

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE
EQUILIBRIO DE LA GUADUA *ANGUSTIFOLIA KUNTH* COMO BASE PARA LA
CONSTRUCCION DE LOS ISOTERMAS DE SORCIÓN CON TEMPERATURAS
DE 40 °C Y 30°C y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90% A 35%**

ANGIE PAOLA DÍAZ DUARTE



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2016**

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE
EQUILIBRIO DE LA GUADUA *ANGUSTIFOLIA KUNTH* COMO BASE PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCIÓN CON TEMPERATURAS
DE 40 °C Y 30°C y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90% A 35%**

ANGIE PAOLA DÍAZ DUARTE

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor Disciplinar

Mg. Mateo Gutiérrez González

Asesor Metodológico

Msc. Bibiana Gómez

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C

2016

CONTENIDO

GENERALIDADES	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS.....	16
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. ANTECEDENTES.....	17
5. MARCO REFERENCIAL	22
5.1. MARCO TOPOGRÁFICO	22
5.2. MARCO DEMOGRÁFICO	22
5.3. MARCO HISTÓRICO	23
5.4. MARCO LEGAL.....	24
5.5. MARCO CONCEPTUAL	25
5.5.1. Guadua.....	25
5.5.2. Elementos de la guadua.....	26
5.5.3. Alteración de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad longitudinal de la guadua <i>Angustifolia kunth</i> , con el contenido de humedad.....	30
5.5.4. Secado de la guadua.	32
5.5.5. Construcciones en guadua.....	32
5.5.6. Contenido de humedad en bambúes.....	33
5.5.7. Diferencias entre las propiedades de la madera y el bambú	38
5.5.8. Isotermas de sorción.....	40
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	42
6.1. TIPO DE ENFOQUE	42
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
6.3. FASES DE INVESTIGACIÓN.....	43
6.4. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	43
6.4.1. Materiales y equipos.....	46

6.4.2.	Medición y peso	49
6.4.3.	Identificación de probetas	51
6.4.4.	Procedimiento	53
7.	RESULTADOS	55
7.1.	EXPERIMENTOS	55
7.1.1.	Primer ensayo calculo humedad de equilibrio para temperatura de 40°C y humedad relativa de 50%.....	55
7.1.2.	Segundo ensayo, cálculo de contenido de humedad de equilibrio para temperatura de 40°C con humedad relativa de 35%.....	65
8.	ANÁLISIS	83
9.	CONCLUSIONES	84
10.	RECOMENDACIONES	85
11.	ANEXOS	86
12.	BIBLIOGRAFIA	119

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y utilización de la Guadua	27
Tabla 2. Esfuerzos admisibles con CH=12%	31
Tabla 3. Módulos de elasticidad con CH=12%	31
Tabla 4. Coeficiente de modificación por contenido de humedad.....	31
Tabla 5. Fases de investigación.....	43
Tabla 6. Contenido de humedad del material dependiendo de su aplicación	45
Tabla 7. Ejemplo de clasificación de probetas para temperatura y humedad relativa constante.	51
Tabla 8. Intervalo de humedad y temperatura	55
Tabla 9. Marcación de probetas.....	56
Tabla 10. Registro de pesos para temperatura de 40°C (T4) Y 50% (B) de humedad, peso en gramos	59
Tabla 11. Peso seco de las muestras	61
Tabla 12. Humedad de equilibrio de las muestras	62
Tabla 13. Marcación del segundo ensayo de probetas.....	65
Tabla 14. Peso de probetas diarias	67
Tabla 15. Humedad de equilibrio segundo ensayo	69
Tabla 16. CHE para condiciones de T=40°C y 30°C.....	82
Tabla 17. Comparación de los resultados de CHE con la NSR-10 y el CHE encontrado en laboratorio	82

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Características de cada parte de la guadua <i>Angustifolia kunth</i>	29
Figura 2. Construcciones en guadua	33
Figura 3. Isotherma de sorción en la NSR-10	41
Figura 4. Balanza digital	46
Figura 5. Horno eléctrico	46
Figura 6. Equipo cámara de clima constante	47
Figura 7. Guantes	47
Figura 8. Agua destilada	48
Figura 9. Probetas para el ensayo	48
Figura 10. Software para realizar los cálculos estadísticos	49
Figura 11. Dimensiones para las probetas Ilustración	50
Figura 12. Temperatura que debe llevar el horno para el secado.....	53
Figura 13. Muestras al interior de la maquina	57
Figura 14. Valores de temperatura y humedad	57
Figura 15. Pesaje diario de probetas	58
Figura 16. Procedimiento para el secado de las muestras	60
Figura 17. Maquina programada temperatura y humedad para el segundo ensayo	66
Figura 18. Pesaje en el segundo ensayo	66

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Progreso de pérdida de pesos para una muestra	59
Gráfica 2. Pérdida porcentual de peso de todas las muestras	60
Gráfica 3. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$	63
Gráfica 4. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=40^{\circ}\text{C}$ Y $HR=50\%$	63
Gráfica 5. CHE para todas las probetas con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$	64
Gráfica 6. Contenido de humedad de equilibrio de todas las probetas para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$	64
Gráfica 7. Progreso de pesos de una muestra del segundo ensayo.....	67
Gráfica 8. Pérdida de peso en todas las probetas	68
Gráfica 9. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$	70
Gráfica 10. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=40^{\circ}\text{C}$ Y $HR=35\%$	70
Gráfica 11. CHE para todas las probetas con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$	71
Gráfica 12. Contenido de humedad de equilibrio de todas las probetas para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$	71
Gráfica 13. Contenido de humedad equilibrio para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$ a 35%	72
Gráfica 14. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$	73
Gráfica 15. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=90\%$	73
Gráfica 16. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$	74
Gráfica 17. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\%$	74
Gráfica 18. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=80\%$	74
Gráfica 19. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\%$	75
Gráfica 20. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=70\%$	75
Gráfica 21. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=70\%$	75
Gráfica 22. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=70\%$	76
Gráfica 23. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=60\%$	76
Gráfica 24. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=60\%$	77
Gráfica 25. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=60\%$	77
Gráfica 26. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$	77
Gráfica 27. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=50\%$	78

Gráfica 28. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}=50\text{R}\%$	78
Gráfica 29. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}=35\%$	78
Gráfica 30. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $\text{HR}=35\%$	79
Gráfica 31. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}=35\text{R}\%$	79
Gráfica 32. Contenido de humedad equilibrio para $T=30^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}=90\%$ a 35%	79
Gráfica 33. Isoterma de sorción	80

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula de contenido de humedad.....	30
--	----

GENERALIDADES

Nombre del proyecto

Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia kunth* como base para la construcción de los isotermas de sorción con temperaturas de 40 °C y 30° C y humedades relativas entre 90% a 35%.

Línea de investigación

Estructuras

Sub línea de investigación

Materiales para obras civiles

Nombre del investigador

Angie Paola Díaz Duarte

Nombre del asesor disciplinar.

Mg. Mateo Gutiérrez

Nombre del asesor metodológico

Msc Bibiana Gómez

Lugar donde se realiza

Universidad la Gran Colombia, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, 2016

INTRODUCCIÓN

En este documento se mostrará la investigación realizada en diferentes muestras de Guadua *Angustifolia Kunth*. Se sabe que este material se está convirtiendo en un elemento fundamental para la construcción de estructuras en Colombia. La Guadua presenta unas propiedades físicas y químicas que le dan una gran ventaja frente a los demás materiales para la construcción, como lo es su alta resistencia mecánica y su bajo peso.

La norma técnica colombiana NTC 5525, el cual tiene como nombre “métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth*”, muestra un método para hallar el contenido de humedad en la guadua, se sabe que el contenido de humedad es un parámetro físico de vital importancia, ya que afecta la resistencia y la rigidez de la guadua *Angustifolia Kunth*, la norma técnico colombiana (NTC) 5525 no propone un procedimiento de los pasos para la obtención del contenido de humedad de equilibrio, parámetro clave en la obtención de las isotermas de sorción del material.

Según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente del año 2010, NSR 10, toda guadua destinada a la construcción de estructuras debe ser secada hasta obtener un contenido de humedad (CH%), lo más cercano posible al contenido de humedad de equilibrio (CHE), el cual corresponde al CH que alcanza el material al equilibrarse con las condiciones ambientales de la zona donde quedará instalado. En esta investigación se pretende encontrar por medio de ensayos el contenido de humedad de equilibrio de la guadua, sometiendo a unas condiciones la humedad relativa y temperatura ambiente, estas condiciones se controlan por medio de una cámara de clima constante.

Dada la necesidad de obtener valores reales específicamente de la guadua *Angustifolia Kunth*, se inició la experimentación dando como resultado los contenidos de humedad de equilibrio para temperaturas de 40°C y 30°C y humedades relativas de 90%, 80% 70%, 60% 50% y 35% identificando el comportamiento del material, dependiendo de estas condiciones que se le den y analizando cada una de las partes estudiadas en el laboratorio. De esta forma, se podrá conocer el CHE de la Guadua para las diferentes ciudades de Colombia y también para observar la diferencia que se tiene con los resultados encontrados en laboratorio y con los resultados que se muestran en la NSR-10.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través de los años, la guadua ha sido considerada como un valioso material de construcción en Colombia, lo que ha permitido que se establezcan normas para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, entre las que se encuentra la norma técnica colombiana NTC 5525, la cual tiene como nombre “métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth*”, en donde se establece un método para hallar el contenido de humedad en la guadua, el cual se debe tener en cuenta para la determinación de otros parámetros mecánicos como la resistencia a flexión, tensión y compresión, entre otros; se sabe que el contenido de humedad es un parámetro físico de vital importancia para la guadua *Angustifolia Kunth*, la norma técnico colombiana (NTC) 5525 no propone un procedimiento de los pasos para la obtención del contenido de humedad de equilibrio, parámetro clave en la obtención de las isotermas de sorción del material. Con esta información se puede conocer el contenido de humedad de la guadua en cualquier condición de humedad relativa y temperatura ambiente, lo que impulsaría la utilización del material en ciudades de Colombia, donde su uso no es tan común, y así poderle dar mejor uso a este material de construcción, aprovechando sus excelentes propiedades mecánicas, su excelente relación peso/ resistencia y su bajo costo.

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), Título G, capítulo 12, numeral G.12.7.7 señala que en todos los procedimientos de cálculo que se deben tener en cuenta para el diseño de estructuras de guadua, se utilizan los parámetros de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad calculados bajo un contenido de humedad correspondiente al 12%, sin embargo, debido a que la guadua cambia su contenido de humedad de acuerdo a las condiciones del ambiente, estos valores deben ser modificados de acuerdo a las diferentes condiciones climáticas del país, debido a la variedad de climas, temperaturas y humedades relativas con las que cuenta la geografía colombiana, pero hace aclaraciones al respecto en cuanto que la guadua, al igual que la madera pierde resistencia y rigidez con el aumento de la humedad, por lo tanto deben aplicarse factores de corrección para el cálculo estructural.

El avance que se ha tenido en las investigaciones con el fin de hacer la guadua un material estructural de uso generalizado para la construcción de viviendas y otro tipo de obras, se viene dando desde el año 1999, luego del terremoto del eje cafetero, en donde se observaron construcciones que quedaron sin mayores

afectaciones después del sismo, tomando importancia la sismo resistencia de la guadua, pero sin que haya sido incluido como material único, sino a través de la combinación con otro tipo de material como el bahareque, omitiendo voluntariamente las propiedades físicas y mecánicas de la guadua, como elemento estructural único, como lo expresa el capítulo E.7, de la norma sismo resistente del año 1998.

Posteriormente en el reglamento de construcciones sismo resistentes del año 2010, se incluyeron requisitos y criterios para la utilización de la guadua como material estructural principal, dentro del capítulo dedicado a estructuras de madera y guadua, por lo cual sigue siendo necesario continuar con la investigación y el estudio de las diferentes propiedades físicas y mecánicas de este material.

Así mismo las ecuaciones y condiciones de las que trata el título G de la NSR-10, estructuras de madera y estructuras de guadua, centra la mayor parte de su estudio en las diferentes especies de maderas colombianas, aunque presentan consideraciones importantes para la guadua; en este mismo capítulo, se realizan apreciaciones muy básicas sobre las condiciones de carga y resistencia, basadas en su contenido de humedad, sin embargo el contenido de humedad, utilizado para realizar dichos cálculos, no corresponde al valor real de contenido de humedad de equilibrio que posee la guadua en las principales ciudades del país, lo que puede llegar a representar un cálculo erróneo para la utilización del material, en especial en el uso de los factores de modificación de la resistencia debido al contenido de humedad.

Tampoco se presenta una tabla de contenido de humedad de equilibrio apropiada para la guadua, y se centran en los estudios y normas técnicas desarrollados para la madera y sus diferentes especies producidas en Colombia, dejando de lado la importancia de este parámetro en la resistencia y rigidez de la guadua. Por lo tanto, el objetivo de estudio que se plantea en esta investigación, representa un aporte importante en el conocimiento de esta propiedad física del material con el fin que su uso se haga más extensivo y de forma más técnica, para que pueda destacarse como un material de construcción novedoso, económico y sostenible, haciendo la profesión de ingeniería civil, una rama de la ciencia amigable con el ambiente.

Pregunta problema

¿Cuál es el contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia Kunth* para las diferentes condiciones de humedades entre 90% y 35% y temperaturas en las diferentes zonas del país de 40°C Y 30°C?

2. JUSTIFICACIÓN

La guadua ha ganado importancia para la construcción en Colombia ya que cuenta con unas propiedades mecánicas importantes para el diseño estructural, además que este material funciona muy bien como en el sismo del año 1999 en el eje cafetero y el reciente sismo presentado en Ecuador, ya que la mayoría de las estructuras que estaban hechas en Guadua no se desplomaron por los eventos sísmicos ocurridos y otras amenazas naturales. Aunque las condiciones climáticas que se encuentran en algunos sitios causan afectación sobre algunas de las propiedades físicas y mecánicas del material.

Colombia cuenta con una gran variedad de condiciones climáticas caracterizadas por una amplia variación de la humedad relativa y la temperatura del ambiente, factores de gran relevancia para determinar el contenido de humedad de equilibrio de la guadua. Este contenido de humedad está relacionado con la capacidad que tiene el material de absorber o liberar humedad dependiendo del lugar en el que se encuentre. Esta razón hace que sea de vital importancia conocer el comportamiento del mismo para las distintas combinaciones de humedad relativa y temperatura ambiente ya que con esto se podría saber en qué lugar es óptimo utilizarlo, o al menos determinar cuál puede ser la afectación sobre las principales propiedades mecánicas de acuerdo al contenido de humedad que puede tener el elemento estructural en la zona en la que se encuentra en uso.

Esta investigación se realiza para poder determinar por medio de ensayos experimentales el contenido de humedad de equilibrio como base para la construcción de los isotermas de sorción para la guadua *Angustifolia Kunth* ya que no cuenta con las mismas propiedades de la madera, lo cual conduce a una deducción equivocada del CHE, las tablas propuestas en la NSR 10 para determinar el contenido de humedad con el fin de realizar diseños estructurales, fueron obtenidas mediante isotermas generados para la madera. El cálculo inadecuado del CHE puede presentar gran afectación sobre la modificación de propiedades tan importantes como la rigidez y resistencia.

Hacen falta investigaciones en Colombia donde se determinen las propiedades de la guadua (*Angustifolia Kunth*) y muchos de los parámetros propuestos en la NSR 10 fueron obtenidos para la madera, la cual es el material de mayor similitud a la guadua, sin embargo, el uso de estos parámetros puede conducirnos a resultados muy alejados del comportamiento real que puede tener como material de construcción.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el contenido de humedad de equilibrio por medio de pruebas que se realicen a la guadua, variando las distintas condiciones de temperatura ambiente y humedad relativa, obteniendo de esta forma el contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia kunth* para temperaturas de 40°C y 30°C.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar toma de información de datos experimentales para las diferentes muestras con base en la metodología desarrollada en investigaciones anteriores
- Analizar los resultados obtenidos para encontrar los valores de contenido de humedad de equilibrio a partir de las diferentes condiciones de la temperatura ambiente y humedad relativa, en base de un análisis estadístico que permita identificar la tendencia de los resultados.
- Comparar los resultados obtenidos con las curvas presentadas en la NSR-10 para la madera encontrando el rango de diferencia entre madera y guadua.

4. ANTECEDENTES

Se encontraron previas investigaciones en el contenido de humedad de la guadua a nivel local, nacional e internacional como los que se pueden observar a continuación. En algunas regiones de Colombia el cultivo, aprovechamiento y uso de la guadua se ha convertido en una actividad tradicional transmitida por las generaciones. Esta condición ha posibilitado un gran conocimiento del material y sus propiedades. Pero, poco se había hecho en el país en cuanto a la normatividad técnica para la guadua. Razón por la que se presentaban problemas relacionados con la calidad del material y el conocimiento técnico para su utilización como material de construcción. Esta situación ha reducido en muchas ocasiones su uso como materia prima y ha disminuido su acceso a nuevos mercados con demandas que requieren mayor calidad, seguridad y protección ambiental.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) ha sido el principal órgano de consulta para la primera incorporación del bambú Guadua *Angustifolia Kunth* como material para la construcción a través de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistentes NSR-98, modificada por el Decreto 52 del 18 de enero de 2002. En el año 2010, la AIS publica el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, en donde presenta el Título G denominado “Estructuras de madera y estructuras de guadua”, el cual dedica el Capítulo G.12 al diseño de elementos estructurales de Guadua *Angustifolia Kunth*. El ICONTEC también ha generado varias normas técnicas que reúnen los acuerdos de todas las partes interesadas, como los requisitos mínimos que deben proporcionarse al productor para garantizar una buena calidad, seguridad, protección al usuario y al ambiente¹.

