



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA
Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA: COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS PLANTAS
FIBROSAS ECUATORIANAS PARA LA UTILIZACIÓN COMO
AISLAMIENTO EN VIVIENDAS.**

AUTOR: VITERI LÓPEZ, ARMANDO VINICIO

DIRECTOR: DR. DELGADO, REINALDO

SANGOLQUÍ

2017

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS PLANTAS FIBROSAS ECUATORIANAS PARA LA UTILIZACIÓN COMO AISLAMIENTO EN VIVIENDAS" realizado por el señor VITERI LÓPEZ ARMANDO VINICIO, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor VITERI LÓPEZ ARMANDO VINICIO para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 02 de Marzo del 2017



DR. REINALDO DELGADO
DIRECTOR

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VITERI LÓPEZ ARMANDO VINICIO**, con cédula de identidad N° 1720216108, declaro que este trabajo de titulación "**COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS PLANTAS FIBROSAS ECUATORIANAS PARA LA UTILIZACIÓN COMO AISLAMIENTO EN VIVIENDAS**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 02 de Marzo del 2017



ARMANDO VINICIO VITERI LÓPEZ
1720216108

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, VITERI LÓPEZ ARMANDO VINICIO, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS PLANTAS FIBROSAS ECUATORIANAS PARA LA UTILIZACIÓN COMO AISLAMIENTO EN VIVIENDAS" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 02 de Marzo del 2017

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Armando Viteri López', is written over a horizontal line.

ARMANDO VINICIO VITERI LÓPEZ
1720216108

DEDICATORIA

Esta Tesis se la dedico primero a Dios, y a toda mi familia por el apoyo que he recibido de ellos.

A mis seres queridos que los tengo en el Cielo que los conocí y a los que no, siempre los voy a tener en mi corazón.

Armando Vinicio Viteri López

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi hermana Cecilia Viteri por todo el apoyo que me ha dado, esto fue gracias a ti.

Armando Vinicio Viteri López

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperatura mínima, media, máxima y humedad relativa por provincia promedio 2000-2008.....	6
Tabla 2. Rango de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas.....	7
Tabla 3 Ingenios existentes en Ecuador	18
Tabla 4. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 1.	40
Tabla 5. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 2.	42
Tabla 6. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 3	44
Tabla 7. Pruebas Bagazo de caña.....	46
Tabla 8. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bambú a Granel.	48
Tabla 9. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Totora a Granel	50
Tabla 10. Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica de la Palma a Granel	52
Tabla 11. Relación densidad aparente vs conductividad térmica	65
Tabla 12. Materiales y Costos de Producción.....	69
Tabla 13. Ejecución y Pruebas	70
Tabla 14. Ejecución Tesis.....	70
Tabla 15. Personal Colaborador	71
Tabla 16 Total Costo Investigación.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las fibras naturales de acuerdo a su origen	1
Figura 2. Rango de la conductividad térmica de diversos materiales a la temperatura ambiente.....	8
Figura 3. Flujo de calor a través de una pared.....	10
Figura 4. Tallo de Totora.....	15
Figura 5. Bagazo Caña de Azúcar	17
Figura 6. Tallo de Bambú.....	19
Figura 7. Equipo de medición de Coeficiente Térmico.....	23
Figura 8. Elementos de la Fuente	24
Figura 9. Sistema de Refrigeración.....	24
Figura 10. Eliminación de la basura y reducción del azúcar.	26
Figura 11. Dimensiones del molde a utilizar en los ensayos	27
Figura 12. Vista del molde.	27
Figura 13. Medición del bagazo de caña	29
Figura 14. Ubicación de los moldes en el equipo.....	29
Figura 15. Bagazo en fragmentos más pequeños.	30
Figura 16. Colocación del bagazo de caña en la funda de aluminio	31
Figura 17. Distribución de cartón en el molde.....	32
Figura 18. Colocación del bagazo en la distribución de cartón en el molde.	33
Figura 19. Colocación del bambú en la distribución de cartón en el molde.	34
Figura 20. Colocación de la totora en la distribución de cartón en el molde.	35
Figura 21. Colocación de la fibra de palma en la distribución de cartón en el molde.	36
Figura 22. Grafica Temperatura vs Tiempo	41
Figura 23. Grafica Temperatura vs Tiempo	43
Figura 24. Grafica Temperatura vs Tiempo	45
Figura 25. Grafica Densidad Aparente vs Pruebas Bagazo de Caña	45
Figura 26. Grafica Conductividad Térmica vs Pruebas Bagazo de Caña ...	46
Figura 27. Grafica Temperatura vs Tiempo	49
Figura 28. Grafica Temperatura vs Tiempo	51
Figura 29. Grafica Temperatura vs Tiempo	65

Figura 30. Grafica Densidad Aparente vs Fibra Vegetal	66
Figura 31. Grafica Conductividad vs Densidad Aparente	66
Figura 32. Grafica Masa vs Fibras Vegetales	67

RESUMEN

El trabajo de Investigación que se desarrollo tiene como objetivo principal analizar la conductividad térmica de dos plantas fibrosas que sean fáciles de conseguir en el País y de bajo costo, además que sus fibras se las pueda utilizar de una manera suelta en la construcción de viviendas como aislamiento térmico. En el Capítulo 1, se detalla las generalidades de la investigación, objetivos y alcance. El Capítulo 2, describe el marco teórico, donde se explica las diferentes fibras naturales, aislamientos naturales, características de confort y sensación térmicas en el Ecuador. EL Capítulo 3, realiza una descripción de la fase experimental de la Investigación en donde incluye la confección de la probeta a utilizar y los procedimientos, para así concluir cual proceso es el más idóneo para realizar las demás pruebas y encontrar la fibra con la mejor conductividad térmica. El Capítulo 4, en este capítulo se indica los resultados, cálculos y gráficos que se dan a en cada uno de los análisis de las fibras analizadas. El Capítulo 5, muestra un análisis económico donde se aprecian los costos directos e indirectos de la investigación que se realizó. El Capítulo 6, se encuentran las conclusiones y recomendaciones una vez finalizada la Investigación.

PALABRAS CLAVES:

- **PLANTAS FIBROSAS**
- **CONDUCTIVIDAD TERMICA**
- **AISLANTE TERMICO**

ABSTRACT

The research work that is being developed has as main objective the thermal conductivity of two fibrous plants that are easy to obtain in the country and of low cost, in addition to that its fibers can be used of a loose way in the construction of houses like Thermal isolation.

In Chapter 1, the generalities of the research, objectives and scope are detailed. Chapter 2 describes the theoretical framework, which explains the different natural fibers, natural insulation, and thermal comfort and sensation characteristics in Ecuador. Chapter 3 gives a description of the experimental phase of the Investigation, which includes the preparation of the test tube to be used and the procedures; in order to conclude which process is the most suitable to perform the other tests and find the fiber with the best conductivity Thermal. Chapter 4, this chapter shows the results, calculations and graphs that are given in each of the analyzes of the fibers analyzed. Chapter 5 shows an economic analysis showing the direct and indirect costs of the research being carried out. Chapter 6, we find the conclusions and recommendations that can be given at the end of the investigation of the fibers that were analyzed

KEYWORDS:

- **FIBROUS PLANTS**
- **THERMAL CONDUCTIVITIES**
- **THERMAL INSULATION**

SIMBOLOGIA

Símbolos, magnitudes y unidades		
Símbolo de la magnitud	Magnitud representada	Unidad
A	Área del molde de calentamiento	m ²
e	Espesor del molde	m
T1	Temperatura del calefactor	°C
T2	Temperatura de la guarda	°C
T3	Temperatura placa fría de ensayo	°C
T4	Temperatura placa fría de apoyo	°C
Tr	Temperatura del Refrigerante	°C
V1	Voltaje entregado por el calefactor	V
Qelec.	Flujo del Calor	W
Q1	Flujo de calor a través del área medida	W
λ	Conductividad Térmica	w/(°Km)

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Aun cuando las fibras artificiales son de uso común en la actualidad, la utilización de las fibras naturales en el mundo es tan antigua como los orígenes de las civilizaciones egipcia, griega y china. Así lo demuestra el empleo de especies como por ejemplo el lino, ramio, yute, algodón y otras. Las fibras naturales son aquellas fibras suministradas por la naturaleza.

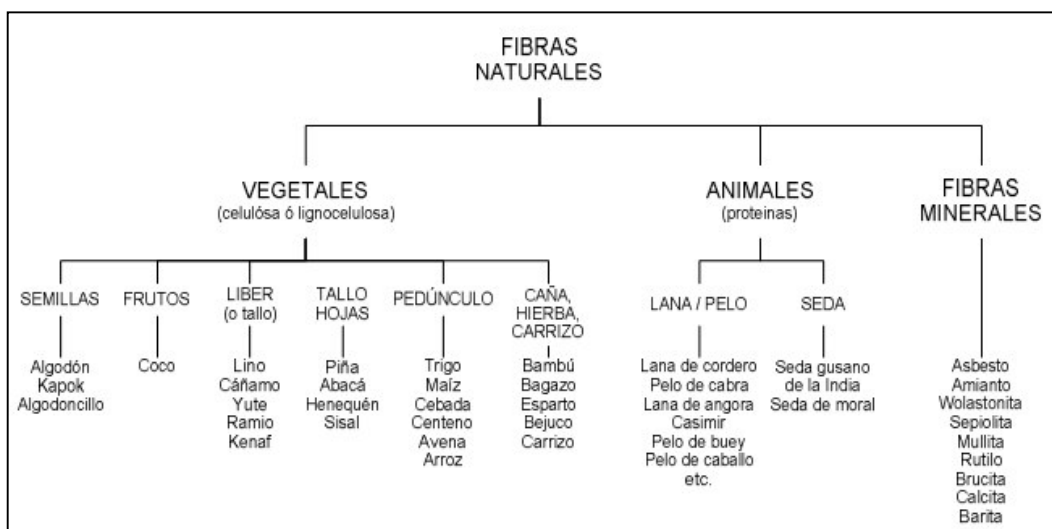


Figura 1. Clasificación de las fibras naturales de acuerdo a su origen

Fuente:(Mohanty & Misra, 2005)

Un estudio realizado en el Ecuador, con el fin de mostrar las fibras vegetales que se utilizan en el País, se encontró que existen no menos de 800 especies y señalando que se utilizan 199 especies vegetales correspondientes a 50 familias botánicas. Según el origen, 73 son árboles, 48 lianas, 19 herbáceas, 18 hemiepífitas, 16 bejucos, 10 venas, 7 arbustos y 3 epífitas. De acuerdo a la parte vegetal utilizada, de 101 especies se utiliza

los tallos, de 80 las cortezas, de 35 los frutos, de 34 las hojas, de 33 la raíz, de 10 el peciolo y de 5 la vaina.

Las fibras en el Ecuador se utilizan para los siguientes usos: 132 especies para cuerda, 50 en cestería, 36 en textiles y bracerías, 25 para artesanías, 7 para esponjas, 4 para cerbatanas de indígenas, 2 en escobas, redes, cedazos, encender fuego, embalajes y papeles y 1 en muebles, limpiadores, agujillas y columpio.(Acosta, 1971)

Existen diferentes materiales orgánicos, procedentes de desechos vegetales muchos de ellos, que pueden suplir el material aislante industrial con menor costo y huella ecológica, como han venido demostrando las comunidades autóctonas de las zonas de clima extremo del Ecuador.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador no existen investigaciones relacionadas o estudios que analicen el comportamiento térmico de plantas fibrosas como aislamiento de viviendas, siendo el sector residencial el segundo mayor consumidor de energía a nivel nacional después del sector transporte.

La tendencia histórica para el año 2020 indica que esta situación no va a variar de manera significativa. Para reducir esta tendencia es necesario cambiar las formas de construcción en el país con el fin de reducir el consumo de energía durante la operación de la edificación.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este proyecto va a ser de mucha utilidad al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica (DECEM) y la Carrera de Ingeniería Mecánica (CIME), debido que al ser un tema que puede contribuir con el desarrollo en la área de investigación de nuevas formas de recursos naturales como aislamiento ya que no se encuentran estudios relacionados a nivel nacional sobre comportamientos térmicos de plantas fibrosas que pueden ayudar

significativamente a un buen aislamiento térmico para las viviendas de nuestro país ya que puede mejorar la eficiencia energética de las viviendas.

Además de contribuir a un importante ahorro económico y mejorar el confort interior, puede contribuir en un 30 % de las emisiones de dióxido de carbono, este ahorro se traduce en una reducción de las necesidades energéticas de la vivienda, y por tanto, en una reducción en la factura eléctrica, que dependerá en gran medida del comportamiento térmico de la planta fibrosa a utilizar.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el comportamiento térmico de dos plantas fibrosas ecuatorianas para la utilización como aislamiento en viviendas.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la capacidad aislante de dos fibras naturales ecuatorianas en diferentes estados de particulación y compactación.
- Determinar la influencia del grado de compactación en la variación de la conductividad de las fibras naturales.
- Determinar la influencia del tamaño medio del agregado y su distribución de tamaños en su conductividad.
- Determinar la influencia de la disposición de plantas fibrosas y fibras naturales en la conductividad.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto contempla el análisis de la conductividad térmica de varias plantas fibrosas de origen vegetal que se puedan encontrar fácilmente en el Ecuador, analizando las propiedades y ubicación geográfica.

Se seleccionara dos diferentes plantas fibrosas para el proyecto, las cuales van a ser plantas fibrosas por su tallo y plantas fibrosas por su raquis.

Se procederá a determinar los coeficientes de conductividad térmica de las plantas fibrosas seleccionadas.

Finalmente se analizaran los resultados para determinar la planta fibrosa de mejor comportamiento térmico.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ECUADOR

En la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-11, promueve el diseño y construcción de edificaciones con criterios de sostenibilidad, eficiencia y un buen manejo de recurso, para de esta manera disminuir el consumo de consumibles fósiles y recursos no renovables, además de evitar emisiones de gases causantes de efecto invernadero. (MIDUVI, 2011)

Además se debe considerar en una edificación los siguientes parámetros según la NEC-11:

- Cuantificación del consumo energético
- Uso de materiales nocivos para el ambiente y la salud humana
- Uso de materiales y recursos naturales
- Tipos de agua
- Uso del suelo
- Consumo de materiales escasos y una integración social, económica y cultural.

2.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS EN ECUADOR.

En la NEC-11 se señala que para el diseño o reforma sustancial de una edificación se debe realizar un análisis del entorno social, cultural, geográfico, de vegetación, climatológico (vientos, precipitaciones, temperatura, humedad relativa), además de respetar las normas urbanísticas de uso de suelo y reglamentaciones u ordenanzas de construcción locales.

Tabla 1.

