wh/kg



Imagen 13: Aislamiento de corcho.

AISLAMIENTO DE LANA DE OVEJA.

La lana de oveja a parte de ser un producto natural es renovable, es un material que también puede ser reciclado y reciclable. Reciclado, ya que algunos fabricantes usan residuos domésticos tales como colchones fuera de uso para su fabricación. Y es un material reciclable, porque la fibra puede ser recuperable después de la rehabilitación o demolición del edificio, luego de un tratamiento adecuado la lana puede incorporarse al ciclo de fabricación de nuevos mantos y a granel. Con este procediendo se logra reducir el problema de consumo de recursos que no sean renovables y evitar que se generen más residuos sólidos en la construcción.

Es un material higroscópico que absorbe y libera la humedad, gracias a estas propiedades evita que se generen daños en paredes y techos ya que permite que los ambientes se mantengan secos; es un termorregulador natural cuando la temperatura exterior sube las fibras se calientan, liberan humedad y se enfrían;



cuando la temperatura exterior baja las fibras se enfrían, absorben humedad y se calientan. Tiene mejor comportamiento frente al fuego comparado con otros aislantes y es auto extingüible.

Conductividad térmica: $\lambda = 0,043 - 0,045$
W/(m.K)

Energía incorporada: 664 wh/kg



Imagen 14: Aislamiento de lana de oveja.

(7) Todos los datos de conductividad térmica .

Fuente: Los aislamientos térmicos de origen vegetal - L'INFORMATIU DEL CAATEEB, Junio 2014



5.4 VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE AISLANTES TERMICOS DE FIBRAS NATURALES FRENTE A LOS CONVENCIONALES.

Tal como se ha detallado, los aislantes de origen natural contribuyen al bajo impacto ambiental en el rubro de la construcción y a la reducción de la demanda energética y la energía incorporada. A parte de ello ayudan a reducir la generación de residuos y el agotamiento de recursos.

Algunas de sus ventajas son:

- Son aislantes con características reciclables y biodegradables; la energía prima consumida en su fabricación es muy baja lo que ayuda a disminuir la huella ecológica.
- No contiene elementos que proceden del petróleo en caso tenerla es en proporciones mínimas.
- Permiten que las viviendas transpiren, y a la vez son estancas a las corrientes de aire.
- Debido a su fabricación en altas densidades,(fibra de madera) poseen la característica de ser también buenos aislantes acústicos, tanto a ruidos aéreos y a ruidos de impacto.
- Tienen una gran capacidad térmica específica, casi hasta tres veces más que los aislantes convencionales, por lo que presentan cierta inercia térmica
- Son respetuosos con el medio ambiente, son saludables y no son tóxicos, siempre y cuando no incorporen ningún tipo de sustancia o aditivo que sea nocivo para la salud.



6.0 LA VIVIENDA ALTOANDINA EN EL PERU, TIPOLOGIA Y CARACTERISTICAS



Imagen 15: Mapa de ubicación del Perú.

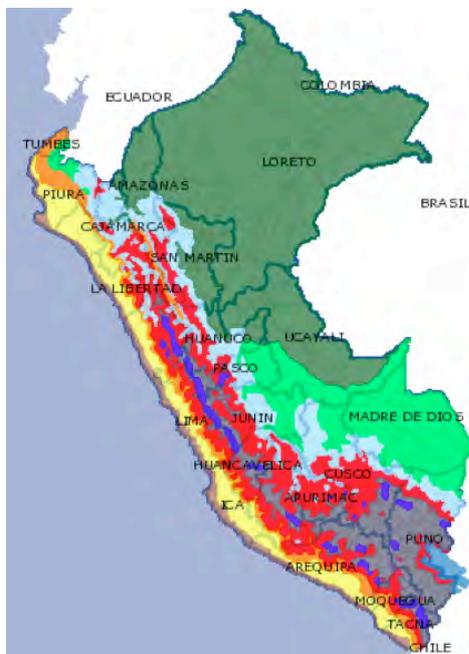


Imagen 16: Diferentes tipos de climas por zonas - Perú.

- ZONA 1 - DESERTICO MARINO
- ZONA 2 - DESERTICO
- ZONA3 - INTERANDINO BAJO
- ZONA 4 - MESOANDINO
- ZONA 5 - ALTOANDINO
- ZONA 6 - NEVADO
- ZONA 7 - CEJA DE MONTAÑA
- ZONA 8 - SUB TROPICAL HUMEDO
- ZONA 9 - TROPICAL HUMEDO

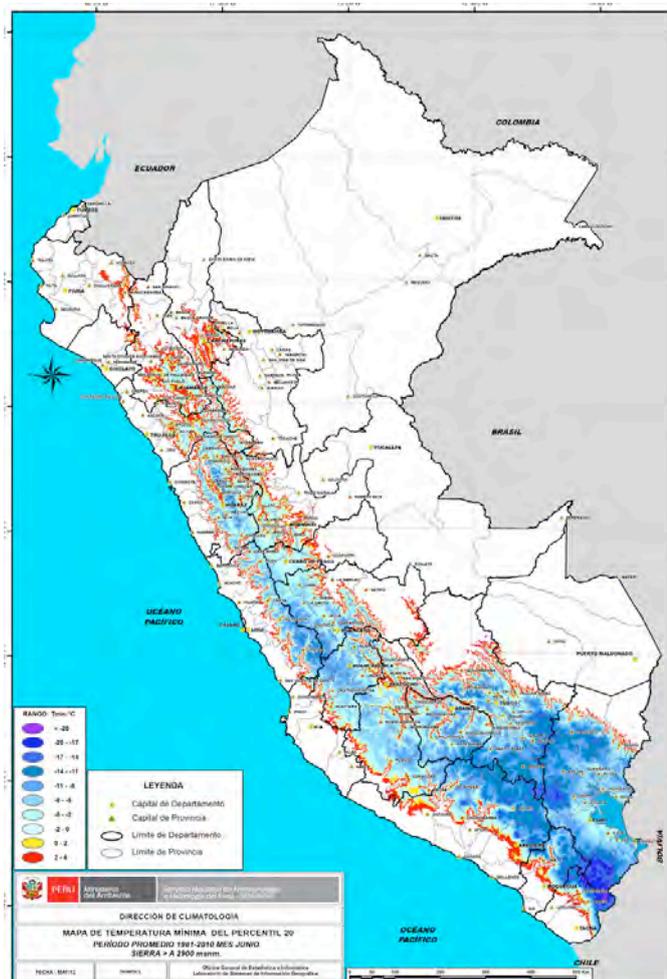


Imagen 16: Zona sur altoandina temperatura mínima.



El Perú se encuentra en la parte central y occidental de América del Sur, ocupando un área total de 1.285.216 km² y 200 millas de mar territorial. La población peruana está calculada aproximadamente en 29,4 millones de habitantes, siendo el Perú el 4º país más poblado de Sudamérica. El 75% de la población vive en zona urbana y el 25% restante, en áreas rurales.

La zona altoandina del Perú cuenta con una superficie de alrededor de 250,000 km², es decir 20 % del área total del Perú está conformada por la plataforma Alto Andina que va desde los 3200 m.s.n.m hasta 5000 m.s.n.m, formando numerosas cuencas cerradas alrededor de los lagos y lagunas más altas del mundo, como el Lago Titicaca y el de Junín.

Estas áreas alto andinas se encuentran en los departamentos de Puno, Huancavelica, Apurímac, Pasco, Junín, Cuzco, Ancash, Arequipa (Sierra), en menor cantidad en Cajamarca y La Libertad. [1]

Las características naturales y climáticas corresponden con el clima frío inter tropical de altura riguroso y muy frío. Durante el día la temperatura asciende a 18°C y las temperaturas en las noches de invierno descienden a -10 °C como promedio y pueden llegar hasta los -15 °C. En esta zona se produce un fenómeno climático que se conoce como “heladas” que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies. Otro fenómeno climático característico de estas regiones es la caída repentina y brusca de la temperatura, acompañada de fuertes vientos; se le denomina popularmente “friaje”.





Según datos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), las poblaciones ubicadas entre los tres mil y cuatro mil quinientos metros sobre el nivel del mar se ven afectadas por fenómenos climáticos diversos entre heladas, nevadas y granizadas, junto a sequías y ciclos irregulares de lluvias. Alrededor de doscientas mil personas que habitan sobre los tres mil quinientos metros sobre el nivel del mar en el sur altoandino del Perú son afectadas cada año por estos eventos combinados con sequías durante los meses de junio a agosto.

A continuación se realiza un análisis de la tipología de viviendas que son características de la zona altoandina en el área rural, urbano y en las islas flotantes de los uros.





6.1 TIPOLOGIAS EXISTENTES:

TIPOLOGIA 01: VIVIENDAS EN LA ZONA RURAL:

La zona rural alto andina es el sector más pobre y excluido del Perú. A parte de los problemas económicos y sociales que atraviesa, sus viviendas no cuentan con la infraestructura adecuada, siendo éstas vulnerables a los efectos climáticos, en particular a los fríos intensos habituales en la región. En efecto, este tipo de vivienda no cuenta con ningún tipo de protección frente las bajas temperaturas, lo que actualmente es uno de los problemas latentes más relevantes, que año tras año genera problemas de infecciones respiratorias siendo ésta la principal causa de muerte en niños en zonas rurales.



Imagen 17: Pinaya, centro poblado en Lampa (Puno).

CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS:

Las siguientes características constructivas son comunes en la mayoría de casas de esta zona:

- Muros de tapial: a causa de las deficiencias constructivas y a la falta de un adecuado mantenimiento algunos muros se encuentran agrietados o presentan perforaciones, lo que permite que el aire frío entre del exterior. No tienen ningún tipo de tratamiento térmico.
- Vanos que no cuentan con la carpintería apropiada, o son mal sellados a través de los cuales se escapa el calor del interior de la vivienda.





- Cubiertas de chapas metálicas delgadas onduladas de zinc, conocidas con el nombre de “calamina”; facilitan la transferencia de calor (tanto del exterior al interior durante el día, como del interior al exterior durante la noche).
- Pisos de tierra: permiten el ingreso de humedad y la salida del calor.
- Instalaciones: la instalación eléctrica es muy básica y, en las zonas más alejadas a los núcleos urbanos, las instalaciones de agua en las viviendas es inexistente, por lo que las viviendas no cuentan con ningún tipo de calefacción.

Por todas las características consideradas se podría afirmar que los niveles de temperatura en el interior de las viviendas están fuera de las condiciones adecuadas de confort térmico durante todo del día.



Imagen 18: Viviendas en la zona alto andina.



Imagen 19: Viviendas en la zona alto andina circunlacustre al lago Titicaca.





TIPOLOGIA 02: VIVIENDAS EN LA ZONA URBANA:



Imagen 20: Vista Panorámica de la ciudad de Puno.

CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS:

En la zona urbana de la sierra peruana se puede distinguir que existe un material predominante para la construcción de las viviendas, siendo las siguientes características constructivas las más comunes en la mayoría de casas de esta zona:

- Muros: el material predominante para la construcción de los muros es el ladrillo, en el interior las paredes son revestidas con cemento o enlucidas con yeso.
- Suelo: comúnmente se usan losetas, terrazos, cerámicos o similares, y en porcentajes menores parquet o madera pulida.
- Forjados y cubiertas son losas aligeradas hechas de concreto, y acero en sus secciones estructurales, y ladrillo como aligerante. En algunas zonas de la sierra del Perú la cubierta de las viviendas es de tejas de cerámica que van apoyadas sobre listones de madera que se fijan encima de las losas aligeradas.





- Vanos, por lo general son muy amplios para tener mayor iluminación pero el empleo de vidrio delgado no es efectivo como aislante por lo que no evita el paso del calor hacia adentro o hacia fuera de la habitación. No se usan ventanas de vidrio doble.
- Las viviendas tienen todos los servicios básicos pero no cuentan con ningún tipo de aislante térmico.



Imagen 23: Vivienda de seis niveles.



Imagen 23: Vivienda revestida con cemento.



Imagen 23: Vivienda en construcción .



Imagen 24: Interior de una vivienda - suelos de cerámico .





TIPOLOGIA 03: VIVIENDAS EN LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS:



Imagen 25: Isla Flotante – Uros, Perú.

CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS:

Las viviendas están compuestas por una sola habitación y se soportan en listones de madera que son unidos entre sí con clavos y amarres formando la estructura de los muros y cubierta inclinada, luego son recubiertos con tejidos de totora al que sus pobladores llaman “kesanas”.

- Muros a modo de tabiques que se forman de la unión de esteras que van recubriendo la estructura de madera; la elaboración de las esteras consiste en unir longitudinalmente pequeñas cantidades de totora con soguillas que elaboran a base de paja húmeda que tiene el nombre de chilligua, que ejerciendo presión entre ellas y haciendo amarres a cada cierta distancia se va formando un solo panel. Muy a pesar de ello se distinguen pequeñas aberturas entre los amarres lo que permite el paso del aire.
- Cubiertas; para la elaboración de las esteras que son usadas en las coberturas se emplea la técnica del “tejido con aguja” que consiste en agrupar los tallos alineados para luego unirlos con un hilo de nailon por la mitad desde un extremo a otro haciendo un nudo de remate final.² Para poder lograr que exista impermeabilidad y debido a que este tipo de





panel es más delgado se colocan tres capas de esteras, sin embargo en épocas de lluvia el interior de la cobertura es protegida con plásticos para impedir el paso del agua al interior de la vivienda.

- Suelos, debido a la humedad existente por la putrefacción de las capas bajas de totora se trata de aislar el suelo usando tabloncillos flotantes de madera.
- Las cocinas están ubicadas fuera de la casa, al aire libre para evitar incendios.

Debido a que la totora posee una estructura esponjosa y ligera presenta propiedades aislantes y térmicas, lo que se percibe al interior de las viviendas. Otro aspecto a destacar es la durabilidad del material; según investigaciones por parte del Arq. Juan Fernando Hidalgo, las kesianas que se usan en los muros si son protegidos de la lluvia y la radiación solar pueden durar hasta diez años sin tener que ser reemplazados y en el caso de las cubiertas las capas interiores duran más que la capa que queda expuesta a la radiación directa debiendo ser reemplazada entre dos o cuatro años. [8]



Imagen 26: Muros y cubiertas de las viviendas en Los Uros, Perú.





6.2 PROYECTO: ABRIGANDO HOGARES

A iniciativa del gobierno , ante la necesidad de reducir los efectos de las bajas temperaturas de las zonas rurales altoandinas del Perú, se unieron diversas instituciones para plantear alternativas a fin de mejorar el confort térmico de las viviendas ya construidas; estos grupos de trabajo plantearon diversas soluciones constructivas para tratar de mejorar las condiciones térmicas entre ellas la implementación de sistemas o el uso de materiales existentes en el medio.

Estas propuestas han sido puestas en práctica en distintos departamentos de la zona altoandina, el objetivo fue tratar de implementar medidas que permitan el aislamiento total de la vivienda interviniendo en muros, techos, vanos y pisos; también la captación de calor de forma pasiva de tal manera que la vivienda capte calor durante el día y sea capaz de conservar una temperatura favorable durante la noche. Los resultados de estos trabajos han sido publicados, mostrando los resultados después de la intervención realizada. [9]

PROPUESTAS REALIZADAS PARA EL AISLAMIENTO TERMICO :

En estas intervenciones en la zona del departamento de Puno; como una de las alternativas se han utilizado colchones de totora como aislantes térmicos en cubiertas y muros.

CUBIERTAS:

Para el aislamiento de cubiertas se han utilizado colchonetas de lana de oveja y se ha remplazado la chapa metálica ondulada que es de uso tradicional en estas zonas conocida como "calamina" por planchas de fibrocemento.

Otra alternativa planteada fue el uso de colchones de totora sobre las vigas de madera, que se fijan con clavos en sentido opuesto a las vigas a fin de reducir la pérdida de calor por conducción





MUROS:

En el caso de los muros de piedra han sido revestidos con una mezcla de barro y paja a fin de formar una superficie uniforme luego se han fijado los colchones de totora que son tensados horizontal y verticalmente; posteriormente los muros son enlucidos con una mezcla de barro y paja, en caso de ser usados en el exterior esto ayuda a proteger la totora de la intemperie y el sol; por lo que se recomienda realizar un mantenimiento constante del enlucido a fin de evitar los daños en el material.