Al tener en cuenta las experiencias obtenidas por los diferentes sismos que se han presentado a través del tiempo, resaltando lo ocurrido en 1999 en la ciudad de Armenia, se ha demostrado el buen comportamiento que tiene la guadua ante un sismo². Debido a estos eventos el material paso de ser contemplado para la construcción de muros en la NSR-98² capítulo E.7, a ser incluida en todo un

¹ NSR-98. Norma de diseño sismo resistente, 1998 (capitulo E. 7)

² UREÑA Mario Álvarez, Planeemos Bambú- Guadua para cosechar casas, *Ibagué, Colombia, 2001*

capítulo en la NSR-10⁴, con las especificaciones de diseño de guadua como elemento estructural principal, aunque limitando el uso a las viviendas o construcciones no mayores a dos pisos.

La NTC quiere establecer los requisitos que se deben seguir para la preservación y secado de los culmos de Guadua *Angustifolia Kunth* de acuerdo con las aplicaciones y usos, se aplican específicamente para preservar el material de los ataques bióticos y abióticos, y para establecer el contenido de humedad de acuerdo con su uso dado⁵.

Al igual que la madera, la guadua es un elemento natural que debe respetar ciertas condiciones para su uso como material de construcción. No es de olvidar que una de sus características es la capacidad de absorber y liberar agua, y así mismo poder equilibrar la humedad con el ambiente que se encuentre. La investigación desarrollada por Aeberhard en el 2000, tenía por objeto determinar las isotermas de sorción de la madera donde mencionan que *“todo cuerpo poroso en contacto con un ambiente absorbe o pierde humedad si no hay una igualdad entre las presiones parciales de vapor del aire circundante y del cuerpo húmedo. Mientras que estos valores de la presión de vapor sean diferentes, se puede afirmar que habrá una transferencia de humedad del cuerpo al medio circundante o viceversa. La importancia o magnitud de esta diferencia depende esencialmente de la humedad relativa (he) del aire”*⁶ es importante mencionarlo ya que la humedad relativa es una de las principales variables analizadas en esta investigación.

Se realizó un escrito donde muestra las “propiedades y características de la madera”. Donde se examinan los componentes que afectan el comportamiento de la madera, entre los que se encuentra el factor de modificación por contenido de humedad de la madera⁷.

Las propiedades físicas y mecánicas como la resistencia y deformaciones de la guadua *Angustifolia kunth* dependen en gran medida de la humedad relativa y la temperatura del ambiente, entre otras en las que se encuentra expuesta, es de

⁴ NSR-10. Norma de diseño sismo resistente, 2010 (capítulo G. 12)

⁵NTC 5301, Preservación y secado del culmo de Guadua *Angustifolia Kunth*, 2007.

⁶ AEERHARD, R. - AEERHARD, A. - NATALINI, M. - Martina, P. - VENTIN, A. - CORACE, J. Determinación de las isotermas de sorción de materiales constructivos porosos e higroscópicos (madera). Chaco – Argentina, 2000.

⁷CASILLAS, Gaceta oficial del acuerdo de Cartagena, Lima Perú, 1996.

vital importancia saber escoger el material para obtener un buen resultado del contenido de humedad de equilibrio⁸.

En las evidencias del seminario denominado “la guadua en la reconstrucción” se ha evidenciado que la mayoría de las especies bambú guadua puede establecerse como material de construcción ya que se determinó que las características de la guadua tienen una buena resistencia a flexión, es importante tener claro que tipos de bambú se pueden utilizar para construir ya que todos no tienen su mismo uso⁹.

Se expuso sobre la especie *Arundinaria Recta*, donde se muestra que el esfuerzo último a tensión depende de la edad, la variación fisiológica de los culmos individuales, el contenido de humedad, las condiciones del suelo del hábitat y de las fuerzas externas aplicadas; también se refiere a que el esfuerzo a tensión aumenta desde la parte baja a la parte media del culmo¹⁰. Es importante tener en cuenta lo mencionado anteriormente ya que se está evaluando las partes del culmo que son; cepa, Basa y sobrebasa, variables que fueron tenidas en cuenta en la presente investigación.

Para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la Guadua se describe los movimientos a seguir para los ensayos de resistencia mecánica y contenido de humedad de este¹¹. Esta información facilitará el procedimiento del ensayo para la determinación del contenido de humedad.

La Universidad Tecnológica de Pereira elabora las características físicas y mecánicas de la Guadua *Angustifolia Kunth*, donde se exhibe las investigaciones relacionadas con la metodología de regulación de muestras experimentales para encontrar la influencia de la humedad relativa del ambiente, los valores del ensayo a flexión y comparación del secado solar de la especie de Bambú¹², con esta

⁸OROZCO Carlos, MONTOYA Jorge, ACOSTA Ricardo, optimización del aislamiento térmico de una cubierta transparente de un secador híbrido de guadua angustifolia, Universidad Tecnológica de Pereira, 2009.

⁹VÉLEZ Simón, El pabellón de la Guadua en expo Hannover 2000, De las memorias del seminario “La Guadua en la reconstrucción”, Disponible en:
<http://www.bambooteam.com/bambustique/expo2000/index1.html> consultado 18 de Noviembre del 2015.

¹⁰COX, especie *Arundinaria Recta*, 1969.

¹¹MALAYER, D., CASTRILLÓN, B. Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. – Colombia, 2004.

¹²Proyecto UTP-GTZ, Guía para la construcción de puentes, Universidad Tecnológica de Pereira, facultad de Ciencias Ambientales.

información se puede basar para saber si se está encontrando de una buena forma la humedad relativa.

El contenido de humedad en el bambú afecta directamente el comportamiento de las propiedades, variando a lo largo de la longitud del culmo, de la edad y el momento de la cosecha¹³, es necesario saber que material se está tratando para obtener mejores resultados en la investigación.

Gutiérrez muestra el factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua Angustifolia Kunth*, donde la resistencia a tensión paralela a la fibra ofrece una variación importante con el contenido de humedad del material, este contenido de humedad se halla por debajo del 10% o por encima del 21%, y nos enseña una alteración significativa en el rango de humedad¹⁴.

Se estudia la influencia de la humedad en los compuestos de bambú y vinilester. El documento presenta gráficas que vincula el cambio en el contenido de humedad con respecto a la humedad relativa del territorio donde se encuentren expuestas. También se presentan algunas gráficas que muestran la variación de la resistencia a tensión paralela a la fibra de las tiras de bambú en función del cambio en la humedad relativa en el lugar donde se realizan los ensayos, lo cual está directamente relacionado con el contenido de humedad del material¹⁵. Esta relación nos dará idea de cómo deberán dar algunos resultados de los datos hallados en laboratorio.

Briceño utilizó la humedad relativa de 90%, 80% y 70% con una temperatura ambiente de 40°C para encontrar el contenido de humedad de equilibrio de unas muestras y a su vez hallar el isoterma de sorción, encontrando que las isotermas de sorción de la madera no son aplicables para la *Guadua Angustifolia Kunth*, ya

¹³ LO, TOMMY; CUI, H.Z; LEUNG, H.C. The effect of fiber density on strength capacity of bamboo, 2004.

¹⁴GUTIÉRREZ, M.; Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua* GAK. Santafé de Bogotá. Trabajo final de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil, 2011.

¹⁵HONGYAN CHEN, MENGHE MIAO, XIN DING. Influence of moisture absorption on the interfacial strength of bamboo/vinyl ester composites. Composites: 2009. Part A 40, p 2013–2019.

que el material absorbe humedad del ambiente en donde se encuentra de manera muy diferente¹⁶.

¹⁶BRICEÑO, Paula Alejandra, Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia kunth* para la construcción de los isotermas de sorción. Universidad La Gran Colombia, 2015.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TOPOGRÁFICO

Las características físicas del suelo que más aporta al desarrollo de la guadua son los areno-limosos, francos, francos-arenosos, franco - limosos. Los suelos que tienen mejor perfil son los que presentan texturas gruesas y medias. Suelos pesados o arcillosos no son favorables para el desarrollo de la planta. En suelos ricos en materia orgánica, con buenos drenajes, húmedos pero no inundables, es donde tiene un mejor comportamiento la guadua¹⁷.

Una característica química importante es el PH ya que adecua el establecimiento de rodales de guadua es de 5.5 a 6.0, moderadamente ácidos. La mayoría de la guadua se encuentra en terreno procedente de cenizas volcánicas, con un porcentaje bajo de saturación de bases, pobres en Fósforo y mediano en Potasio¹⁸.

5.2. MARCO DEMOGRÁFICO

Los inventarios recientes indican que en Colombia existen aproximadamente 51,000 hectáreas de la especie Guadua *Angustifolia*, con una concentración de guaduales en la región del Eje Cafetero, específicamente en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Tolima, en donde crece espontáneamente en un área aproximada de 18,000 hectáreas. Los departamentos de Cundinamarca, Huila, Nariño, Chocó, Meta, Putumayo, Caquetá, Antioquia, Boyacá, Arauca, Santander y Norte de Anatomía²³.

En Colombia la Guadua *Angustifolia Kunth* crece entre los 0 y los 2.000 metros sobre el nivel del mar, pero el óptimo desarrollo se logra entre los 900 y los 1.600 m.s.n.m¹⁹.

¹⁷GARZÓN Caicedo, VANIRIA Jenny, optimización de estructuras en guadua, trabajo de grado Universidad Nacional de Bogotá, Colombia 1996, Pág. 43.

¹⁸CASTAÑO Francisco, DARÍO Rubén. Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento de Condición ecológicas para el cultivo de la guadua *Angustifolia Kunth*, 2010. pag. 4.

¹⁹EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA GUADUA. Disponible en: <http> 16 de noviembre del 2015.

Esta especie crece deficientemente en áreas donde la precipitación es inferior a 1.000 m.m anuales. Los mejores rodales se presentan cuando el rango de precipitación oscila entre los 1.800 mm y los 2.500 mm/año²⁰.

La guadua para la cual se realizaron las pruebas es una guadua proveniente del municipio de Calarcá Quindío, madura, entre 3 y 5 años de edad.

5.3. MARCO HISTÓRICO

El uso del bambú se remonta al periodo precolombino, siendo usada por indígenas para construir puentes atirantados, a la llegada de los españoles al nuevo continente, según recuentos del pasado, América central Y América Latina estaba tapizada de “guadales”, tanto así que Cristóbal Colón consigno en sus memorias: “Cañas tan gruesas como el muslo de un hombre”

La frase anterior no es la única evidencia de la abundancia de los guadales en nuestro territorio latinoamericano, específicamente colombiano.

Hace cien años, bajo poderosas presiones políticas y económicas, grupos de población emigraron al departamento de caldas (Colombia), con la esperanza de encontrar un clima político más libre y oportunidad de tierras inexploradas. Eran emigrantes Antioqueños que se enfrentaban a circunstancias desconocidas y adversas del clima, vegetación, terreno y haciendo uso de los materiales existentes y en especial la guadua, desarrollaron métodos originales de construcción que subsisten hasta nuestros días. Así puede verse como esta nueva población, tratando de resolver por sí misma serios problemas de habitación, llego a soluciones notables²¹

Establecieron bases ampliamente aprovechables, que no alcanzaran a ser apreciadas, pues sus cualidades están escondidas dentro de situaciones extremas de insalubridad y desagradable apariencia de descuido y mal mantenimiento.

En la anterioridad las poblaciones utilizaban la guadua como elemento principal de las construcciones, ahora su uso se ha marginado, empleándose solo como

²⁰CASTAÑO Francisco, DARÍO Rubén, Opcit. Pag. 15

²¹URIBE Maritza, Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres Guaduas, 1999, pag. 23.

solución temporal y sin apreciar adecuadamente ese material. Colombia es un país que se encuentra en un rápido proceso de industrialización y desarrollo, con todas las ventajas e inconvenientes que esto implica, especialmente en lo que respecta a la conformación y crecimiento de las agrupaciones urbanas²².

La guadua en Colombia fue fundamental en la colonización, contribuyendo con su versatilidad y propiedades a agilizar el proceso de poblamiento y desarrollo de comunidades emigrantes que establecieron pueblos y ciudades que hoy constituyen orgullo para Colombia²³.

Fueron entonces, primero los colonizadores y luego nuestros campesinos y maestros de la construcción los encargados de darle a la guadua la importancia que tiene y que merece, además del valor de su aplicabilidad. Es responsabilidad de las generaciones actuales y futuras ahondar en el estudio e investigación de esta especie²⁴.

5.4. MARCO LEGAL

El marco legal de esta investigación se enmarca principalmente en la norma sismo resistente del 2010²⁵ la cual comprende en el título G todo lo referente a diseños estructurales en madera y guadua, específicamente en la sección G 12 que se centra en las estructuras en guadua *Angustifolia Kunth*.

Adicionalmente se tiene el decreto 2269 de 1993²⁶, en el cual se establece: “con el fin de impulsar la calidad en los procesos productivos y la competitividad de los bienes y servicios en los mercados se hace necesario implantar mecanismos que garanticen una adecuada infraestructura para el logro de tal fin”.

De esta manera ven involucradas las normas técnicas colombianas presentadas por Icontec, esta unidad de información es especializada en el tema de Normalización, Certificación y Calidad. Cuenta con 5603 normas técnicas entre las

²²MARQUEZ Gustavo, LOPEZ Mauricio, Caracterización del comportamiento en flexión de vigas laminados con pino Caribe, 2012, pag.39.

²³Ibid p.39.

²⁴Ibid p.40.

²⁵NSR-10. Norma de diseño sismo resistente, 2010 (título G).

²⁶República de Colombia. Leyes y decretos. decreto 2269 por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología. Bogotá, D.C. Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud.1993.

cuales se encuentran las pautas que especifican los parámetros de manipulación, uso y requisitos para materiales de construcción que además indica los procedimientos estandarizados con los ítems que deben cumplir los materiales para ser aprobados en construcción.

La NTC 5525²⁷ especifica los métodos de ensayo para evaluar las propiedades físicas y mecánicas características de la Guadua *Angustifolia Kunth*. La norma muestra los ensayos que se van a realizar sobre segmentos de Guadua, para obtener resultados de laboratorio, los cuales se pueden utilizar para establecer valores y resistencias. La NTC 5301²⁸ tiene como objeto establecer los requisitos que se deben seguir para la preservación y secado de los culmos de guadua *Angustifolia* de acuerdo con las aplicaciones y usos.

5.5. MARCO CONCEPTUAL

5.5.1. Guadua.

La guadua²⁹ *Angustifolia Kunth* es de origen natural perteneciente a la familia de las gramíneas, considerada como una de las especies de bambú con mejores propiedades físico-mecánicas y con extraordinaria durabilidad. Es una planta leñosa con un sistema de raíces fuerte con la gran ventaja de que cuenta con un crecimiento rápido, alcanzando aproximadamente hasta 25 metros de altura con diámetros entre 10 a 25 cm, y a un corto periodo de tiempo que puede ser de 6 años desde que fue sembrada.

La guadua es un producto natural renovable de generación natural en Colombia, crece como si fuera maleza sin necesitar de un cultivo tecnificado, es importante tener unas condiciones ambientales especiales, de temperatura y humedad para su debido crecimiento.

Este material es de gran importancia ambiental ya que es una planta que contribuye con diversos beneficios para el ambiente y en el ser humano, cuando

²⁷ NTC 5525: 2007, ingeniería civil y arquitectura. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua *angustifolia kunth*.

²⁸ NTC 5301:2007, Ingeniería Civil y Arquitectura. Preservación y secado del culmo de guadua *angustifolia kunth*

²⁹ OSORIO. Jairo Alexander. Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la guadua *Angustifolia Kunth*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2005 pág. 2.

los productos son empleados como elementos importantes para la construcción de viviendas³⁰

5.5.2. Elementos de la guadua.

Presenta características que se encuentran usualmente donde el tallo de la guadua presenta estructuras muy especiales, destacando los nudos y entrenudos. El nudo es el área del tallo del cual crecen ramas con hojas, la repartición de los nudos en el tallo de la guadua provoca que existan diferencias poco perceptibles. El tallo o culmo en condiciones ambientales normales alcanza en promedio 20 metros de longitud con 12 centímetros aproximadamente de diámetro y grosor de paredes entre 2 y 5 centímetros³¹.

Ya que tienen una buena adaptabilidad, los bambúes exhiben una gran distribución geográfica y diversidad morfológica. Debido a su naturaleza especializada y a sus floraciones excepcionales, su reconocimiento se realiza en base a estructuras morfológicas. En la tabla 1 se puede detallar estas estructuras morfológicas.

³⁰ CASTELLANOS A. Sandra. Subparametros de producción y transformación de la guadua laminada aplicados al diseño industrial. ECOE EDICIONES. Bogotá. 2007. Pag. 16.

³¹ Ibid.17.

Tabla 1. Descripción y utilización de la Guadua

PARTE	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Se pueden encontrar hasta 2.0 metros de profundidad.	En decoración y juegos infantiles.
CEPA	Es la sección basal del culmo con mayor diámetro. La distancia de sus entrenudos es corta lo cual le proporciona una mayor resistencia. Su longitud es de 3.0 metros aproximadamente.	Se utiliza para columnas en construcción, cercos y entibados; para estabilidad de taludes tiene gran uso, dada su sección. En cuanto al comportamiento frente a esfuerzos de flexión, esta parte de la guadua se comporta muy bien, gracias a la corta distancia entre nudos.
BASA	Parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza. Tiene una longitud aproximada de 8.0 metros	Si el tallo es de buen diámetro se utilizan también para columnas. De esta sección se elabora la esterilla, la cual tiene múltiples usos en construcción de casetones, paredes, postes y para formaletear. Es el tramo más comercial de la Guadua.
SOBREBASA	El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa. Es un tramo de guadua con buen comercio, debido a que su diámetro permite buenos usos. La longitud es de aproximadamente 4.0 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción (puntal). También se emplea como viguetas para formaletear vaciados de losas, vigas y columnas.
VARILLÓN	Sección de menor diámetro. Su longitud es aproximadamente 3.0 metros	Generalmente se utiliza en la construcción como apuntalamientos y como soporte (correa) para disponer tejas de barro o paja.
COPA	Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.0 metros.	Se pica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica.