Temperatura mínima, media, máxima y humedad relativa por provincia promedio 2000-2008

PROMEDIO AÑOS 2000-2008					
ESTACIÓN	VALOR ANUAL				
	Temperaturas Extremas °C				Humedad Relativa
COD/NOMBRE	PROVINCIA	Mínima	Media	Máxima	Media%
M002 La Tola	PICHINCHA	9,41	15,57	22,82	76,58
M003 Izobamba	PICHINCHA	6,33	11	18,37	78,75
M004 Rumipamba	COTOPAXI	8,74	14,03	19,85	75,44
M005 Portoviejo	MANABI	21,13	25,11	30,75	76,98
M006 Pichilingue	LOS RIOS	21,53	24,95	29,49	82,96
M007 Rocafuerte	NAPO	22,07	25,72	31,25	86,58
M008 Puyo	PASTAZA	17,12	20,77	26,09	87,13
M024 Quito-Iñaquito	PICHINCHA	9,62	14,94	21,18	68,12
M026 Puerto Lloa	PICHINCHA	21,3	24,38	28,32	87,96
M031 Cañar	CAÑAR	7,46	11,93	16,84	76,35
M033 la Argelia Loja	LOJA	12,16	16,17	21,61	74,35
M037 Milagro	GUAYAS	21,86	25,39	29,44	79,24
M051 Babahoyo	LOS RIOS	33,15	25,04	29,05	76,46
M103 San Gabriel	CARCHI	6,73	12,47	17,55	78,81
M105 Otavalo	IMBABURA	8,39	14,71	21,89	80,44
M133 Guaslan	CHIMBORAZO	8,34	13,97	15,04	63,52
M138 Paute	AZUAY	11,04	17,41	24,49	78,99
M153 Muisne	ESMERALDAS	21,37	25,06	27,4	85,61
M221 Galápagos	GALAPAGOS	21,54	24,25	27,92	81,84
M258 Quero Chico- Ambato	TUNGURAHUA	7,78	12,7	18,77	76,02
MA2V Guayaquil	GUAYAS	22,38	26,1	30,63	73,86

Fuente: (NEC, 2011)

Las zonas climáticas son una aproximación del posible entorno natural que encontrara el proyectista en el diseño de una edificación. Según la NEC-11 el Ecuador está dividido en seis zonas térmicas de acuerdo con la temperatura media anual registrada por el INAMHI.

Tabla 2.

Rango de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas.

Zona Climática	Rango de temperatura °C
ZT1	6-10
ZT2	10-14
ZT3	14-18
ZT4	18-22
ZT5	22-25
ZT6	25-27

Fuente: (MIDUVI, 2011)

2.3. CONDUCTIVIDAD TERMICA

La conductividad térmica es la propiedad de un material que posibilita la transmisión de calor. Esta propiedad física implica que, cuando una materia dispone de conductividad térmica, el calor pasa del cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que se encuentra en contacto con él. Esta transmisión de calor supone un intercambio de energía interna de los electrones, los átomos y las moléculas. A mayor conductividad térmica, mejor conducción del calor. La propiedad inversa es la resistividad térmica, que señala que, a menor conductividad térmica, mejor aislamiento del calor.

Los metales son buenos conductores térmicos: por eso se utilizan en aquellos procedimientos industriales donde se pretende maximizar la transmisión de calor.

La conductividad térmica de los gases varía en un factor de 10^4 con respecto a las de los metales como se indica en la Figura 2, mientras que la conductividad térmica de los líquidos decrece al incrementarse la temperatura, constituyendo el agua una notable excepción y sus valores se los puede encontrar entre los sólidos y las de los gases.

Otros materiales, como la fibra de vidrio, tienen una conductividad térmica tan reducida que se emplean como aislantes.

Para que exista conducción térmica hace falta una sustancia, de ahí que es nula en el vacío ideal, y muy baja en ambientes donde se ha practicado un vacío elevado.

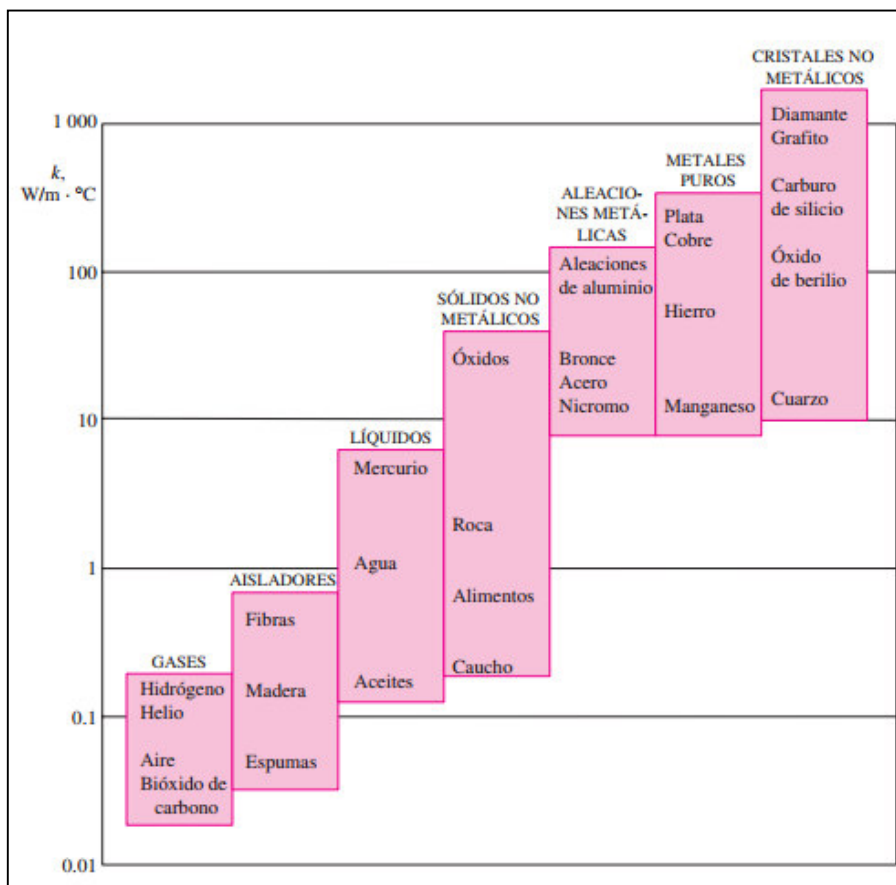


Figura 2. Rango de la conductividad térmica de diversos materiales a la temperatura ambiente.

Fuente: (Cengel, 2007, pág. 22)

Existe una ley general que relaciona bajas conductividades para bajas densidades, porque la ligereza del material suele estar producida por huecos en su interior ocupados por aire, que es mucho más aislante que el material compacto.

2.4. COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ)

El coeficiente de conductividad térmica, es el parámetro que indica el calor cedido en una superficie. Se representa por el símbolo λ (lambda)

siendo sus unidades (W/°Km). La conductividad térmica de un sólido puede ser más de cuatro órdenes de magnitud más grande que la de un gas. Cuanto menor es el valor de conductividad térmica es mejor su comportamiento como aislante térmico y su calor de resistencia es importante.

Además se asocia al ahorro energético al hablar de mejor aislamiento térmico, entendiéndose el mismo en su característica de que impida que el calor se transmita desde el exterior al interior en verano y desde el interior al exterior en invierno, minimizando costos de refrigeración y calefacción.

De acuerdo a la normativa ASTM C1045 se tiene en cuenta la siguiente fórmula para el cálculo del coeficiente térmico:

$$\lambda = \frac{Q \cdot e}{2 \cdot A \cdot \Delta T}$$

Donde:

λ = conductividad térmica, [W / (°Km)]

Q = Flujo de calor a través del área, [W].

e = espesor promedio de las probetas, [m].

A = área de la placa de calentamiento, [m²].

ΔT = Diferencia entre T1 y T3 [K].

2.5. AISLAMIENTO TERMICO.

Los aislamientos térmicos son materiales usados en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tendrían a igualarse en temperatura, además de constituir una parte importante fundamental para el ahorro y eficiencia energética en una vivienda.

La mayor parte de ellos son materiales heterogéneos, los cuales tienen baja conductividad térmica y contienen bolsas de aire. Esto no es

sorprendente, ya que el aire tiene una de las conductividades térmicas más bajas y se dispone de él con facilidad.

La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora para el flujo de calor; entre mayor sea esa diferencia, más grande es la razón de la transferencia de calor. Se puede retardar el flujo de calor entre dos medios a temperaturas diferentes mediante la colocación de “barreras” en la trayectoria de ese flujo. Los aislamientos térmicos sirven como esas barreras y desempeñan un papel importante en el diseño y fabricación de todos los aparatos o sistemas eficientes relacionados con la energía; suelen ser la piedra angular de los proyectos de conservación de la energía. (Cengel, 2007, pág. 423)

2.6. ESTADO ESTACIONARIO.

Considere la conducción de calor a través de las paredes de una casa durante un día de inviernos. Se sabe que se pierde calor de forma continua hacia el exterior a través de la pared en forma normal a su superficie y no tiene lugar para alguna transferencia de calor significativa en ella en otras direcciones, como se indica en la Figura 3.

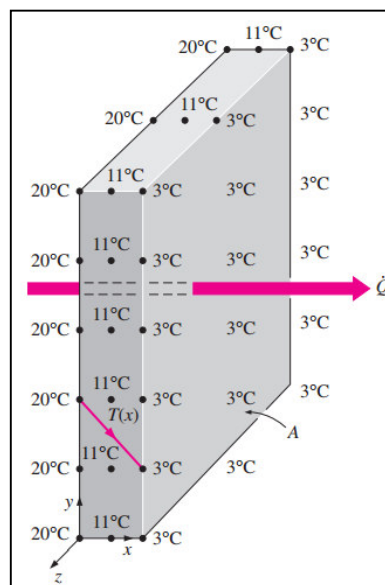


Figura 3. Flujo de calor a través de una pared.

(Cengel, 2007, pág. 132)

El espesor pequeño de la pared hace que el gradiente de temperatura en esa dirección sea grande. Además, si las temperaturas dentro y fuera de la casa permanecen constantes, entonces la transferencia de calor a través de la pared de una casa se puede considerar como un estado estacionario y unidimensional

2.7. CONFORT Y SENSACIÓN TÉRMICA.

La norma ISO 7730 y la ASHRAE definen el confort térmico como “Esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. Pero como es obvio la condición mental podría interpretarse de muchas formas, por lo que se subraya “que el juicio de comodidad es un proceso cognitivo que implica muchos aspectos influenciados por medios físicos, procesos fisiológicos, psicológicos y de otra índole”.

La diferencia de conductividad térmica explica, por ejemplo, por qué cuando una persona pisa una baldosa en un baño ésta le parece fría, pero si pisa sobre una alfombra de lana o algo parecido, ésta le parece tibia. En realidad, la baldosa y la alfombra están a la misma temperatura, dado que la alfombra está en contacto con las baldosas (si no lo estuvieran, fluiría calor hasta que sus temperaturas se hicieran iguales). Dado que la conductividad térmica de una baldosa (o del cemento, por ejemplo), es cerca de 20 veces la de la lana, en cada segundo el pie pierde unas 20 veces más calor cuando pisa la baldosa que cuando pisa la alfombra. Por eso se tiene la sensación de que la baldosa está fría. (Andrade Rodrigo, 2007)

2.8. DENSIDAD

La densidad está asociada a la cantidad de poros que puede tener un determinado material. El aire quieto es uno de los elementos de más baja conductividad, por lo tanto, al disminuir la densidad se está aumentando la cantidad de poros disminuyendo la conductividad. Pero esta tendencia tiene un límite (densidad óptima), para el cual a partir de cierto valor de densidad

la conductividad aumenta debido a que en los poros que ya son de gran tamaño hay convección del aire en su interior. (Andrade Rodrigo, 2007)

2.9. TEMPERATURA

La Temperatura puede verse como una medida de la concentración de calor, de modo que una región a alta temperatura es aquella que tiene una alta concentración de calor.

Po lo tanto, el calor como la masa se transfieren de las regiones mas concentradas hacia las menos concentradas. Si no hay diferencia de temperatura entre dos regiones, entonces no existe transferencia de calor.

Esta influye aumentando o disminuyendo la efectividad del traspaso de calor, dado que cuanta más alta es, mayor es la conductividad debido al aumento de los choques de moléculas al aumentar su energía cinética y viceversa al bajar la temperatura. (Cengel, 2007)

2.10. FIBRAS NATURALES EN EL ECUADOR

Las fibras naturales, que con el descubrimiento de las fibras sintéticas perdieron espacio, recobran importancia a nivel mundial.

Existe una creciente demanda de filamentos naturales, especialmente, en los países industrializados. Una de las razones tiene que ver con el impacto negativo que producen las fibras sintéticas en el planeta. Se calcula que estos filamentos tardan más de 500 años en descomponerse.

Ecuador posee cerca de 25 mil especies de plantas vasculares que lo convierten en la nación con el mayor número de plantas (o unidad vegetal) por unidad de área en América latina. Ecuador es considerado un paraíso en cuanto a fibras naturales.

Hoy son utilizadas 25 especies especialmente a nivel artesanal y por campesinos e indígenas del país. Se trata de fibras extraídas de plantas como la cabuya, totora, abacá, palmas, seda, bambú, etc.

A nivel interno las fibras naturales tienen una mayor demanda en el sector artesanal y constituyen un sustento de vida para muchos sectores populares. (Fibras vegetales del Ecuador, 2014)

2.11. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS.

Existen dos tipos de clasificación de las fibras; las cuales están muy relacionadas entre sí; pues todas básicamente las separan según su origen; aunque en un caso se lo hace directamente según la fuente de la cual provengan. Así tenemos las siguientes clasificaciones:

Según la fuente de donde provengan: Las cuales se dividen en:

- Naturales, son las de origen vegetal, animal y mineral o inorgánico como laseda, algodón, yute, asbesto, amianto, entre otras.
- Artificiales, que son fruto de la investigación del ser humano, y provienen básicamente del petróleo y gas natural, como el polipropileno, polietileno, nylon, entre otras.

Según las características químicas, se dividen en:

- Celulósicas; que son las vegetales, tanto naturales como reprocessadas
- Proteínicas; que son las animales, que provienen generalmente de la lana, pelos y sedas.
- Sintéticas, son las obtenidas artificialmente, que se emplean solas o con mezclas y que se derivan tanto de los minerales como de los compuestos químicos.

2.11.1. FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL

Son aquellas fibras obtenidas de animales tales como lana, cuero, seda y plumas

2.11.2. FIBRAS DE ORIGEN MINERAL

Las fibras de origen mineral corresponden a sustancias inorgánicas que se encuentran en la superficie o en el interior de la corteza terrestre

Uno de los materiales con mejores propiedades aislante es la lana de roca o lana mineral que es una sustancia fibrosa hecha de viruta de fresadora, piedra caliza o roca silíceas, que entre una de sus características es resistente al fuego a más de ser un excelente aislante acústico.

2.11.3. FIBRAS ARTIFICIALES

Son fibras que tienen como materia prima productos derivados del petróleo, el problema con este tipo de fibras es el gran impacto al medio ambiente, ya que la extracción de la materia prima produce mayor impacto.