RESULTADOS:

De acuerdo a los cuadros comparativos de la medición de temperatura de las viviendas antes y después de la intervención se ha concluido que al implementar los diversos sistemas de aislamiento térmico en conjunto tales como: ventana doble, piso de madera, colchones de totora en muros y cubiertas así como sistemas de captación de calor mediante claraboyas en techos y fitotoldos adosados han permitido elevar la temperatura de 3°C A 8°C en relación a una vivienda convencional sin intervención. [10]

De esta manera se puede concluir que las propiedades térmicas que tiene la totora son favorables y que debido a su bajo coste lo convierte en una buena alternativa para que sea usado como aislante térmico.





6.3 NORMATIVA DE CONFORT TERMICO EN EL PERU.

La dirección nacional de construcción como órgano del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que normaliza y promueve la construcción en el país, se propuso desarrollar un marco teórico y legal que ayude a mejorar el ámbito cualitativo del sector construcción. Para ello en el año 2008 mediante un comité técnico formado por diversas entidades del sector se empezó a trabajar el documento base para lograr una propuesta técnica; como parte de este trabajo en el año 2009 se firmó un convenio con el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) para obtener la data histórica de todas sus estaciones meteorológicas a nivel nacional . El objetivo fue la elaboración de una guía técnica que incluyera un mapa de zonas bioclimáticas y que pudiera ser la base para elaborar una normativa específica. Esta normativa incluiría sugerencias sobre la utilización de materiales y técnicas de construcción acordes con las condiciones climáticas de cada zona del país.

Con fecha del 13 de mayo del 2014, mediante publicación oficial en el diario “El Peruano”, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, decreta en su Artículo 2; la incorporación de la Norma técnica EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” al Reglamento nacional de edificaciones – RNE norma técnica .

Según esta normativa “En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionado al diseño arquitectónico, al tipo de artefactos que la edificación alberga (para iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) y a los hábitos de las familias o usuarios. Es necesario que los profesionales generen desde el diseño, edificaciones con eficiencia energética de acuerdo a los criterios modernos de sostenibilidad, para que a lo largo de la vida de la edificación se consuma menos energía.





El documento desarrollado, se convierte en la primera norma nacional que trata de mejorar a partir del diseño arquitectónico, las condiciones de confort térmico y lumínico con eficiencia energética de las edificaciones. En tal sentido, a través del tiempo esta norma debe perfeccionarse y actualizarse de acuerdo al desarrollo del país.” [11]

La “Norma técnica EM.110 tiene por objeto determinar zonas bioclimáticas dentro del territorio del Perú de acuerdo a las características particulares de cada zona desde el desértico costero hasta el tropical húmedo y fijar parámetros de diseño que tomen en cuenta el confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

IMPACTO DE LA NORMA TECNICA HASTA EL MOMENTO.

Muy a pesar de que exista ya en el Perú una normativa actual que trate de mejorar las condiciones de confort térmico no existe aún una normativa de obligado cumplimiento, que sugiera el uso de aislantes térmicos, tampoco está muy difundido su empleo como una alternativa para mejorar los déficits de confort en las viviendas. Por ello, la construcción de los cerramientos queda, en la práctica, limitado al empleo de materiales más tradicionales como los bloques de ladrillo, tabiques de yeso, y otros.

Además de una escasa normativa de respaldo, hay poca investigación y estudios relacionados con la aplicación de aislantes térmicos como una alternativa para mejorar el confort de las viviendas. Se aúna a este hecho el desconocimiento técnico por parte de la mayoría de los profesionales en el ámbito de la construcción, siendo muy pocos los especialistas en el tema.

Debido a la escasa difusión y promoción la población desconoce el concepto de confort térmico y, no consideran que sus viviendas deberían responder a diseños acorde a las condiciones climáticas de su zona, por lo que en su mayoría, se construyen edificios siguiendo modelos “modernos” copiados de otras ciudades y climas.



6.4 DATOS DE INTERES SOBRE EL LAGO TITICACA

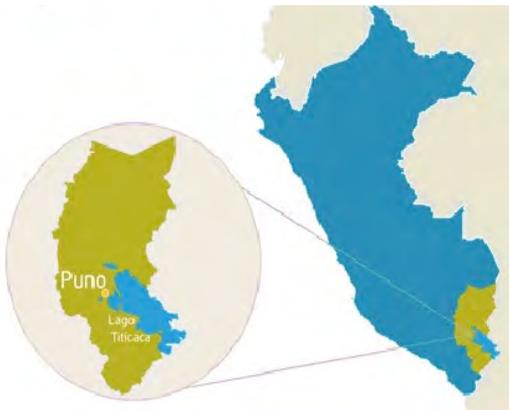


Imagen 27: Ubicación del Lago Titicaca.



Imagen 28: Atracciones turísticas del Lago Titicaca.

El lago Titicaca se encuentra en el extremo norte de la meseta del Collao, entre los territorios de Perú y Bolivia, se extiende como un extenso oasis central entre imponentes cordilleras, con suelos pobres y condiciones climáticas extremas, su presencia en este extenso altiplano permite un mejor clima, mayor humedad y mejora la productividad de sus suelos incrementando la biodiversidad y la complejidad cultural que se desarrollan en sus alrededores. Es considerado el lago navegable más alto del mundo, tiene una altitud promedio de 3,810 msnm, posee un área de 8,562 km² de los cuales el 56 % (4772 km²) corresponden a Perú y el 44 % (3790 km²) a Bolivia y tiene 1,125 km de costa; se encuentra dividido en dos partes por el estrecho de Tiquina, un cinturón de sólo 850m; el lago Mayor o Chucuito, se extiende al norte y el lago menor o Wiñaymarka (la tierra de la eternidad) hacia el sur; su profundidad máxima está en el lago mayor con 281m, el nivel del lago es irregular y aumenta durante el verano austral. Es el lago más grande el Perú. [12]



El significado de su nombre proviene de dos vocablos de la lengua aymara: "Titi" que significa puma, y "Karkha" que significa piedra, traducido como "Puma de piedra" , es muy probable que su nombre esté relacionado con la supuesta forma de puma echado, que tiene el lago.

Dentro del territorio peruano el lago Titicaca se extiende en el departamento de Puno y su profundidad máxima en esta la bahía es de 30m; al lago afluyen numerosos ríos que contribuyen a su productividad, albergando una gran biodiversidad de organismos vegetales y animales. En el límite entre la playa y el agua, se forman hábitats singulares que son el refugio de una alta diversidad de vida, donde se observan plantas enraizadas como los totorales, en regiones más profundas crecen las charas, plantas totalmente sumergidas.

La totora, planta acuática que crece de forma natural y abundante (alrededor de dos millones de toneladas al año) en la ribera del lago y áreas húmedas aledañas a los principales ríos afluentes; contribuye al desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas de la zona circunlacustre.



Imagen 29: Lago Titicaca, paisaje desde la isla Taquile.





6.5 LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS:



Imagen 30: Islas de los Uros.

Los Uros es uno de los pueblos indígenas más antiguos del continente americano, por el avance de la conquista Inca, decidieron abandonar sus tierras para internarse en las aguas del lago Titicaca así permanecieron ocultos en los totorales por lo que no fueron fácilmente sometidos; lograron sobrevivir siglos flotando sobre las aguas del lago Titicaca, donde construyeron islas de totora y asentaron aquí sus viviendas hechas del mismo material; para desplazarse construyeron embarcaciones también utilizando esta planta; así mismo elaboran artesanías, usando hábilmente la totora.

Las Islas Flotantes están ubicadas a 7 Km. del norte de la ciudad de Puno y es habitada por 475 familias, su comunidad posee 700 años de antigüedad y la isla más antigua tiene 358 años [13]. Por su cercanía a la ciudad de Puno y sus atractivos turísticos, recibe la visita de miles de turistas de diversos países, este hecho en las últimas décadas ha provocado el cambio en las costumbres y en las formas de vida de sus pobladores, si antes se dedicaban a la pesca, caza, a recolectar huevos y cortar totora, actualmente la mayor parte de los varones se dedican al transporte de turistas y las mujeres se dedican casi exclusivamente a la venta de artesanías a base de totora. [14]

Este pueblo hoy en día es la máxima expresión a nivel mundial de la forma tan singular del uso y aprovechamiento de la totora, y es un modelo de subsistencia



usufructuando todo cuanto existe en el lago y dentro de sus condiciones de vida . Es por ello que el 4 de marzo del año 2013, el Viceministerio de Patrimonio Cultural e Industrias Culturales del Ministerio de Cultura, declaró Patrimonio Cultural de la Nación a “los conocimientos y prácticas ancestrales de manejo de la totora desarrollados por el grupo originario uro, ubicado en el lago Titicaca, región Puno”, precisando que “estos elementos del patrimonio cultural inmaterial demuestran la capacidad creativa de este grupo para su adaptación al hábitat mediante soluciones originales, constituyendo una expresión de la identidad cultural del referido grupo uro”. [15]

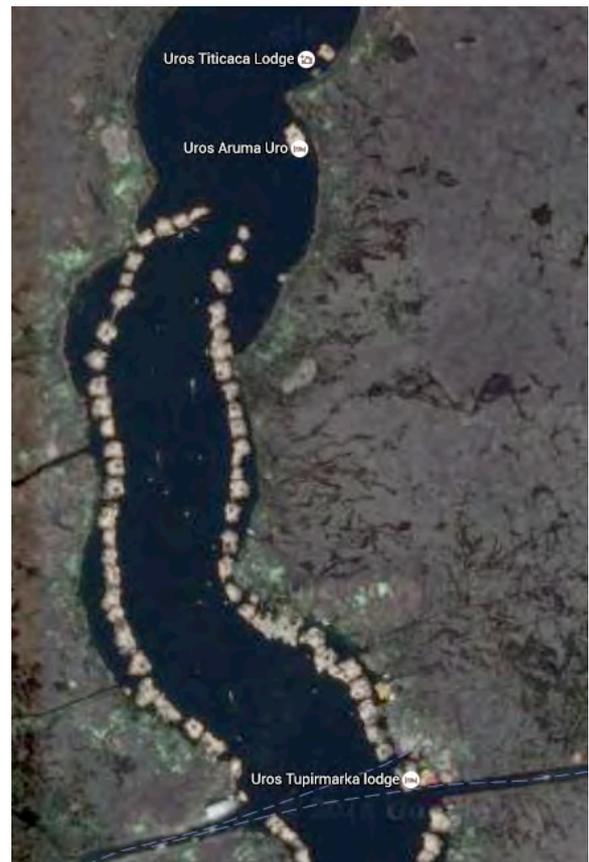
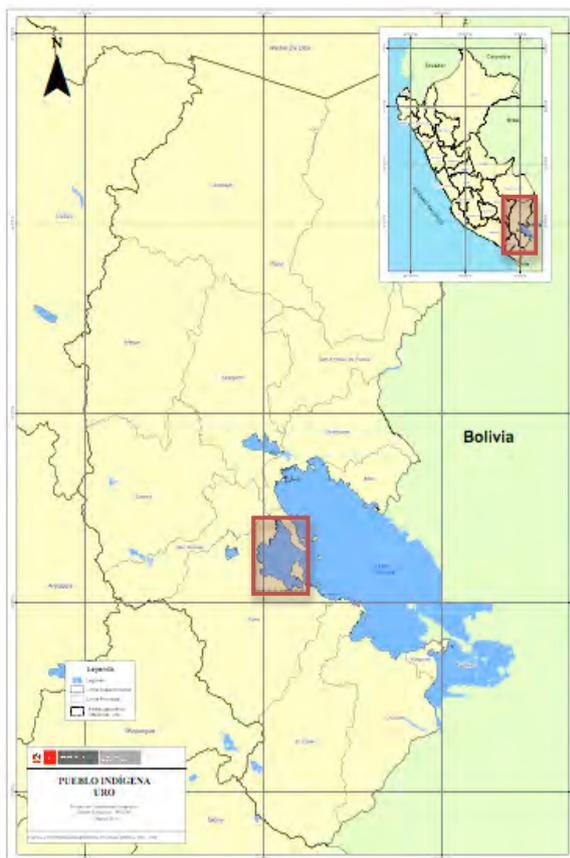


Imagen 31 y 32 : Ubicación de las Islas de los Uros e imagen satelital .



CONSTRUCCIÓN DE LAS ISLAS:

La construcción de estas islas flotantes se hace mediante el apilamiento de capas sucesivas de "totora" (*Schoenoplectus* o *Scirpus tatora*) planta perenne acuática cuyo tallo mide de uno a tres metros. Para la construcción de estas islas buscan asentarlas primero en bloques compactados de raíces a la que los uros denominan "khili" de aproximadamente tres metros de grosor. Para obtener dicha raíz esperan la subida del nivel del lago, tras el deshielo de las montañas circundantes, lo que facilita el afloramiento de dichas raíces.

El "khili" es cortado en bloques desde las barcas haciendo uso de una vara de unos cuatro metros, unida a una afilada cuchilla o serrucho. Posteriormente unas soguillas trenzadas de paja que llaman "chilliwa", permitían la unión de los bloques de raíz entre sí; actualmente se utilizan cuerdas de nylon ya que estas permiten una unión más duradera.

Para evitar su desplazamiento anclan las islas con fijaciones que se realizan de dos formas: con ataduras a troncos de 15 metros clavados en el fondo del lago, y con ataduras a las islas ya construidas. Sobre esta base de bloques de raíz flotante se distribuyen capas sucesivas de totora en disposición alterna (horizontal y verticalmente) hasta lograr un espesor considerable que a su vez se van renovando cada cierto periodo. Antes de comenzar a construir sus casas, las capas de totora se afirman a los bloques mediante troncos y estacas (de 6 a 8 anclas por isla)

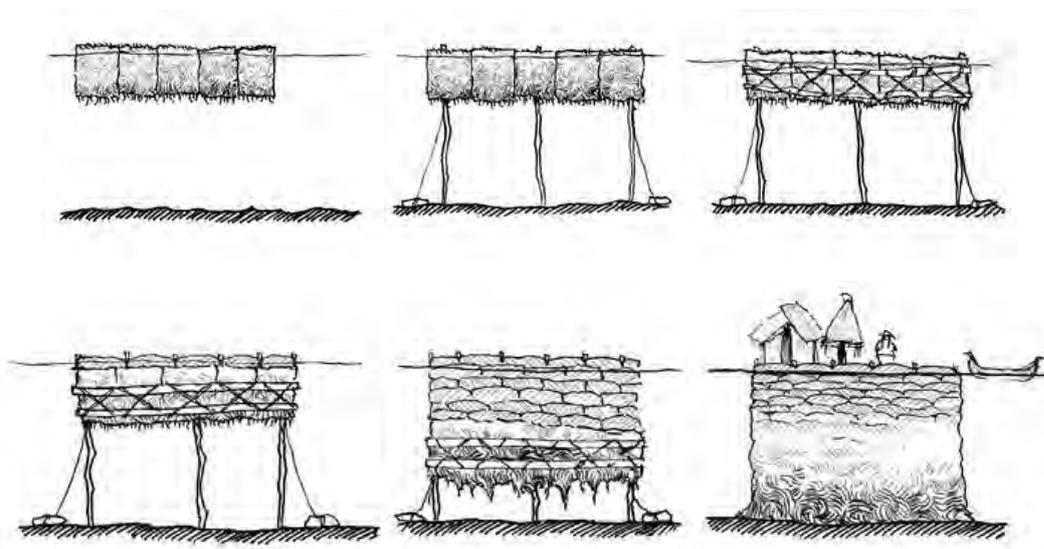


Imagen 33: Proceso constructivo de las islas flotantes de los Uros.





¿Cómo se mantienen a flote las islas?

Los gases que se producen cuando la totora se descompone bajo el agua mantienen a flote las islas, las burbujas de gas que se producen por este proceso quedan atrapados en el entramado de totoras esto hace que desplace al agua. Cuando disminuye su densidad y al desplazar el agua por gas, la masa de totoras adquiere propiedades de carácter neumático; esto hace posible que sobre su superficie que siempre está en proceso de renovación se mantenga a flote y sea capaz de soportar el peso de cargas fijas (viviendas) y móviles (habitantes).