Fuente: Encontrado en, <https://es.scribd.com/doc/6133069/Pequeno-Manual-de-La-Guadua>, (19 de noviembre de 2015).

Al preservar de una mejor forma el culmo desde el momento en que brota hasta los 6 o 7 primeros meses de desarrollo. La hoja caulinar se origina en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que germina en las ramas y el follaje, y además, le da mayor rigidez al culmo joven, que es muy frágil cuando comienza a emerger³². El follaje es muy primordial para la elaboración de

³²DUMAR Jorge, Determinación de la variación de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad longitudinal de la guadua *Angustifolia kunth*, con el contenido de humedad. Universidad Nacional de Colombia: 2014.Pag. 28.

alimento en la planta. Está constituido por vaina, lámina, y apéndice como aurículas y fimbrias. En el caso de las Bambusoideae, existe un pseudopecíolo, estructura de unión, orientación y desarticulación entre la vaina y la lámina³³.

Las cañas obtenidas de la sección más alta, nombrada Sobrebasa, muestran paredes delgadas pero conservan un alto contenido en fibra, son usadas para mobiliario auxiliar viguetas y empleada para la nivelación de alguna estructura. Las secciones intermedias o Basas son esbeltas y muy ligeras, conservan muy bien el diámetro exterior y son muy fibrosas por lo que son las piezas más usadas en construcción, especialmente en la fabricación de vigas y cerchas. Las piezas de la parte inferior se llaman Cepas; presentan un gran grosor de pared, entrenudos cortos y por su elevada resistencia a compresión son adecuadas para construcción de columnas³⁴.

³³Ibíd. Pag. 28..

³⁴Ibíd., Pag.28.

Figura 1. Características de cada parte de la guadua *Angustifolia kunth*

PARTES DE UNA GUADUA		
DESCRIPCIÓN		UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	Se replica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formatear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	De esta sección se elabora generalmente la estenilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán".	En decoración, muebles y juegos infantiles.

Fuente: Paula Briceño, determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *angustifolia kunth* para la construcción de los isotermas de sorción.

5.5.3. Alteración de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad longitudinal de la guadua *Angustifolia kunth*, con el contenido de humedad.

El periodo estacional tiene una gran influencia en el contenido de humedad del culmo, presentando su valor mínimo en el periodo seco y el máximo en el periodo lluvioso, etapa donde el tallo puede doblar el contenido de humedad³⁵.

Las variaciones en el contenido de humedad, determinan la expansión y la contracción volumétrica, este material debe ser secado y tratado convenientemente, con el fin de evitar su deterioro, una humedad alta facilita el ataque de insectos y hongos³⁶. La fórmula para hallar el contenido de humedad se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1. Formula de contenido de humedad

$$\text{humedad}\% = \frac{\text{peso humedo (g)} - \text{peso seco(g)}}{\text{peso seco (g)}} \times 100$$

Fuente: Paula Briceño, determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *angustifolia kunth* para la construcción de los isotermas de sorción

Las propiedades mecánicas son la resistencia que ofrece el material a los diferentes esfuerzos de trabajo por la acción de cargas que actúan sobre él. Para poder realizar el dimensionamiento de los elementos estructurales de edificaciones es necesario conocer las propiedades mecánicas del material que se va a utilizar³⁷.

El estudio de la variación de las propiedades mecánicas de la guadua, por el contenido de humedad ha sido poco investigado; por esta causa se referencia a los siguientes estudios direccionados a evaluar la incidencia de esta variabilidad en la madera, por ser un material natural empleado para la construcción civil; esta

³⁵ NTC 1495, Ingeniería civil y arquitectura. Suelos. método de ensayo para determinar en el laboratorio el contenido de agua (humedad) de suelos y rocas, con base en la masa. (1979)

³⁶Ibíd. Pag.

³⁷GONZÁLEZ, J. y LEGUIZAMÓN, Y. Determinación de la resistencia a compresión paralela a la fibra de la Guadua (*Angustifolia Kunth*) en función del contenido de humedad. Santafé de Bogotá 2012. Trabajo de Grado (Ingeniero(a) Civil). Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería. Pag. 79

información permite dar una noción de la influencia del contenido de humedad en las propiedades mecánicas de los materiales naturales³⁸.

Los factores de modificación de esfuerzos admisibles se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Esfuerzos admisibles con CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión	$F_{p\perp}$ Compresión $\perp$	F_v Corte
15	18	14	1.4	1.2

Fuente: NSR-10, G12.7-1

El factor de modificación por el módulo de elasticidad se ve en la tabla 3.

Tabla 3. Módulos de elasticidad con CH=12%

Módulo promedio $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
9.500	7.500	4.000

Fuente: NSR-10, G12.7-2

Tabla 4. Coeficiente de modificación por contenido de humedad

Esfuerzos		CH $\leq$ 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH = 18%	CH $\geq$ 19%
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión paralela	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_v	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Módulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	E_{min}								

Fuente: NSR-10, G12.7-5

³⁸JANSSEN, J.J.A. The mechanical properties of bamboo used in construction. Eindhoven University of Technology, Netherlands. In: Proceedings: Bamboo Research in Asia. IDRC- IUFRO. p: 173-188. 1974.

Las tablas 2 y 3 se calcularon para un contenido de humedad del 12%, si las condiciones en el ambiente hacen que varíe el contenido de humedad de la guadua con un valor mayor al 12% se deben multiplicar con la tabla 4.³⁹

5.5.4. Secado de la guadua.

La norma⁴⁰sismo resistente del 2010 dice que, *“Toda guadua destinada a la construcción de estructuras debe ser secada hasta un contenido de humedad (CH%), lo más cercano posible al contenido de humedad de equilibrio (CHE) con el medio ambiente de la zona en donde va a quedar instalada”*.

La guadua al igual que la madera también contiene humedad, la cual es esencial extraer, para obtener su mayor resistencia y controlar hongos y agentes que de alguna forma la puedan dañar. El material después del proceso de corte debe ser sujeto a un proceso de secado, “en este proceso se comprime y obtiene su color amarillo, al estar seca pierde toda la savia y no es tan buena al ataque de hongos, en este proceso se desecha casi un 20% de guadua por estar rajadas o torcidas.”⁴¹

5.5.5. Construcciones en guadua.

La guadua por la esbeltez durante su crecimiento se expone a fuertes cargas de viento. Los tabiques de entrenudo producen rigidez y elasticidad, evitan su ruptura al curvarse (componente fundamental para construcciones sismo resistentes). Su crecimiento cónico constituye una desventaja, ya que se obtienen secciones de diámetros variables, a través de un proceso de cultivo de invernadero es posible obtener grosores de un orden predominado que logren facilitar la resolución de uniones la bambusa guadua, este material es rico en el lugar del eje cafetero colombiano, su rápido crecimiento provoca que contenga buenas ventajas. Es un

³⁹ NSR-10. Norma de diseño sismo resistente, 2010 (título G).Pag 111.

⁴⁰ Ibíd. Pag.

⁴¹GARZÓN CAICEDO, VANIRIA Jenny, optimización de estructuras en guadua, trabajo de grado Universidad Nacional de Bogotá, Colombia 1996, Pág. 43.

material económico muy resistente a los esfuerzos de compresión, tracción y flexión⁴²

En este material se han llevado a cabo construcciones de viviendas, iglesias, restaurantes bibliotecas, incluso en puentes; Pero se utiliza más para las construcciones de cubiertas livianas, debido a que la construcción con este elemento se debe hacer con mano de obra especializada en su manejo ya que el proceso se describe como artesanal⁴³.

Figura 2. Construcciones en guadua



Fuente: Encontrado en, <http://pitalito.evisos.com.co/construcciones-en-guadua-fibro cemento-y-muro-tendinoso-id-296607>, 19 de noviembre de 2015.

La norma técnica colombiana⁴⁴ el concepto que le da es la relación que existe entre la humedad como porcentaje de masa de agua de poros en determinada masa de material, con respecto a la masa de material sólido, lo que quiere decir que representa la cantidad de agua que esta al interior de un material poroso.

5.5.6. Contenido de humedad en bambúes.

El contenido de humedad en los bambúes, varía en el interior del tallo y está influenciado por la edad, la época del año en que se hace el corte y las características propias de la especie. Con un año de edad los cogollos tienen un

⁴²BANDA, Mabely, SALAS, Eduardo, “El sistema constructivo del Pabellón Zeri” asignatura reflexión, crítica y propuestas sobre las técnicas constructivas, universidad politécnica de Cataluña UPC, 2001. Pág.29.

⁴³Ibíd. Pag. 29

⁴⁴INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Pag. 26.

contenido de humedad relativo alrededor de 120 – 130%. Los nudos presentan valores más bajos que los entrenudos, con diferencias de contenido de agua hasta del 15%, siendo más relevante en la parte basal que en la apical⁴⁵. En los tallos maduros el contenido de humedad en la base es más alta que en la pared Apical. Es importante destacar que la estructura de la pared es diferente en el interior del tallo, lo que conlleva a tener variación también en el contenido de humedad, siendo mayor en la parte interna y menor en la externa.

El contenido de humedad de equilibrio es el porcentaje de agua al interior de un material expuesto a un ambiente con condiciones de humedad y temperatura. Esto quiere decir que es la cantidad de agua que el material logra absorber de su ambiente. Concluyendo que el material se ve afectado por los cambios de temperatura y humedad del aire, siempre se debe tener en cuenta que las condiciones ambientales en un lugar se encuentran en constante cambio, ningún material se encuentra en un equilibrio permanente, de esta forma el material gana o pierde humedad según estos cambios⁴⁶.

Los cambios que ocurren en el contenido de humedad provocan algunas anomalías el que más sobresale es el cambio dimensional del material. Estos cambios se deben principalmente a la pérdida o ganancia del agua higroscópica en la pared celular. El agua libre de las cavidades celulares no tiene ningún dominio en la variación de las dimensiones⁴⁷, queriendo decir que estas alteraciones dimensionales solo se ejecutan cuando el contenido varía por debajo del PSF. Esta situación puede llevar a que las propiedades mecánicas del bambú no varíen cuando el CH se encuentre arriba del PSF.

El contenido de humedad según la norma sismo resistente⁴⁸ es un valor muy importante que debe ser conocido al momento de utilizar la guadua o bambú como un elemento estructural de una edificación. Por lo que es importante resaltar:

⁴⁵OROXOM Carlos, Estado actual del bambú como material de construcción en Guatemala, 1999.

⁴⁶PEREZ Peña. Natalia. Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera, en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. Facultad de ciencias forestales. Universidad de Concepción. Chile.

⁴⁷Ibíd. pag. 20

⁴⁸NTC 1495, Ingeniería civil y arquitectura. Suelos. método de ensayo para determinar en el laboratorio el contenido de agua (humedad) de suelos y rocas, con base en la masa. (1979).

-Que el bambú es un material higroscópico, el contenido de humedad depende del ambiente al que se exponga.

- Entre menos este expuesto el bambú con un ambiente húmedo el contenido de humedad se estabiliza con un porcentaje entre 10 y 25 %, ocasionando que dependa de la humedad relativa y la temperatura del ambiente. El valor del contenido de humedad es mucho menor cuando el bambú ha sido cortado. El secado natural es provocado por la temperatura atmosférica, disminuyendo el contenido de humedad que el bambú retiene.

- Las variaciones en el contenido de humedad provoca que el bambú se contraiga o se expanda.

-El bambú debe ser secado para facilitar su manejo y su transporte.

Además cuando se tiene un contenido de humedad alto, el bambú sufre un alto proceso de deterioro producido por el ataque de hongos o insectos. El bambú presenta agua en su estructura bajo tres formas: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución⁴⁹. El agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares. El agua higroscópica se halla contenida en las paredes celulares y el agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular, por lo cual es vital para el funcionamiento de la planta.

Cuando el bambú queda expuesto a las condiciones del ambiente, comienza a perder agua iniciándose el proceso normal de secado. Lo que primero se pierde es el agua libre y después el agua higroscópica. El agua de constitución solo puede llegar a desaparecer en caso de combustión⁵⁰.

Por la semejanza que tiene con la madera, los estados en que puede contener agua una planta de bambú, pueden ser denominados como verde, seco y anhidro. Una planta de bambú, pueden ser denominados como verde, seco y anhidro.

Se comprende como bambú verde, cuando ha perdido solo una parte del agua libre contenida en sus cavidades, bambú seco cuando se ha perdido toda el agua libre y un poco del agua higroscópica y bambú anhidro cuando ha perdido la totalidad del agua libre y el agua higroscópica que puede ser contenida en su estructura⁵¹.

⁴⁹PEREZ Peña. Natalia. Op cit p.20.

⁵⁰Ibíd. Pág. 21.

⁵¹GUTIÉRREZ, M.; Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la Guadua GAK. Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2011.

Para entender de una mejor forma la relación que tiene el agua con el bambú, se puede estudiar el siguiente ejemplo: Hay un bambú recién cortado donde se introduce en un patio de secado. Después de un tiempo, el tallo posee un alto contenido de humedad, por lo que el agua es necesaria para la vida del vegetal, es decir un contenido de humedad entre el 60 % y el 39 %. En ese instante el agua llena todos los vacíos entre las fibras elementales, entre las microfibrillas, inclusive gran parte del tejido celular⁵². El aire del patio, como consecuencia de la diferencia de humedad del aire y la planta, absorbe agua de la superficie del bambú, quitando gran parte del agua de la primera capa de células. Esta capa superficial, al estar más seca de la segunda capa, absorbe parte del agua que contiene para procurar nivelar su humedad. La segunda capa absorberá agua de la tercera y así sucesivamente hasta llegar a la corteza interior del tallo, este desarrollo es muy lento ya que puede durar hasta años, hasta igualar la resistencia de secado ejercida por el aire, con la fuerza de absorción de humedad del bambú.

El estudio tecnológico de las relaciones entre el agua y la madera o el agua y el bambú, es uno de los más importantes de todos los estudios, ya que afecta la mayoría de los procedimientos de modificación de estos materiales, así como su comportamiento físico-mecánico. El agua se convierte en una causa determinante en la durabilidad, la resistencia, el peso y sobre todo en las dimensiones para estos materiales⁵³.

El contenido de humedad es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con relación al peso del bambú anhidro, el peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a 103°C +/- 2°C, también se conoce como peso seco al horno. Existen dos valores de contenido de humedad que son particularmente importantes, al primero se le llama punto de saturación de las fibras (PSF) y es el CH que alcanza el bambú cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica.

Al segundo valor importante de contenido de humedad se le llama contenido de humedad de equilibrio (CHE), el cual se obtiene cuando el bambú expuesto al aire, durante una cantidad de tiempo considerable, pierde parte del agua higroscópica hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio con el contenido de

⁵²Ibíd. pág. 39.

⁵³ORDOÑEZ, R. y DÁVALOS, R. Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de Humedad. Madera y Bosques, Vol 2, numero 2. Instituto de Ecología, A.C. México. 1996.

humedad relativa del aire. También se puede especificar el CHE como cuando se equilibran las fuerzas de absorción de humedad del bambú con la fuerza que induce el secado del material. También se puede definir como el porcentaje de humedad que alcanzaría el bambú en un prolongado periodo, sujeta a unas ciertas condiciones de humedad y temperatura del ambiente⁵⁴.

Las condiciones climáticas hacen que cambie el aire constantemente, ya que el aire toma o transfiere agua a la planta dependiendo de las condiciones de humedad relativa y temperatura ambiente del sitio donde se encuentra expuesto el material⁵⁵.

Todo cuerpo poroso en contacto con un ambiente absorbe o pierde humedad si no hay una semejanza entre las presiones parciales de vapor del aire circundante y del cuerpo húmedo. Mientras que estos valores de la presión de vapor sean diferentes, se puede afirmar que habrá una transferencia de humedad del cuerpo al medio circundante o viceversa.

Esta diferencia es importante ya que depende esencialmente de la humedad relativa (HR) del aire. Para un cuerpo saturado de agua la transferencia será inútil si la HR es del 100% y máxima cuando la HR es de 0%. Por el contrario, si el cuerpo poroso está seco, la absorción de humedad del cuerpo será máxima si la HR del aire es del 100% y no existe si la HR del 0%⁵⁶.

Cabe anotar que durante este proceso la temperatura del cuerpo poroso tiende a alcanzar la temperatura seca del ambiente.

Se deduce de lo anterior que existe una relación directa entre la temperatura, la humedad de un ambiente dado y la humedad de equilibrio del material. Se llega que la noción de equilibrio higroscópico que en realidad corresponde al equilibrio entre las presiones parciales de vapor del aire del ambiente y del producto húmedo. Debe tenerse presente cuando el producto o cuerpo poroso tiene una masa considerable, el equilibrio higroscópico se presenta inicialmente en sus

⁵⁴ GUTIÉRREZ, M. Op cit. Pág. 40.

⁵⁵BRICEÑO, Paula Alejandra, Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia kunth* para la construcción de los isoterma de sorción. Universidad La Gran Colombia: 2015.

⁵⁶ORDOÑEZ, R. y DÁVALOS, R. Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de Humedad. Madera y Bosques, Vol 2, numero 2. Instituto de Ecología, A.C. México. 1996.

capas internas, creándose hacia su interior un gradiente de humedad que genera el movimiento interno del vapor de agua del producto⁵⁷.

5.5.7. Diferencias entre las propiedades de la madera y el bambú

Se sabe que el punto de saturación de las fibras cambia entre el 25% a 35% para maderas, mientras que el punto de saturación de las fibras en el bambú va cambiando entre el 13% y el 20%. Cuando el contenido de humedad es menor que el PSF se cree que el bambú, al igual que la madera, padece modificaciones dimensionales y cambian sus propiedades mecánicas⁵⁸.

Con lo anterior se quiere aclarar que el valor del CHE varía de forma directamente proporcional con los cambios de temperatura, humedad relativa y condiciones ambientales de la región a la que quede expuesto el tallo.