Las fibras hechas de polímeros sintetizados a se diferencian unas de otras por los elementos químicos con las que son elaboradas.

2.11.4. FIBRAS DE ORIGEN VEGETAL

De origen natural son los materiales que tienen como materia prima productos vegetales como el cáñamo, paja, lana de oveja, entre otros. Estos aislantes son más fáciles de reciclar y reutilizar, además su extracción genera menos impacto al medio ambiente.

Las fibras naturales de origen vegetal se dividen en dos grandes grupos:

Las blandas, que son básicamente de la corteza o fruto de plantas, como el lino, algodón, coco, entre otras.

Las duras, que tienen su origen en las hojas, como la cabuya, abacá, piña, palmas, entre otras. De esta apreciación nace otro tipo de subdivisión, según de que parte de las plantas se obtenga la fibra, así tenemos:

- De Fibras de Semilla. Aquí un ejemplo claro es el algodón. Una fibra que está pegada a la semilla del algodón.
- Fibra de tallo: Son las que se sacan del tallo de las plantas mediante un proceso especial. Aquí podemos clasificar al lino, yute, ramio.
- Fibras de Hoja: Son las fibras que se extraen de las hojas de las plantas como el abacá y el sisal; en este grupo también se encuentra la paja toquilla.

- Fibras de fruto: La que más ha adquirido importancia es la fibra de coco.

2.12. AISLAMIENTOS NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN

Para un correcto aislamiento térmico debemos instalar un material apropiado para la vivienda. Sin embargo, es importante utilizar los materiales como un complemento a la aplicación de los criterios de la bioconstrucción y no como soluciones en sí mismos.

Entre los aislantes naturales presentes en el Ecuador tenemos:

2.12.1. TOTORA.

La totora es una planta acuática, un tipo de junco, que puede alcanzar una altura de tres y hasta cuatro metros por encima del agua. Esta planta crece espontáneamente en los humedales, esto es, en áreas cubiertas de abundante agua dulce, que pueden ser zonas fangosas que circundan lagunas y lagos, pantanos de régimen natural o artificial, o terrenos que se inundan por corrientes provenientes de ríos o canales, o anegadas por el emerger de aguas subterráneas durante las estaciones de lluvia.

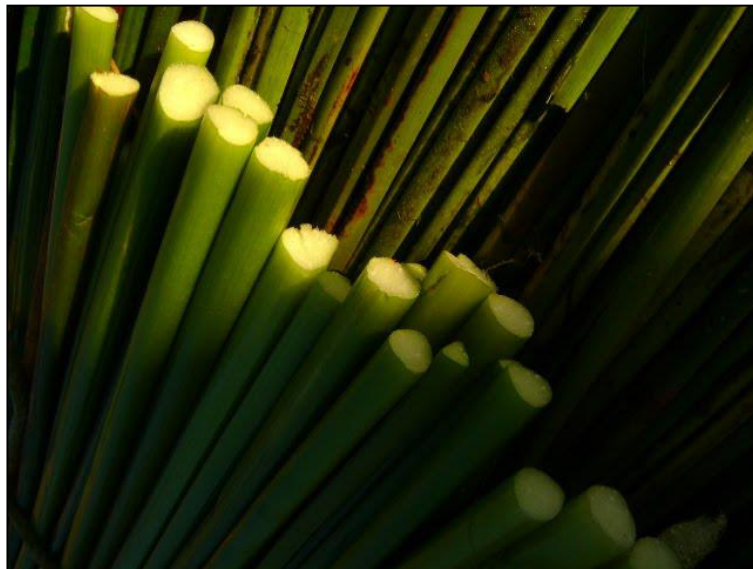


Figura 4. Tallo de Totora

Fuente: (Totora, 2015)

En nuestro país crece desde la costa hasta las montañas de la cordillera. Es aprovechada en algunas regiones especialmente, por las poblaciones asentadas en las orillas del lago San Pablo.

La totora es un material muy impermeable y resistente, y dispuesta en gavillas y en capas tiene una gran capacidad de aislamiento térmico y acústico, por lo que presta gran utilidad como material de construcción.

Las viviendas de totora protegen muy bien de las inclemencias del clima, son resistentes al viento y al granizo, se mantienen frías en verano y abrigadas y calientes en invierno. Permiten un pausado intercambio del aire entre el interior y el exterior, así como la salida del humo sin necesidad de una chimenea.

La totora que se usa para construir estas casas se seca por dos semanas expuestas al sol.

Un estudio realizado en la India en el año 2012, se fabricó moldes de poliéster reforzado con fibras de *Typha Latifolia*, en las cuales se determinó el valor de conductividad térmica encontrándose valores de 0,432 y 0,39 W/°Km para matrices con porcentaje de 15 y 30% respectivamente. (Rananaiah A., 2014)

2.12.2. BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Es un subproducto fibroso, residuo obtenido de caña exprimida. La caña de azúcar se da en climas tropicales y subtropicales. Se calcula que en el mundo se producen más de 57.5 millones de toneladas de bagazo seco. (Lintu, 2011)



Figura 5. Bagazo Caña de Azúcar

Fuente: (Agropecuario, 2015)

Generalmente el bagazo es utilizado en las azucareras o trapiches para generación de energía calórica, aunque para la industria papelera representa una importante materia prima. (Arboleda Marcelo, 2010)

El bagazo representa del 15 a 25% de la totalidad de caña procesada, por ejemplo de una tonelada de caña se puede obtener un mínimo de 150kg de bagazo. El contenido de humedad al salir del molino es de aproximadamente 50% y una densidad promedio de 144kg/m³. Luego de 22 días de secado al aire libre, el bagazo de caña de azúcar puede llegar a presentar una humedad de 23.4%. (Humberto, 2000)

2.12.2.1. Proceso de extracción del bagazo

La caña se corta en el campo a 5cm aproximadamente desde el suelo y se la deshoja.

Es transportada hasta los ingenios o trapiches en donde en algunos casos se toman muestras para determinar aspectos como: calidad, porcentaje de sacarosa, fibra y nivel de impurezas.

Luego es dirigida a mesas de lavado en donde es transportada por bandas hasta las picadoras que convierten el tallo de la caña en astillas de

tamaño uniforme que facilitarán la extracción del jugo de caña. En trapiches informales la caña va directamente a la extracción del jugo en los trapiches sin pasar por un lavado o control de calidad.

El bagazo que sale de la molienda se almacena dependiendo del clima, bajo sombra o al aire libre, para su secado. Luego de que el bagazo se secó es llevado a las calderas como combustible caso contrario es usado por fábricas de papel como principal materia prima. (Johana, 2008)

Tabla 3
Ingenios existentes en Ecuador

Ingenios Azucareros del Ecuador	
Ingenio	Caña cortada anualmente (hectáreas)
La Troncal	1541246
Valdez	1368608
San Carlos	1666856
IANCEM	240940
Monterrey	187000
Isabel María	82320

Fuente: (CINCAE, 2011)

2.12.3. BAMBU

La “Guadua Angustifolia Kunt” (GAK) , también conocida como planta no maderable perteneciente a la familia de pastos y juncos, conocida mundialmente como “bambú” es una planta que tiene una forma característica similar a un tallo nodulado largo con un crecimiento en línea recta uniforme, es liviana y hueca en el centro, muy resistente y de rápido crecimiento. (Velez, 2010)



Figura 6. Tallo de Bambú

Fuente: (Bambu y sus variades, 2016)

La GAK es la especie de bambú que posee las mejores propiedades físicas y mecánicas en el mundo. También es conocida por su alta durabilidad además tienen un rápido crecimiento pudiendo cosecharse cada cuatro o seis años con diferencia de la mayoría de maderas que tarda alrededor de los veinte años para encontrar su madurez. (Mejia, 2010)

2.12.3.1. Fibra de bambú (GAK) en el Ecuador

La “*Guadua Angustifolia Kunt*” es el nombre científico de la caña guadua nativa de Ecuador, Colombia y Venezuela la cual es considerada de gran valor económico, social, ambiental entre otros ya sea por sus múltiples aplicaciones que pueden ser de índole productiva o ambiental. (Bambu, 2012)

La velocidad de crecimiento de la GAK depende de las condiciones climáticas y del suelo; pero un estudio realizado en la empresa Acero Vegetal-Tandilsa han determinado que en la zona de Bucay, provincia del Guayas el crecimiento de la planta alcanza los 13.5 cm diarios, cuya cosecha dura en un promedio de 3 a 4 años. (Bambu, 2012)

2.12.3.2. Producción de GAK en el Ecuador

La producción de GAK en el año 2003 se estimó en 8000 hectáreas de las cuales solo 3000 son plantaciones programadas y 5000 son de crecimiento natural. En la Tabla 2 se muestra la distribución por provincias. Se observa un interesante campo de incursión ya que la producción de plantaciones programadas debería ser superior a las de crecimiento natural. Se estima actualmente la producción de GAK en el Ecuador en 15000 hectáreas entre las de crecimiento natural como las plantaciones programadas. (Cortés, 2010)

Tabla 4

Plantaciones de *Guadua Angustifolia* por provincia

PROVINCIA	HECTAREAS	PORCENTAJE (%)
Pichincha	71,5	17,6
Guayas	1464,5	34,3
Manabí	375	8,8
Los Ríos	1174	27,5
El Oro	100	2,3
Esmeraldas	240	5,6
Bolívar	80	1,9
Cotopaxi	60	1,4
Pastaza	13	0,3
Zamora	12	0,3
Total	4270	100

Fuente: (Cortés, 2010)

2.12.4. CÁÑAMO.

El cáñamo se obtiene de la planta de cannabis, considerándola la fibra textil de origen vegetal más larga, suave y resistente. También permite la elaboración de materiales de construcción de gran resistencia y de

materiales de gran capacidad aislante, con una conductividad térmica de 0,040 y 0,048 W/°Km.

Las propiedades resaltantes del cáñamo son sobre todo sus características térmicas, acústicas y bioclimáticos, que conducen a gran ahorro energético. El beneficio para el medio ambiente es tal en su cultivo como en su empleo en la construcción, al tener un período de crecimiento corto y una producción/hectárea 4 veces mayor que un bosque de madera.

2.12.5. LINO.

El lino es una planta cuyas fibras son muy absorbentes y extremadamente resistentes, con una conductividad térmica de 0,04 y 0,05 W/°Km.

Con este material se pueden elaborar planchas en la construcción ya que se adapta a fuerzas de flexibilidad y compresión, además de regular la humedad y ser reciclable al 100%.

2.12.6. LANA DE OVEJA.

Utilizado entre los bloques, insertadas en techos o tejados, así permitiendo la estabilidad térmica del lugar que envuelve la fibra natural contra el calor y el frío, con conductividad térmica es de: 0,040 a 0,045 W/°Km

A diferencia de los aislantes convencionales, la lana cuando se asienta se expande para eliminar los espacios vacíos.

La lana, además de ser resistente al fuego y a los parásitos, también lo es al moho, gracias a sus propiedades naturales de transferencia de la humedad.

2.12.7. CORCHO.

Mayormente utilizado en forma de virutas para rellenar cavidades; en forma de paneles para aislamiento de paredes, tabiques, terrazas, sótanos y

cubiertas e incluso proyectado para cubiertas o revestimiento de superficies, con una conductividad térmica de $0,042 \text{ W/}^\circ\text{Km}$.

Presenta la ventaja de ser poco deteriorable y tener gran duración, con una gran rentabilidad económica debido a su bajo coste.

2.12.8. FIBRA DE COCO.

Se extrae de la cáscara externa de los cocos con un procesamiento mínimo y sin aditivos.

Tiene buenas propiedades térmicas con una conductividad térmica entre $0,043$ y $0,047 \text{ W/}^\circ\text{Km}$ y acústicas, además de ser de las pocas fibras naturales que es altamente resistente a la putrefacción, por lo tanto tiene gran durabilidad en el tiempo.

CAPITULO 3

FASE EXPERIMENTAL

3.1. EQUIPO Y METODOLOGIA PARA LOS ENSAYOS

Para determinar la conductividad térmica en las fibras se va a emplear el Equipo de Análisis de Conductividad Térmica, que consta principalmente de una fuente que consiste en una placa metálica de forma cuadrada de 15 cm x 15 cm (Calefactor) provista de calefacción eléctrica para calentarla, rodeada de otra placa (Anillo de guarda) que evita la pérdida de calor del calefactor como se indica en la Figura 6, la cual está encargada de transmitir el calor a través de los moldes hacia la fibra

Además de dos sumideros, Sumidero 1 y Sumidero 2 que están encargados de recibir el calor que ha pasado por el molde y además que recircule el refrigerante que para este caso es agua como se indica en la Figura 5, este sistema presenta un problema, el cual es que los sumideros están conectados por la misma manguera del sistema, es decir circula el mismo refrigerante por los dos sumideros existiendo dos temperaturas diferentes que para este caso es T_3 y T_4 , por lo que se tiene que utilizar una fórmula ajustada que involucre estas dos temperaturas.

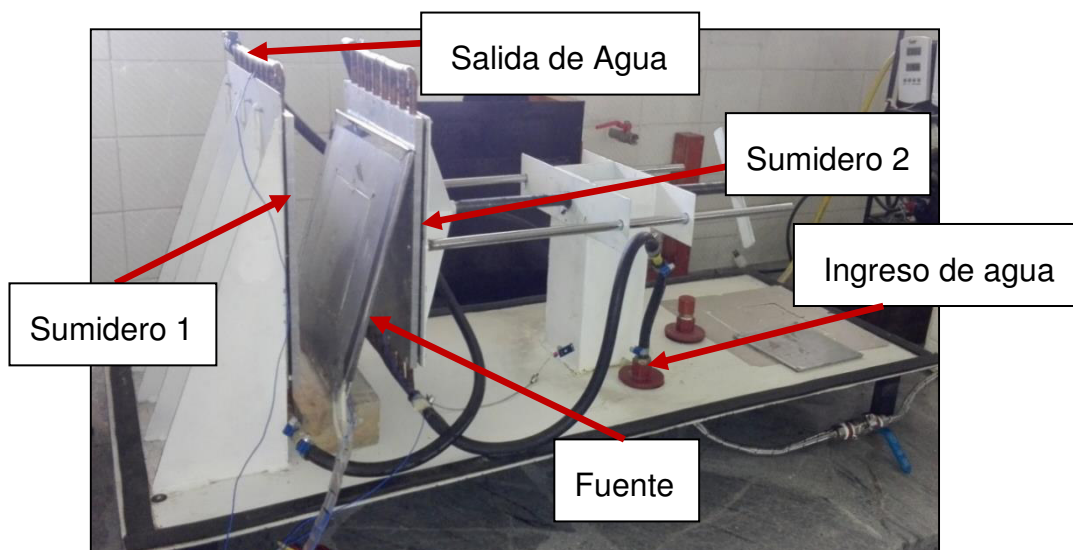


Figura 7. Equipo de medición de Coeficiente Térmico

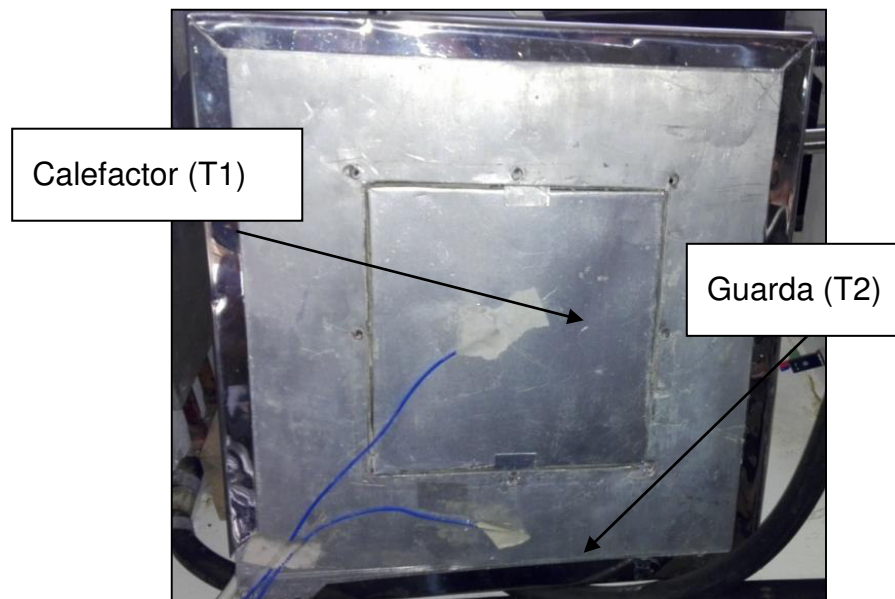


Figura 8. Elementos de la Fuente

Posteriormente se colocan dos moldes de iguales dimensiones y de caras planas y paralelas del material a ensayar, a ambos costados de la Fuente.