Todo este peso que es aplicado sobre su superficie, junto a la fuerza ascendente de la masa flotante, comprimen al conjunto de totoras, en cuyo fondo se va produciendo una especie de compost debido a la continua descomposición, con el paso de los años llega a tocar y conformar el fondo mismo del lago. Mientras se va desarrollando todo este proceso, las islas son ancladas con cuerdas y largos puntales de madera para evitar que los fuertes vientos las arrastren a la deriva. [16]



Imagen 34.: El Khilli, cortado en bloques



Imagen 35: Presentación del sistema constructivo de las islas mediante modelo a escala





7.0 ASPECTOS GENERALES DE LA TOTORA



Imagen 36: Crecimiento de la totora en el lago Titicaca.

Es una planta acuática perenne, fasciculada que crece de manera silvestre en el Lago Titicaca aunque, también puede ser cultivada y puede llegar a medir hasta 4 m de altura.

Los ecosistemas conformados por los totorales se caracterizan por albergar una importante diversidad de vida silvestre, donde se aprecian aves residentes y migratorias, peces de agua dulce, numerosos anfibios como sapos y ranas, y gran cantidad de plantas acuáticas.

Las variaciones en los niveles de agua inciden en la densidad de los totorales. En 1987 después de que a causa del fenómeno del niño se elevaran los niveles del agua por las muchas precipitaciones la densidad de totora fue estimada en 165 tallos/m² dispersos en 28,28 km², mientras que en el año 2000 luego que una sequía redujo el nivel de las aguas la densidad de totorales se incrementó alcanzando los 430 tallos/ m² que ocupaban una extensa área de 80,70 km².

El nombre científico de esta planta estuvo sujeta a diversos cambios, pero estudios científicos realizados en el Perú sobre la composición y distribución de las micrófitas





acuáticas en la bahía de la ciudad de Puno; concluyen que es una planta de la familia Cyperaceae, del género “Schoenoplectus o Scirpus Californicus” . Dentro de este género, la especie “Schoenoplectus tatora” , cuyo nombre común es totora es la que tiene mayor presencia en el Lago Titicaca. [17]

La totora ha estado presente en el lago Titicaca desde épocas prehispanicas. Existen testimonios de su uso que datan de 8.000 años antes de Cristo, aunque su uso se intensifica a partir del siglo IX después de Cristo. En la costa norte del Perú esta planta también tiene presencia, crece en un conjunto de pozas llamadas balsares o “wachaques”, donde es cultivada por pescadores para luego usarlas en la construcción de embarcaciones marinas que tienen la denominación de “caballitos de totora” con una técnica ancestral que data desde la época pre - inca (3,000 a 5,000 años) [18] época en que la cultura Chimú utilizaba esta planta para la construcción de sus balsas.

En el caso de los pobladores de las islas de los uros, en el Lago Titicaca este material se ha empleado hábilmente para la construcción de sus islas flotantes, casas, embarcaciones y en la elaboración de artículos de uso doméstico, entre ellos “la kesana”, que es un tejido hecho de los tallos de totora y que se usa para la construcción de su casas, colchones y diversos tipos de artesanías.



Imagen 37 y 38: Usos de la totora, viviendas y embarcaciones.





7.1 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA TOTORA :

Pese a su implantación en zonas relativamente poco profundas, el funcionamiento metabólico de esta planta herbácea emergente es esencialmente aéreo. Está conformada por las siguientes partes:

RIZOMA: Posee un tallo grueso con hojas escamosas que crecen bajo tierra, tiene una textura esponjosa de color rojo oscuro.

TALLO: Posee un tallo erguido, liso, flexible, liviano, de forma triangular, carece de ramificación por lo que no tiene nudos. Estructuralmente el tallo es un cilindro cortical provisto de parénquima esponjoso y aerífero, es rico en parénquima clorofiliano que le da precisamente el color verde. [17]

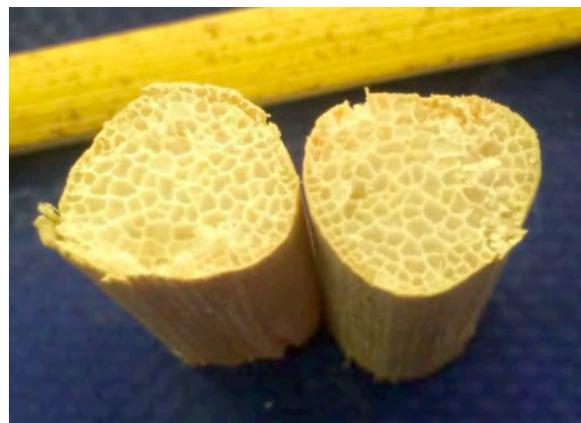
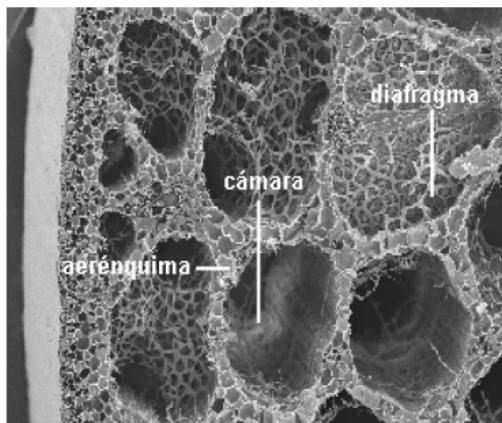


Imagen 39 y 40: Parénquima de la totora .

HOJAS: Las hojas de la totora se forman a nivel del nacimiento de los tallos y en forma de vaina lo rodean en la base. Están distribuidas en dos sectores: las hojas de la parte inferior de la planta presentan vainas foliares carentes de láminas, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente.

INFLORESCENCIA: La parte alta de la planta presenta una inflorescencia en umbella, con umbelillas dispuestas en sus ejes terminales; los totorales desarrollan inflorescencia durante todo el año y con mayor predominancia en época de lluvias.





FLORES: Presenta flores completas; sus verticilios externos están compuestos por cuatro escamas que hacen las veces de perigonio haploideo como en algunas dicotiledóneas y en este caso vendrían a ser como las glumas de las gramíneas tomando una disposición parecida al trigo. [17]

La envoltura floral está compuesta por 2 a 6 escamas y su fruto es un aquenio plano convexo.

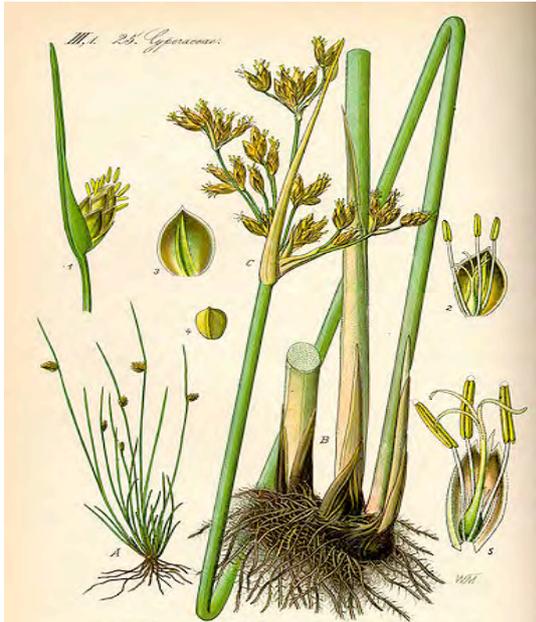


Imagen 41: Partes de la totora: tallo, frutos, inflorescencia.



Imagen 42: Flores

FRUTOS: Esta planta produce frutos secos biconvexos o aplanados convexos, lisos o transversalmente rugosos, con un pericarpio no soldado a ellos. El fruto contiene una sola semilla de forma similar a la lenteja.





7.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TOTORA

De estudios que fueron realizados por el Arq. Juan Fernando Hidalgo para determinar las propiedades físicas de la totora y que expone en su publicación "Totora material de construcción - Parte I" [19], se extraen los siguientes datos:

Densidad:

Un grupo de totora atada con presión mediana, de manera que no altere su volumen pero mantenga estable el conjunto, tiene un peso de 180Kg/m³.

Absorción:

La totora sin presión, al estar saturada de agua (24 horas sumergida) aumenta en promedio cuatro veces su peso seco inicial.

Velocidad de absorción:

La velocidad inicial de absorción, tomada en los primeros 20 minutos de inmersión, es de 7% de aumento de su peso/minuto, y la velocidad de absorción general, hasta su estado de saturación, es de 0.3%/minuto.

Velocidad de pérdida de humedad:

La velocidad inicial de pérdida de peso al secarse, tomada en los primeros 20 minutos, es de 0.3% de pérdida de su peso/minuto, y la velocidad de secado general hasta su estado seco original, es de 0.13%/minuto.

En esta investigación también se realizaron las mismas pruebas con una muestra de totora atada con una cuerda a presión media para analizar el aumento del volumen de la muestra; de todas las pruebas realizadas destacamos la siguiente que aporta datos de interés para el presente trabajo:

Compresión.

Un tallo de totora aislado, resiste alrededor de 15kg/cm³. La resistencia a la compresión aumenta si se trabaja con grupos de tallos de totora juntos y aumentará aun más si este grupo es sujetado con presión para conseguir un volumen compacto, pudiendo llegar hasta resistencias de 40kg/cm² o mas.





Los ensayos puntualizan en la diferencia de la capacidad de absorción de agua de la totora, por efectos de la presión de amarre. La absorción disminuye según aumente la presión aplicada.

7.3 EL USO DE LA TOTORA:

7.3.1 EXTRACCION:

Considerando que la totora es un recurso natural renovable que llega a cubrir zonas extensas del Lago Titicaca, el poblador del anillo circunlacustre la extrae de manera extensiva y esto hace que la extracción de la totora sea un gran aporte para la subsistencia y economía de las comunidades ribereñas. La totora alcanza su máximo crecimiento en épocas de lluvia en los meses de Enero, Febrero, Marzo y su corte se realiza en los meses de Agosto y Setiembre época en la que se da un nuevo crecimiento llamado retoño.



Imagen 43: Proceso de extracción.





7.3.2 ALIMENTACION

La base del tallo de la totora se denomina "Chullo" y es fuente de minerales y fibra además posee un alto contenido de yodo por lo que es consumida por los pobladores.



Imagen 44 y 45. Chullo

7.3.3 COMERCIO Y ARTESANIA

La fibra de totora es utilizada para elaborar adornos en tamaños pequeños como balsas, esteras, animales en forma de felinos y aves en tamaños naturales, también confeccionan muebles en forma de balsas. El comercio a partir de objetos obtenidos de la totora llega a ser un medio importante de sustento y comercio para los pobladores de las islas.



Imagen 46 y 47 Adornos hechos a base de totora.





7.3.4 EMBARCACIONES:

Una de las aplicaciones importantes de la totora es la fabricación de embarcaciones, utilizadas por los pobladores de los uros como medio de transporte, para el proceso de extracción de la misma planta y para la pesca artesanal de especies nativas para autoconsumo.

Las balsas de totora fueron el vehículo de navegación en el Titicaca desde periodos tan antiguos como el formativo (1500 aC- 400 dC), así también en tiempos de la cultura Tiwanaku esta tecnología se utilizaba para el transporte de bloques de piedra los cuales estaban destinados a la construcción de su infraestructura pública. [12] Así mismo se han publicado diversas investigaciones que confirman que este tipo de embarcaciones pudieron utilizarse en expediciones transatlánticas, tal es el caso de Thor Heyerdahl explorador Noruego que en 1947 realizó una travesía por la parte occidental del Océano Pacífico, desde la costa del Perú hasta las islas de la Polinesia, en una balsa bastante primitiva utilizando esta planta como el principal material de la embarcación .

Así Heyerdahl trataba de comprobar su propia teoría, según la cual la isla de Pascua podría haber sido poblada no por los asiáticos, como consideraba la mayoría de los científicos, sino por los originarios de América del Sur. Con su expedición exitosa comprobó que no se puede descartar esa hipótesis, pues un viaje así es realizable.

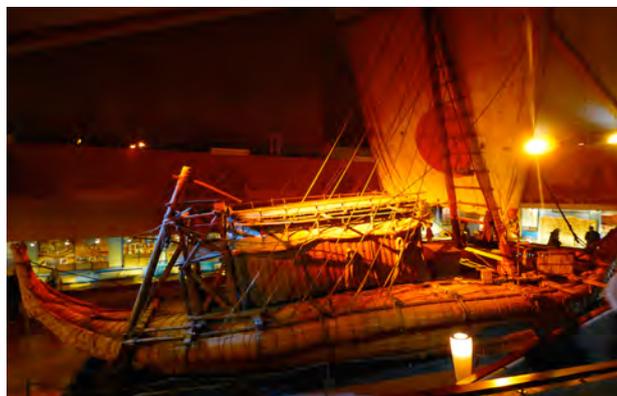


Imagen 48 Embarcacion usada en la exploracion Kon-Tiki:





En las playas de la costa norte del Perú, también se encuentran embarcaciones marinas hechas de este material, datan desde la época pre- inca (3000 a 5000 años); en la lengua muchik se la conoció con el nombre de “tup”; y actualmente es uno de los símbolos de identidad de esta zona, comúnmente se les llama “caballito de totora” . [18]

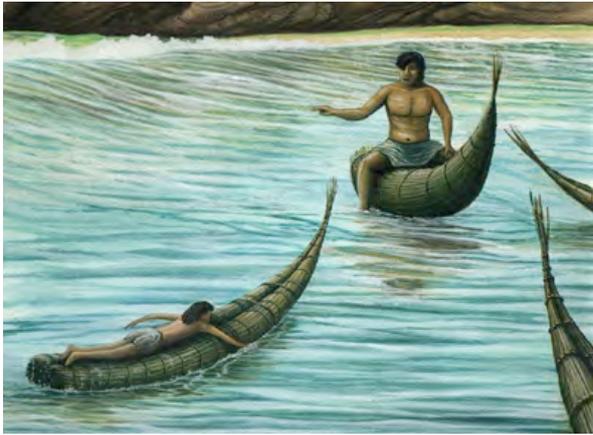


Imagen 49 y 50 Caballitos de totora



Imagen 51 y 52: Balsas construidas por los Uros





CAPITULO III:

8. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Se desarrollaron modelos experimentales a base de totora con la adición de resinas de origen orgánico entre ellos: cola de pez, cola de hueso, alginato y goma arábica; así también se analizaron sus propiedades térmicas (conductividad y difusividad térmica), difusividad al vapor de agua, permeabilidad al aire y ensayo de flexión.

8.1 MATERIALES USADOS :

- La totora (*Schoenoplectus tatora*), materia principal utilizada en este proyecto se ha obtenido desde el sector circunlacustre de Chulluni, en la ciudad de Puno en Perú y ha sido importada para su investigación.
- Los diversos aglutinantes y aditivos han sido adquiridos de lugares que expenden productos químicos.

TIPOS DE AGLUTINANTES USADOS :

El aglutinante es una sustancia que reúne las condiciones de adherir fragmentos de uno o más materiales para formar un conjunto compacto; pueden estar en estado líquido o sólido, estos últimos necesitan disolverse o dispersarse en un disolvente o agua para conseguir un aglutinante líquido según la forma en que llevan a cabo la unión éstos añaden textura, firmeza y espesor.

Los aglutinantes naturales se obtienen de fuentes de origen natural muy diversas, incluidas las secreciones y el tejido conjuntivo de las plantas e insectos, entre ellos se encuentran: los aceites, colas, gomas, resinas, ceras y lacas.

Para el presente trabajo de investigación se ha optado por la utilización de aglutinantes de origen natural, a continuación se describen los que han sido utilizados.





AGLUTINANTES DE ORIGEN VEGETAL:

GOMA ARÁBIGA:

La goma arábica es un tipo de goma que se extrae de las acacias. Las gomas son polisacáridos mixtos, que se producen en la naturaleza en forma de secreciones vegetales, generalmente son sólidas; solubles en agua, insolubles en alcohol y disolventes orgánicos, secan formando sólidos no cristalinos, quebradizos y transparentes. Son sensibles al ataque de bacterias y hongos. El uso de las gomas es variado, se pueden usar como aglutinante, adhesivo, espesante, fijador, estabilizador, o clarificador

La goma arábica es una oxidación gomosa seca obtenida de varios árboles de acacia de la familia de las leguminosas. La goma aparece entre las grietas de los troncos que exudan en forma de esferitas que se asemejan a lágrimas; que se endurecen al contacto con el aire; estos exudados se recolectan a mano, la goma se selecciona, se muele se procesa y se gradúa para satisfacer diversas especificaciones.