En la estructura interna de la guadua, las fibras pueden absorber agua y variar su contenido de humedad. El porcentaje de humedad que sea capaz de retener del ambiente, siempre será mayor en una fibra vegetal que en una sintética. En algunos casos las fibras celulósicas provocan que la absorción tenga lugares amorfas, donde las moléculas de agua solo pueden acceder en la fibra perpendicular a su eje⁵⁹.

Estas características de retención y absorción de humedad, no son para nada deseables para las fibras que vayan a ser utilizadas en un material compuesto con matriz plástica, ya que provoca un aumento de volumen, según las condiciones expuestas anteriormente⁶⁰. Esta situación conduce una discrepancia entre la matriz plástica y las propiedades de las fibras, afectando la unión con la matriz, repercutiendo directamente en las propiedades mecánicas del material.

Los cambios producidos por el contenido de humedad del material son uno de los más graves problemas que tienen los bambúes cuando se usa como material de

⁵⁷OSORIO, Jairo Alexander; VÉLEZ, Juan Manuel; CIRO, Héctor José. Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: 2006.

⁵⁸ORDOÑEZ, R. y DÁVALOS, R. Op cit. Pág. 49.

⁵⁹MALAVER, D. y CASTRILLÓN, B. Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. – Colombia. 2004.

⁶⁰Ibíd. Pág. 27.

construcción, ya que los cambios realizados pueden llevar a defectos en las uniones y anclajes de las estructuras de soporte, entre otros.

Los cambios que se producen por consecuencia de un aumento en el contenido de humedad del material, se presentan en las zonas blandas de la pared del culmo, y los menores, en la zona externa o de mayor resistencia⁵⁸. Además, se establece que los cambios de volumen son mayores en las guaduas jóvenes que en las de mayor edad y el aumento de volumen es más grande en la zona del entrenudo que en los nudos. La variación del contenido de humedad en los bambúes depende de condiciones ambientales como humedad relativa y temperatura, tendiendo a estabilizarse, entre valores de 10% y 25%⁶¹.

El contenido de humedad en la madera y la variación del mismo es uno de los factores que más influencia tiene sobre las propiedades mecánicas de la misma. Por esta razón es necesario conocer la relación en que varían las propiedades mecánicas cuando cambia el contenido de humedad⁶².

Las propiedades mecánicas son la resistencia que ofrece el material a los diferentes esfuerzos de trabajo por la acción de cargas que actúan sobre él. Para poder realizar el dimensionamiento de los elementos estructurales de edificaciones es necesario conocer las propiedades mecánicas del material que se va a utilizar⁶³.

La humedad de la madera al igual que el resto de las propiedades físicas, tiene un gran dominio en las propiedades mecánicas. Cuando el porcentaje de humedad aumenta la resistencia mecánica disminuye, hasta llegar al punto de saturación de las fibras a partir del cual las propiedades mecánicas permanecen constantes. Lo que se dice anteriormente puede contemplarse en todos los ensayos en donde es

⁶¹DÍAZ, J. Y GONZÁLEZ, E. Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua *Angustifolia kunth* (Tesis Ingeniero Agrícola). Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1992.

⁶²DUMAR, Jorge, determinación de la variación de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad longitudinal de la guadua *Angustifolia kunth*, con el contenido de humedad. Universidad Nacional de Colombia: 2014.

⁶³GONZÁLEZ, J. y LEGUIZAMÓN, Y. Determinación de la resistencia a compresión paralela a la fibra de la Guadua (*Angustifolia Kunth*) en función del contenido de humedad. Santafé de Bogotá 2012. Trabajo de Grado (Ingeniero(a) Civil). Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería.

sometida la madera, a excepción del choqueo impacto y la tracción perpendicular a la fibra⁶⁴.

Se obtuvieron expresiones para ajustar la resistencia de maderas coníferas mexicanas por efecto del cambio en el contenido de humedad del material. A partir de estos datos, se halló las gráficas de variación de la resistencia de la madera con respecto a su contenido de humedad⁶⁵.

5.5.8. Isotermas de sorción.

Un isoterma de sorción es relación funcional existente entre el contenido de humedad de un material (referido como 1 gramo de agua por 100 gramo de sólidos secos) y la actividad acuosa del mismo material. La isoterma de adsorción de humedad deja conocer el contenido de humedad de equilibrio de un elemento que se halla expuesto a un ambiente de humedad relativa y temperatura conocidas. La isoterma indica el valor de la actividad acuosa o humedad relativa de un material que contiene una determinada cantidad de agua, y es mantenido a temperatura constante, si en algún caso la muestra es sometida a un ambiente de la misma temperatura pero de menor humedad relativa, el material perderá humedad hasta llegar al punto indicado por la isoterma, correspondiente a la nueva humedad relativa y contrariamente⁶⁶.

Se comprobó que el contenido de humedad es constante para todas las maderas, elaborando un ábaco para determinar este valor (Figura 3). El CHE máximo que puede tener una madera es al rededor del 30%, esta es la humedad que satura todos los espacios entre las fibras. Este se llama el punto de saturación de las fibras. Para que la madera alcance más humedad que la correspondiente al punto de saturación de las fibras⁶⁷, es necesario sumergirla en agua y llenar los espacios existentes en el tejido celular.

⁶⁴ORDOÑEZ, R. y DÁVALOS, R. Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de Humedad. Madera y Bosques, Vol 2, numero 2. Instituto de Ecología, A.C. México. 1996.

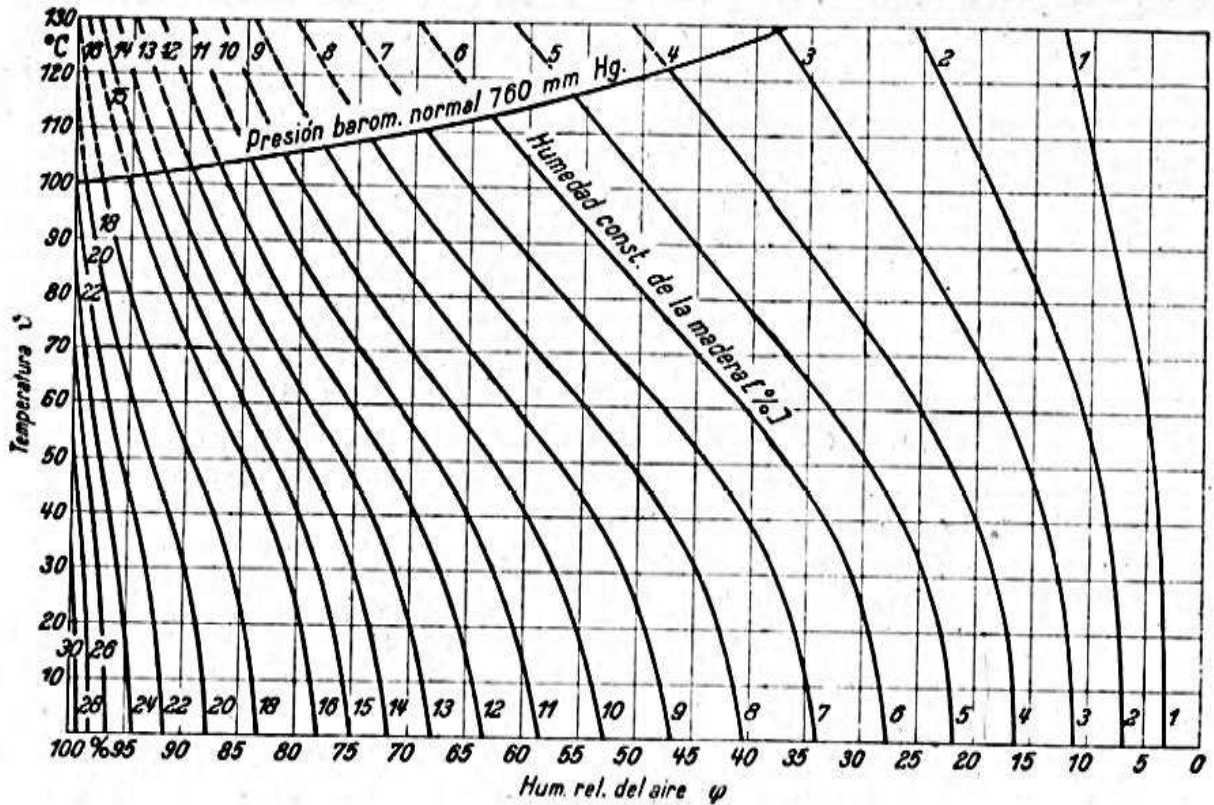
⁶⁵R. AEERHARD, A. - AEERHARD - M. NATALINI, - Martina, P. - VENTIN, A. - CORACE, J. Determinación de las isotermas de sorción de materiales constructivos porosos e higroscópicos (madera). Chaco – Argentina (2000).

⁶⁶GARAY TANGARIFE, Andrés E. Isotermas de sorción para la guadua *Angustifolia kunth*, Bogotá – Colombia (2014).

⁶⁷ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título G – Estructuras de madera y estructuras de guadua. Bogotá D.C., Colombia: Marzo de 2010.

La construcción de una isoterma de sorción, se hace experimentalmente colocando una probeta de madera a distintas condiciones de humedad relativa del aire y manteniendo la misma temperatura, hasta llegar al peso constante, que ocurre cuando se logra el equilibrio⁶⁸.

Figura 3. Isotherma de sorción en la NSR-10



Fuente: NSR-10. Título G. Apéndice G-D. Página G 151

⁶⁸ Isotermas de adsorción de humedad. <<http://arenasmelibea.mex.tl/>> 28 de octubre de 2015.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. TIPO DE ENFOQUE

Esta investigación tuvo un enfoque mixto ya que cuenta con variables numéricas cuantitativas como son los datos de humedad y equilibrio y variables cualitativas como son la descripción de los mismos.

Se recolectó y analizó la información vinculando los datos para el estudio de humedad de equilibrio, logrando con este enfoque responder el planteamiento de problema. Se hizo una clasificación de la muestra escogida que es la Guadua *Angustifolia Kunth* obteniendo el resultado de los contenidos de humedad de equilibrio para dichos valores.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue experimental ya que se obtuvieron resultados a partir de datos tomados en laboratorio sobre muestras de diferentes partes del culmo de la guadua y a diferentes condiciones de humedad relativa y temperatura ambiente. A partir de los datos se obtuvieron resultados de las diferentes variables consideradas, y con ello se pudo encontrar el contenido de humedad de equilibrio, caracterizando una de las propiedades básicas de la guadua y complementando las investigaciones desarrolladas en el tema por una de las tesis de la universidad La Gran Colombia en la cual obtuvo los 4 primeros puntos con los que se construyeron las curvas de isothermas de sorción que caracterizan el material. Con los pesos registrados a través de la medición en las probetas Se obtiene experimentalmente el contenido de humedad de equilibrio de las diferentes muestras ensayadas.

6.3. FASES DE INVESTIGACIÓN

Tabla 5. Fases de investigación

FASE 1	FASE 2	FASE 3
Toma de datos experimentales	Análisis de los resultados obtenidos	Comparación de datos obtenidos para guadua vs madera
En esta fase se identificó, se clasificó y se tomó registros de las muestras, realizando inicialmente un formato de toma de información para su correcta interpretación y clasificación.	En esta fase se organizó la información obtenida con ayuda de un programa estadístico que permitió ver de mejor manera la tendencia y variabilidad de los datos para finalmente obtener los resultados.	En esta fase se comparó los resultados finales obtenidos experimentalmente con algunos puntos de grafica de isoterma sorción de madera de la NSR10

Fuente propia

6.4. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El proceso de elaboración para los ensayos se hizo partiendo de la metodología planteada por Garay (2014) y Briceño (2015), para poder encontrar los procedimientos necesarios y la obtención de los contenidos de humedad de las probetas. El material utilizado como se había mencionado anteriormente fue la guadua *Angustifolia kunth* que se sacó de la empresa arme ideas ubicada en el Quindío.

Los culmos utilizados para la experimentación fueron tres partes de la guadua que son: (cepa) parte inferior, (basa) parte media y (sobrebasa) parte superior. Se tuvo en cuenta que el procedimiento que se tomó tenía que ser de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 5301 (NTC 5301), donde dice el numeral 4.1.2.1.1.1 que se debe dejar la guadua en el mismo sitio de corte, bajo sombra por mínimo dos semanas⁶⁹.

⁶⁹INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Preservación y secado del culmo de Guadua *Angustifolia Kunth*. Bogotá: ICONTEC, 2007 (NTC 5301).

El secado de los culmos se puede llevar a cabo por dos métodos que son el secado natural donde la NTC 5601 4.2.1 donde dice que se deben dejar las muestras de guadua al aire libre, bajo cubierta y separados entre sí hasta obtener el contenido de humedad de equilibrio que se alcanza desde el 12% al 14%. Y el secado artificial se da con condiciones controladas de humedad relativa y temperatura ambiente, este segundo procedimiento se realizó en una cámara de secado logrando reducir un contenido de humedad de equilibrio del 6%⁷⁰.

Para el desarrollo del contenido de humedad de equilibrio se siguió el método utilizado por Briceño en sus tesis de pregrado, "*Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua Angustifolia kunth para la construcción de los isothermas de sorción*" donde se determinó algunos contenidos de humedad de equilibrio para realizar la gráfica de isothermas con una temperatura de 40°C y 30°C, que es el fin al que se quiere llegar.

En la tabla 6 se muestran contenidos de humedad dependiendo del uso de aplicación que se le vaya a dar al material, pero esta información muestra valores obtenidos a partir del estudio de maderas⁷¹.

⁷⁰INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Preservación y secado del culmo de Guadua *Angustifolia Kunth*. Bogotá: ICONTEC, 2007 (NTC 5301).

⁷¹BRICEÑO, Paula Alejandra, *Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua Angustifolia kunth para la construcción de los isothermas de sorción*. Universidad La Gran Colombia: 2015.

Tabla 6. Contenido de humedad del material dependiendo de su aplicación

Aplicaciones	Contenido de humedad (%)
Culmos en construcción (Trópico)	16 - 22
Culmos en construcción (Temperados y climatizados)	9 - 13
Muebles (Trópico)	12 - 16
Muebles (Temperados y climatizados)	8 - 11
Artesanías (Trópico)	12 - 16
Artesanías (Temperados y climatizados)	8 - 11
Pisos parquet (Trópico, temperados y climatizados)	7 - 10
Vigas Laminadas exteriores (Trópico)	15 - 18
Vigas Laminadas interiores (Trópico)	12 - 15
Vigas Laminadas (Temperados y climatizados)	8 - 12
Los valores de la Tabla 1 fueron tomados de: [1] JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA (1989), Manual del Grupo Andino para el Secado de las Maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Ed. Carvajal, Cali Colombia, 444 pp. [2] Arango-Johnson A. (2001), Secado de la Madera, Centro Nacional de la Madera SENA Antioquia, Medellín, 118 pp. [3] Montoya Arango J. A. (2006), <i>Trocknungsverfahren für die Bambusart Guadua angustifolia unter tropischen Bedingungen</i>, Dissertation, Universität Hamburg, Hamburg Germany. 254 pp	

Fuente: NTC 5301 Pág. 5

Este procedimiento de secado para la presente investigación se realizó luego de la fase de experimentación para prevenir fallas higroscópicas en las probetas de guadua.

6.4.1. Materiales y equipos

Para este ensayo los equipos utilizados para obtener mejores resultados en la investigación fueron:

- Balanza digital con exactitud de 0,01 gr.

Esta balanza funciona para la medición de las probetas que se utilizaron en cada ensayo, ya que tiene una buena capacidad para obtener el peso de la muestra con una buena precisión.

Figura 4. Balanza digital



Fuente propia

- horno eléctrico para secar la muestra totalmente

Se utilizó el horno para secar totalmente las muestras con una temperatura de 104°C.

Figura 5. Horno eléctrico



Fuente propia

- Equipo de cámara de clima constante

Este equipo se utilizó para someter la muestra a unas condiciones climáticas constantes, dependiendo de la temperatura ambiente y la humedad relativa que se le asigne para cada ensayo.

Figura 6. Equipo cámara de clima constante



Fuente propia

- Guantes de nitrilo

Se utilizó para tomar las muestras que se encuentran en la cámara constante, ya que si se tomaran sin los guantes se podría afectar de alguna forma la muestra.

Figura 7. Guantes



Fuente: guantes de nitrilo

https://www.google.com.co/search?q=guantes+de+laboratorio&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiWqvqCncHLAhWFax4KHXcrCm4Q_AUIBygB&biw=667&bih=639#imgsrc=i085PcvUxAa8oM%3A 14 de marzo de 2016.

- Agua destilada

Este material se empleó para la máquina de cámara constante ya que esta máquina necesita que se le incorpore agua para que tenga un funcionamiento normal.

Figura 8. Agua destilada



Fuente: agua destilada, <https://pidefarma.com/bogota/productos-hospitalarios-2-2/enema-travad-baxter.html> 14 de marzo de 2016.

- Probetas que proviene de la *Guadua Angustifolia Kunth*

Figura 9. Probetas para el ensayo



Fuente: fuente propia

- Un software que permita realizar los respectivos cálculos

Se utilizó el programa Microsoft office Excel

Figura 10. Software para realizar los cálculos estadísticos



Fuente: programas estadísticos, <http://www.uv.es/innovamide/l4u/R/R0/R0.wiki>.
<https://technet.microsoft.com/en-us/library/ee176994.aspx> 14 de marzo de 2016

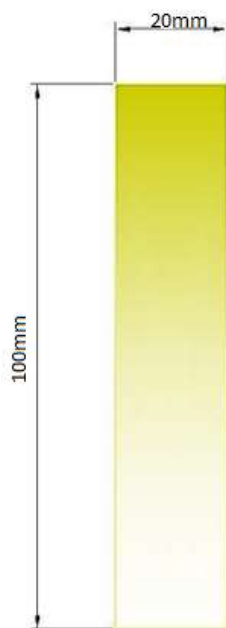
6.4.2. Medición y peso

Las probetas deben tener las siguientes consideraciones, tomadas antes de cada ensayo:

- Tolerancia de 10 mm, para la longitud del culmo.
- 1 mm para la longitud o altura de la probeta, paralela al eje del culmo.
- 1 mm para el diámetro del culmo, en cada sección transversal, el espesor de la pared se tomó cuatro veces en los mismos sitios que se midió el diámetro cada dos veces ⁷².