Finalmente se colocan dos placas metálicas refrigeradas (sumideros) por corriente de agua en las caras frías de las probetas por un sistema de suministro que permite mantener un flujo con una presión constante que permite el monitoreo de dos termómetros y un regulador de temperatura como se indica en la Figura 7.



Figura 9. Sistema de Refrigeración

Al efectuar el ensayo, el anillo de guarda es mantenido a la misma temperatura que la placa caliente, de modo que se obtiene el mismo gradiente de temperatura en el material que se encuentra junto a él, que en la proximidad de la fuente. En estas condiciones el flujo térmico es perpendicular con respecto a las superficies, además de no tener pérdidas de calor en los bordes de la placa caliente. Al llegar al régimen estacionario, se determina la cantidad de energía que atraviesa el área correspondiente de los dos moldes y el gradiente medio de temperatura a través de éstas.

3.2. MATERIALES A ENSAYAR

Para el estudio de los materiales a utilizar se va a tomar en cuenta dos plantas fibrosas de gran accesibilidad en el País, las cuales se van a dividir en:

Plantas Fibrosas por su tallo, como son:

- Bagazo de la Caña de Azúcar
- Totorá
- Bambú

Plantas Fibrosas por su raquis, como es:

- Palma

El análisis están centradas en estas plantas debido a que se encuentran muy fácilmente en el País, después de realizarles un proceso comercial y quedando como desecho sin saber qué hacer con esos desperdicios, como es el caso del Bagazo de Caña de Azúcar que se obtiene de exprimir la caña de azúcar hasta conseguir el jugo, y de diferentes formas también la utilización de la Totorá, Bambú y la Palma.

El análisis va a estar enfocado en primer lugar en el Bagazo de la Caña de Azúcar, ya que al ser una planta muy fácil de encontrarla en cualquier zona del País y al existir una gran cantidad de desechos y pocas formas de reutilizarla, la investigación se va a centrar en esta planta como principal.

3.3. LOCALIZACIÓN DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR

Al ser un país con un clima ideal para la siembra de caña de azúcar ya que la podemos encontrar en las tres regiones, como son la Costa, Sierra y la Amazonia, siendo las provincias de la Costa donde se concentra la mayor cantidad de sembríos con un 90%, y llevando a un gran problema debido a que no se sabe que realizar con el desecho que se tiene de esta planta, por esta razón la realización de este proyecto de Investigación y así ver una utilización para este desecho.

3.4. TRATAMIENTO DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

Como se la obtuvo en un lugar donde se comercializan jugos, se la debe realizar una eliminación de basura y disminuirle la cantidad de azúcar, para ello se la mojó durante treinta minutos y remojándolo por 24 horas para eliminar la mayor cantidad de basura y de azúcar así mejorando el almacenamiento y disminuyendo la proliferación de bacterias cuando la biomasa se seque.



Figura 10. Eliminación de la basura y reducción del azúcar.

3.5. CONFECCIÓN DE PROBETAS.

Para la realización de los ensayos se va a utilizar un molde que consta de un marco de madera en forma de U de 300mm x 300 mm x 50 mm internos y dos placas metálicas de 1 mm de espesor que cubren el marco de madera así confinándola para que no puedan salir las diferentes fibras a granel que se van a colocar para el análisis.

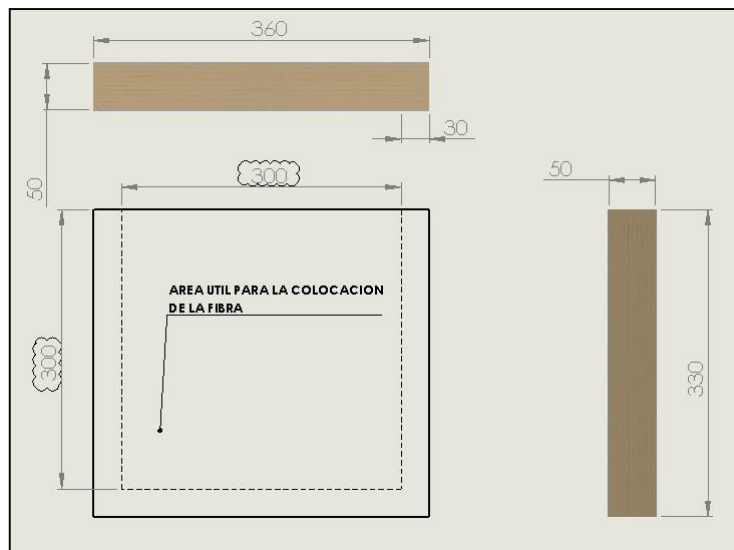


Figura 11. Dimensiones del molde a utilizar en los ensayos

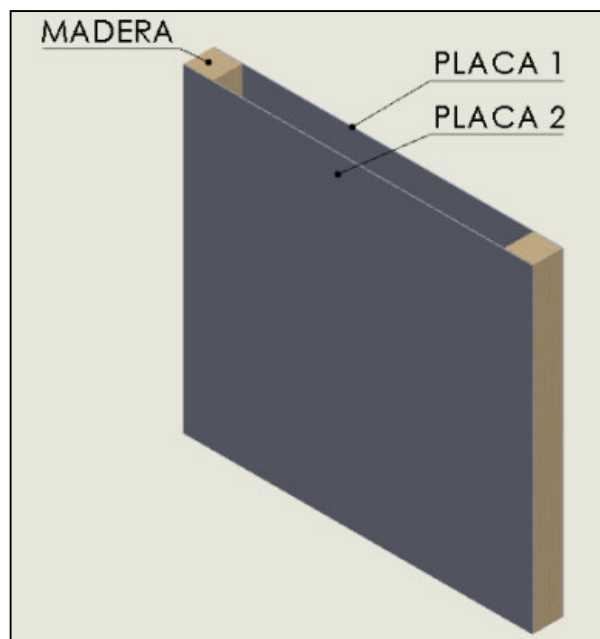


Figura 12. Vista del molde.

3.6. REALIZACIÓN DE ENSAYOS.

Los ensayos se realizaron en el Equipo de Análisis de Conductividad Térmica en el Laboratorio de Conversión de Energía del Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

3.7. PROCEDIMIENTO

Para este análisis se procedió a analizar el bagazo de la caña de azúcar como primera planta fibrosa y observar el comportamiento térmico de la misma, ya que al ser una masa no homogénea, se van a realizar varias pruebas con diferentes disposiciones para valorar la mejor forma de trabajar con las fibras.

Por cada fibra se va a tomar en cuenta la estabilidad de las temperaturas de la fuente y los sumideros.

Para el caso de la fuente las medidas que se miden son las T1 y T2 que son del calefactor y la guarda como indica en la Figura 6, y de los sumideros que van a ser las temperaturas T3 y T4, entre las temperaturas antes mencionadas no debe existir muchas diferencia entre ellas, para este estudio se procuró que las temperaturas no excedan un rango de 0,01 de °C entre cada una de las medidas ya sea para la fuente o para los sumideros, que para ello sé tuvo que cambiar los voltajes de la fuente V1 y V2 en ciertos momentos para que se mantenga la temperatura requerida.

3.8. PRIMERA PRUEBA

3.8.1. B1: BAGAZO A GRANEL 1

Para este análisis se utilizó bagazo a granel de 6 cm de largo x 2 cm de ancho aproximadamente, repartido de una forma aleatoria dentro de un molde de 30cm x 30 cm x 5 cm con dos láminas de metal de un milímetro de espesor en cada uno de los lados para cerrar el molde, con una masa de 200 gramos y una densidad aparente de 0,044 g/cm³ en cada uno de los moldes.



Figura 13. Medición del bagazo de caña

3.8.2. MONTAJE.

A continuación se muestra la secuencia de montaje para realizar el ensayo.

- Se coloca de una forma aleatoria el bagazo de caña de azúcar dentro de los moldes.
- Se marcan los centros de la probeta en cada cara, de modo de colocar el centro del molde con el centro del calefactor así registrando las temperaturas de cada una de las caras.
- Para evitar cualquier pérdida de calor y humedad resultando en un problema para la estabilización de la fibra, se envuelve el molde con un film adherente plástico como indica la Figura 14, de este modo se logra que el régimen estacionario llegue las fibras, esperando así obtener un buen resultado.



Figura 14. Ubicación de los moldes en el equipo

3.8.3. RESULTADOS:

El primer inconveniente que se obtuvo fue, que al ser la fibra de Bagazo una fibra no homogénea cortada en pedazos grandes, las fibras no se compactaron bien dejando muchos espacios dentro del molde, haciendo que cuando la fuente entrega calor hacia el molde ingrese a la fibra calentando el aire existente entre la fibra y por convección se disipe al medio ambiente resultando así en un problema en la estabilización de las temperaturas de la fuente y el sumidero ya que toda esa energía es disipada y no logrando un análisis real de lo que sucede.

3.9. SEGUNDA PRUEBA

3.9.1. B2: BAGAZO A GRANEL 2

Para este análisis se colocó el bagazo de la caña de azúcar cortado en fragmentos más pequeños que la prueba B1, es decir de 6cm x 1cm, como indica la figura:



Figura 15. Bagazo en fragmentos más pequeños.

Para luego ubicarlos dentro de dos bolsas de papel aluminio de 30 cm x 30 cm x 5cm por espacio útil como indica en la Figura 16, simulando dos bloques que tienen por masa 175 gramos y una densidad aparente de 0,039 gr/cm³.

3.9.2. MONTAJE

A continuación se muestra la secuencia de montaje para realizar el ensayo.

- Se coloca de una forma aleatoria el bagazo de caña de azúcar dentro de dos fundas de papel aluminio.
- Se marcan los centros de la probeta en cada cara, de modo de colocar el centro del molde con el centro del calefactor.
- Se las coloca en la maquina ajustando los lados como se indica en la Figura 16.



Figura 16. Colocación del bagazo de caña en la funda de aluminio

3.9.3. RESULTADOS

Al no tener ningún elemento rígido en los moldes, y al ser aplastados por la máquina, los pedazos de bagazo de caña rompían el aluminio dando como resultado una prueba fallida.

3.10. TERCERA PRUEBA

3.10.1. B3: BAGAZO A GRANEL 3

Finalmente para esta prueba va a existir una variante, debido a que en las pruebas anteriores se encontraron problemas de disipación de la

energía entregada por la fuente al medio ambiente o que las láminas de acero no dejaban que pase la energía a la fibra se optó para confinar el espacio por donde transfiere energía el calefactor, por lo que se utilizó un cartón con dimensiones en el centro de 15 cm x 15 cm como espacio confinado para que coincida con la medida del calefactor dentro de una madera en forma de U como se indica en la Figura 17, dando como resultado mayor facilidad para la colocación del bagazo de caña sin dañar el molde y obteniendo una mejor concentración de la energía.

Se utilizó las mismas dimensiones de bagazo que la SEGUNDA PRUEBA B2.



Figura 17. Distribución de cartón en el molde.

En esta prueba se utilizó una masa de bagazo de caña de 150 gramos con una densidad aparente de $0,33 \text{ g/cm}^3$

3.10.2. MONTAJE

A continuación se muestra la secuencia de montaje para realizar el ensayo.

- Al molde se cambia las láminas laterales por papel aluminio para tapar el molde, debido a que el espesor de un milímetro de las tapas metálicas no dejaron que transfiera el calor de una forma rápida hacia la fibra a analizar.
- Se tapa uno de los lados del molde con papel aluminio.
- Se coloca la configuración hecha de cartón en el molde.
- Se coloca de una forma aleatoria el bagazo de caña de azúcar dentro de los espacios libres de cartón, para luego taparlo completamente al molde con papel de aluminio.
- Se marcan los centros de la probeta en cada cara, de modo de colocar el centro del molde con el centro del calefactor.
- Se las coloca en la maquina ajustando los lados.
- Se miden las temperaturas.



Figura 18. Colocación del bagazo en la distribución de cartón en el molde.

3.10.3. CONCLUSIÓN PARCIAL:

Después de las tres pruebas, en donde se consideró el tamaño de la fibra, mejor distribución y disposición del bagazo de caña se concluye que la prueba final B3 es la mejor para realizar las demás pruebas restantes usando la misma distribución en los moldes, porque al realizar la prueba fue la mejor en llegar a un estado estacionario en poco tiempo, debido a esto gracias al espacio confinado que se utilizó haciendo que la convección se transfiera de una mejor manera sin perder energía al ambiente.

3.11. CUARTA PRUEBA

3.11.1. B4: BAMBU A GRANEL

Este análisis se realizó con pedazos de 8 cm aproximadamente en forma ondulada debido a la utilización de un cepillo manual de carpintería para obtener las fibras sueltas del bambú, teniendo para esta prueba una masa de 100 gramos en cada uno de los moldes, con una densidad aparente de $0,022 \text{ g/cm}^3$, utilizando el mismo procedimiento y montaje de la TERCERA PRUEBA B3.



Figura 19. Colocación del bambú en la distribución de cartón en el molde.