Se usa como aglutinante de la acuarela, gouache, tintas, todo tipo de aguadas, adhesivo para papel, cartones; es un gran coloide protector, un buen estabilizador de emulsiones y dispersiones y buen espesante.

Es soluble en agua e insoluble en alcohol y también se emplea en la industria farmacéutica. Se vende en forma de lágrimas, polvo y en forma de solución en droguerías y casas de arte.



Imagen 53: Goma arábica en grano.





ALGINATO:

El alginato es un polisacárido aniónico distribuido ampliamente en las paredes celulares de feófitas o algas marinas pardas, cuya función principal es dar rigidez, elasticidad, flexibilidad y capacidad de enlazar agua. Estas sustancias corresponden a polímeros orgánicos derivados del ácido algínico, abundante en las costas rocosas en los cuales crecen en la zona sublitoral y litoral, especialmente en agua fría.

Las algas pardas son importantes productos primarios en las zonas costeras donde se llegan a formar grandes hábitats submarinos que constituyen un ambiente muy favorable para numerosos animales marinos (vertebrados e invertebrados). Aunque su mayor diversidad se da en zonas polares, boreales y en latitudes templadas, también crecen en aguas tropicales y subtropicales, siendo el género *Sargassum* el más extendido de las grandes concentraciones de algas pardas.

Para formar el aglutinante a base de alginato es necesario agregar citrato de sodio que actúa como retardante y yeso que permite que la sustancia se convierta en gel.



Imagen 54: Algas pardas.

AGLUTINANTES DE ORIGEN ANIMAL:

COLAS:

Las colas animales están formadas por gelatina, que se obtiene a partir del colágeno (proteínas coloidales) existente en la piel, tendones, huesos y cartílagos de animales. Con la cocción de estos tejidos, se obtiene una emulsión la cual que





se usa para unir materiales ligeros y porosos: madera, papel, tela, pieles entre otros.

Las colas presentan un color transparente con tonos amarillos y marrones; se presentan en forma sólida (tabletas, láminas, escamas, sémola y perlas), o líquida.

Las mejores se hacen con pieles y huesos, logrando aglutinantes muy fuertes que al secar son muy flexibles. Cuando se elaboran de tendones y cartílagos forman capas transparentes, sin color, sin olor y al secar, forman una emulsión semisólida (gel) llamadas gelatinas. Las colas animales se siguen utilizando en restauración por sus buenas propiedades y características similares a las empleadas originalmente. [20]

COLA DE PEZ:

Cola de origen animal que toma materia prima en su composición la piel, espinas, cartílagos y vejigas natatorias de varias clases de peces. Este tipo de cola es bastante fuerte, pero tiende a la fragilidad con el paso del tiempo, por lo cual, se mezcla con humectantes, tales como miel y glicerina. La cola de esturión es bastante apreciada en los países del norte de Asia y Europa; la mejor calidad se consigue usando exclusivamente las vejigas natatorias de dicho pez; con ella se preparan imprimaciones de forma tradicional, las cuales tardan bastantes meses en secar.

Por su escaso peso molecular y su menor viscosidad en concentraciones bajas es ideal para la protección y consolidación de capas pictóricas, presentación en láminas y polvo. Se consigue en forma de tiras (forma francesa), en forma de granos y forma líquida en casas comerciales de materiales de arte y restauración.



Imagen 55: Cola de pez.





COLA DE HUESOS:

Este tipo de cola se obtiene principalmente de cuernos y pezuñas (de vacas y cabras), es medianamente fuerte y se presenta en forma de perlas de color marrón claro. Una vez engrosadas en agua y calentadas al baño maría, se usa en caliente y gelifica al enfriarse cuando seca produce una capa dura, satinada y frágil por lo que se le adicionan plastificantes como la glicerina.



Imagen 56: Cola de huesos.

Con respecto a su fuerza cohesiva la cola de huesos suelen ser más quebradiza que la de piel ya que tiene las moléculas altamente disgregadas, es decir, de bajo peso molecular, y por lo tanto su fuerza cohesiva es menor.⁵⁵

Muy usada en oriente como aglutinante al preparar tinta en barra de manera tradicional, también en pintura, se usa tanto como imprimación de lienzos y tablas como en la elaboración de pinturas al temple y, por supuesto, en las técnicas tradicionales de dorado a la cola.

ADITIVOS:

En la etapa experimental se utilizaron aditivos con la finalidad de mejorar las características de la totora en dos aspectos: su comportamiento al fuego y frente a ataques de insectos y hongos. Para tal fin se han seleccionado aditivos que actúen como retardantes de llama y que tengan propiedades repelentes para mantener a las fibras libres de agentes que degraden el material; se han seleccionado las siguientes sustancias:





BÓRAX

El término bórax se refiere a una amplia familia de sales derivadas del ácido bórico. En este caso se ha utilizado el borato de sodio. Es un cristal blanco suave que se disuelve fácilmente en agua y no es perjudicial para el medio ambiente, si se deja reposar al aire libre pierde lentamente su hidratación. Debido a sus propiedades repelentes se usa como pesticida, para evitar el ataque de insectos, eliminar malezas e inhibir el moho.

ALUMBRE DE POTASIO O ALUMBRE:

El término de alumbre se refiere a varios sulfatos sólidos isomorfas compuestos de metales trivalentes y metales monovalentes, especialmente sulfato de aluminio y potasio; los usos que se le da es como retardante de llama en los productos textiles, agente de coagulación de látex de caucho y como astringente.

9. SELECCIÓN DE FORMULACIONES :

Con el fin de determinar las formulaciones adecuadas para la conformación de los paneles aislantes térmicos, se han realizado diversas pruebas mezclando las fibras de totora con diversos tipos de aglutinantes (cola de pez, cola de hueso y goma arábica) y distintos porcentajes agua. Se ha tomado como peso base referencial 10 gramos de fibra de totora triturada; a fin de conseguir una buena trabajabilidad de los compuestos durante el amasado, se ha ido variando la cantidad de agua para ajustarla.

En el caso del alginato se ha tomado como referencia la investigación realizada por la Arquitecta Mariana Palumbo [21], donde se establecen parámetros para una dosificación adecuada.

Estas pruebas tuvieron como objetivo determinar el tipo de aglutinante más apropiado, las proporciones adecuadas entre la fibra y los otros componentes, así como la compatibilidad química entre ellos. Finalmente se seleccionaron las formulaciones que posibilitaban una adecuada cohesión y las que permitían obtener una menor conductividad térmica.





Se han planteado las siguientes formulaciones entre tamaño de fibras, agua y aglutinante (cola de hueso, cola de pez, goma arábica).

Tamaño fibra	Peso en gramos			Nº de formulación
	Fibra	Aglutinante	Agua	
3,20 mm	10	10	52	01
1,19 mm	10	10	24	02
1,19mm	10	8	22	03
fondo	10	10	24	04
fondo	10	12	22	05

Tabla 01: Formulaciones de fibras sin mezclar.

Mezcla de fibras	Peso en gramos			Nº de formulación
	Fibra	Aglutinante	Agua	
3,20 mm	-	6	18	06
2,00 mm	4,0			
1,19 mm	3,5			
fondo	2,5			
3,20 mm	-	6	18	07
2,00 mm	2,5			
1,19 mm	3,5			
fondo	4,0			
3,20 mm	-	10	18	08
2,00 mm	4,0			
1,19 mm	3,5			
fondo	2,5			
3,20 mm	-	12	18	09
2,00 mm	2,5			
1,19 mm	3,5			
fondo	4,0			

Tabla 02: Formulaciones de fibras mezcladas.





TAMAÑO DE PARTICULA

Luego de triturar la totora, se usaron los siguientes tamices para la selección del tamaño de partícula.

NUMERO DE TAMIZ	APERTURA	IMAGEN
	3,20 mm	
10	2,00 mm	
16	1,19 mm	
Base	Fondo	

Tabla 03: Tamices usados.



Imagen 57: Tamaños y tamices de fibra triturada.





10.0 DESARROLLO DE PROBETAS:

Se han desarrollado dos tipos de probetas, bajo las siguientes características:

- Probetas tipo A (fibra de totora triturada): Tras un previo proceso de selección, trituración y tamizado, se usaron las fibras trituradas por separado, y mezcladas en distintos tamaños de fibra y proporciones. Se usaron diferentes formulaciones.
- Probetas tipo B (caña entera de totora): Luego de unir las cañas de totora perpendicularmente se formaron paneles de tres capas superpuestas de manera alternada, luego son prensadas.

Aglutinantes usados:

- Cola de pez.
- Cola de hueso.
- Goma arábica.
- Alginato.



Imagen 58: . Proceso de trituración de la fibra



Imagen 59: Unión de las cañas con aglutinantes.





PROCESO DE ELABORACION DE PROBETAS:

PROBETAS TIPO A (fibra de totora triturada):

- Se mezcla la fibra con las proporciones de agua y aglutinante que corresponden según la formulación seleccionada.
- Cuando la fibra quede húmeda y esté homogéneamente mezclada con el aglutinante, se utiliza un molde para contener la mezcla.
- Con una prensa neumática se ejerce presión sobre las muestras por un tiempo aproximado de 5 minutos, con el uso de pequeñas placas que encajen en el molde se logra el espesor adecuado, obteniendo así la densidad objetivo. Mediante este proceso de compactación las fibras quedan unidas y luego de desmoldarlas se dejan secar a temperatura ambiente durante 48 horas.



Imagen 60: Fibra triturada y tamizada.



Imagen 61: Prensa neumática.



Imagen 62: Molde usado.



Imagen 63: Probeta desmoldada.





PRUEBA 01 – Selección del tamaño de partícula.

TAMAÑO DE FIBRA: 3,2mm / 2,00 mm/ 1,19mm / fondo (fibras sin mezclar)

AGLUTINANTES: Cola de pez / cola de hueso.

Nº DE FORMULACION (Tabla N° 01): todas las formulaciones.

- Después de seleccionar y separar las fibras, se han elaborado probetas experimentales de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente.
- Se han usando las fibras de mayor a menor espesor (3,2mm - fondo) sin mezclarlas.
- Los aglutinantes usados fueron la cola de pez y cola de hueso.



Imagen 64: Proceso de elaboración de probetas – Prueba 01.





RESULTADOS:

Después de haber terminado este proceso, se puede ver que en el caso de las fibras de 3,2 mm y 2,00mm es más difícil que se adhieran entre sí, al secar las probetas llegan a ser quebradizas y algo frágiles; un inconveniente es que por el tamaño de fibra es necesario usar una mayor cantidad de agua, o tendrán que ser humedecidas antes del proceso de aglomerado.



Imagen 65: Probeta elaborada con el tamaño más grueso de fibra - 3.2mm .



Imagen 66: Probetas desmoldadas., pruebas con distintos tamaños de fibra.



Imagen 67: Probeta elaborada con la fibra más menuda - fondo.



Imagen 68: Selección de probetas prueba





PRUEBA 02 – Efecto de la mezcla de tamaños de partícula y tipo de aglutinante.

TAMAÑO DE FIBRA: Fibras mezcladas - 2,00mm / 1,19mm / fondo

AGLUTINANTES: Cola de pez / cola de hueso/ goma arábiga.

Nº DE FORMULACION (Tabla Nº 02): todas las formulaciones.

- Tras realizar la primera prueba se ha verificado que las fibras de 3,2mm no se adhieren fácilmente y que se requiere una mayor cantidad de aglutinante y agua, se descarta el uso de este tamaño de fibra.
- Se han pesado y mezclado las fibras (2,00 mm, 1,19mm y fondo) de acuerdo a las formulaciones de la tabla Nº 02
- Se han elaborado probetas experimentales con las mismas dimensiones que en la Prueba 01 (8cm x 8cm x 1,5 cm).
- Se usaron como aglutinantes la cola de pez, cola de hueso y goma arábiga.

RESULTADOS:

Se puede ver que las probetas que tienen las fibras mezcladas tienen una adherencia considerable sobre todo cuando tienen mayor proporción de fibras de menor dimensión (fibra fondo). Un inconveniente es que el secado a temperatura ambiente es lento, por lo que se considera como una alternativa al proceso de secado el uso de una estufa.



Imagen 69 : Probetas elaboradas con fibras mezcladas.





PRUEBA 03 – Valoración del uso de alginato como aglutinante.

TAMAÑO DE FIBRA: Fibras sin mezclar y fibras mezcladas - 2,00mm / 1,19mm / fondo
AGLUTINANTES: Alginato.

Nº DE FORMULACION formulaciones al 3% y 5%.

- Se han elaborado probetas experimentales con las mismas dimensiones que en la Prueba 01 (8cm x 8cm x 1,5 cm); en el caso de las probetas que llevan fibras sin mezclar sólo se ha usado la fibra fondo.
- Se han pesado y mezclado las fibras (2,00 mm, 1,19mm y fondo) de acuerdo a las formulaciones de la tabla N° 02
- Se ha usado el alginato como aglutinante, su preparación se ha hecho de acuerdo porcentajes referenciales.

RESULTADOS:

Después de haber terminado este proceso, se puede ver que en el caso de las probetas en las que se ha usado el alginato al 3% las fibras no quedan lo suficientemente aglutinadas; la adherencia es mayor en las probetas que tienen el alginato al 5% sin embargo la probeta no es del todo resistente a la manipulación. Se determina que sería más adecuado usar una formulación con un 6% de alginato.

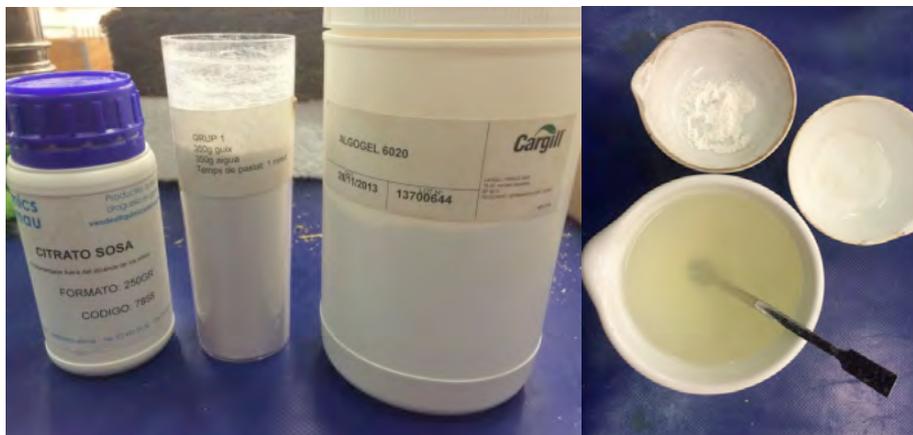


Imagen 70: Alginato, citrato de sodio y yeso





PRUEBA 04: Evaluación de la adherencia sin tratamiento previo.

TAMAÑO DE FIBRA: CAÑA ENTERA

AGLUTINANTES: Cola de pez, cola de hueso.

PROCEDIMIENTO: Cañas sin raspar.

Estas probetas se han elaborado a partir de las cañas enteras de la totora que fueron unidas de manera perpendicular y en capas que son superpuestas de manera alterna hasta formar un solo panel con la ayuda de una prensa neumática.

Se puede observar que entre las cañas de totora se genera una adherencia precisa ya que por la forma de sus cañas y por la presión que se ejerce encajan muy bien entre sí, y sus uniones se asemejan a las uniones de la madera machihembrada.