⁷²Ibíd. pág. 29

Figura 11. Dimensiones para las probetas Ilustración



Dimensiones de medida para las probetas. Largo 100 mm. Ancho 20 mm.

Fuente: isotermas de sorción de Andrés Garay ilustración 15

Las probetas deben ser pesadas con exactitud de:

- 10 g. por culmo
- 1 g. por probeta de más de 100 g.
- 0,01 g. por probeta de menos de 100 g.

Las anteriores consideraciones pueden ser tenidas en cuenta para nuestro estudio, al ser consideraciones generales.

Todos los equipos y dispositivos para la obtención de los datos que se requirieron se calibraron, para asegurar la exactitud de los resultados de la investigación.

6.4.3. Identificación de probetas

Se utilizaron 6 probetas para la clasificación de la guadua, con un total de 36 muestras, dependiendo el material de la temperatura y humedad relativa controlada como se muestra en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Ejemplo de clasificación de probetas para temperatura y humedad relativa constante.

Parte de la guadua	Cantidad
Cepa sin nudo	6
Cepa con nudo	6
Basa sin nudo	6
Basa con nudo	6
Sobre basa sin nudo	6
Sobre basa con nudo	6
total	36

Fuente propia

Con la investigación que se venía haciendo anteriormente en la universidad se pudo tener una ventaja del material utilizado, ya que se encontraba en el lugar de laboratorio, se utilizó el mismo tipo de material de probetas para esta investigación.

Posteriormente se marcaron las probetas de acuerdo a la parte del culmo y dependiendo de las condiciones de temperatura ambiente y humedad relativa que se le asignaron. Este registro de datos se compone por seis características principales que son:

Cepa con nudo que se nombra con la letra C, Cepa sin nudo con las letras C-S, Basa con nudo con la letra B, Basa sin nudo con las letras B-SN, Sobre basa con nudo con las letras SB y Sobre basa sin nudo con las letras SB-SN⁷³.

Se numeraron las seis (6) probetas dependiendo del límite de altura para el culmo, se marcaron del uno a seis para tener de una forma más precisa los pesos de esa parte de culmo, y así se realizó el seguimiento a los pesos individualmente⁷⁴.

⁷³Ibíd. pág. 31

⁷⁴Ibíd. pág. 31

Al tener las probetas con una asignación de letra se hace lo mismo para la clasificación de la humedad relativa con la siguiente nomenclatura:

A: 35%

B: 50%

C: 60%

D: 70%

E: 80%

F: 90%

La temperatura ambiente se registrará con la letra T seguido del número el 1 al 4 según la temperatura asignada de menor a mayor:

T1: 10°C

T2: 20°C

T3: 30°C

T4: 40°C

Después de haber enumerado las probetas se llevaron a la máquina de cámara de clima constante. Por consiguiente se realizó una descripción sobre este procedimiento.

Se deberá hacer un seguimiento diario al comportamiento de las probetas, para de esta forma realizar los cálculos necesarios para obtener las humedades alcanzadas con la muestra trabajada.

Ejemplo:

A-T3-SB-SN-1

La probeta que corresponde a este ejemplo muestra que las probetas probetas fueron expuestas a una humedad de 35% (A) una temperatura de 30°C (T3), la parte de la guadua a la que pertenece es a la sobre basa (SB) sin nudo (SN) además de ser la numero 1 de 6 probetas que pertenecen a esta clasificación.

6.4.4. Procedimiento

Para calcular el contenido de humedad en las probetas de guadua con contenido de humedad de equilibrio se empleó el siguiente procedimiento:

1. Las probetas ya cortadas se introducen en la máquina de cámara de clima constante colocando las respectivas marcaciones de temperatura y humedad relativa y el lugar donde esta pertenecen en el culmo.
2. Al cabo de un tiempo determinado (24h), en el que las probetas se dejó a unas condiciones climáticas controladas se fue tomando los pesos de las probetas por un tiempo prolongado. Cuando la diferencia en pesos de la muestra, con respecto al peso tomado al día anterior este con un valor menor de 0.01g se dice que la probeta ya está en equilibrio conociendo la variación del contenido de humedad.
3. Se hizo el mismo procedimiento con las demás humedades relativas que menciona el presente documento hasta llegar a una humedad relativa del 35%.
4. Después de haber alcanzado el contenido de humedad de equilibrio de todas las humedades relativas que dura dependiendo de las variables de temperatura y humedad relativa que se le asigne, se introducen las 36 probetas a un horno con temperatura de 104°C para secarlas, permaneciendo allí mínimo 24 horas para registrar el peso seco.

Figura 12. Temperatura que debe llevar el horno para el secado



Fuente propia

5. Al haber secado completamente las probetas dentro del horno estas se retiran del horno para luego ser pesadas.
6. se calculó el contenido de humedad de equilibrio con la ecuación 1.
7. Después de haber encontrado el contenido de humedad de equilibrio para estas probetas se repite el procedimiento con las diferentes temperaturas pero se utilizan nuevas muestras de culmos para los siguientes ensayos.
8. Al tener los resultados de cada muestra se procede a buscar un software que sirva para la estadística, llamado Excel o R para encontrar resultados que se puedan analizar.

El ensayo para encontrar el contenido de humedad de equilibrio se hizo siguiendo el método utilizado en la NTC 5525 que es “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las guadua *Angustifolia Kunth*” cap. 12. Parámetro importante para la evaluación de las propiedades mecánicas como la resistencia a tracción o compresión. Esta determinación se hace mediante pesajes de la pérdida de peso de las probetas de ensayo durante el secado, hasta obtener un peso constante.

7. RESULTADOS

7.1. EXPERIMENTOS

Partiendo de los ensayos realizados por Paula Briceño del documento llamado, “*Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua Angustifolia kunth para la construcción de los isothermas de sorción*”. Se utilizó la misma metodología como se muestra a continuación⁷⁵.

7.1.1. Primer ensayo calculo humedad de equilibrio para temperatura de 40°C y humedad relativa de 50%

En la primera etapa de prueba se tomaron los valores de humedad y temperatura más críticos, teniendo en cuenta los intervalos considerados en este proyecto, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Intervalo de humedad y temperatura

VARIABLE	MÁXIMO	MÍNIMO
HUMEDAD	90%	35%
TEMPERATURA	40°C	10°C

Fuente Paula Briceño, determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua angustifolia kunth para la construcción de los isothermas de sorción

Se comenzó el procedimiento con una humedad relativa de 50% ya que Paula Briceño con su tesis de “*Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua Angustifolia kunth para la construcción de los isothermas de sorción*” la autora encontró el contenido de humedad de equilibrio con humedades relativas de 90% hasta 60% con una temperatura de 40°C.

⁷⁵Ibíd. pág. 33

La forma en la que se identificó las probetas se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Marcación de probetas

MUESTRA	
B-T4-C-1	B-T4-B-SN-1
B-T4-C-2	B-T4-B-SN-2
B-T4-C-3	B-T4-B-SN-3
B-T4-C-4	B-T4-B-SN-4
B-T4-C-5	B-T4-B-SN-5
B-T4-C-6	B-T4-B-SN-6
B-T4-C-SN-1	B-T4-SB-1
B-T4-C-SN-2	B-T4-SB-2
B-T4-C-SN-3	B-T4-SB-3
B-T4-C-SN-4	B-T4-SB-4
B-T4-C-SN-5	B-T4-SB-5
B-T4-C-SN-6	B-T4-SB-6
B-T4-B-1	B-T4-SB-SN-1
B-T4-B-2	B-T4-SB-SN-2
B-T4-B-3	B-T4-SB-SN-3
B-T4-B-4	B-T4-SB-SN-4
B-T4-B-5	B-T4-SB-SN-5
B-T4-B-6	B-T4-SB-SN-6

Fuente Paula Briceño

Antes de ingresarlas a la cámara de clima constante a las probetas se les hizo una limpieza donde se quitaron las partículas que quedaban sueltas en el culmo para evitar un menor error en la toma de pesos diarios. Después se tomó el peso inicial de cada una de las muestras utilizadas en el ensayo.

A continuación se introdujo las muestras en la máquina que simula condiciones de temperatura y humedad controladas, como se muestra en la imagen 13.

Figura 13. Muestras al interior de la maquina



Fuente propia

Se programó la máquina colocando una humedad relativa de 50% y una temperatura de 40°C como se puede observar en la imagen 14.

Figura 14. Valores de temperatura y humedad



Fuente propia

Al tener previsto cuanto tiempo duraban las probetas en estabilizarse se decidió dejar de tomar pesos diarios por una semana. Después de haber transcurrido este colapso de tiempo cada día se hacía un pesaje (en días hábiles) para tener una inspección sobre el peso que tenía cada probeta, tomando una muestra de cada

clasificación, la probeta pesada representaría el comportamiento de cada grupo de culmos utilizados.

Figura 15. Pesaje diario de probetas



Fuente propia

Cuando todas las probetas utilizadas tuvieron una diferencia menor al 0.01g dando un día hábil para obtener la diferencia, se decía que estos pesos se habían estabilizado y que habían alcanzado su humedad de equilibrio para las condiciones dadas de 40°C de temperatura y 50% de humedad.

Ya después de haber obtenido el pesaje y la recolección de datos se siguió con la siguiente humedad relativa, no se secaban aun las probetas ya que al ir disminuyendo la humedad relativa se ahorra un poco de tiempo (una semana aproximadamente), así que se secaron las probetas cuando se terminaron de estabilizar todas las muestras con una humedad relativa de 35%.

Los pesos registrados cada día (incluyendo el inicial y final) se muestran en la tabla 10.

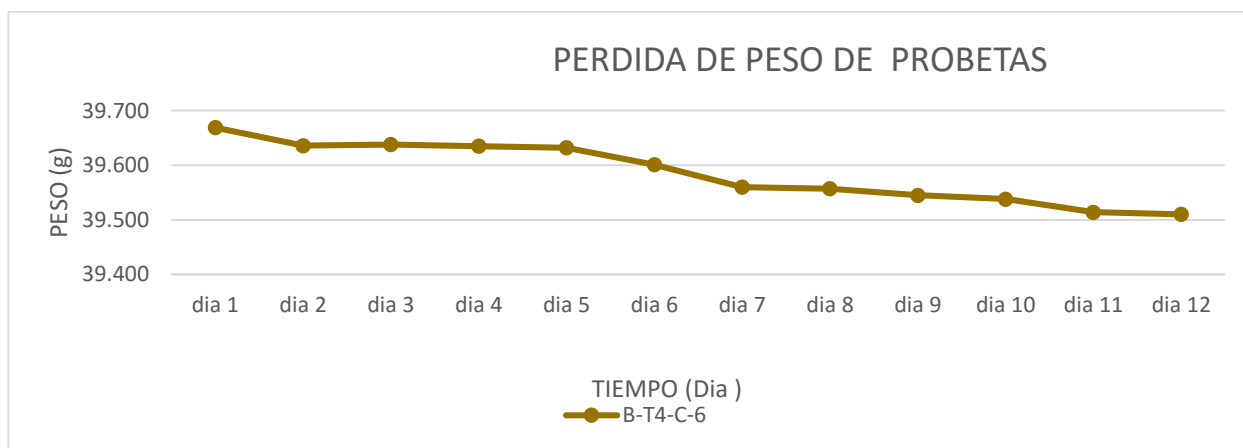
Tabla 10. Registro de pesos para temperatura de 40°C (T4) Y 50% (B) de humedad, peso en gramos

probeta	PESO DE LAS PROBETAS (g)											
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10	dia 11	dia 12
B-T4-C-6	39.669	39.636	39.638	39.635	39.632	39.601	39.560	39.557	39.545	39.538	39.514	39.510
B-T4-C-SN-6	29.201	29.190	29.173	29.181	29.194	29.180	29.135	29.129	29.126	29.120	29.097	29.092
B-T4-B-6	33.023	33.375	33.401	33.327	33.224	33.016	32.949	32.944	32.938	32.935	32.904	32.896
B-T4-B-SN-6	28.229	28.435	28.351	28.288	28.233	28.198	28.179	28.175	28.172	28.168	28.134	28.132
B-T4-SB-6	27.098	27.103	27.078	27.062	27.127	27.072	27.049	27.045	27.042	27.039	27.002	26.998
B-T4-SB-SN-6	13.760	13.750	13.752	13.741	13.772	13.746	13.738	13.737	13.734	13.734	13.709	13.705

Fuente propia

En la gráfica 1 se muestra según los datos obtenidos, la manera en que fueron disminuyendo los valores hasta llegar a un punto estabilización dando una diferencia de peso menor a 0.01 g.

Gráfica 1. Progreso de pérdida de pesos para una muestra

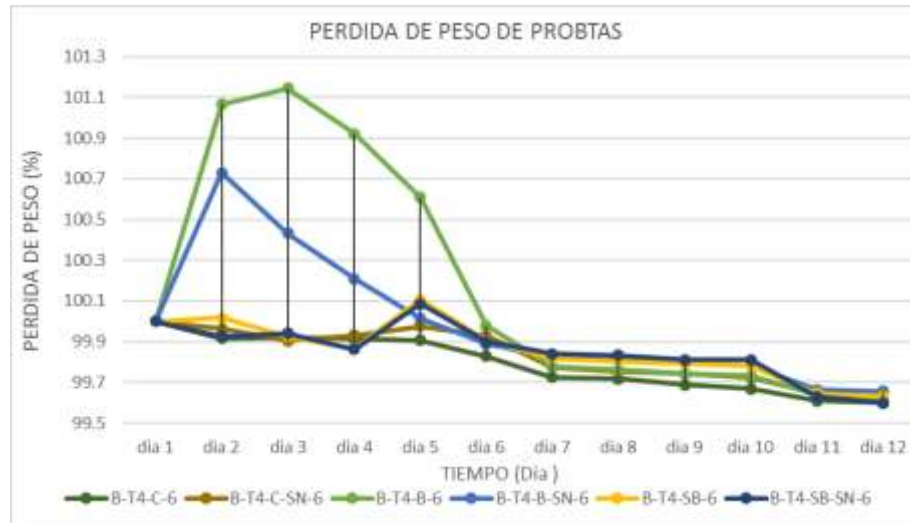


Fuente propia

Se presenta un tipo de muestra en la gráfica 1 que sería la cepa con temperatura de 40°C y humedad relativa de 50%.

Con los datos anteriores se obtuvo la gráfica 2 para poder mostrar todas las probetas de ese intervalo de humedad

Gráfica 2. Perdida porcentual de peso de todas la muestras



Después de que las probetas están estables se procedió a seguir con la siguiente humedad relativa.

Cuando todas las probetas ya están estables para todas las humedades se secan las probetas para encontrar el contenido de humedad de equilibrio, ingresando las probetas al horno a una temperatura de 104°C para la obtención del peso seco.

Figura 16. Procedimiento para el secado de las muestras



Tabla 11. Peso seco de las muestras

	peso seco (g)
A-T4-C-1	51.017
A-T4-C-2	48.493
A-T4-C-3	40.633
A-T4-C-4	37.413
A-T4-C-5	36.36
A-T4-C-6	41.494
A-T4-C-SN-1	30.273
A-T4-C-SN-2	34.226
A-T4-C-SN-3	26.274
A-T4-C-SN-4	35.708
A-T4-C-SN-5	26.85
A-T4-C-SN-6	26.769
A-T4-B-1	29.502
A-T4-B-2	29.219
A-T4-B-3	29.164
A-T4-B-4	26.976
A-T4-B-5	29.966
A-T4-B-6	30.318
A-T4-B-SN-1	26.352
A-T4-B-SN-2	25.413
A-T4-B-SN-3	23.45
A-T4-B-SN-4	25.242
A-T4-B-SN-5	25.796
A-T4-B-SN-6	25.792
A-T4-SB-1	25.558
A-T4-SB-2	23.771
A-T4-SB-3	18.396
A-T4-SB-4	22.613
A-T4-SB-5	12.618
A-T4-SB-6	24.831
A-T4-SB-SN-1	15.845
A-T4-SB-SN-2	12.512
A-T4-SB-SN-3	11.355
A-T4-SB-SN-4	15.906
A-T4-SB-SN-5	16.572
A-T4-SB-SN-6	12.651

Fuente propia

Esta información es apta para obtener la humedad de equilibrio, teniendo el peso con el cual se estabilizó la humedad y el peso seco de cada probeta como se puede observar en la tabla 12.