3.12. QUINTA PRUEBA

3.12.1. B5: TOTORA A GRANEL

Esta fibra fue la segunda que menor espacio dejo libre en los moldes para este análisis con una masa de 200 gr con una densidad de $0,044 \text{ gr/cm}^3$, debido a que esta fibra media 2.5 cm y pudo llenar mejor los espacios libres entre cada una de ella así obteniendo una mejor conductividad del material



Figura 20. Colocación de la totora en la distribución de cartón en el molde.

3.13. SEXTA PRUEBA

3.13.1. B6: PALMA A GRANEL

Al ser fibras de muy pequeña longitud fue la que mayor masa presento con 350 gr y una densidad aparente de $0,078 \text{ gr/cm}^3$ debido a que deja muy poco espacios libres entre cada una de las fibras y amoldándose de una mejor manera en los moldes, haciendo que la energía transferida de la fuente no sea disipada al ambiente sino a la fibra directamente, y dando como resultado una excelente fibra para ser un aislante térmico en viviendas.



Figura 21. Colocación de la fibra de palma en la distribución de cartón en el molde.

CAPÍTULO 4.

ENSAYOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Los valores recopilados fueron tomados cuando la maquina alcanzó una estabilidad en su temperatura para considerarlos como cifras confiables.

4.1. FORMULA CONVENCIONAL

Esta fórmula establece criterios de laboratorio para la medida del flujo unidireccional y estacionario de calor a través de dos muestras planas y homogéneas de caras paralelas y espesor conocido a temperaturas constantes mediante un sistema de placa caliente(fuente) y doble placa fría exterior (sumideros), determinado mediante la fórmula que se indica a continuación:

Así la conductividad térmica se calcula según la fórmula:

$$\lambda = \frac{Q_{elec} \cdot e}{2 \cdot A \cdot \Delta T} \quad (1)$$

Donde:

λ = conductividad térmica, [W / (°Km)]

Q_{elec} = Flujo de calor a través del área, [W].

e = espesor promedio de las probetas, [m].

A = área de la placa de calentamiento, [m²].

ΔT = Diferencia entre T1 y T3 [K].

De los datos obtenidos en el ensayo se puede calcular los siguientes valores:

$$Q_{electrico} = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

$$Q_{electrico} = \frac{V^2}{93}$$

Donde:

V= Voltaje medida en el equipo.

R= Resistencia del equipo, el cual es de 93 Ohmios constante.

4.2. OBTENCION DE FORMULA AJUSTADA

Obtención del Flujo de calor a través del área calculado

Donde:

Q eléctrico calculado:

$$Q_{\text{eléctrico}} = Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{\lambda_1 \cdot \Delta T_1 \cdot A_1}{e_1}}{\frac{\lambda_2 \cdot \Delta T_2 \cdot A_2}{e_2}}$$

Siendo $\lambda_1 = \lambda_2$; $A_1 = A_2$; $e_1 = e_2$, se obtiene la siguiente fórmula:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{T_1 - T_3}{T_1 - T_4}$$

$$Q_{\text{eléctrico}} = Q_1 + \frac{Q_1 \cdot \Delta T_2}{\Delta T_1}$$

$$Q_{\text{eléctrico}} = Q_1 \left[1 + \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right]$$

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{eléctrico}}}{1 + \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \quad (4)$$

4.3. FORMULA AJUSTADA

Esta fórmula es obtenida debido a un problema en el diseño y construcción de la máquina que se utilizó para el desarrollo de la Investigación, dado que la máquina utiliza el mismo sistema de refrigeración para los dos sumideros, es decir la fuente transfiere calor a los moldes, pero la temperatura en los sumideros no es igual ya que el refrigerante primero llega a un sumidero y luego va al otro sumidero existiendo dos temperaturas diferentes que para

este caso es T3 y T4, que son las temperaturas de los sumideros medidos independientemente.

Formula del Coeficiente de Conducción Ajustado:

$$\lambda = \frac{Q1 \cdot e}{\Delta T1 \cdot A} \quad (5)$$

Donde:

λ = conductividad térmica, [W / (°Km)]

$Q1$ = Flujo de calor a través del área medida, [W].

e = espesor promedio de las probetas, [m].

A = área del molde de calentamiento, [m²].

$\Delta T1$ = Diferencia entre T1 y T3 [K].

A continuación se presentan las tablas con los resultados del experimento material por material:

Tabla 4.
Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 1.

Hora	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
T1 (°C)	30,2	45,2	53,8	60	62,2	64,8	65,2	67,5	70,1	70,2
T2 (°C)	25,9	44,1	55,2	60	62,1	64,7	65,1	67,4	70	70,1
T3 (°C)	18,6	22,5	24,6	26	26,4	27,1	26,9	27,4	28,1	28,2
T4 (°C)	18	21,9	24,4	25,6	26,1	26,6	26,5	27,1	27,8	27,8
V1 (V)	10	10,9	9,3	7,6	8	7,8	7,9	8	7,8	7,7
Tr (°C)	18,4	18,1	18,2	18,6	18,7	18,2	18,2	18,4	18,2	18,4
$\Delta T1(^{\circ}K)$	11,6	22,7	29,2	34	35,8	37,7	38,3	40,1	42	42
$\Delta T2(^{\circ}K)$	12,2	23,3	29,4	34,4	36,1	38,2	38,7	40,4	42,3	42,4
Área (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Qeléctrico (W)	1,074	1,276	0,929	0,620	0,687	0,653	0,670	0,687	0,653	0,637
Q1(W)	0,524	0,630	0,463	0,308	0,342	0,325	0,333	0,342	0,326	0,317
$\lambda_{Ajus. [W/^{\circ}Km]$	0,100	0,061	0,035	0,020	0,021	0,019	0,019	0,019	0,017	0,017
$\lambda_{Conv. [W/^{\circ}Km]$	0,102	0,062	0,035	0,020	0,021	0,019	0,019	0,019	0,017	0,017

Moldes	1	2
Masa (gr)	200	200
V (cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,044	0,044

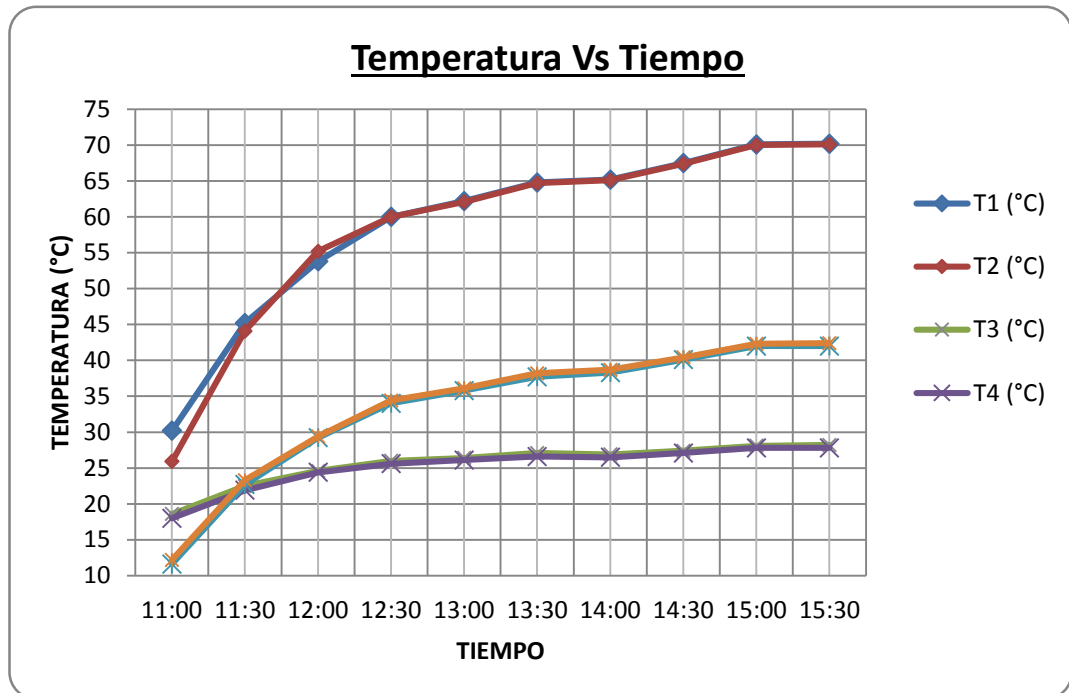


Figura 22. Grafica Temperatura vs Tiempo

En la gráfica se puede apreciar claramente una alteración de las temperaturas de la fuente y el sumidero en el transcurso del tiempo, ya que mientras aumenta la temperatura significativamente de la fuente llegando a 70 °C, en cambio la temperatura de los sumideros se mantiene casi estable en 25°C, debido a que la temperatura entregada por la fuente a la fibra de bagazo de caña se está disipando al ambiente ya que existe aire entre los espacios libres de la fibra en el molde, haciendo que éste se caliente y por convección se disipe al exterior, resultando en una mala medición por lo que se debe evitar la convección dentro del molde, ya puede ser confinando la fibra o compactándola mejor.

Tabla 5.
Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 2.

Hora	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
T1 (°C)	42	50,9	54,2	52,5	52,3	52,8	56,1	57,6	57,9
T2 (°C)	41,8	51	54,1	52,4	52,2	52,7	56,3	57,5	57,8
T3 (°C)	18,1	20,1	20,5	19,6	20	20,1	20,9	21,1	21,1
T4 (°C)	17,8	19,1	19,6	18,9	19,1	19	19,4	19,6	19,6
V1(V)	7,8	7,4	7,8	7,8	7,6	7,7	7,8	7,7	7,7
Tr (°C)	17	17	17,2	17,6	17,7	17,6	17,8	17,7	17,7
$\Delta T1(^{\circ}K)$	23,9	30,8	33,7	32,9	32,3	32,7	35,2	36,5	36,8
$\Delta T2(^{\circ}K)$	24,2	31,8	34,6	33,6	33,2	33,8	36,7	38,0	38,3
Área (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Qelectrico(W)	0,653	0,588	0,653	0,653	0,620	0,637	0,653	0,637	0,637
Q1 (W)	0,325	0,289	0,322	0,323	0,306	0,313	0,320	0,312	0,312
$\lambda_{Ajus. [W/^{\circ}Km]$	0,030	0,021	0,021	0,022	0,021	0,021	0,020	0,019	0,019
$\lambda_{Conv. [W/^{\circ}Km]$	0,030	0,021	0,021	0,022	0,021	0,021	0,020	0,019	0,019

Probetas	1	2
Masa (gr)	175	175
V(cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,039	0,039

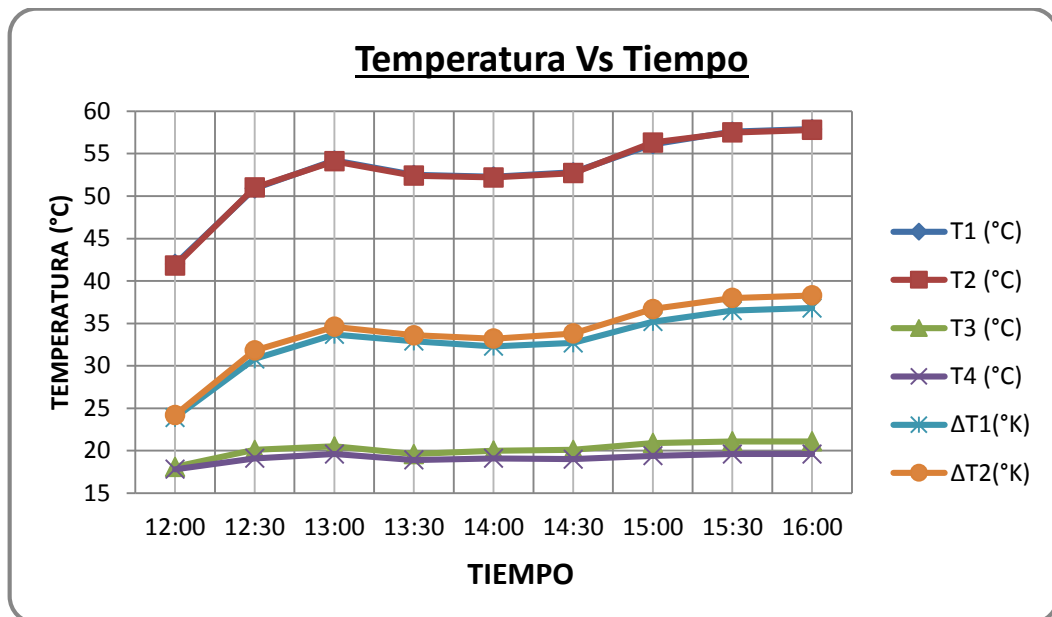


Figura 23. Grafica Temperatura vs Tiempo

En cambio en esta grafica se realizó una nueva configuración la cual se optó por utilizar bagazo con dimensiones más pequeñas con un molde de papel aluminio para que así pueda pasar el calor entregado por el calefactor hacia el bagazo de caña, dando como resultado que la variación con la Figura 23. es menor ya que al entregar gran cantidad de temperatura del calefactor las placas frías no tienen mucha variación en su temperatura, debido que la energía se sigue disipando por el bagazo de caña ya que al ser suelto existen muchos vacíos dentro del aluminio dejando que por ahí emane el calor, dando fallas en el análisis.

Tabla 6.

Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bagazo a Granel 3

Hora	9:00	10:00	10:30	11:00	12:00	12:30
T1 (°C)	28,8	29,1	28,7	28,6	28,6	28,5
T2 (°C)	28	28,4	28	28,1	28,2	28,1
T3 (°C)	16,2	15	14,2	13,9	13,4	13,2
T4 (°C)	16,2	15	14,1	13,6	13	12,7
V1 (V)	7,39	7,39	7,41	7,39	7,39	7,4
Tr (°C)	17	17	17	17	16,5	16,6
$\Delta T1(^{\circ}K)$	12,6	14,1	14,5	14,7	15,2	15,3
$\Delta T2(^{\circ}K)$	12,6	14,1	14,6	15	15,6	15,8
Área (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Qeléctrico(W)	0,587	0,587	0,590	0,587	0,587	0,588
Q1(W)	0,293	0,293	0,294	0,290	0,289	0,289
$\lambda_{Ajus. [W/^{\circ}Km]$	0,051	0,046	0,045	0,044	0,042	0,042
$\lambda_{Conv. [W/^{\circ}Km]$	0,051	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042

Probetas	1	2
Masa (gr)	150	150
V(cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,033	0,033

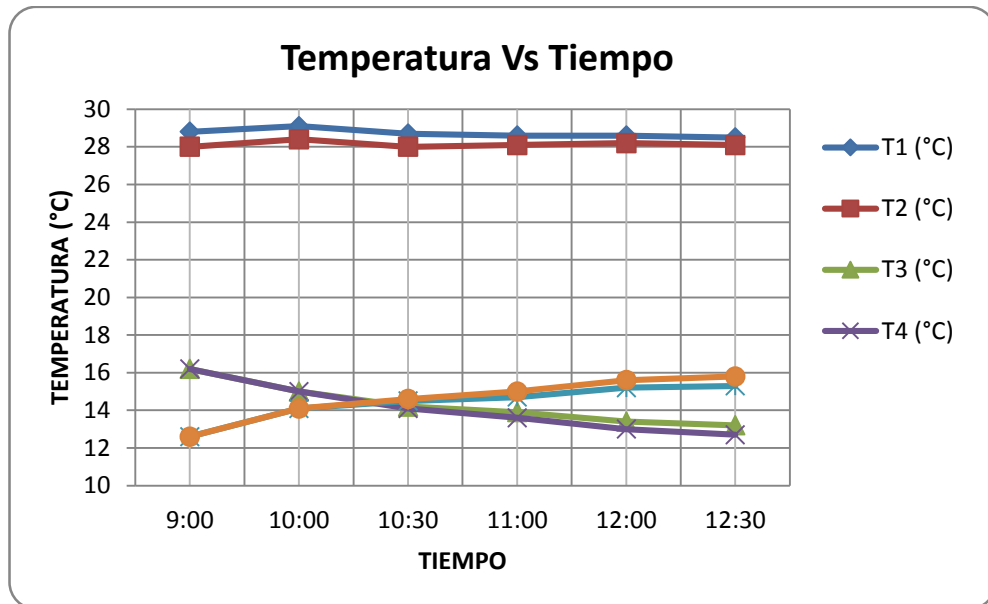


Figura 24. Grafica Temperatura vs Tiempo

Esta grafica refleja la mejor disposición de la fibra de bagazo de caña, porque al ser una fibra no homogénea con una densidad aparente de $0,033\text{g/cm}^3$ y al estar confinado con el cartón en el molde, la fuente entrega calor hacia la fibra, dejando que esta no transfiera calor hacia el exterior, y si al sumidero dando así que con un corto tiempo las temperaturas se estabilicen y llegando a un estado estacionario resultando así la mejor disposición para valorar las fibras faltantes.