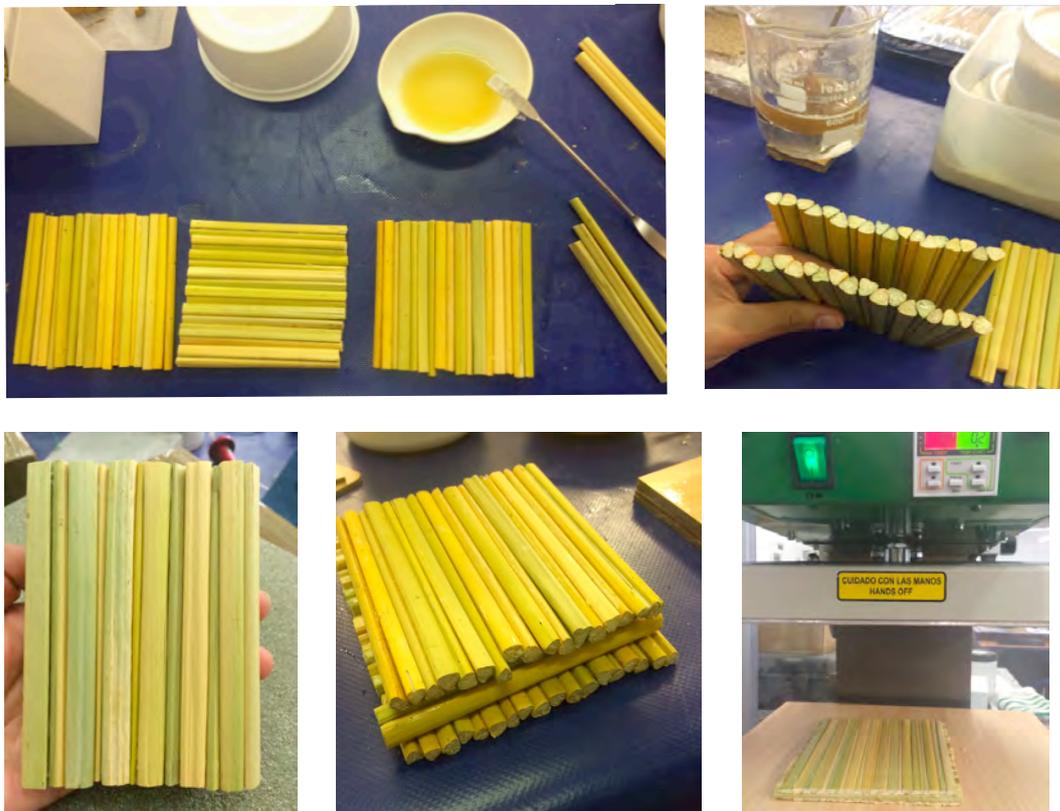


Imagen 71: Probeta de caña entera, primera prueba, se unieron las cañas sin raspar .





RESULTADOS:

En este proceso se puede verificar que cuando secan las cañas tienden a desprenderse a pesar de la fuerza de unión que ejerce el aglutinante, se deduce que esto se debe a que la totora tiene un envoltorio resistente y de estructura lisa algo plástica lo que no permite que el aglutinante se adhiera, ya que al secar se desprende fácilmente.

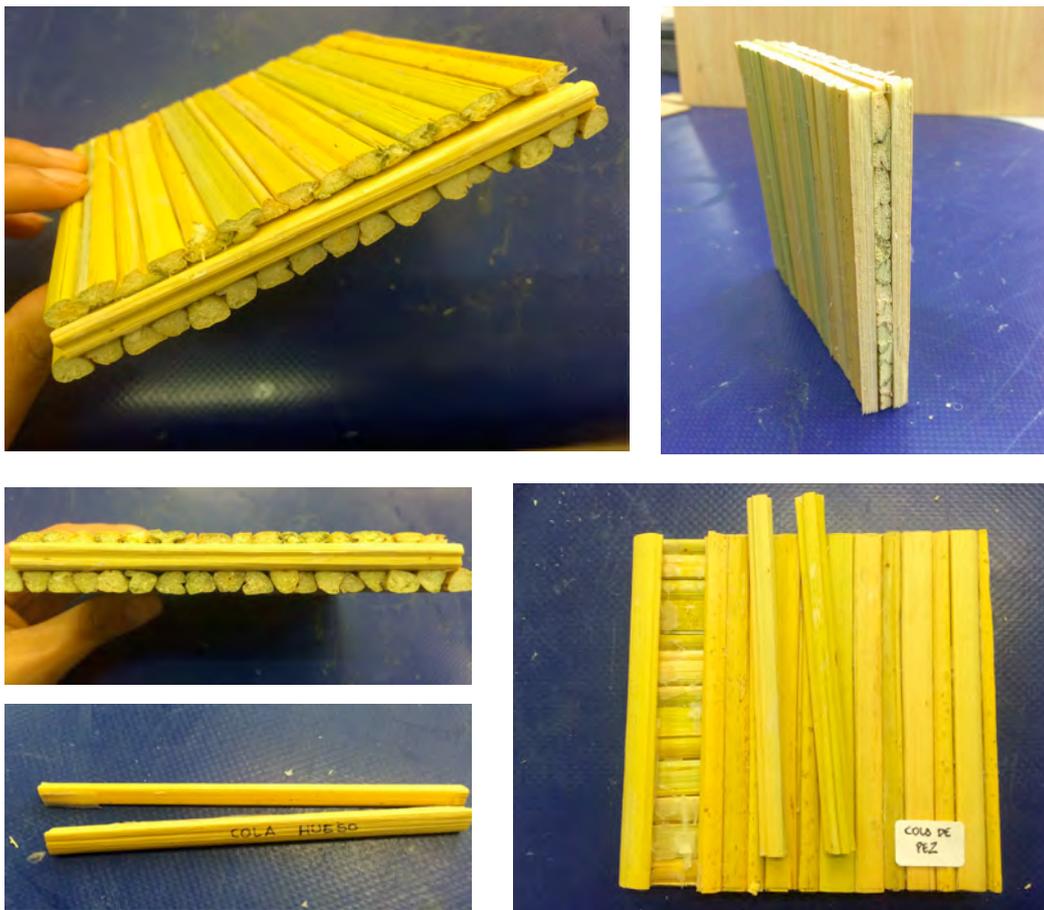


Imagen 72: Probetas de caña entera, aglutinadas y conformadas por tres capas superpuestas de manera alternada .





PRUEBA 05. Evaluación de la adherencia con tratamiento previo

TAMAÑO DE FIBRA: Caña entera.

AGLUTINANTES: Cola de pez, cola de hueso, goma arábiga.

PROCEDIMIENTO: Cañas rascadas.

Debido a los inconvenientes que se tuvieron para unir las cañas, se he añadido al procedimiento, la acción de rascar ligeramente la superficie de protección que tiene esta planta, se ha usado papel lija. Para unir las cañas con el aglutinante se sigue el mismo proceso, sin embargo luego de haber secado se puede verificar que la adherencia es mucho mayor, no pudiendo desprenderse fácilmente

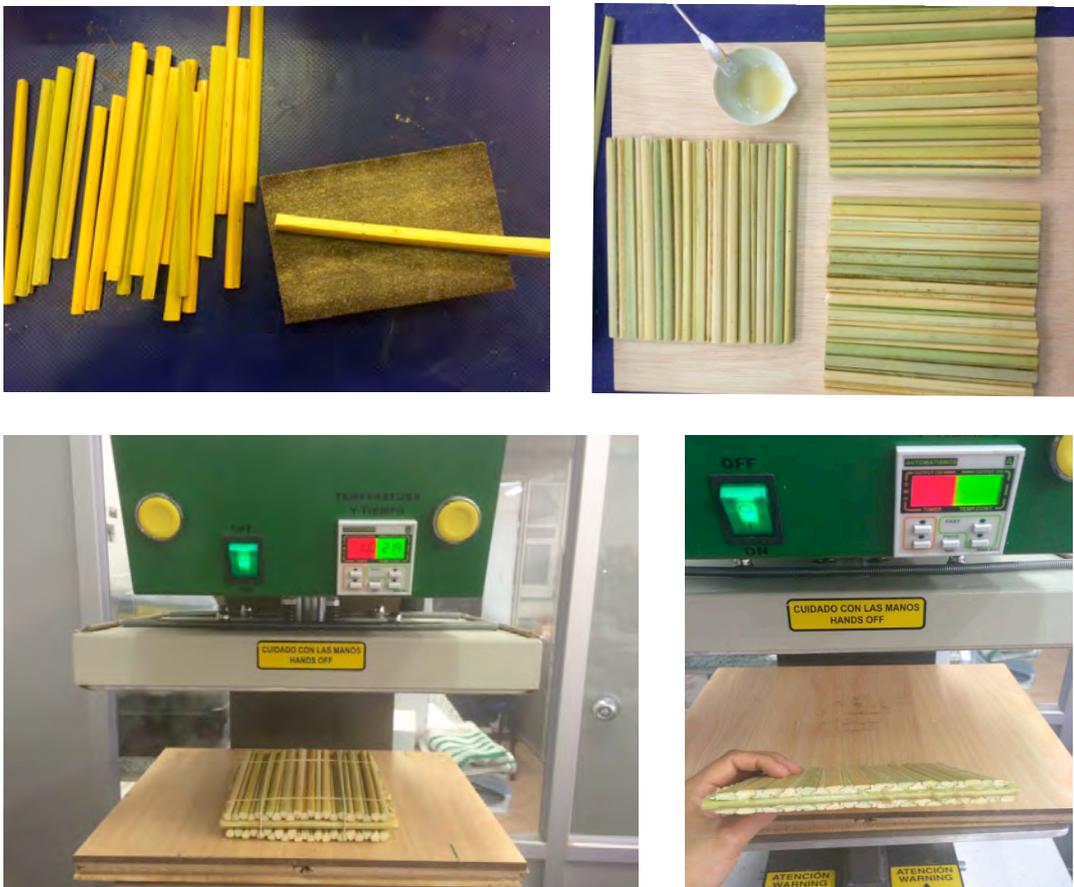


Imagen 73: Probetas de caña entera, rascadas aglutinadas y prensadas .





RESULTADOS:

El procedimiento de raspar previamente las cañas antes de aglutinarlas brinda mayor rigidez a las muestras lo que permite tener paneles más resistentes y manipulables.

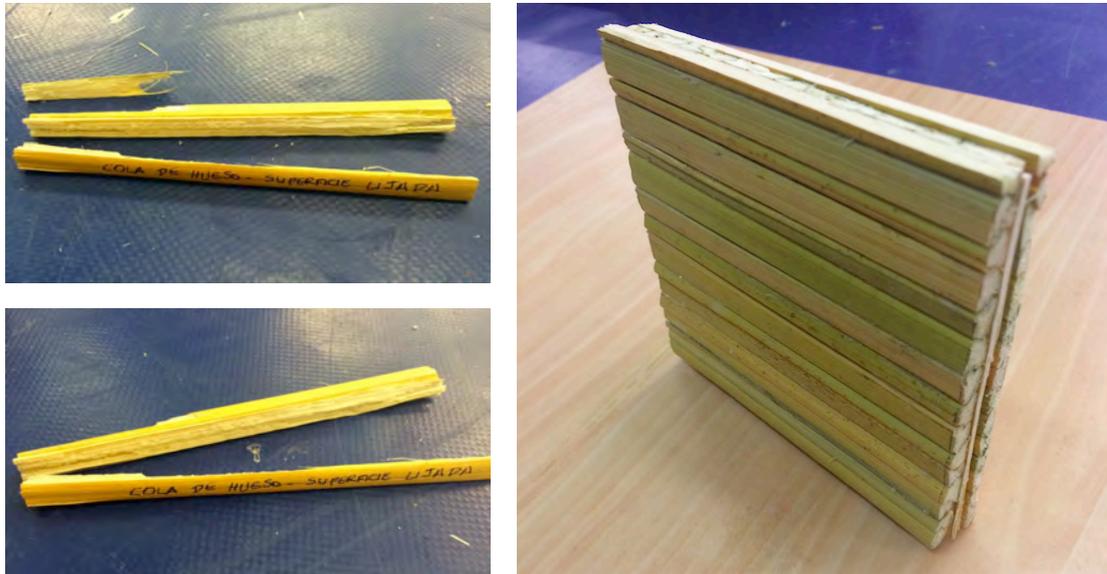


Imagen 74: Probeta de caña entera, se logra mayor adhesión en sus superficies

De todo el desarrollo de pruebas y elaboración de probetas, las formulaciones ensayadas son las que se detallan en la siguiente tabla:

Muestra	Código	Material seco				Masa en seco (g)	Aglutinante					
		Tamaño partícula					Cola (gr)					
		3.2 mm	2.0 mm	1.19 mm	fondo		Pez	Hueso	Arabiga	Alginato	Agua	peso conjun.
1	triturada				10	10	10				30	40
2	triturada				10	10	10				24	34
3	triturada				10	10	12				22	34
4	triturada	10				10	10				52	62
5	triturada			10		10	10				24	34
6	triturada			10		10	8				22	30
7	caña entera					0	1					1
8	caña entera					0		1				0
9	triturada		4	3,5	2,5	10	6				18	24
10	triturada		2,5	3,5	4	10	6				18	24
11	triturada				10	10				43,39	10	53,39
12	triturada				10	10				26,04	10	36,04
13	triturada		2,5	3,5	4	10	12				18	30
14	triturada		4,0	3,5	2,5	10	10				18	28
15	triturada				10	10		12			22	22
16	triturada			10,0		10		10			24	24
17	triturada		4,0	3,5	2,5	10		10			18	18
18	triturada		2,5	3,5	4,0	10		10			18	18
19	triturada				10	10			20		22	22
20	triturada				10	10			12		22	22
21	triturada				10	10			20		22	22
22	caña entera					0		1				0
23	triturada				62,5	62,5	75				137,5	212,5
24	caña entera					0	1					1
25	triturada				62,5	62,5	75				137,5	137,5

Tabla 04: Registro de la elaboración de probetas con distintas formulaciones .





11 ENSAYOS DE CARACTERIZACION

11.1 PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD TERMICA:

OBJETIVO:

Mediante esta prueba se busca determinar el comportamiento térmico de las probetas elaboradas, para ello se ha utilizado el equipo analizador electrónico Thermal properties analyzer, QuicklineTM-30, con el que se obtienen los siguientes datos:

- La conductividad térmica (λ): Propiedad física que tienen los materiales en transferir energía. Si el valor de la conductividad térmica es menor, mejor será el aislante estudiado.
- La resistencia térmica (R), es la capacidad que tiene un material de oponerse al paso del flujo de calor.
- Difusividad térmica (α), Se refiere a la rapidez del cambio de temperatura que experimenta un material. A menor difusividad térmica, mayor inercia térmica.

Este ensayo se ha sido realizado a todas la probetas obtenidas, (diferentes formatos, diferentes tipos de aglutinante, distintos tamaños de fibra)

PROCESO:

Se analizaron 25 probetas de diversas características, medidas y espesores, en algunas probetas se han realizado dos a cuatro repeticiones para obtener unos datos fiables; las primeras mediciones se hicieron cuando las probetas habían secado a temperatura ambiente y las posteriores se tomaron días después o cuando las muestras habían terminado su proceso de secado en la estufa.