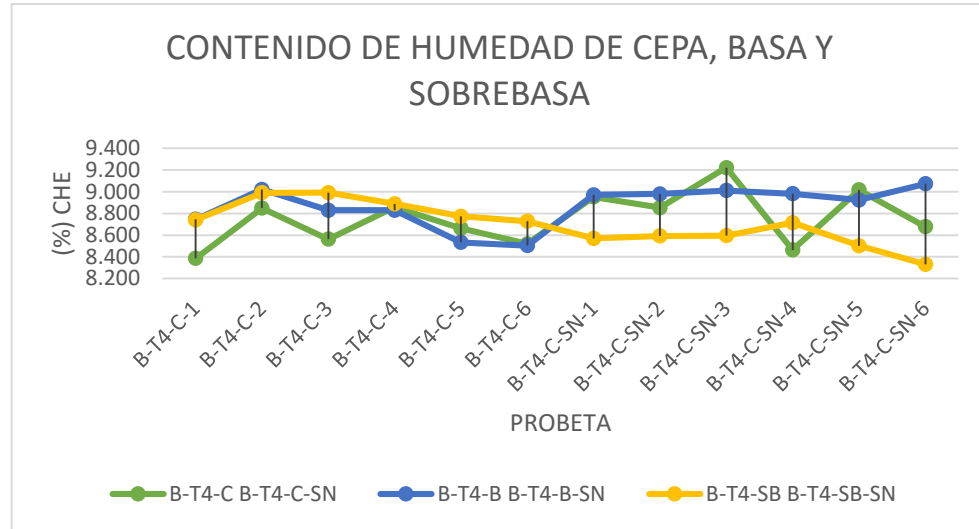
Tabla 12. Humedad de equilibrio de las muestras

	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
B-T4-C-1	55.295	51.017	8.385
B-T4-C-2	52.784	48.493	8.849
B-T4-C-3	44.112	40.633	8.562
B-T4-C-4	40.727	37.413	8.858
B-T4-C-5	39.510	36.36	8.663
B-T4-C-6	45.029	41.494	8.519
B-T4-C-SN-1	32.983	30.273	8.952
B-T4-C-SN-2	37.256	34.226	8.853
B-T4-C-SN-3	28.697	26.274	9.222
B-T4-C-SN-4	38.73	35.708	8.463
B-T4-C-SN-5	29.271	26.85	9.017
B-T4-C-SN-6	29.092	26.769	8.678
B-T4-B-1	32.082	29.502	8.745
B-T4-B-2	31.855	29.219	9.022
B-T4-B-3	31.739	29.164	8.829
B-T4-B-4	29.358	26.976	8.830
B-T4-B-5	32.523	29.966	8.533
B-T4-B-6	32.896	30.318	8.503
B-T4-B-SN-1	28.716	26.352	8.971
B-T4-B-SN-2	27.695	25.413	8.980
B-T4-B-SN-3	25.563	23.45	9.011
B-T4-B-SN-4	27.509	25.242	8.981
B-T4-B-SN-5	28.098	25.796	8.924
B-T4-B-SN-6	28.132	25.792	9.073
B-T4-SB-1	27.792	25.558	8.741
B-T4-SB-2	25.908	23.771	8.990
B-T4-SB-3	20.050	18.396	8.991
B-T4-SB-4	24.623	22.613	8.889
B-T4-SB-5	13.725	12.618	8.773
B-T4-SB-6	26.998	24.831	8.727
B-T4-SB-SN-1	17.203	15.845	8.571
B-T4-SB-SN-2	13.587	12.512	8.592
B-T4-SB-SN-3	12.331	11.355	8.595
B-T4-SB-SN-4	17.292	15.906	8.714
B-T4-SB-SN-5	17.981	16.572	8.502
B-T4-SB-SN-6	13.705	12.651	8.331

Fuente propia

En la gráfica 3 se puede observar el comportamiento del contenido de humedad de equilibrio donde se muestra las partes del culmo utilizado.

Gráfica 3. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$

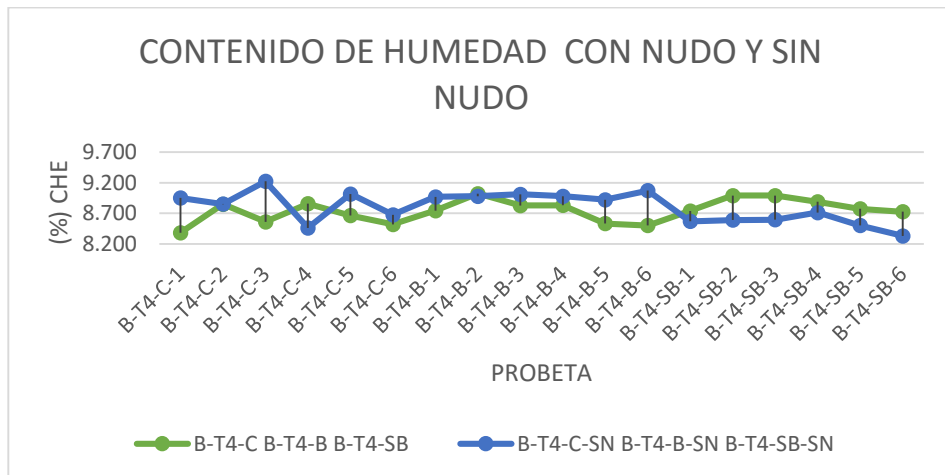


Fuente propia

En la gráfica 3 se pudo observar que de alguna manera hay una afectación cuando se tiene presencia o no de nudo en las tres partes del culmo con una variación de 0,8 de diferencia.

En la gráfica 4 se pudo analizar cómo se comporta los culmos cuando hay o no presencia de nudo.

Gráfica 4. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=40^{\circ}\text{C}$ Y $HR=50\%$

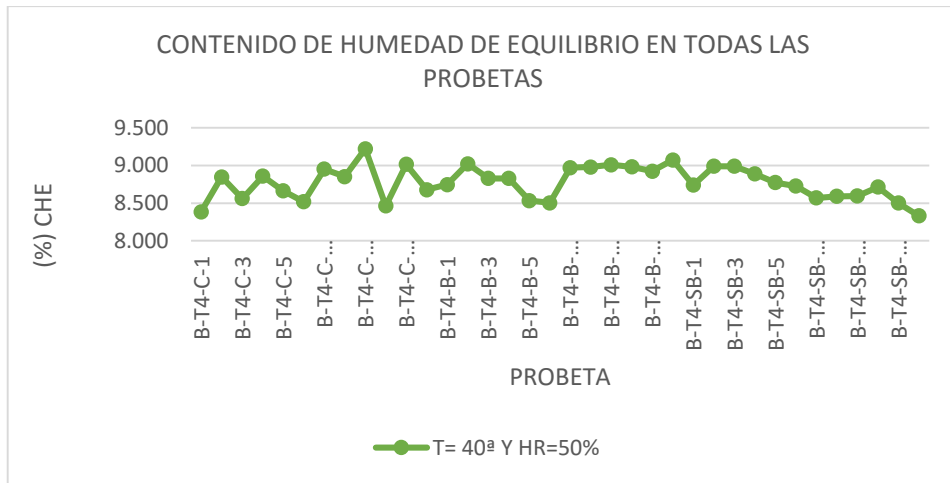


Fuente propia

De la gráfica 4 se observó que es mínima la afectación que puede tener el CHE con o sin presencia de nudo ya que varía en un 0,8 de diferencia.

Tomando la humedad de equilibrio de todas las probetas se obtiene la gráfica 5.

Gráfica 5. CHE para todas las probetas con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\text{R}\%$



Fuente propia

En la gráfica 5 se puede ver que es más estable la parte del culmo de la basa y la sobrebasa, queriendo decir que se estabiliza de una forma más rápida por el espesor que tiene cada muestra.

Gráfica 6. Contenido de humedad de equilibrio de todas las probetas para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$



Fuente propia

En la gráfica 6 se pudo observar de otra forma los datos obtenidos con $T=50^{\circ}\text{C}$ y $HR=50$ mostrando que la media es de 8,7773%, con un valor máximo de 9,222% y un valor mínimo de 8,331 del contenido de humedad.

7.1.2. Segundo ensayo, cálculo de contenido de humedad de equilibrio para temperatura de 40°C con humedad relativa de 35%

Para continuar con los datos del contenido de humedad de equilibrio se hizo el mismo procedimiento que constituye los puntos con condiciones de 40°C de temperatura variando la humedad relativa, el segundo experimento se disminuye la humedad a 35%.

Las probetas utilizadas para este experimento se pueden ver en la tabla 13.

Tabla 13. Marcación del segundo ensayo de probetas

MUESTRA	
A-T4-C-1	A-T4-B-SN-1
A-T4-C-2	A-T4-B-SN-2
A-T4-C-3	A-T4-B-SN-3
A-T4-C-4	A-T4-B-SN-4
A-T4-C-5	A-T4-B-SN-5
A-T4-C-6	A-T4-B-SN-6
A-T4-C-SN-1	A-T4-SB-1
A-T4-C-SN-2	A-T4-SB-2
A-T4-C-SN-3	A-T4-SB-3
A-T4-C-SN-4	A-T4-SB-4
A-T4-C-SN-5	A-T4-SB-5
A-T4-C-SN-6	A-T4-SB-6
A-T4-B-1	A-T4-SB-SN-1
A-T4-B-2	A-T4-SB-SN-2
A-T4-B-3	A-T4-SB-SN-3
A-T4-B-4	A-T4-SB-SN-4
A-T4-B-5	A-T4-SB-SN-5
A-T4-B-6	A-T4-SB-SN-6

Fuente propia

Esta muestra se introdujo en la máquina que simula temperatura y humedad como en el ensayo anterior, luego de haber pasado la primera semana se comenzó a

tomar los pesos diarios, se realizó el pesaje cada día hasta que se notó que el cambio de pesos era mínimo, hasta llegar a una diferencia de pesos de 0.01g.

Igual que en el anterior ensayo se programó la máquina colocando una humedad de 35% y temperatura de 40°C como se puede observar en la imagen 17.

Figura 17. Máquina programada temperatura y humedad para el segundo ensayo



Fuente propia

Se hace de igual manera el pesaje diario con las probetas utilizadas para el segundo ensayo.

Figura 18. Pesaje en el segundo ensayo



Fuente propia

Los pesos de este segundo experimento para la estabilidad de las probetas se ven en la tabla 14.

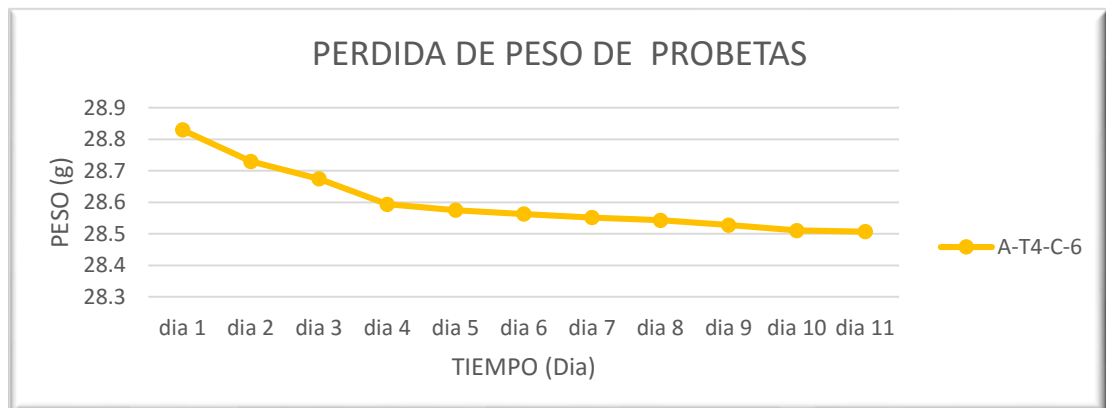
Tabla 14. Peso de probetas diarias

probeta	PESO DE LAS PROBETAS (g)										
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10	dia 11
A-T4-C-6	44.656	44.498	44.413	44.272	44.239	44.21	44.189	44.173	44.143	44.112	44.100
A-T4-C-SN-6	28.83	28.73	28.675	28.594	28.575	28.563	28.552	28.543	28.528	28.511	28.507
A-T4-B-6	32.589	32.477	32.42	32.333	32.312	32.3	32.288	32.28	32.267	32.243	32.237
A-T4-B-SN-6	27.87	27.777	27.731	27.66	27.645	27.634	27.625	27.618	27.603	27.588	27.585
A-T4-SB-6	26.746	26.665	26.627	26.572	26.561	26.55	26.545	26.539	26.532	26.509	26.507
A-T4-SB-SN-6	13.565	13.52	13.501	13.476	13.471	13.467	13.463	13.461	13.455	13.445	13.444

Fuente propia

De la tabla 14 se sacó la siguiente gráfica para mostrar como es el comportamiento de un culmo con temperatura 40°C (T4) y 35% de humedad (A), se hace de la misma forma que el primer ensayo.

Gráfica 7. Progreso de pesos de una muestra del segundo ensayo

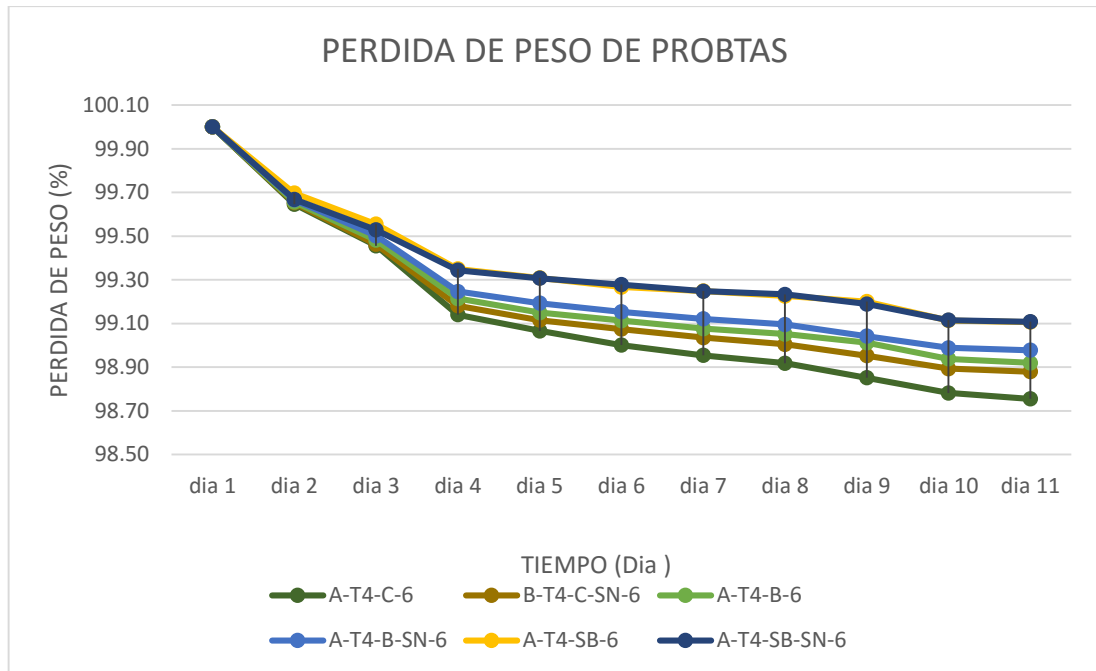


Fuente propia

Se presenta un tipo de muestra en la gráfica 7 que sería la cepa con temperatura de 40°C y humedad relativa de 35%.

Con la gráfica 8 se obtuvo una gráfica para mostrar el comportamiento de todas las probetas mostrando la pérdida de peso en porcentaje.

Gráfica 8. Pérdida de peso en todas las probetas



Fuente propia

Ya teniendo el peso seco de las probetas se hace el mismo cálculo con la ecuación 1 para encontrar el contenido de humedad de equilibrio para cada probeta como se ve en la tabla 15.

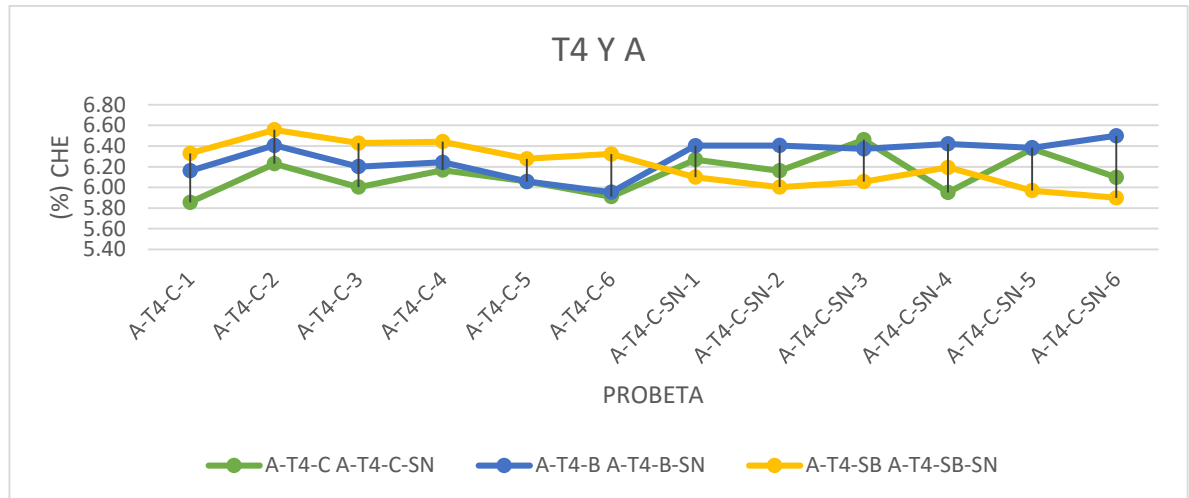
Tabla 15. Humedad de equilibrio segundo ensayo

	peso con CHE (g)	peso seco (g)	CHE(%)
A-T4-C-1	54.19	51.017	5.855
A-T4-C-2	51.714	48.493	6.228
A-T4-C-3	43.228	40.633	6.003
A-T4-C-4	39.872	37.413	6.167
A-T4-C-5	38.704	36.36	6.056
A-T4-C-6	44.100	41.494	5.909
A-T4-C-SN-1	32.298	30.273	6.270
A-T4-C-SN-2	36.473	34.226	6.161
A-T4-C-SN-3	28.089	26.274	6.462
A-T4-C-SN-4	37.968	35.708	5.952
A-T4-C-SN-5	28.678	26.85	6.374
A-T4-C-SN-6	28.507	26.769	6.097
A-T4-B-1	31.439	29.502	6.161
A-T4-B-2	31.219	29.219	6.406
A-T4-B-3	31.092	29.164	6.201
A-T4-B-4	28.772	26.976	6.242
A-T4-B-5	31.898	29.966	6.057
A-T4-B-6	32.237	30.318	5.953
A-T4-B-SN-1	28.155	26.352	6.404
A-T4-B-SN-2	27.152	25.413	6.405
A-T4-B-SN-3	25.046	23.45	6.372
A-T4-B-SN-4	26.974	25.242	6.421
A-T4-B-SN-5	27.555	25.796	6.384
A-T4-B-SN-6	27.585	25.792	6.500
A-T4-SB-1	27.285	25.558	6.329
A-T4-SB-2	25.439	23.771	6.557
A-T4-SB-3	19.660	18.396	6.429
A-T4-SB-4	24.170	22.613	6.442
A-T4-SB-5	13.463	12.618	6.276
A-T4-SB-6	26.507	24.831	6.323
A-T4-SB-SN-1	16.874	15.845	6.098
A-T4-SB-SN-2	13.311	12.512	6.003
A-T4-SB-SN-3	12.087	11.355	6.056
A-T4-SB-SN-4	16.956	15.906	6.192
A-T4-SB-SN-5	17.624	16.572	5.969
A-T4-SB-SN-6	13.444	12.651	5.899

Fuente propia

De igual manera se realizó la gráfica 9 para analizar el contenido de humedad en cada parte del culmo.