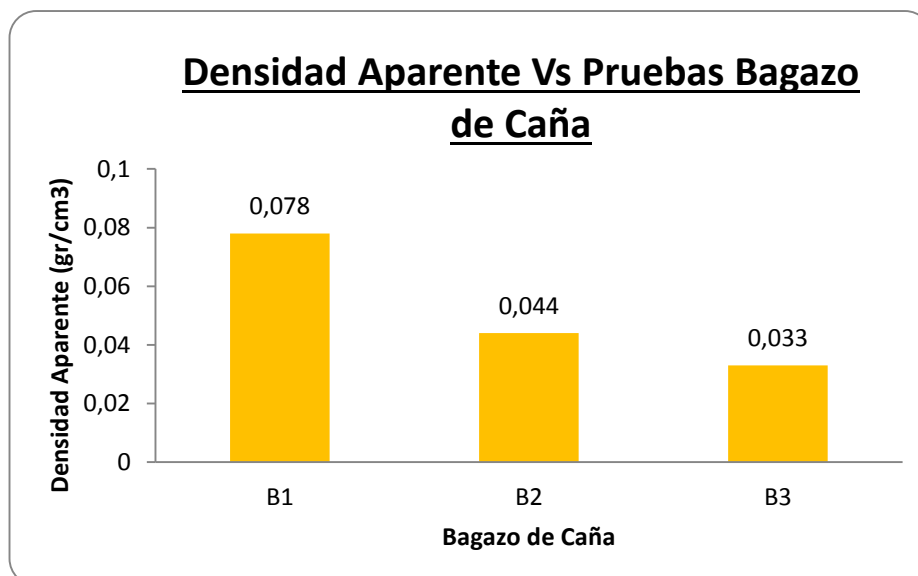


Figura 25. Grafica Densidad Aparente vs Pruebas Bagazo de Caña

La densidad aparente es fundamental para el análisis de conductividad térmica ya que en las pruebas de bagazo de caña se utilizaron diferentes formas en la distribución, particulación y densidad como se indica en el Figura 25 hasta encontrar la mejor disposición de la fibra en el molde y utilizarla en los demás ensayos.

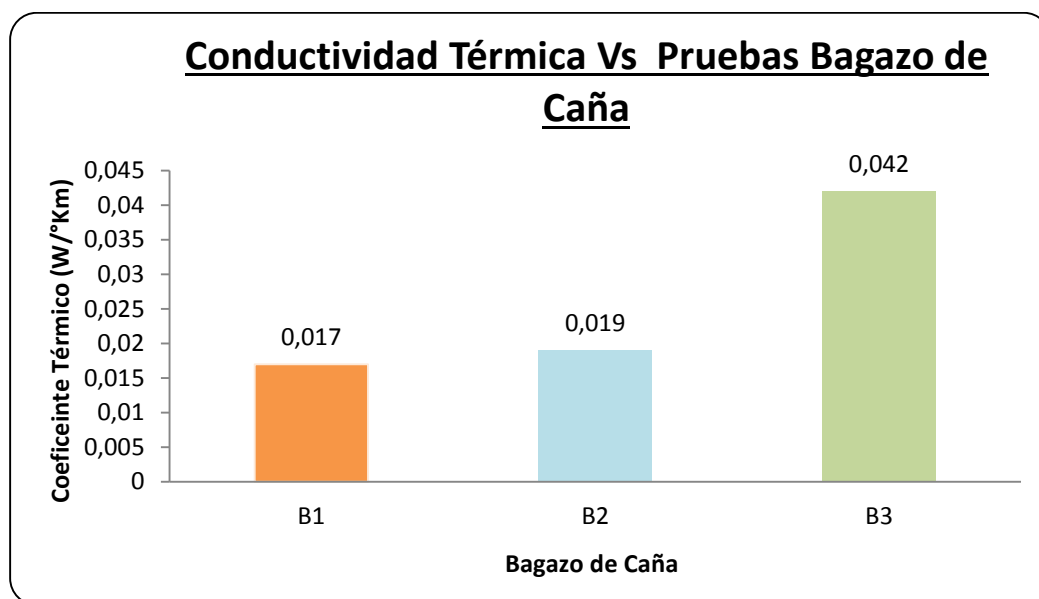


Figura 26. Grafica Conductividad Térmica vs Pruebas Bagazo de Caña

Tabla 7.

Pruebas Bagazo de caña

	Cond. Térmica (W/°Km)
Bagazo a granel 1	0,017
Bagazo a granel 2	0,019
Bagazo a granel 3	0,042

La conductividad térmica de los diferentes ensayos de bagazos de caña que se observa en la Figura 26, fueron medidos en diferentes pruebas en los cuales se analizaba la mejor distribución dentro del molde, en donde la última prueba presento un mayor coeficiente térmico debido al cartón

utilizado como espacio confinado con la menor densidad aparente de 0,033 gr/cm³, esta diferencia es debido a los espacios que conforma el cartón dentro del molde ya que mejora la distribución de calor pero disminuye el ingreso de masa de la fibra, así evitando pérdidas de energía al ambiente como paso en las anteriores pruebas.

Conclusión Parcial.

Una vez realizado el análisis del comportamiento de las tres configuraciones del bagazo de caña de azúcar a granel se puede concluir que la tercera prueba B3 es la más viable para seguir realizando los diferentes ensayos ya que demuestra que es la mejor disposición del material en el molde de prueba, ya que en poco tiempo la fibra no demostró mucha variación en el tiempo y se mantuvo estable.

Tabla 8.

Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Bambú a Granel.

Hora	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
T1 (°C)	25,3	27,5	27,5	27	27,1	27,3	27,1	27,4	27,6	27,7
T2 (°C)	23,3	25,6	26,8	26,8	26,9	26,9	27,1	27,4	27,6	27,7
T3 (°C)	13,3	13	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,6	12,7	12,7
T4 (°C)	12,9	12,5	12,3	12,2	12,1	12,4	12,3	12,1	12,1	12,2
V1 (V)	11,46	9,98	9,02	7,98	7,97	7,53	7,35	7,83	7,83	7,84
Tr (°C)	16,5	16,5	16,4	16,5	16,6	16,6	16,7	16,7	16,7	16,8
$\Delta T1(^{\circ}K)$	12	14,5	14,7	14,2	14,4	14,6	14,4	14,8	14,9	15
$\Delta T2(^{\circ}K)$	12,4	15	15,2	14,8	15	14,9	14,8	15,3	15,5	15,5
Área (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Qelectrico(W)	1,411	1,070	0,874	0,684	0,682	0,609	0,580	0,659	0,659	0,660
Q1 (W)	0,694	0,526	0,430	0,335	0,334	0,301	0,286	0,324	0,323	0,325
$\lambda_{Ajust.} [W/^{\circ}Km]$	0,128	0,080	0,065	0,052	0,051	0,046	0,044	0,048	0,048	0,048
$\lambda_{Conv.} [W/^{\circ}Km]$	0,130	0,081	0,066	0,053	0,052	0,046	0,044	0,049	0,049	0,049

Probetas	1	2
Masa (gr)	100	100
V (cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,022	0,022

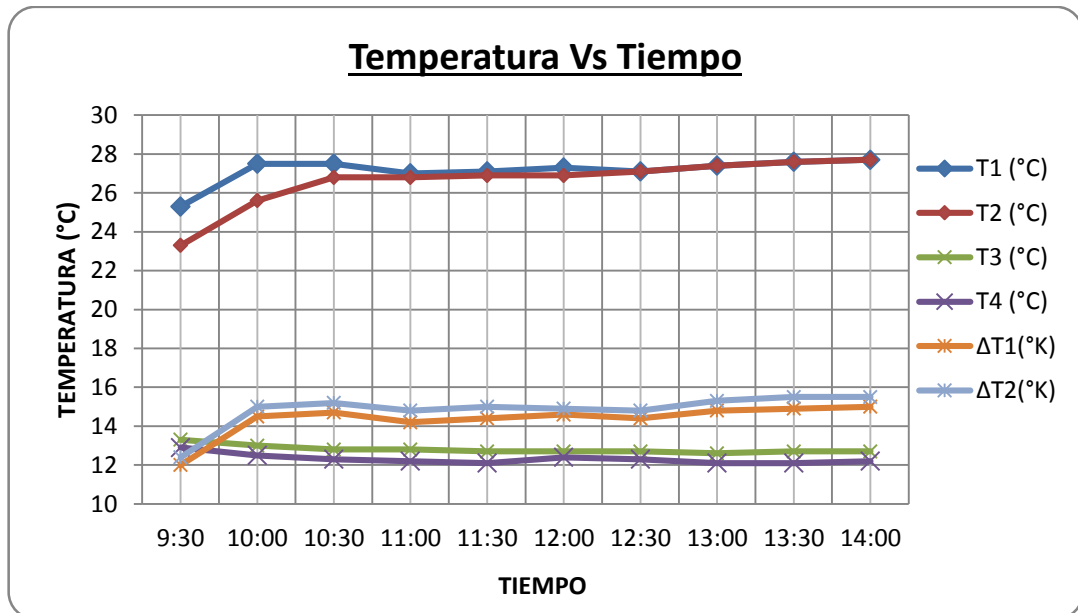


Figura 27. Grafica Temperatura vs Tiempo

Con el método ya definido para el análisis de las fibras se ubicó el Bambú a granel en el molde dando una densidad aparente de $0,22 \text{ g/cm}^3$, la densidad más baja de todas las fibras analizadas, debido a la forma ondulada en la que se utilizó ocupa mucha área con poca masa, por eso se observa claramente en la Figura 27 que las variaciones de temperatura fueron menores una vez que el equipo llegó a la estabilidad en el tiempo, dando como resultado que la temperatura se estabiliza con rapidez y se logra el régimen estacionario, dando un coeficiente térmico de $0,049 \text{ w/}^\circ\text{Km}$, siendo la fibra que obtuvo el cuarto lugar en aislamiento térmico de todas las fibras analizadas.

Tabla 9.

Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica Totora a Grael

Hora	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
T1 (°C)	23,3	25	27,5	27,8	28,6	28,8	29,1	29,3	29,4	29,6	29,6	29,6
T2 (°C)	23,3	24,5	27,4	27,7	28,3	28,6	28,8	29	29,2	29,3	29,3	29,3
T3 (°C)	15,4	14,4	13,7	13,7	13,4	13,3	13,2	13,2	13,3	13,2	13,2	13,2
T4 (°C)	15	14	13,3	13,3	13	12,9	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7
V1 (V)	7,45	7,49	7,47	7,47	7,47	7,36	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45
Tr (°C)	17,4	17,3	17,4	17,4	17	17,4	17,3	17	17,2	17,1	17,2	17,1
$\Delta T1(^{\circ}K)$	7,9	10,6	13,8	14,1	15,2	15,5	15,9	16,1	16,1	16,4	16,4	16,4
$\Delta T2(^{\circ}K)$	8,3	11	14,2	14,5	15,6	15,9	16,3	16,5	16,6	16,9	16,9	16,9
Area (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Qelectrico(W)	0,596	0,603	0,599	0,599	0,599	0,582	0,596	0,596	0,596	0,596	0,596	0,596
Q1 (W)	0,291	0,296	0,295	0,295	0,296	0,287	0,294	0,294	0,294	0,294	0,294	0,294
$\lambda_{Ajus. [W/^{\circ}Km]$	0,081	0,062	0,047	0,046	0,043	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
$\lambda_{Conv. [W/^{\circ}Km]$	0,083	0,063	0,048	0,047	0,044	0,041	0,041	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040

Probetas	1	2
Masa (gr)	200	200
V (cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,044	0,044

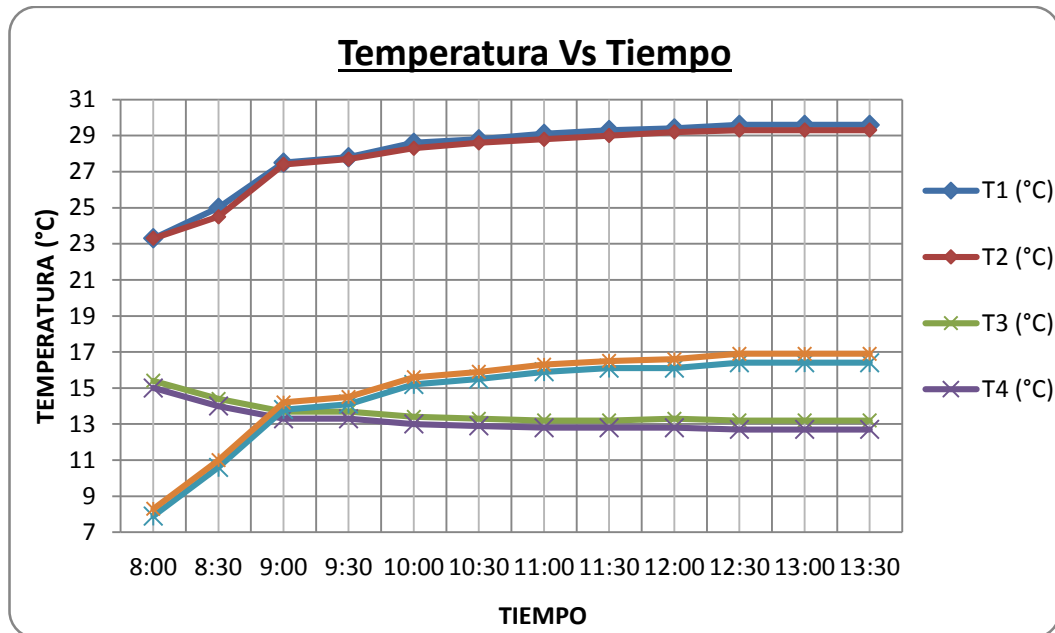


Figura 28. Grafica Temperatura vs Tiempo

La fibra de Totorá llevó tres horas en que se estabilicen las temperaturas, debido a que primeramente en el interior del tallo de la fibra existen varios agujeros en donde ingresa el calor generado por el calefactor, estos agujeros se calientan y ese calor es transferido a toda la fibra que existe en el molde, en segundo fue la gran densidad aparente que tuvo el molde el cual fue de $0,044\text{g/cm}^3$, la fibra con la segunda mayor densidad y al ser una fibra corta se compactó bien en el molde, dando así un coeficiente térmico de $0,040\text{W/}^\circ\text{Km}$ que es el segundo mejor coeficiente térmico, atrás de la fibra de Totorá.