Los datos conseguidos son la conductividad térmica y la difusividad térmica todos han sido registrados en las siguientes tablas



Resultados de Probetas Realizadas															
Muestra	Medidas en Seco								Cálculo ρ (kg/m ³)	Medidas conductímetro					
	espesor (cm)		a	b	masa 1	masa 2	λ (W/mK)	λ media		α (10 ⁻⁶ m ² /s)	α media				
1	1,8	1,85	1,82	1,82	8,1	8,12	14,63	13,97	125	0,0484	0,0482	0,048	0,48	0,485	0,483
2	1,81	1,81	1,8	1,81	8,08	8,12	12,93	12,33	112	0,0447	0,0465	0,046	0,481	0,451	0,466
3	1,7	1,71	1,69	1,70	8,05	8,09	16,49	15,16	152	0,0488	0,0477	0,048	0,435	0,351	0,393
4	2,10	2,25	2,35	2,23	8,20	8,18	17,76	11,78	124	0,0725	0,0482	0,060	0,502	0,432	0,467
5	1,81	1,79	1,81	1,80	8,22	8,15	11,83		103	0,0503	0,0501	0,050	0,790	0,586	0,688
6	1,65	1,80	1,75	1,73	8,15	8,20	11,87		107	0,0504	0,0491	0,050	0,631	0,519	0,575
7	1,50	1,48	1,47	1,48	10,00	10,00	20,69		218	0,0495	0,0514	0,050	0,391	0,387	0,389
8	1,50	1,46	1,49	1,48	10,00	10,00	20,17		136	0,055	0,0544	0,055	0,414	0,433	0,424
9	1,75	1,80	1,78	1,78	8,10	8,26	11,70		98	0,0541	0,0543	0,054	0,646	0,450	0,548
10	1,79	1,82	1,80	1,80	8,50	8,20	13,48		107	0,0577	0,0658	0,062	0,555	0,393	0,474
11	1,58	1,49	1,45	1,51	7,90	7,89	10,05		107	0,0487	0,0481	0,048	0,498	0,478	0,488
12	1,62	1,60	1,62	1,61	7,90	8,00	9,76		96	0,0454	0,0445	0,045	0,534	0,510	0,522
13	1,85	1,89	1,89	1,88	8,10	8,25	13,01		104	0,0481	0,0449	0,047	0,519	0,407	0,463
14	1,80	1,90	1,82	1,84	8,19	8,10	13,97	13,95	114	0,0501	0,0453	0,048	0,670	0,418	0,544
15	1,52	1,60	1,50	1,54	7,99	7,92	16,70	11,26	171	0,0519	0,0524	0,052	0,395	0,382	0,389
16	1,65	1,71	1,71	1,69	8,01	8,03	17,20	10,85	158	0,0512	0,0518	0,052	0,548	0,559	0,554
17	1,62	1,62	1,60	1,61	7,99	8,05	14,60	10,95	141	0,0518	0,0525	0,052	0,452	0,509	0,481
18	1,51	1,50	1,48	1,50	8,01	8,00	15,10	10,96	157	0,5210	0,0531	0,287	0,476	0,479	0,478
19	1,30	1,22	1,32	1,28	8,12	8,15	30,80	15,20	364	0,0620	0,0656	0,064	0,310	0,423	0,367
20	1,60	1,62	1,61	1,61	7,98	8,02	26,30	14,05	255	0,0560	0,0553	0,056	0,424	0,317	0,371
21	1,50	1,50	1,42	1,47	8,20	8,12	19,88	18,85	203	0,0605	0,0591	0,060	0,382	0,367	0,375
22	1,50	1,47	1,48	1,48	15,00	15,00	26,30	24,24	79	0,0761	0,0727	0,074	0,399	0,411	0,405
23	1,49	1,51	1,50	1,50	23,50	14,50	110,90		217	0,0587	0,0586	0,059	0,246	0,376	0,311
24	1,5	1,51	1,49	1,50	15,00	15,00	64,60		191	0,0593	0,0631	0,061	0,320	0,332	0,326
25	1,10	1,15	1,30	1,18	24,00	15,00	105,00		246	0,0644	0,0688	0,067	0,293	0,583	0,438

Tabla 05: Registro de las mediciones de conductividad térmica .

RESULTADOS:

Luego de analizar los resultados obtenidos se concluye que de todas las probetas de tipo A (fibra triturada) la que mejor resultado de conductividad térmica obtiene es la de menor tamaño de fibra (fondo); durante todo el proceso se han obtenido muy buenos resultados con la fibra más menuda ya que se adhiere muy bien con el aglutinante, no requiere de mucha agua y se obtienen valores bajos en conductividad y transmitancia siendo en promedio: (λ) 0.045 a (λ) 0.048

Con respecto a las probetas de tipo B (caña entera) se han obtenido resultados similares de conductividad térmica siendo en promedio: (λ) 0.049 a (λ) 0.054



Imagen 75: Probetas elaboradas con distintos aglutinantes y diversos tamaños de fibra.



Imagen 76: Pruebas de conductividad térmica.



11.2 ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

OBJETIVO

Con el fin de obtener datos que permitan definir, en investigaciones posteriores, el riesgo que existe de condensaciones intersticiales, se ha optado por determinar experimentalmente la permeabilidad al vapor de agua de las muestras. Si la permeabilidad fuera muy distinta entre los materiales hechos con cañas trituradas y los realizados con cañas enteras, se podrían definir las situaciones (aislamiento por el interior, por el exterior, etc.) en que se podrían utilizar cada uno de ellos de manera segura.





El presente ensayo se ha realizado según la norma UNE EN ISO 12572, tiene por finalidad obtener el factor de resistencia al vapor de agua de las probetas de totora.

- La permeabilidad al vapor de agua (d) es la capacidad que tiene el material en dejar pasar el vapor de agua. Con el fin de facilitar la comparación entre materiales, la permeabilidad normalmente se expresa a través del factor de resistencia (μ), que relaciona la permeabilidad del material y la del aire, e indica el grosor equivalente de aire que ofrecería una resistencia al vapor de agua igual que la del material en cuestión. Así, un factor elevado indica una alta resistencia al paso de vapor de agua (barreras de vapor) y viceversa.
- La condensación del vapor de agua en el interior de los materiales de cerramiento genera problemas de proliferación de microorganismos que afectan gravemente a la calidad del aire interior y deterioran la estructura del edificio.

DESARROLLO:

Para el desarrollo de esta prueba se utilizan probetas cuadradas de 4 cm x 4cm y grosor entre 1.5 y 2 cm, dependiendo de la probeta. Son necesarias dos muestras de cada tipo, las cuales son medidas en su ancho, largo y espesor, siendo éste último dato importante en la obtención de los resultados.

Se usan envases de polimetil metacrilato transparentes para contener las probetas; en el interior de una de ellas se introduce una solución saturada de hidróxido de sodio (NaOH) y en la otra una solución saturada de sulfato sódico (Na₂SO₄); se cierran los recipientes con las probetas y se utiliza plastilina para sellar el borde las mismas, lo que asegura que todo el vapor de agua pasará solamente a través del material. Se colocan los recipientes en un ambiente con condiciones de humedad y temperatura controladas (23°C y 45%) con el objetivo de generar una diferencia de presión de vapor de agua entre las dos caras del material.

Durante el ensayo (en este caso cinco días), el peso de las muestras (probeta, solución y envase) es anotado diariamente.





Imagen 77: Probetas preparadas para el cálculo de permeabilidad de agua .

RESULTADOS:

En el caso de las probetas de fibra triturada, se ha obtenido una buena regresión, lo que ha permitido obtener resultados con un error comprendido entre el 10 y el 20%, suficiente para analizar cuál es la tendencia y comparar resultados. Sin embargo, en el caso de las probetas realizadas con cañas enteras, los resultados son mucho menos fiables, seguramente porque presentan una resistencia mucho mayor y por tanto, la variación de masa registrada en 5 días es demasiado pequeña como para extraer resultados robustos. Aun así, es posible extraer algunas conclusiones. El valor medio del factor de resistencia al vapor de agua de los materiales a base de fibra triturada es de entre 3.8 y 4.9. No se observan diferencias significativas debido al tipo de aglutinante utilizado. Éstos son valores comparables a otros materiales aislantes naturales como la fibra de madera, el lino o el cáñamo, y bajos si se comparan con las espumas poliméricas, que presentan factores de resistencia del orden de 20-70. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 06, solo para los materiales de fibras trituradas. Los resultados preliminares indican que los materiales de cañas enteras

tienen una permeabilidad menor, con factores de resistencia entre 10-20. Esto debe confirmarse en futuras investigaciones e indicaría que son más apropiados para su uso en el interior que los materiales con fibras trituradas, aunque será necesario realizar modelos que tengan en cuenta todos los materiales que compone la





sección del cerramiento, la climatología y la temperatura interior, para determinar el riesgo de condensaciones.

La diferencia que se produce en el peso de las probetas a medida que pasan los días nos permite calcular la densidad de flujo de vapor por superficie. Una vez conseguidos estos datos se pueden obtener los valores de la permeancia, la resistencia de vapor, la permeabilidad al vapor de agua y el factor de resistencia al vapor de agua. La imagen 78, muestra un ejemplo de los datos recogidos durante el ensayo.

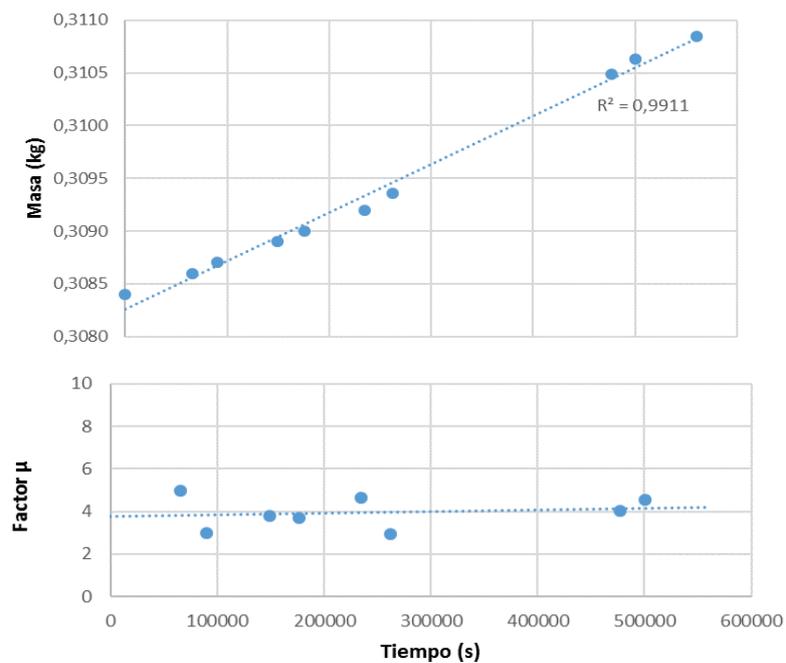


Imagen 78: Datos obtenidos .

Factor de resistencia al vapor de agua (μ)				
	NaOH		Na ₂ SO ₄	
PEZ FIBRA	3,9	±0,7 (18%)	4,4	±0,6 (14%)
HUESO FIBRA	4,5	±0,9 (20%)	4,9	±0,7 (14%)
ARABIGA FIBRA	3,8	±0,4 (10%)	4,5	±0,4 (9%)

Tabla 06: Factor de resistencia al vapor – probetas de fibra triturada.





Imagen 79: Probetas cortadas a 4 x 4 cm .

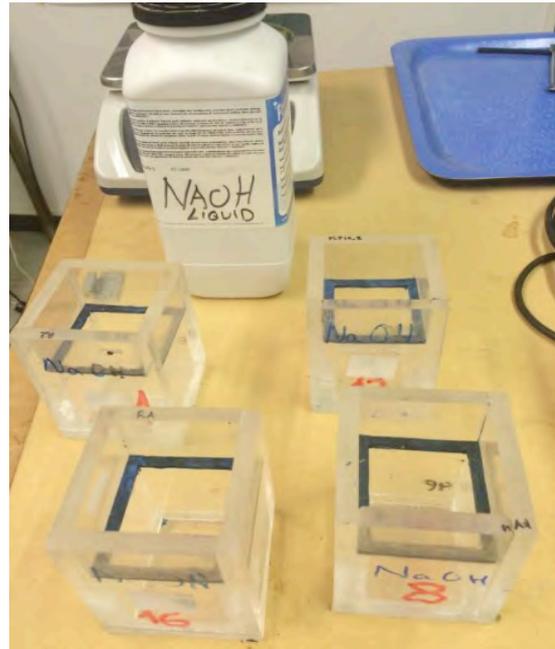


Imagen 80: Envases de polimetil .



Imagen 81: Probetas preparadas y pesadas.



Imagen 82: Dataloger para la medición de la temperatura .





11.3 ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AIRE

OBJETIVO:

La permeabilidad al aire es la propiedad que tiene un material de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometido a presión diferencial, como la generada por el viento. Uno de los problemas que presentan las viviendas existentes en la zona del puno, en particular en las zonas rurales, son las infiltraciones. Este ensayo pretende dar una idea del nivel de infiltración de aire que puede darse a través del material, para determinar la necesidad o no de utilizar de sistemas multicapa que reduzcan las infiltraciones en futuras posibles actuaciones de mejora de las viviendas existentes con los materiales propuestos aquí.

Así, este ensayo tiene como objeto determinar la permeabilidad al aire que tienen las distintas probetas realizadas; para lograr esto se aplicará un método que permita la medición de la velocidad del aire (m³/h) que pasa a través de la muestra cuando es sometida a presiones de ensayo.

DESARROLLO:

Esta prueba se realiza fijando las probetas en la abertura de un panel (15 cm x 15cm), para esto se han elaborado previamente probetas tanto de fibra triturada como de caña entera con estas dimensiones. Se realizó una comparación entre el comportamiento de las probetas construidas y la "Kesana" o esterilla de totora que es hecha de manera artesanal y que es usada para la construcción de casas en las islas de los Uros, estas probetas también se compararán frente al comportamiento que tiene la fibra de madera que es un aislante vegetal más comercializado.

Para iniciar esta prueba se ha fijado una esterilla o kesana a nuestro sistema de medición con la finalidad de registrar sus valores de permeabilidad al aire. Según el registro del dataloger estos valores van entre 17m/s a 38m/s . Se ha repetido este proceso con todas las muestras.





Para medir la velocidad del aire se utiliza un anemómetro de bola caliente que es ubicado al lado posterior del panel, con la utilización de un compresor y un cono de plástico que es fijado a la muestra se genera la presión necesaria de aire.

Los datos son registrados cada cinco segundos por un dataloger que va conectado al anemómetro para luego ser procesados y comparados.

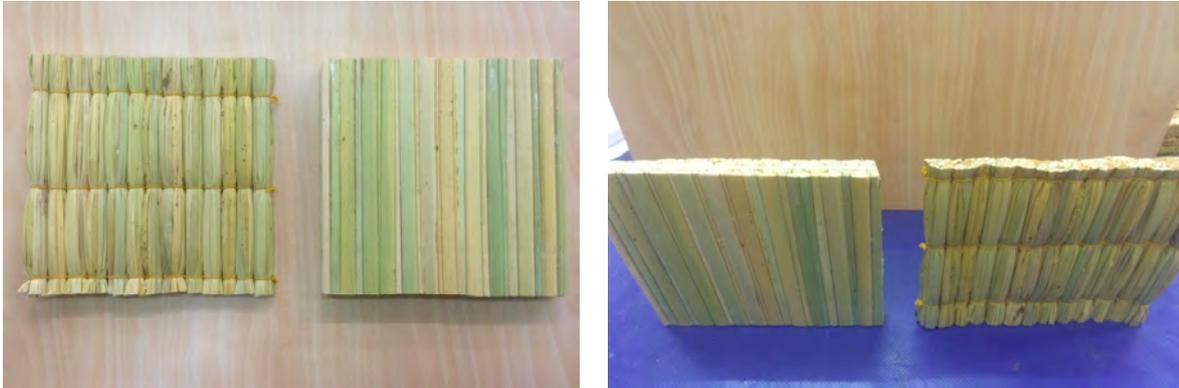


Imagen 83: Esterilla y probetas cortadas a 15 x 15 cm .



Imagen 84: Anemómetro de bola caliente y sistema montado para realizar la prueba.



Imagen 85: Dataloger: registra la velocidad del aire .





RESULTADOS:

Tras procesar los datos, se ha comparado el comportamiento que tienen las probetas de caña entera con el comportamiento que tiene la esterilla o "kesana"; se aprecia que las probetas de caña entera no permiten que pase el aire con

facilidad, el dataloger mantiene su registro con valores similares a los que se tienen antes de empezar la prueba, entre 0.05m/s a 0.07m/s.

En el caso de las probetas de fibra triturada es más fácil la permeabilidad de aire a través de su superficie, sin embargo los valores que se han registrado se mantienen por debajo de la esterilla siendo éstos valores entre 18 m/s a 22 m/s . No se pudo apreciar que exista mucha diferencia entre el comportamiento de las probetas por la composición de diferentes tipos de aglutinantes, prácticamente se comportan todos de manera similar.

Con todos los resultados procesados se puede concluir, que la totora como panel de cañas enteras presenta un mejor comportamiento que las probetas de fibra triturada y también un mejor comportamiento frente a la esterilla, gracias a la fuerte adherencia de las cañas no permite el paso del aire con facilidad.