Gráfica 9. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$

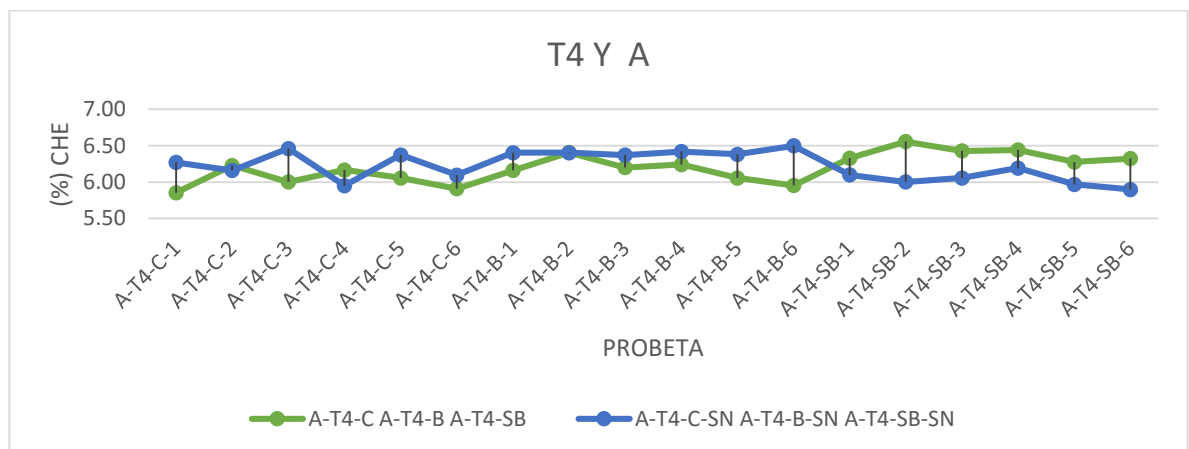


Fuente propia

En la gráfica 9 se pudo observar que la variación que hay de CHE en cada una de las partes del culmo es el mismo con una variación de 0,8.

La gráfica 10 muestra el comportamiento del culmo cuando hay presencia o no de nudo.

Gráfica 10. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=40^{\circ}\text{C}$ Y $HR=35\%$

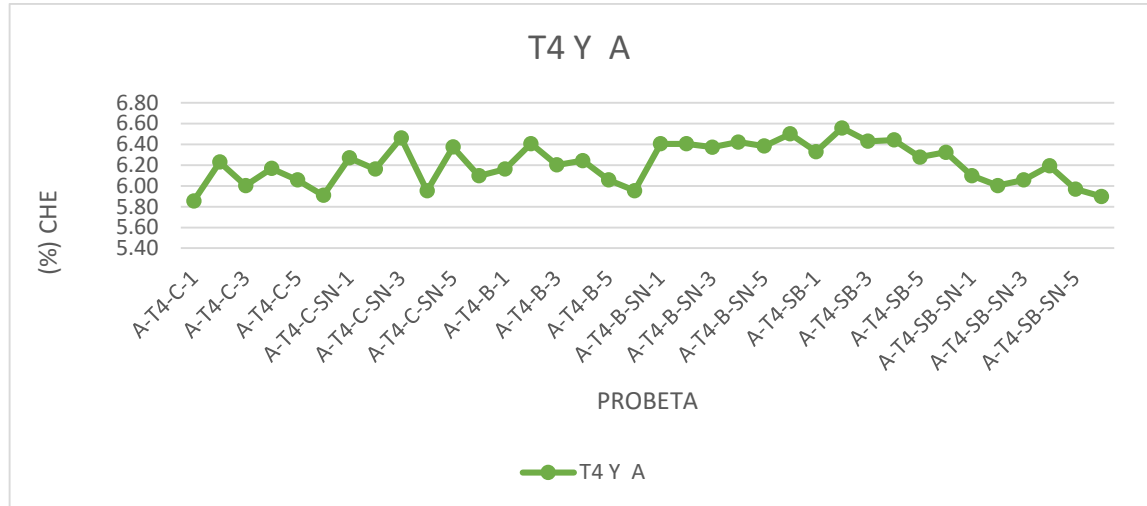


Fuente propia

En la gráfica 10 se vio que es mínima la variación cuando hay o no presencia de nudo que es de aproximadamente de 0,2.

Tomando la humedad de equilibrio de todas las probetas se obtuvo de igual forma que en el ensayo 1 la gráfica 11.

Gráfica 11. CHE para todas las probetas con $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\text{R}\%$



Fuente propia

En la gráfica 11 se puede ver que es más estable la parte del culmo de la basa y la sobreculmo, queriendo decir que se estabiliza de una forma más rápida por el espesor que tiene cada muestra.

Gráfica 12. Contenido de humedad de equilibrio de todas las probetas para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$

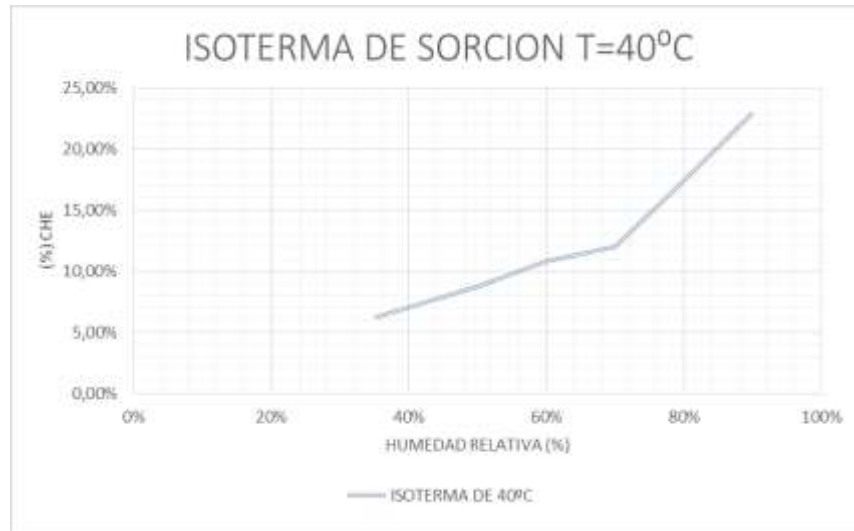


Fuente propia

En la gráfica 12 se puede observar que su media es de 6,22% del contenido de humedad.

En la gráfica 13 se muestra los resultados de los datos tomados de temperatura de 40°C con humedades relativas desde 90% a 35%.

Gráfica 13. Contenido de humedad equilibrio para $T=40^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$ a 35%



Fuente propia

En la gráfica 13 se ve las condiciones de $T=40^{\circ}\text{C}$ con $HR=90\%$ a 35% , donde se vio que a medida que va bajando la HR también iba disminuyendo el CHE mostrando que es directamente proporcional.

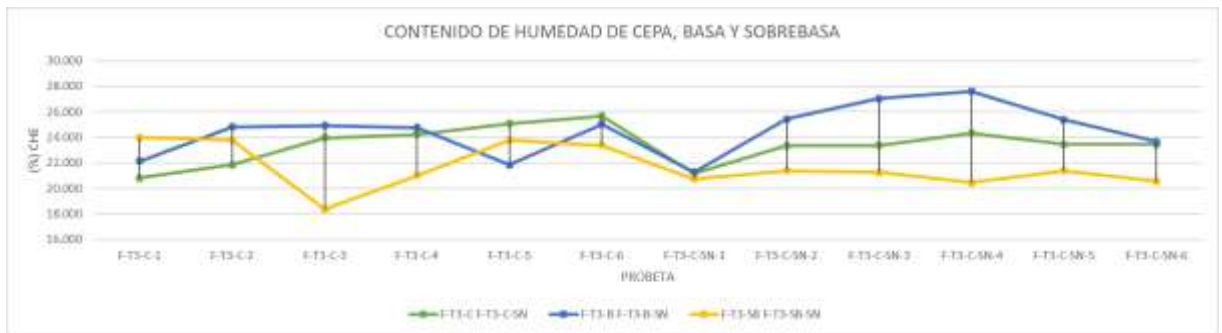
Comparando los datos de contenidos de humedad de equilibrio de Briceño con los que se obtuvieron se pudo observar en la gráfica 13 que los puntos hallados de Briceño tiene grandes varianzas a diferencia de los obtenidos en esta investigación, esto se debe por la forma en como se manipulo la muestra y los equipos a la hora de hacer los ensayos, causando que haya un margen de error más grande en los resultados.

En la gráfica 13 se observa que el contenido de humedad de equilibrio de la humedad relativa de 50% es de 8,773 y el de 35% es de 6,210, mostrando que es directamente proporcional con la humedad relativa ya que a medida que baja este valor el resultado obtenido de igual manera va disminuyendo.

A continuación, se mostrarán las gráficas con contenido de humedad de equilibrio para una temperatura de 30°C y humedades relativas de 90% a 35%.

Humedad relativa de 90%.

Gráfica 14. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$



Fuente propia

Gráfica 15. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=90\%$



Fuente propia

En la gráfica 15 se vio que la mínima variación se encontraba en la cepa sin nudo y sobrecarga sin nudo con una diferencia de 0,4. Dando a entender que si afecta las condiciones temperatura para encontrar el CHE.

Gráfica 16. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$



Fuente propia

Humedad relativa de 80%

Gráfica 17. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\%$



Fuente propia

Gráfica 18. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\%$



Fuente propia

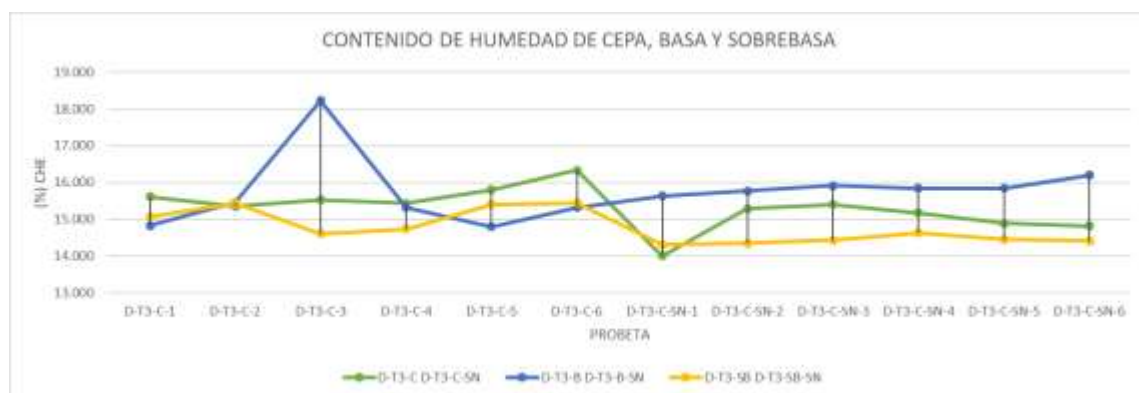
Gráfica 19. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\%$



Fuente propia

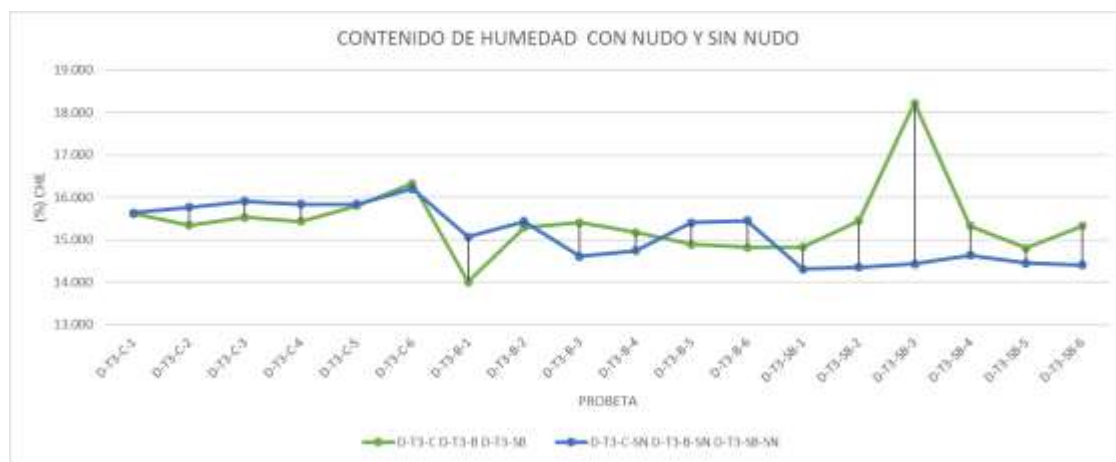
Humedad relativa de 70%

Gráfica 20. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=70\%$



Fuente propia

Gráfica 21. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=70\%$



Fuente propia

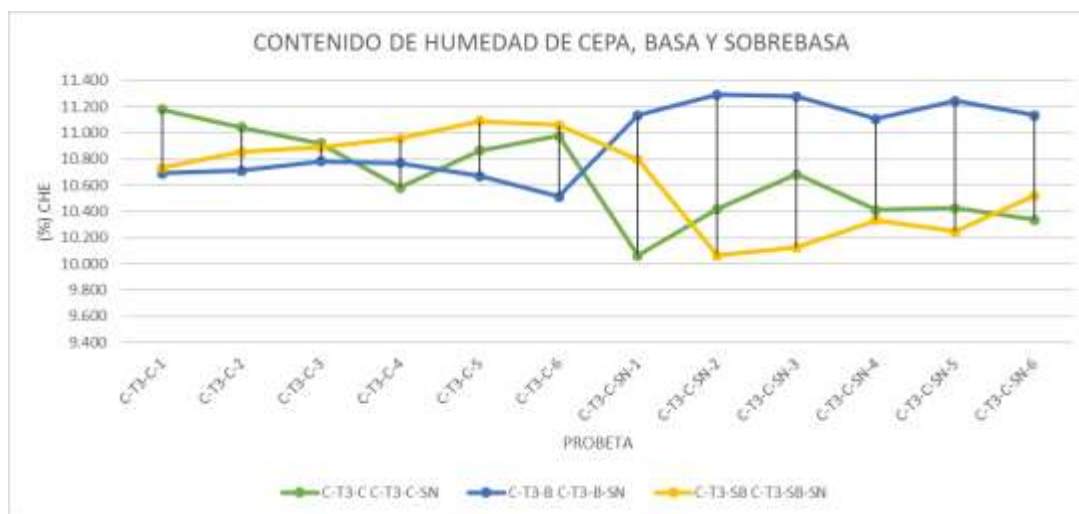
Gráfica 22. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=70\%$



Fuente propia

Humedad relativa de 60%

Gráfica 23. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=60\%$



Fuente propia

En la gráfica 23 se ve que la basa tiene una diferencia más grande que la sobrebasa y cepa cuando tiene presencia o no de nudo.

Gráfica 24. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para T=30°C Y HR=60%



Fuente propia

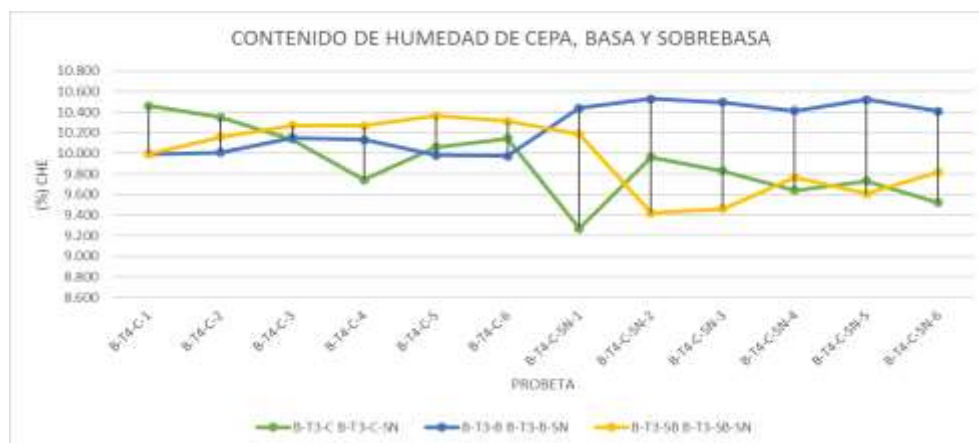
Gráfica 25. CHE para todas las probetas con T=30°C y HR=60R%



Fuente propia

Humedad relativa de 50%

Gráfica 26. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con T=30°C y HR=50%



Fuente propia

Gráfica 27. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=50\%$



Fuente propia

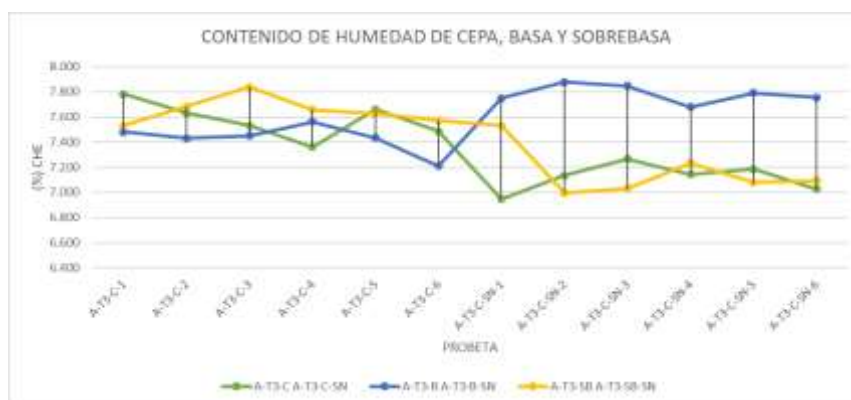
Gráfica 28. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=50\%$



Fuente propia

Humedad relativa de 35%

Gráfica 29. Contenido de humedad de equilibrio cada parte del culmo con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$



Fuente propia

Gráfica 30. (CHE) de los culmos con o sin presencia de nudo para $T=30^{\circ}\text{C}$ Y $HR=35\%$



Fuente propia

Gráfica 31. CHE para todas las probetas con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=35\%$



Fuente propia

En la gráfica 3 se muestran los resultados de los datos tomados de temperatura de 30°C con humedades relativas desde 90% a 35%.