Tabla 10.

Determinación del Coeficiente de Conductividad Térmica de la Palma a Granel

Hora	10:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
T1 (°C)	20,3	19,5	21,3	22,8	23,4	23,9	24,3	24,4	24,5	24,5
T2 (°C)	20,6	19,8	21,3	22,6	23,2	23,7	24	24,2	24,3	24,3
T3 (°C)	13,6	13,3	13,3	13,3	13,4	13,3	13,2	13,1	13,1	13,2
T4 (°C)	13,2	12,8	12,7	12,8	12,9	12,6	12,8	12,8	12,8	12,7
V1 (V)	3,27	4,1	5,57	5,64	5,65	5,56	5,57	5,58	5,58	5,57
Tr (°C)	17,4	17,6	17,6	17,4	17,3	17,2	17	17	17,2	17,1
$\Delta T1(^{\circ}K)$	6,7	6,2	8	9,5	10	10,6	11,1	11,3	11,4	11,3
$\Delta T2(^{\circ}K)$	7,1	6,7	8,6	10	10,5	11,3	11,5	11,6	11,7	11,8
Area (m ²)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
e (m)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Q electrico (W)	0,115	0,181	0,333	0,342	0,343	0,332	0,333	0,334	0,334	0,333
Q1 (W)	0,056	0,087	0,161	0,166	0,167	0,161	0,164	0,165	0,165	0,163
$\lambda_{Ajus.} [W/^{\circ}Km]$	0,018	0,031	0,044	0,039	0,037	0,033	0,033	0,032	0,032	0,032
$\lambda_{Conv.} [W/^{\circ}Km]$	0,019	0,032	0,046	0,040	0,038	0,035	0,033	0,033	0,032	0,033

Probetas	1	2
Masa (gr)	350	350
V (cm ³)	4500	4500
Densidad Aparente (gr/cm ³)	0,078	0,078

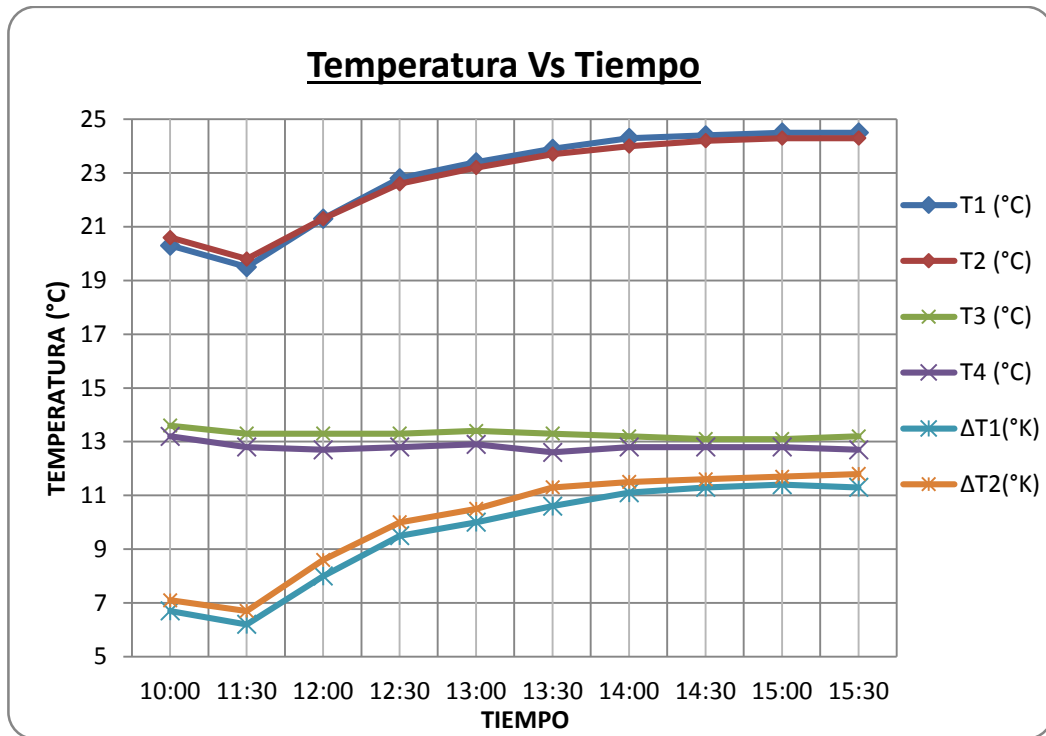


Figura 29. Grafica Temperatura vs Tiempo

En la gráfica indica que la temperatura se estabiliza en un mayor lapso de tiempo debido a que la fibra de la palma al tener una mayor densidad aparente de $0,078 \text{ g/cm}^3$ y además de ser una fibra muy compacta entre sí, el calor de la fuente le resulta más complicado pasar por la fibra y llegar hacia el sumidero, dando así que la fibra se comporte de una manera óptima para ser un buen aislante térmicos por eso su bajo valor de conductividad térmica de $0,032 \text{ W/}^\circ\text{K.m}$.

Tabla 11.
Relación densidad aparente vs conductividad térmica

FIBRA VEGETAL	Densidad Aparente (g/cm^3)	λ ($\text{W/}^\circ\text{K.m}$)
BAGAZO	0,033	0,042
BAMBU	0,022	0,049
TOTORA	0,044	0,040
PALMA	0,078	0,032

Como se observa en la Tabla 11 los valores del coeficiente térmico están relacionados con la densidad aparente del material utilizado. Ya que a una mayor densidad aparente un valor menor de conductividad térmica, que en este caso es para la Palma, y viceversa las fibras que menor densidad aparente obtuvieron un valor mayor de conductividad térmica, que fue el Bambú.

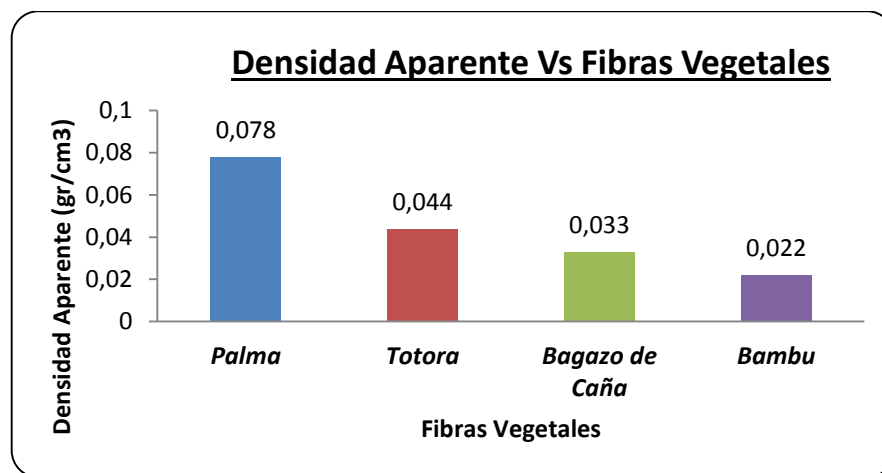


Figura 30. Grafica Densidad Aparente vs Fibra Vegetal

En esta grafica se indica más claramente la densidad de cada una de las fibras que se analizó, dando que la fibra de Palma es con la mayor densidad aparente de 0,078 gr/cm³.

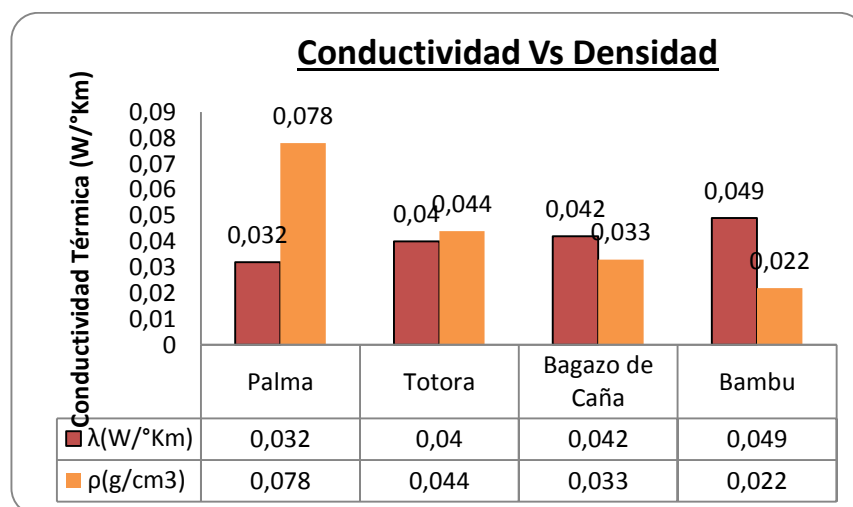


Figura 31. Grafica Conductividad vs Densidad Aparente

La densidad aparente es un factor importante en el estudio de la conductividad térmica de una planta fibrosa ya que se pudo analizar que mientras mayor sea el proceso en la obtención de la fibra, más fácil va a resultar colocar en el molde y como la fibra va a resultar más compacta la densidad va a aumentar considerablemente como fue el caso de la Totora que fue la fibra con la mayor densidad aparente de $0,078\text{g/cm}^3$, en cambio el Bambú fue la fibra que menos se compactó por su forma dentro del molde obteniendo así una densidad de $0,022\text{g/cm}^3$ la cual es la menor densidad de todas las fibras analizadas.

Hay una relación directamente proporcional entre la densidad aparente de una fibra y su coeficiente de conductividad térmica. Ya que de la Investigación se pudo concluir que de las cuatro fibras analizadas las que tenían mayor densidad dieron un valor de coeficiente térmico bajos como fue el caso de la Palma y Bambú que fueron las dos fibras que obtuvieron los mejores valores de coeficiente térmico siendo buenos aislantes térmicos.

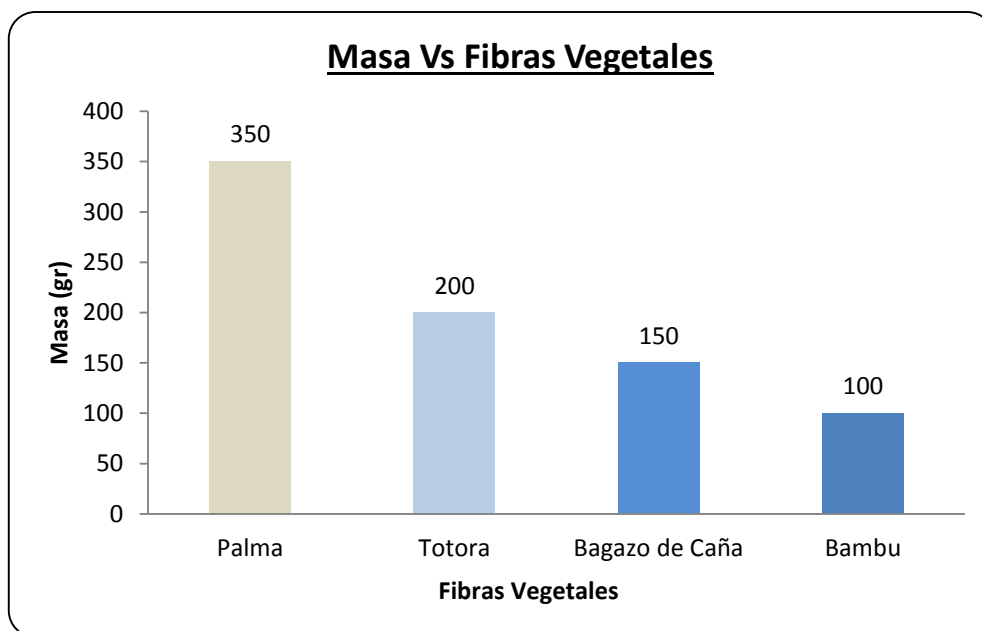


Figura 32. Grafica Masa vs Fibras Vegetales

Otro factor importante en el análisis de la conductividad térmica de una fibra es la masa que contiene el área confinada dentro del molde ya que de este dependerá cuan aislante va ser la fibra, como en el caso de la Palma

que tiene una masa de 300 gramos y un coeficiente térmico bajo y una alta resistencia térmica con respecto a las demás fibras analizadas como fue la totora con una masa de 200 gramos, bagazo de caña con una masa de 150 gramos y el bambú con una masa de 100 gramos, ello implica que mientras más masa y compactada este la fibra se conseguirá retrasar significativamente la transmisión del calor a través de la fibra además que la convección se va a eliminar ya que espacios donde pueda calentar el aire no van a existir.

CAPITULO 5

COSTOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. ANÁLISIS DEL COSTO DE INVESTIGACION

Para este análisis se van a tomar en cuenta tanto los costos directos como los costos indirectos de la Investigación, en donde el costo directo comprende la mano de obra directa, herramientas y materiales directos que van a influir en la Investigación.

En cambio el costo indirecto está conformado por la mano de obra indirecta, materiales indirectos donde se detallan valores de transporte y materiales que son útiles para el avance de la Investigación.