Si se compara a nivel individual el comportamiento que tiene la fibra de madera (12m/s a 16 m/s,) se ve que estos paneles de cañas enteras también supera en gran medida su comportamiento

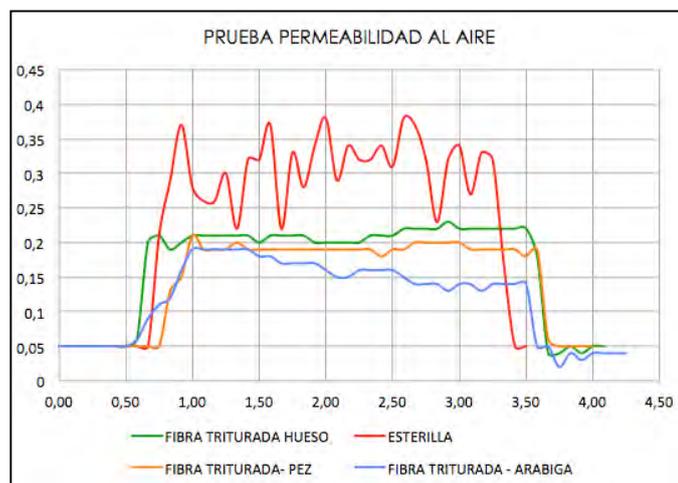


Imagen 86 :Resultados de comparación entre la esterilla y las probetas de fibra triturada.



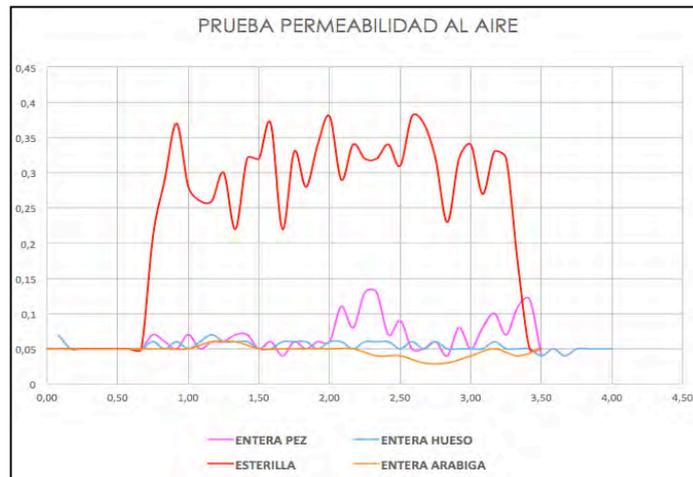


Imagen 87: Resultados de comparación entre la esterilla y las probetas de caña entera.

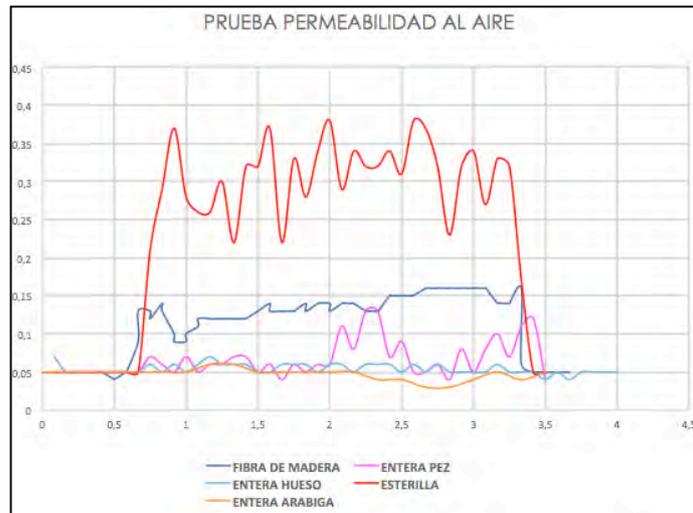


Imagen 88: Resultados de comparación entre la esterilla, la fibra de madera y las probetas de caña entera.

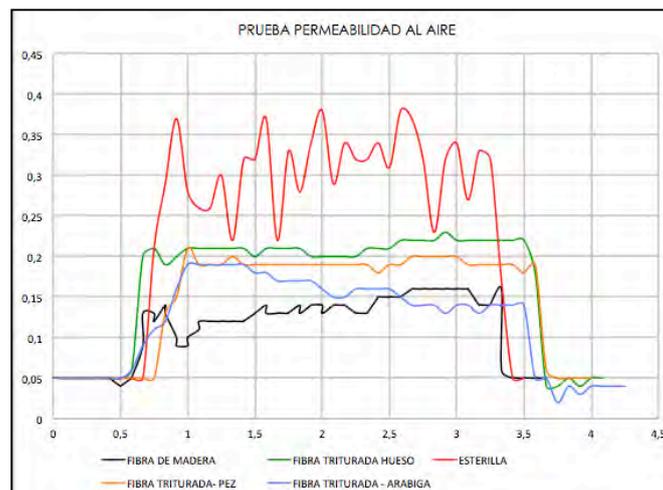


Imagen 89 :Resultados de comparación entre la esterilla, la fibra de madera y las probetas de fibra triturada.





11.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION:

OBJETIVO:

El objetivo de este ensayo es determinar la capacidad que tienen los distintos tipos las probetas de contrarrestar una carga determinada sin romperse; El objetivo es valorar la resistencia de estos materiales a los esfuerzos a los que se podrían someter debido a la manipulación durante la producción y colocación. El ensayo de flexión permite dar una idea, por ejemplo, de como se comportaría un panel (que puede tener hasta 3 metros de largo) cuando se levante desde uno de sus extremos. El ensayo permite determinar la resistencia mínima del material mediante una curva tensión-deformación. Para conseguir esto se somete a cada probeta a esta prueba y se mide la flecha. Se hacen tres ensayos por cada una; de esta manera se obtienen datos más precisos de su comportamiento.

DESARROLLO:

Para el desarrollo de esta prueba se cuenta con un equipo de ensayo de materiales de la línea Zwick Roell que con la asistencia de un software se obtendrán resultados del comportamiento de las probetas a flexión.

Previamente se cortan muestras pequeñas de 3,7cm por un largo de 15 cm, los datos del espesor y el ancho exacto de cada probeta (determinados con un pie de rey) son registrados en el programa de cálculo. La velocidad del ensayo es de 10 millones /minuto y la separación entre los puntos de soporte es de 100mm. Mediante este proceso se determina la máxima capacidad que tienen las probetas para soportar una carga en forma gradual durante un periodo corto de tiempo.



Imagen 90: Captura de pantalla del software con los cálculos realizados.

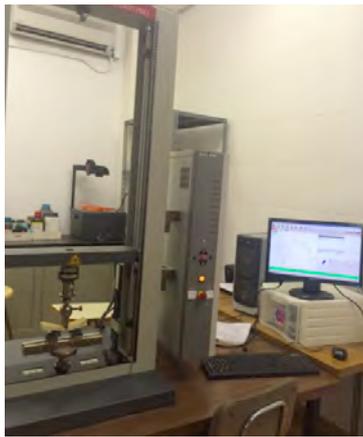


Imagen 91: Probetas de caña entera siendo sometidas a cargas.

RESULTADOS:

Tras este ensayo se pudo ver que la capacidad de resistencia a la flexión de las probetas de fibra molida de totora es mucho menor en comparación a las probetas hechas de caña entera, se nota una marcada diferencia; la resistencia que presentan las probetas de fibra molida se da en un rango de 6N/mm² a 25 N/mm² (fuerza estándar) las muestras que mayor resistencia presentan son las que han sido aglutinadas con goma arábiga. Mientras que en el caso de las probetas de caña entera la fuerza estándar tiene un rango de 240N/mm² a 320N/mm² demostrando que por la adherencia de las cañas y por estar prensadas en capas alternadas logran tener una significativa resistencia a flexión, esto permite que este aislante pueda ser usado como panel rígido y fácilmente manipulable.



Imagen 92: Probetas que han sido sometidas al ensayo, en el caso de las probetas de cañas enteras no se han partido por completo



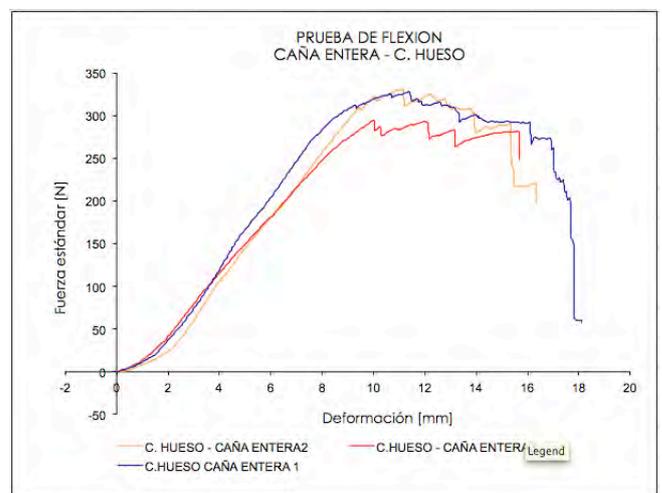
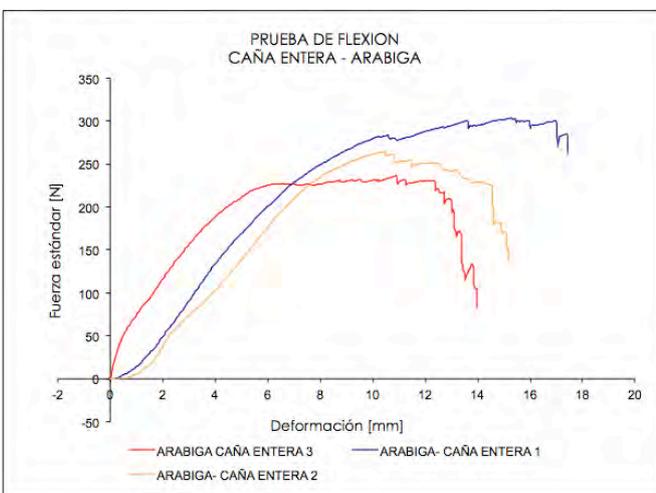
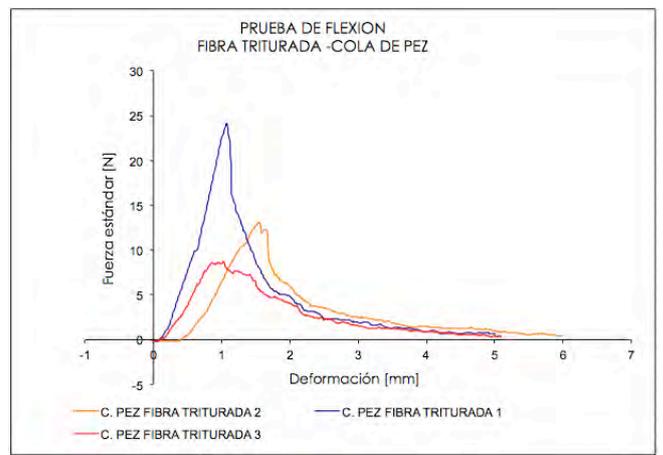
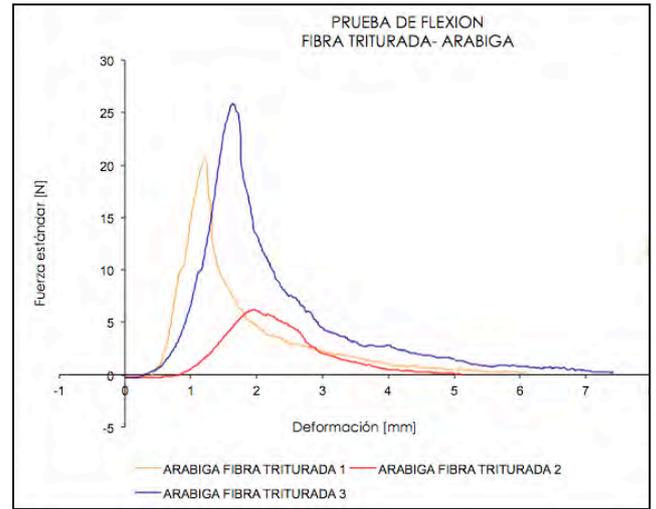
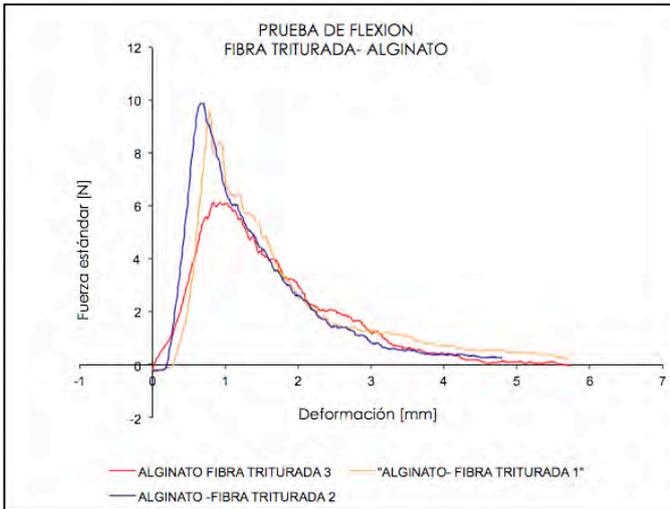


Imagen 93: Gráficos de las curvas tensión- deformación de cada tipo de

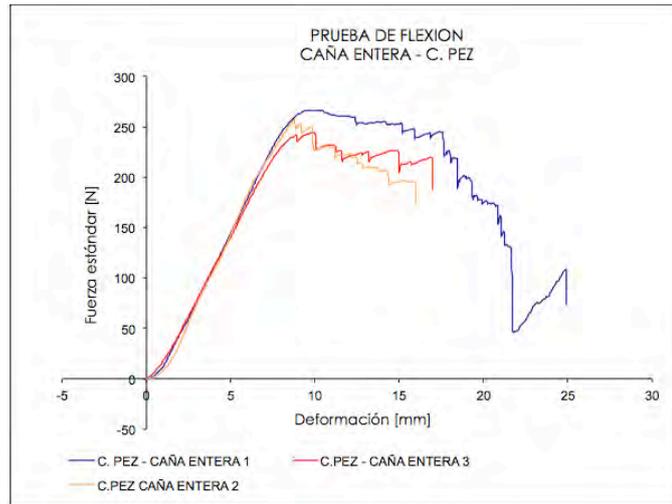


Imagen 94: Gráficos de las curvas tensión-deformación de cada tipo de probeta .





11.5 COMPORTAMIENTO AL FUEGO: ENSAYO DE RADIADOR:

OBJETIVO:

Otro de las características importantes de los materiales aislantes es su comportamiento frente al fuego, ya que a través de las fachadas y techos se puede propagar un incendio fácilmente. El objetivo de este ensayo es determinar el tiempo de ignición y la capacidad de auto extinción de llama de las diferentes probetas que fueron sometidas a radiador eléctrico a 500 w de potencia, según normativa UNE 23-723-90.

Los datos obtenidos de este ensayo son el tiempo de la primera ignición, el número de igniciones durante un tiempo de 5 minutos, la duración de las llamas en cada una de estas igniciones, y la pérdida de masa de las probetas.

DESARROLLO:

Se sometieron bajo el calor del radiador eléctrico, probetas de 3,7 x 3,7 x 1,5 cm a una distancia de 3 cm desde su superficie hasta la fuente de calor, su parte inferior es soportada por una malla metálica resistente al fuego.



Imagen 95 :Probeta siendo sometida al ensayo de radiador .





Los diferentes tipos de probetas ensayadas son:

- Probetas de fibra triturada y caña entera aglutinadas con cola de pez, cola de hueso y goma arábica.
- Probetas de caña entera, que antes de ser aglutinadas son sumergidas en una mezcla de alumbre y bórax en una proporción de 10:10 durante 2 horas, para que el tiempo de secado sea más rápido se introducen las muestras en una estufa ; mediante este procedimiento se quiere conseguir que las probetas sean menos inflamables, ya que el alumbre y el bórax actúan como retardantes de llama.
- Probetas de fibra triturada sumergidas por pocos minutos en la mezcla de bórax y alumbre.



Imagen 96 :Probetas tratadas con una mezcla líquida de alumbre y borax.



Imagen 97 :Probetas con bordes recubiertos con cemento refractario.





Durante este proceso es necesario medir el tiempo en que la probeta hace ignición (aparecen llamas), desde el momento en que se produce la llama se contabilizan 3 segundos y se retira el radiador contando el tiempo de extinción de la llama con un cronómetro. Este proceso es repetido durante 5 minutos. Los tiempos obtenidos son anotados, ya que será necesario saber el número total de igniciones, el tiempo en realizarse la primera ignición, y será necesario calcular el tiempo en que tarda en extinguirse la llama (duración). Posteriormente se calculará el promedio de dichas duraciones.

Antes de someter las probetas a este proceso es necesario obtener su peso inicial, al terminar el ensayo también es necesario obtener su peso de esta manera se podrá obtener el porcentaje de pérdida de masa a causa del fuego.

RESULTADOS:

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos del ensayo de radiador. Aunque todos los materiales orgánicos son combustibles, la totora muestra un buen comportamiento al fuego ya que cuando se somete a una fuente de calor externa presenta inflamaciones de corta duración observándose que desde la primera inflamación se forma una capa carbonizada que lo protege del fuego. Se ha observado que el material ha respondido de manera favorable a los tratamientos que se le hicieron con alumbre y bórax; el tiempo promedio de ignición en estas muestras ha sido menor a 3 segundos, por lo que se considera nulo.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RADIADOR									
Nº	Probeta	Características	Tiempo 1º Ignición (s)	Número Igniciones	Duración promedio (s)	M. Inicial (gr)	M. Final (gr)	Pérdida (gr)	Porcentaje %
1	ENT - ARAB 01	SIN TRATAMIENTO	6	14	4,0	11,05	8,35	2,70	24
2	ENT - HUES 01	SIN TRATAMIENTO	4	6	6,0	11,29	8,88	2,41	21
3	ENT - PEZ 01	SIN TRATAMIENTO	6	10	5,4	7,85	5,98	1,87	24
4	FIBRA- ARAB 01	SIN TRATAMIENTO	11	0	0	9,61	6,58	3,03	32
5	FIBRA- ARAB 02	SIN TRATAMIENTO	10	1	3,00	10,03	6,98	3,05	30
6	FIBRA- PEZ 01	SIN TRATAMIENTO	61	0	0	9,75	6,79	2,96	30
7	FIBRA- PEZ 02	SIN TRATAMIENTO	45	5	3,00	11,23	8,39	2,84	25
8	FIBRA- HUESO 01	SIN TRATAMIENTO	13	4	6,00	8,49	4,59	3,90	46
9	FIBRA- HUESO 02	SIN TRATAMIENTO	11	1	3,00	10,66	7,80	2,86	27
10	ENT - PEZ 01- A	ALUMBRE + BORAX	8	0	0	9,24	6,6	2,64	29
11	ENT - PEZ 02- A	ALUMBRE + BORAX	7	0	0	9,97	7,22	2,75	28
12	FIBRA- ARAB 01-A	ALUMBRE + BORAX	0	0	0	8,76	6,16	2,60	30
13	FIBRA- ARAB 02-A	ALUMBRE + BORAX	0	0	0	8,46	6,40	2,06	24

Tabla 07: Resultados del ensayo de radiador .



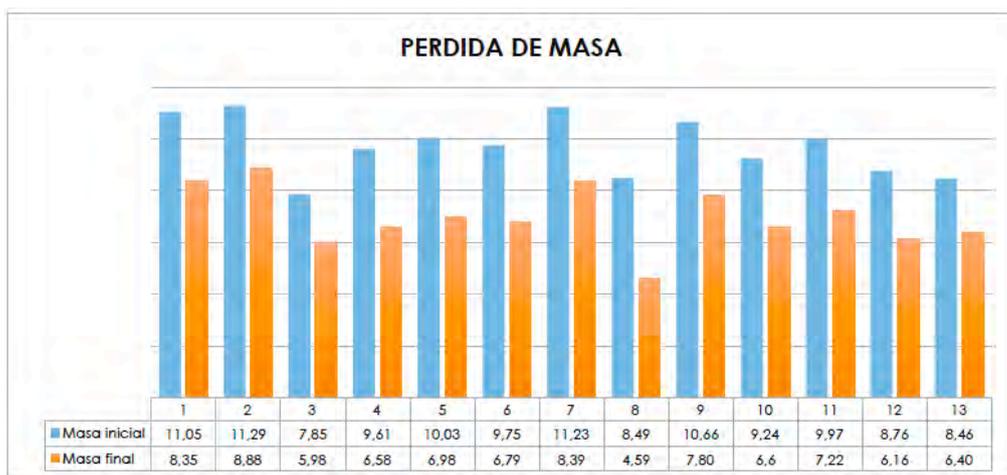


Imagen 98: Gráficos comparativos de la pérdida de masa entre probetas .

Con respecto a la pérdida de masa hay que considerar que las probetas tienen un recubrimiento de cemento refractario en sus bordes, esto a fin de evitar que la combustión se inicie en los bordes donde la fibra es más expuesta, lo que añadiría incertidumbre al ensayo afectando a los resultados de manera aleatoria. Se ha podido observar que las probetas de cañas enteras pierden menos masa que las trituradas, aunque las probetas de caña entera combustiónan más, se observa que esta combustión es a nivel superficial mientras que en la probetas de fibra triturada la combustión se da en todo el elemento.



Imagen 99: Probetas después de ser sometidas al ensayo de radiador, las que han sido tratadas con bórax presentan mayor

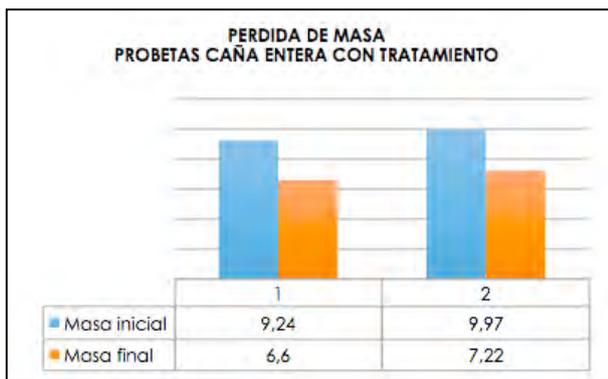
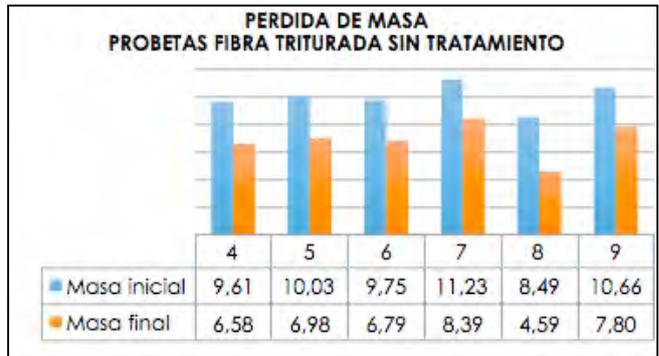
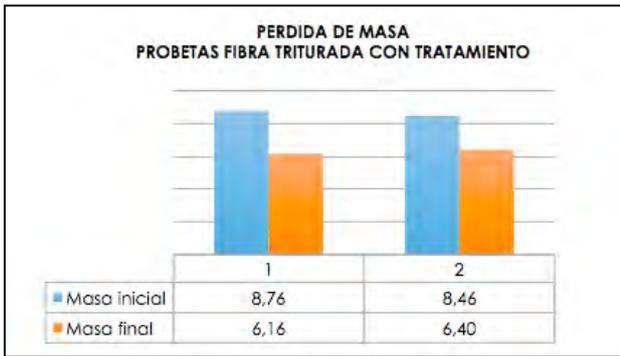


Imagen 100: Gráficos comparativos de la pérdida de masa entre probetas





12.0 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto se han hecho varias pruebas y ensayos para determinar el comportamiento de la totora como aislante térmico vegetal, por todos los resultados obtenidos se puede concluir que la totora se puede considerar un aislante térmico competente. Los valores obtenidos de conductividad térmica han sido entre (λ): 0,046 a 0,058 W/mK, dentro del rango de valores de otros materiales comercializados como la perlita o algunas fibras de madera, aunque un poco por encima de los valores típicos de poliestireno expandido. Se han comparado paneles realizados con cuatro tipos de aglutinantes naturales distintos (goma arábica, cola de pez, cola de hueso y alginato) y con dos procesos distintos: la caña entera sin raspar y rascada y la caña triturada a distintos tamaños. En lo que respecta a la conductividad térmica, el tipo de aglutinante no afecta significativamente y las mayores diferencias fueron debidas al tamaño de partícula utilizado. Las que presentaron mejores resultados fueron las probetas con el menor tamaño de partícula

Además de ser un material de fácil renovación es una buena alternativa para reducir el consumo de recursos no renovables. Los medios necesarios para su fabricación no son intensivos y podrían ser implementados fácilmente en la región. Los paneles realizados con las cañas enteras presentan la ventaja de necesitar una menor transformación de la materia prima y una menor cantidad de aglutinante para su fabricación. Como se ha comentado ya, las matas de totora pueden llegar a medir hasta 4 metros de altura, con tallos que no presentan nudos, lo que podría permitir la realización de paneles de gran formato. Sin embargo, existen otros inconvenientes ligados a el proceso de fabricación, que requiere de un procedimiento más meticuloso de selección de los diámetros de las secciones de los tallos. La ventaja es que este proceso es similar al que ya utilizan los artesanos para la fabricación de esterillas.





Los paneles realizados con cañas trituradas presentan la ventaja de que se pueden fabricar con los residuos sobrantes de la fabricación de esterillas u otros objetos, lo que daría un mayor aprovechamiento de la planta.

A parte del desarrollo de formulaciones y del análisis del comportamiento térmico del material, se han realizado una serie de ensayos de exploración de otras características del material relevantes para su uso en edificación.

Con el fin de valorar la resistencia del material a la manipulación durante la puesta en obra, se ha realizado un ensayo de flexión. Los resultados han verificado que es posible desarrollar paneles rígidos a partir de la unión de las cañas con resinas orgánicas, capaces de resistir una fuerza máxima de 331N/mm².

El material que presentó mejores resultados fue el que está conformado por cañas enteras rascadas y aglutinadas con cola de hueso.

También se ha determinado la permeabilidad al vapor de agua y al aire, con el fin de tener datos útiles para una valoración futura del riesgo de condensaciones que pudiera derivar de la implementación de este aislante en las viviendas existentes por un lado, y de la posible contribución a la mejora de las infiltraciones de aire a través de la envolvente del material.

Otro de los aspectos que se han tenido en cuenta es el comportamiento al fuego del material. Los ensayos realizados han arrojado buenos resultados. Se comparó el comportamiento del material sin tratar y tratados con alumbre o ácido bórico. El comportamiento del material sin tratar es mejor que el de las espumas poliméricas, ya que se auto-extingue y además, este comportamiento se vio mejorado en los materiales tratados, lo que muestra la respuesta favorable del material a tratamientos con retardantes de llama. Los materiales tratados mostraron mejor comportamiento ante el fuego, logrando evitar la inflamación de las probetas, con momentos de ignición y extinción inmediatos.

Si bien no es posible hacer una trasposición directa de los resultados obtenidos en el laboratorio con el comportamiento "in-situ" del material, los datos obtenidos permiten la comparación entre las distintas formulaciones y establecer un orden de





magnitud y tendencias en su comportamiento, que deberán ser valorados, en futuros trabajos, en situaciones reales.

Todos estos ensayos muestran el potencial del material para su uso como aislante térmico en edificación en la región de Puno. De las formulaciones desarrolladas, el panel de cañas enteras es el que presentó un mejor comportamiento global, por lo que en futuras investigaciones se tratará de incidir en la caracterización y mejora de esta formulación.

El presente estudio ha permitido realizar una primera aproximación al material y sus posibilidades, por lo que se ha diseñado una campaña experimental exploratoria. Es necesario un trabajo con mayor profundidad que permita caracterizar de manera más detallada cada uno de los aspectos abordados.

Tal caracterización debería ir acompañada de la caracterización de las viviendas existentes en la región de Puno, con el fin de permitir la evaluación (tanto mediante simulación numérica como ensayos in-situ) de las mejoras que podría alcanzarse con la implementación de este material en las viviendas existentes.

Finalmente, las cuestiones relacionadas con el impacto económico, ambiental y social de una posible implementación de una industria basada en la totora en la región de Puno deberían ser abordados también en futuras investigaciones.





11.0 BIBLIOGRAFIA

- [1] EDITORA SOLUCIONES PRÁCTICAS ITDG (2013). COMUNIDADES ALTOANDINAS DEL PERÚ: CAMBIO CLIMÁTICO, HELADAS Y FRIAJES, AGENDA GLOBAL 137
- [2] DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. CONDUCTIVIDAD TERMICA Y DENSIDAD.
- [3] CUADERNOS DE REHABILITACIÓN INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN . PRODUCTOS Y MATERIALES PROPIEDADES DE AISLANTES TÉRMICOS PARA REHABILITACION ENERGETICA
- [4] PABLO AZQUETA (2008) MANUAL PRACTICO DEL AISLAMIENTO TERMICO EN LA CONSTRUCCION
- [5] CCEIM CENTRO COMPLUTENSE DE ESTUDIOS E INFORMACIÓN AMBIENTAL DE LA FUNDACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. CAMBIO GLOBAL ESPAÑA 2020/50. SECTOR EDIFICACIÓN: LA IMPRESCINDIBLE RECONVERSIÓN DEL SECTOR FRENTE AL RETO DE LA SOSTENIBILIDAD, (2010).
- [6] MADRID ARQUITECTURA CONSULTORES ENERGÉTICOS. LOS AISLANTES ECOLÓGICOS DE ORIGEN VEGETAL II. (FEBRERO 2015)
- [7] L'INFORMATIU DEL CAATEEB (JUNIO 2014) . LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS DE ORIGEN VEGETAL.
- [8] JUAN FERNANDO HIDALGO. "TOTORA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN " – PARTE II.
- [9] MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2015). ABRIGANDO HOGARES EXPERIENCIAS CON MEDIDAS DE CONFORT TERMICO EN VIVIENDAS RURALES ALTONADINAS.
- [10] CONCYTEC Y PUCP TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL HÁBITAT ALTO ANDINA, EN LA COMUNIDAD ALPAQUERA DE ORDUÑA A 4600 MSNM, LAMPA, PUNO.
- [11] NORMAS LEGALES DIARIO OFICIAL EL PERUANO 28 AGOSTO 2015
- [12] TRÓPICO - ASOCIACIÓN BOLIVIANA PARA LA CONSERVACIÓN PROYECTO: LAGOS VIVOS DE LAS AMÉRICAS. BID- ATN. LAGO TITICACA ENTRE CULTURA Y NATURALEZA





- [13] FORTUNATO ESCOBAR MAMANI (2004) MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES DE LA RESERVA NACIONAL DEL TITICACA: EL CASO JATUN ISLA DE SECTOR RAMIS Y LA ISLA FLOTANTE LOS UROS DE SECTOR PUNO
- [14] SEMANARIO PUNTOEDU NEO AÑO 2 Nº1. APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LA TOTORA EN LA COMUNIDAD DE LOS UROS.
- [15] MINISTERIO DE CULTURA, PERÚ. PUEBLO URO” PUBLICADO EN BASE DE DATOS DE PUEBLOS INDÍGENAS U ORIGINARIOS
- [16] NELSON MORAGA. LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS EN EL LAGO TITICACA; CIUDAD DE AGUAS.
- [17] GILMAR GOYZUETA CAMACHO, RENÉ ALFARO TAPIA Y MARTHA APARICIO SAAVEDRA. (MARZO 2010). TOTORALES DEL LAGO TITICACA
- [18] LUPE AMELIA RIVERA GONZALES. LOS CABALLITOS DE TOTORA DE PIMENTEL : UN LEGADO DE ANTIGUOS PERUANOS.
- [19] JUAN FERNANDO HIDALGO “TOTORA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN “ – PARTE I
- [20] CLARA BAILACH, LAURA FUSTER, DOLORES J. YUSÁ, PAU TALENS Y SOFÍA VICENTE. GELATINAS Y COLAS PARA EL USO EN TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN. ESTADO DE LA CUESTIÓN.
- [21] MARIANA PALUMBO (2015) . CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF NEW BIO-BASED THERMAL INSULATION MATERIALS MADE FROM VEGETAL PITH AND NATURAL BINDERS: HYGROTHERMAL PERFORMANCE, FIRE REACTION AND MOULD GROWTH RESISTANCE.