5.2. COSTOS DIRECTOS EN LA INVESTIGACIÓN

5.2.1. COSTOS DIRECTOS PARA LA REALIZACIÓN

Tabla 12.
Materiales y Costos de Producción

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Ejecutor/Estudiante	250 horas	1,50	375,00
Bagazo Caña de Azúcar	20 Kg	0,20	4,00
Molde de Madera	1	20,00	20,00
Fibra de Bambú	10 Kg	1,00	10,00
Fibra de Totora	10 Kg	0,50	5,00
Fibra de Palma	10 Kg	1,00	10,00

Accesorios	1	50,00	50,00
CD	2	5,00	10,00
		TOTAL	484,00

5.2.2. COSTOS DIRECTOS DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 13.
Ejecución y Pruebas

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Ejecutor/Estudiante	50 horas	1,50	75,00
Pruebas de Laboratorio	10	5,00	50,00
		TOTAL	125,00

5.3. COSTOS INDIRECTOS EN LA TESIS

5.3.1. COSTOS EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 14.
Ejecución Tesis

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Útiles de Oficina	1	30,00	30,00
Resma de papel	2	4,50	9,00
Internet	1	100,00	100,00

Papel Aluminio	2	4,50	9,00
Cartucho de Impresora	2	20,00	40,00
Copias	300	0,03	9,00
Cartón	1	2,00	2,00
Servicios Básicos	1	50,00	50,00
Transporte	30 viajes	2,00	60,00
Impresiones	200	0,30	60,00
		TOTAL	369,00

5.3.2. COSTO INDIRECTO DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN.

Tabla 15.
Personal Colaborador

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Director	50	30,00	1500,00
Laboratorista Termodinámica	15	25,00	375,00
		TOTAL	1875,00

5.4. TOTAL GENERAL DE COSTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Valor total en general de la Investigación, en donde se suman los costos directos e indirectos del Proyecto.

Tabla 16
Total Costo Investigación

COSTOS DIRECTOS	609,00
COSTOS INDIRECTOS	2244,00
SUBTOTAL	2853,00
IMPREVISTOS 3%	85,59
VALOR TOTAL DE LA INVESTIGACION	2938,59

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- Del comportamiento térmico de las dos plantas fibrosas se pudo concluir que la fibra de raquis es la que obtuvo un mejor comportamiento térmico obteniendo un valor de $0,032 \text{ W/}^\circ\text{Km.}$, debido esto a un factor importante que es la masa dentro del molde y de la forma que tuvo en el momento del análisis, ya que esto provoco que las fibras sean más compactas dejando poca cantidad de aire que exista dentro del molde, evitando así la convección del aire y este pueda perderse en el ambiente.
- El grado de compactación es muy influyente en cada uno de las fibras Investigadas, por ejemplo el bagazo de caña al ser una fibra rígida y al estar suelta en un espacio confinado obtuvo un valor de coeficiente térmico de $0,042 \text{ W/}^\circ\text{Km}$ que está en la tercera posición de todas las fibras estudiadas en ser un buen aislante térmico, sin embargo el material que fue el peor aislante de todas las fibras analizadas fue el Bambú a granel, ya que para el análisis la fibra tuvo una forma ondulada y llenando el molde con poca fibra, debido a esto se obtuvo una poca densidad aparente de $0,22 \text{ g/cm}^3$ y un coeficiente térmico de $0,049 \text{ w/}^\circ\text{Km}$, dando como resultado un mal aislante.
- La densidad aparente juega un papel fundamental en el estudio del coeficiente de la Conductividad Térmica en las diferentes fibras estudiadas ya que mientras más compacta la fibra tienen una

menor conductividad, por ende un mejor coeficiente térmico dando como resultado un buen Aislante Térmico, que para este caso fue la Palma con una densidad Aparente de $0,078 \text{ g/cm}^3$ y un Coeficiente Térmico de $0,032 \text{ W/}^\circ\text{Km}$.

- El primer inconveniente que se tuvo en la investigación fue la forma más idónea para realizar los ensayos de las fibras para eso se ensayó diferentes formas y moldes, el bagazo de caña hasta tener valores aceptables en el cual la fibra se estabilice por un cierto tiempo se realizo diferentes ensayos, concluyendo al final que si se le ubica a la fibra en un espacio confinado (cartón) dentro del molde que evite que la energía sea disipara por espacios vacíos al ambiente y dieran valores aceptables de temperatura en un corto tiempo llegando a un estado estacionario.
- El tamaño y la distribución es otro factor importante en la Investigación de cada una de las fibras que se analizó, porque para este estudio se utilizó fibras sueltas a granel, y dependiendo de la compactación iba a dar un mejor coeficiente de conductividad como fue el caso de la palma que al ser fibras muy pequeñas se compactaron muy bien, dando una mayor densidad aparente que todas las demás fibras que en cambio, fue el caso de el bambú que por su forma ondulada su distribución fue mayor con una menor densidad aparente dando como resultado una mayor conductividad térmica.
- La capacidad aislante de las fibras son directamente influenciadas de la forma en la que se van analizar, ya que de las fibras analizadas las que mejor particulación y compactación fueron las fibras de Palma con una densidad aparente de $0,078 \text{ g/cm}^3$ y

coeficiente térmico de $0,032 \text{ W/}^\circ\text{Km}$. y la Totora con una densidad aparente $0,044\text{g/cm}^3$ y un coeficiente térmico de $0,040\text{W/}^\circ\text{Km}$, siendo en ese orden las fibras que dieron los mejores valores de Coeficiente térmico, la diferencia entre ellos es que los dos fueron muy compactos pero la diferencia fue que la totora es una fibra con un agujeros en su raquis, esto hace que disminuya su resistencia al calor generado por la fuente, y aun a pesar de eso la Investigación da como conclusión que se la puede utilizar como un buen Aislante en Viviendas.

- Por las pruebas realizadas en esta investigación es viable realizar paredes que contengan las fibras analizadas en especial la palma por su buen confort térmico y su bajo valor de coeficiente térmico ya que la utilización de la mismas pueden fomentar el incremento de viviendas de bajo costo en lugares que no hay mucha accesibilidad a los materiales convencionales y si a las fibras que se pueden encontrar más fácil dependiendo del lugar donde se encuentren.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con las investigaciones en este campo ya que se evidencio que no existen estudios a cerca del comportamiento térmico de plantas fibrosas en el Ecuador, y que esto permita mejorar los procesos de construcción en el País, más en los lugares que están alejados de las ciudades urbanas.
- Es recomendable que para los siguiente análisis se realice una variante en la en la máquina de conductividad térmica, la cual es

independizar el refrigerante que pasa a las placas frías y así tener una sola temperatura para utilizar la fórmula convencional

- Se recomienda que la maquina se prenda con una antelación de una a dos horas antes de realizar los ensayos de las plantas fibrosas, ya que esto ayudara en el momento de analizar el comportamiento térmico de las fibras dando resultados viables en un menor tiempo para que lleguen a un estado estacionario.

BIBLIOGRAFIA

(s.f.2014). Obtenido de Fibras vegetales del ecuador:
<http://explored.com.ec/noticias-ecuador/25-fibras-vegetales-son-el-popotencial-del-ecuador-5688.html>

Acosta, S. (1971). *Los Bosques del Ecuador y sus Productos*. Quito: Editorial Ecuador.

AgroNoticias. (9 de Abril de 2012). *El Salvador aumenta la productividad en el cultivo de caña de azúcar*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2014, de <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/134957/>

Agropecuaria, M. (2015). Obtenido de [Http://mundoagropecuaria.net](http://mundoagropecuaria.net)

Andrade Rodrigo, M. E. (2007). *Varacion de la Conductividad Termica con la humedad en materiales de construccion*. SANTIAGO.

Arboleda Marcelo, C. B. (2010). *Aislamiento, seleccion y preservacion de CEPAS levadura y fungicas degradadoras del bagazo de caña*. Quito: FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS.

Arquitectura y Ciudad. (20 de Septiembre de 2014). *Jardines en México tendrían impresionantes Edificaciones en Bambú*. Recuperado el 25 de Diciembre de 2014, de <http://arquitecturayciudad.com/blog/jardines-en-mexico-tendrian-impresionantes-edificaciones-en-bambu/>

Bamboo Society of Australia. (3 de Diciembre de 2014). *Guadua Angustifolia. Byron Bay Bamboo* .

Bambu. (2012). *Frecunetes Preguntas acerca del Bambu*. Obtenido de <http://lac.inbar.int/index.php/el-bambu/preguntas-frecuentes>

BAMBUMEX. (2013). *Morfología de la planta de bambú*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2014, de <file:///F:/Bamb%FAes%20de%20M%E9xico.html>

Barbaro, G. (2007). *La Biónica del bambú*. *HorticomNews* .

Barrios, J., Cabeza, E., Castro, C., Fuentes, C., Gutiérrez, A., Manjarres, L. E., y otros. (2011). *Materiales Compuestos*. Santa Marta: Universidad de Magdalena.

Cascante, M. (Mayo de 2015). *Análisis y desarrollo para la fabricación de bloques de hormigón como aislante térmicos basados en la biomasa de bagazo de caña apto para la construcción de edificaciones*. Recuperado el 1 de Junio de 2015, de <http://luisvelascoroldan.com/?p=1326>

Cedeño, J., & Delgado, A. (2013). *Investigacion comparativa de las resistencias a la compresion simple de hormigones en funcion de todos sus componentes*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/26000/1402/1/T-ULEAM-180-0020.pdf>

Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. Mexico: Mc Graw Hill.

Ciencia y Ecología. (3 de 7 de 2008). *Modifican genéticamente la yuca para potenciar sus vitaminas y minerales*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2014, de <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/07/01/ciencia/1214907437.html>

CINCAE. (2011). *Centro de investigaciones de la caña de azucar*. EL TRIUNFO.

Clases de Fuegos. (2008). Obtenido de <http://www.misextintores.com/lci/clases-de-fuegos>

Cobos, J., & León, X. (Noviembre de 2007). *Propiedades Físicas-Mecánicas de la guadua angustifolia kunth y aplicacion al diseño de baterias sanitarias del IASAI*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2014, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1562/1/T-ESPE-025178.pdf>

CORPEI. (2005). *Perfil bambú*. Obtenido de http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cdocentes_y_directivos%5Carticulos/5506_TRECALDE_00118.pdf

- Cortés, L. F. (2010). *Producción de la Guadua Angustifolia por el método de chusquines*. Obtenido de <http://www.inbar.int/sites/default/files/chusquines.pdf>
- Cuidar la Salud. (29 de Agosto de 2010). *Lino*. Obtenido de <http://www.cuidarlasalud.com/lino/>
- DEYUTE. (2011). *El Yute*. Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de <http://www.deyute.com/es/el-yute-deyute/>
- Estrada, M. (Enero de 2010). *Extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú (Guadua angustifolia) para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de http://www.docentes.unal.edu.co/mestradam/docs/tesisMEM_maestria.pdf
- FibraPlus. (2 de Diciembre de 2014). *Materiales Compuestos*. Recuperado el 23 de enero de 2015, de <http://www.fibraplus.com/tag/materiales-compuestos-tecnologia-de-los-plasticos/>
- Humberto, L. (2000). *Consumo de leña y otros combustibles en los trapiches de San Ramón*. COSTA RICA.
- INEN 198. (9 de 1987). *Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros*. Recuperado el 25 de Abril de 2015, de <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0198.1987.pdf>
- INEN 2518. (1 de 2010). *Morteros para unidades de mampostería*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2518.2010.pdf>
- INEN 2563. (8 de 2011). *Evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple y reforzada*. Recuperado el 15 de 3 de 2015, de <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2563.2011.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización. (1991). *Acondicionamiento térmico-Envoltura térmica de edificios-Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas*. Santiago, Chile.

Johana, L. (2008). *Usos de los subproductos de la agroindustria de la caña en la elaboración de dos suplementos nutricionales para rumiantes en el valle del Cauca*. COLOMBIA: INGENIERIA DE ALIMENTOS.

Juarez, C. (Junio de 2002). *Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales agave lechugilla, como materiales para construcción en Mexico*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2014, de <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020150648/1020150648.PDF>

Lintu. (25 de Noviembre de 2011). *Paneles, Papel y Caron hechos con residuos Agrícolas*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/l2015s/l02015s03.htm>

Lopez, L. (Julio de 2009). *Estudio exploratorio de los laminados de bambú Guadua angustifolia como material estructural*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2014, de Maderas, ciencia y tecnología: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2009000300001&script=sci_arttext

Lucena, M. (2009). *Desarrollo de un material compuesto a base de fibras de bambú*. Recuperado el 1 de Enero de 2015, de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rlmm.org%2Farchives.php%3Ff%3D%2Farchivos%2FS01%2FN3%2FRLMMArt-09S01N3-p1107.pdf&ei=RoqBVeaUDoSXgwTapoEI&usg=AFQjCNG3ZXiu5zgWVdBfNlkZB7xyW>

Martinez, S. (2011). *Hormigon Laminado*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CDkQFjAG&url=https%3A%2F%2Friunet.upv.es%2Fbitstream%2Fhandle%2F10251%2F13553%2FHORMIG%25C3%2593N%2520LAMINADO.pdf%3Fsequence%3D1&ei=za9NVeOCFYOogwTGwYHgDg&usg=AFQjCNGX>

Mejia, M. (2010). *Extraccion y caracterizacion mecanica de las fibras de Bambu para el refuerzo de materiales compuestos*. Colombia, COLOMBIA.

MIDUVI. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC-11*. QUITO.

Mohanty, A., & Misra, M. (2005). *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Mongaby. (2012). *Choza entre las plantas del plátano*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2014, de <http://es.mongabay.com/travel/files/p15220p.html>

NEC. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.

NORMA ASTM C1045. (2013). Standard Practice for Calculating Thermal Transmission properties Under Steady-State Conditions. *ASTM International*

Perez, F. (29 de Julio de 2005). *Aplicación de nuevos materiales a soluciones de vivienda en Colombia*. Obtenido de <http://www.docentes.unal.edu.co/afperezm/docs/Tesis%20Maestria.pdf>

Rananaiah A., R. V. (2014). *Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Typha Angustifolia Natural Fibre Reinforced Polyester Composites*. India: ELSIEVER.

Reyes, U. (2008). *Concreto Reforzado con Fibra de Bagazo de Caña*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2014, de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32835/1/reyesbanuelos.pdf>

Rodriguez, I. (2012). El desarrollo tecnológico y sus aplicaciones. *Ciencias para el mundo*.

Sanz, D. (5 de Septiembre de 2012). El uso del bambú como material constructivo crece en México. *Ecologismos*.

Savitari. (30 de Septiembre de 2008). *¿Cómo crece el bambú?* Recuperado el 3 de Diciembre de 2014, de <http://www.savitari.com/%C2%BFcomo-crece-el-bambu/>

Sotomayor, J. (2012). *Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla reforzados con fibras artificiales polipropileno y su durabilidad*. Recuperado el 2 de abril de 2015, de

https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.ucsg.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F1204%2F1%2FT-UCSG-PRE-ING-IC-47.pdf&ei=_oU-VdyJEvb7sATSx4HoAQ&usg=AFQjCNFrKzFjA88s1sUqByNWAQ

Totora, M. (2015). Obtenido de <http://mundototra.blogspot.com>

Vargas, L. (Agosto de 2007). *Uso de fibras de papel periódico, cal hidratada y alumbre, en la elaboración de un material compuesto*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014, de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/VARGAS_ROBLES_LUIS_ARTURO.pdf

Velasco, V. (Junio de 2002). *Instituto de altos estudios nacionales*. Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de Trabajo de investigación individual maestría en seguridad y desarrollo con mención en gestión pública y gerencia empresarial.

Velez, S. (2010). *La Gadua Angustifolia, El bambu Colombiano*.