Gráfica 32. Contenido de humedad equilibrio para $T=30^{\circ}\text{C}$ y $HR=90\%$ a 35%



Fuente propia

La gráfica 32 muestra el CHE con $T=30^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR}=90\%$ y 35% donde se ve que es directamente proporcional ya que a medida que va disminuyendo la HR el CHE también va disminuyendo.

En la gráfica 33 se muestran los resultados de los datos tomados de temperatura de 30°C y 40°C con humedades relativas desde 90% a 35% . Donde se forma la curva de isoterma de sorción.

Gráfica 33. Isoterma de sorción





Fuente propia

De la gráfica 33 se puede observar que los isothermas para temperatura de 40°C y 30°C son similares a la tabla que se encuentra en la NSR-10 título G, entendiendo que los valores para maderas como para guadua no se alejan mucho para el CHE. Cuando se evalúa una HR de 90% se tiene mayor variación independiendo de las temperaturas que presente la muestra.

Tabla 16. CHE para condiciones de T=40°C y 30°C

T=40°C		T=30°C	
HR (%)	CHE (%)	HR (%)	CHE (%)
90	22,95	90	23,180
80	17,41	80	18,840
70	11,97	70	15,371
60	10,79	60	10,747
50	8,77	50	10,042
35	6,21	35	7,453

Fuente propia

Tabla 17. Comparación de los resultados de CHE con la NSR-10 y el CHE encontrado en laboratorio

VARIACION (%)	HR (%)	T (%)	CHE (%) NSR-10	CHE (%) INV. DE DÍAZ, PROM.	CHE (%) INV. DE DÍAZ, CURVAS
4,219	50	40	8,400	8,770	9,0
0,161	35	40	6,200	6,210	6,2
13,719	90	30	20,000	23,180	23,00
16,136	80	30	15,800	18,840	19,1
16,726	70	30	12,800	15,371	14,6
2,298	60	30	10,500	10,747	11,2
11,870	50	30	8,850	10,042	9,8
10,103	35	30	6,700	7,453	7,6

Fuente propia

8. ANÁLISIS

De los datos hallados en el laboratorio se pudo analizar que:

- Se descubrió que al no secar las probetas, cada vez que se estabilizaba la muestra sin importar las condiciones que tuviera, se ahorra un poco de tiempo, para obtener de una forma más rápida la estabilización de las probetas con una temperatura de 40°C y 30°C.
- En todas las gráficas de pérdida de pesos de probetas, se puede notar en general que el peso va disminuyendo a medida que pasan los días, demostrando que si se está estabilizando la probeta para obtener el contenido de humedad.
- En las gráficas de porcentaje de pérdida de peso, se puede observar que sin importar la parte del culmo estas van perdiendo peso, de manera similar hasta llegar a un punto donde el peso se vuelve constante.
- Las gráficas que hay para los diferentes partes del culmo seleccionada se puede analizar que no hay mucha variación con el contenido de humedad de equilibrio, dando a entender que la cepa, basa y sobrebasa no se ve afectada por la altura contenga.
- Las gráficas de contenido de humedad de equilibrio, donde se muestra la presencia o no de nudo muestra que no se tiene una variación muy grande, dando a entender que no se afecta el material si contiene o no un nudo.
- Las gráficas donde aparecen todas las partes del culmo evaluadas, muestra que la diferencia que se encuentra entre cada probeta es muy pequeña, deduciendo que los datos que se encontraron son confiables ya que no hay un porcentaje de error muy grande.
- Se pudo notar que a medida que se equilibran las probetas, las primeras en equilibrarse son las sobrebasas y casi siempre las últimas en equilibrarse son las cepas, esto se debe al espesor de capa que contiene cada parte del culmo.

9. CONCLUSIONES

- Se realizó la toma de información⁵ para los datos obtenidos experimentalmente de las diferentes muestras teniendo en cuenta las investigaciones que se han realizado anteriormente sobre este tema, donde los valores utilizados de temperatura ambiente fueron de 40°C, 30°C y 20°C con humedades relativas de 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, y 35%.
- Se analizó los resultados y se obtuvo que dependiendo de las condiciones de temperatura ambiente y humedad relativa varía el cambio de la humedad de equilibrio ya que se puede observar en los resultados que a medida que disminuye la humedad relativa el contenido de humedad de equilibrio de igual forma va disminuyendo.
- Se comparó los resultados obtenidos con la gráfica procedente de la NSR-10 (figura 3) y se obtuvo que la guadua tiene un valor menor del contenido de humedad de equilibrio que la madera en cualquiera de las condiciones en las que se presente el material con el medio ambiente.
- Para una temperatura de 40°C y HR entre 90% y 35%, se encontró que el CHE varía entre 22,95% y 6,20% y para temperatura de 30°C, con HR entre 90% y 35% el CHE varía entre 23% y 7,6%, de acuerdo con la isoterma de sorción encontrada en la figura 33.

10. RECOMENDACIONES

- Se pide seguir con la misma modalidad en que se hace la toma de datos en laboratorio para que no se alteren los resultados que se encuentren de temperatura de 20°C y 10° con humedades relativas de 90% a 35%.
- Se recomienda precisión en los datos o en el tratamiento estadístico de los datos, ya que es importante buscar algún software para tener mejores resultados en los datos encontrados para las isothermas.
- En futuras investigaciones es necesario profundizar acerca de coeficientes de corrección por contenido de humedad de la guadua (*angustifolia kunth*) ya que pueden haber conceptos que puedan aportar más adelante en esta investigación.
- Se recomienda utilizar guantes permeables ya que sin este material se modificaría las probetas al hacer contacto directo con ellas, provocando que las condiciones ambientales no se estabilicen correctamente.
- Se recomienda hacer investigaciones para encontrar las isothermas de sorción para temperaturas de 20 ° C y 10 ° C. y así poder completar de una mejor forma la tabla para hallar CHE que es lo que se quiere realizar.

11. ANEXOS

Para una temperatura de 40°C y 90% de humedad relativa. Realizado por Paula Briceño

	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C
	FECHA INICIO:	
	FECHA TERMINACIÓN :	
	RESPONSABLE:	PAULA BRICEÑO

CONDICIONES DE ENSAYO	T= 40°C Y HR=90%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

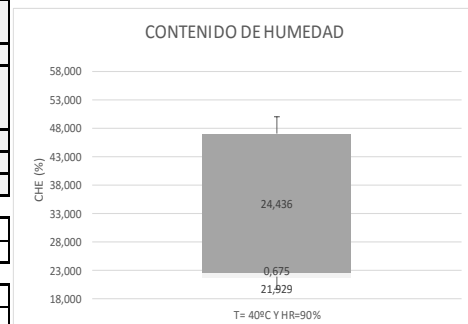
	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
F-T4-C-1	51,856	41,105	26,155
F-T4-C-2	55,331	45,023	22,895
F-T4-C-3	52,672	41,891	25,736
F-T4-C-4	45,684	37,342	22,339
F-T4-C-5	46,01	37,765	21,832
F-T4-C-6	53,298	43,592	22,266
F-T4-C-SN-1	41,548	33,235	25,013
F-T4-C-SN-2	44,972	36,034	24,804
F-T4-C-SN-3	42,327	33,413	26,678
F-T4-C-SN-4	42,718	34,359	24,328
F-T4-C-SN-5	34,069	27,931	21,976
F-T4-C-SN-6	41,026	33,624	22,014
F-T4-B-1	37,258	29,745	25,258
F-T4-B-2	35,875	29,345	22,253
F-T4-B-3	37,077	30,758	20,544
F-T4-B-4	38,441	32,124	19,664
F-T4-B-5	35,067	28,396	23,493
F-T4-B-6	37,317	31,152	19,790
F-T4-B-SN-1	24,932	20,065	24,256
F-T4-B-SN-2	30,104	25,051	20,171
F-T4-B-SN-3	30,478	24,975	22,034
F-T4-B-SN-4	24,23	19,647	23,327
F-T4-B-SN-5	31,707	26,271	20,692
F-T4-B-SN-6	31,083	25,601	21,413
F-T4-SB-1	24,063	19,612	22,695
F-T4-SB-2	22,972	18,613	23,419
F-T4-SB-3	24,166	19,725	22,515
F-T4-SB-4	25,976	21,543	20,577
F-T4-SB-5	21,996	17,589	25,055
F-T4-SB-6	22,705	17,815	27,449
F-T4-SB-SN-1	15,676	12,594	24,472
F-T4-SB-SN-2	18,488	15,046	22,877
F-T4-SB-SN-3	19,325	15,813	22,210
F-T4-SB-SN-4	21,763	18,014	20,812
F-T4-SB-SN-5	19,931	16,342	21,962
F-T4-SB-SN-6	17,81	14,463	23,142
		PROMEDIO	22,948

PROMEDIO	22,948
MEDIANA	22,605
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,966
VARIANZA	3,756
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,086
Xmin	19,664
Xmax	27,449
Rango	7,784

Q1	21,929
Q3	24,436

CAJA 1	21,929
CAJA 2	0,675
CAJA 3	24,436

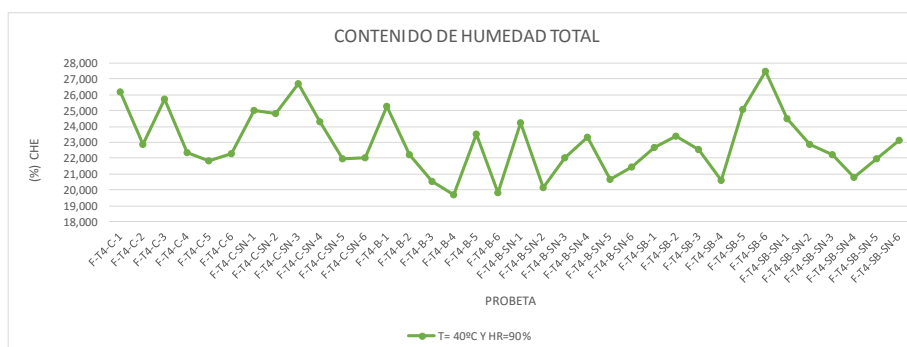
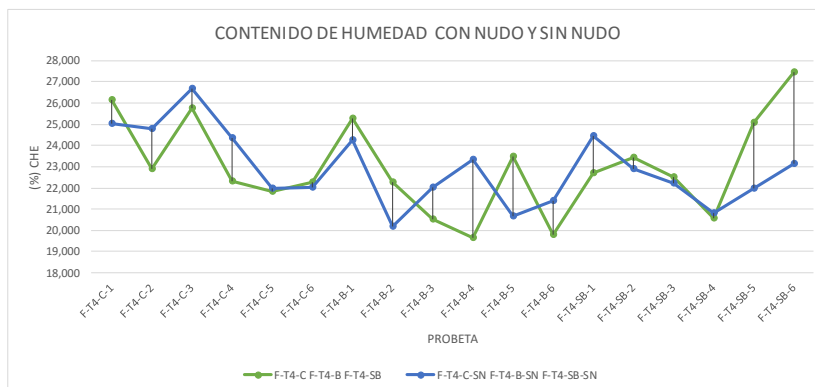
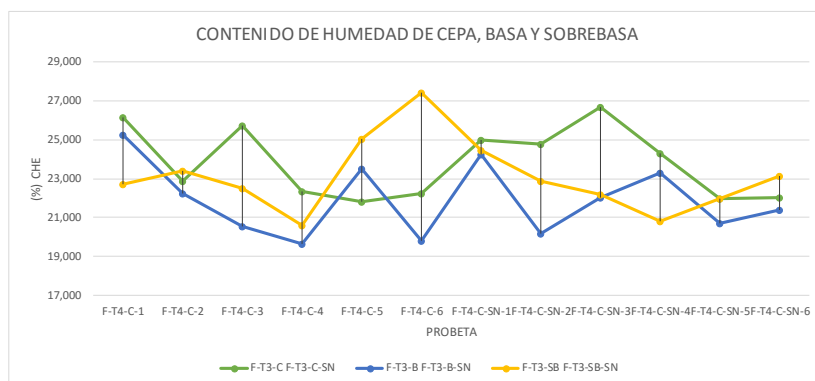
BIGOTE SUPERIOR	3,013
BIGOTE INFERIOR	2,265



F-T3-C
F-T3-C-SN
F-T3-B
F-T3-B-SN
F-T3-SB
F-T3-SB-SN

F-T4-C
F-T4-B
F-T4-SB
F-T4-C-SN
F-T4-B-SN
F-T4-SB-SN

PROBETA	CHE (%)
F-T4-C-1	26,155
F-T4-C-2	22,895
F-T4-C-3	25,736
F-T4-C-4	22,339
F-T4-C-5	21,832
F-T4-C-6	22,266
F-T4-B-1	25,258
F-T4-B-2	22,253
F-T4-B-3	20,544
F-T4-B-4	19,664
F-T4-B-5	23,493
F-T4-B-6	19,790
F-T4-SB-1	22,695
F-T4-SB-2	23,419
F-T4-SB-3	22,515
F-T4-SB-4	20,577
F-T4-SB-5	25,055
F-T4-SB-6	27,449
F-T4-C-SN-1	25,013
F-T4-C-SN-2	24,804
F-T4-C-SN-3	26,678
F-T4-C-SN-4	24,328
F-T4-C-SN-5	21,976
F-T4-C-SN-6	22,014
F-T4-B-SN-1	24,256
F-T4-B-SN-2	20,171
F-T4-B-SN-3	22,034
F-T4-B-SN-4	23,327
F-T4-B-SN-5	20,692
F-T4-B-SN-6	21,413
F-T4-SB-SN-1	24,472
F-T4-SB-SN-2	22,877
F-T4-SB-SN-3	22,210
F-T4-SB-SN-4	20,812
F-T4-SB-SN-5	21,962
F-T4-SB-SN-6	23,142



Para una temperatura de 40°C y 80% de humedad relativa. Realizado por Paula Briceño

	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C
	FECHA INICIO:	
	FECHA TERMINACIÓN :	
	RESPONSABLE:	PAULA BRICEÑO

CONDICIONES DE ENSAYO:	T= 40°C Y HR=80%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

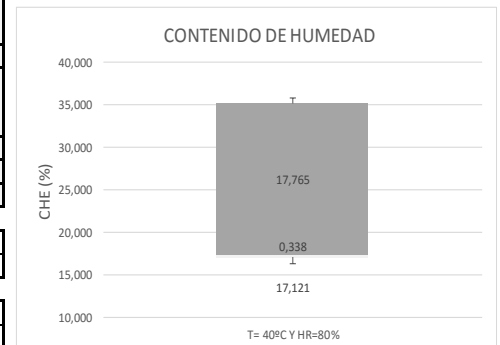
	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
E-T4-C-1	37,152	31,432	18,198
E-T4-C-2	38,661	32,764	17,998
E-T4-C-3	40,878	34,764	17,587
E-T4-C-4	48,322	41,186	17,326
E-T4-C-5	41,745	35,574	17,347
E-T4-C-6	45,322	38,481	17,778
E-T4-C-SN-1	32,941	27,912	18,017
E-T4-C-SN-2	36,953	31,448	17,505
E-T4-C-SN-3	47,745	40,763	17,128
E-T4-C-SN-4	49,985	42,624	17,270
E-T4-C-SN-5	42,954	36,655	17,185
E-T4-C-SN-6	40,321	34,062	18,375
E-T4-B-1	35,631	30,312	17,548
E-T4-B-2	38,285	32,601	17,435
E-T4-B-3	31,704	26,864	18,017
E-T4-B-4	34,788	29,506	17,901
E-T4-B-5	34,334	29,104	17,970
E-T4-B-6	31,007	26,352	17,665
E-T4-B-SN-1	26,181	22,256	17,636
E-T4-B-SN-2	26,597	22,702	17,157
E-T4-B-SN-3	33,112	28,234	17,277
E-T4-B-SN-4	25,616	21,804	17,483
E-T4-B-SN-5	28,513	24,321	17,236
E-T4-B-SN-6	27,653	23,615	17,099
E-T4-SB-1	17,551	14,908	17,729
E-T4-SB-2	28,533	24,531	16,314
E-T4-SB-3	26,123	22,376	16,746
E-T4-SB-4	19,957	16,974	17,574
E-T4-SB-5	17,695	15,032	17,716
E-T4-SB-6	21,99	18,867	16,553
E-T4-SB-SN-1	17,803	15,224	16,940
E-T4-SB-SN-2	19,038	16,142	17,941
E-T4-SB-SN-3	17,671	15,197	16,280
E-T4-SB-SN-4	17,309	14,801	16,945
E-T4-SB-SN-5	16,925	14,465	17,007
E-T4-SB-SN-6	17,457	14,932	16,910
PROMEDIO			17,411

PROMEDIO	17,411
MEDIANA	17,459
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,504
VARIANZA	0,247
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,029
Xmin	16,280
Xmax	18,375
Rango	2,096

Q1	17,121
Q3	17,765

CAJA 1	17,121
CAJA 2	0,338
CAJA 3	17,765

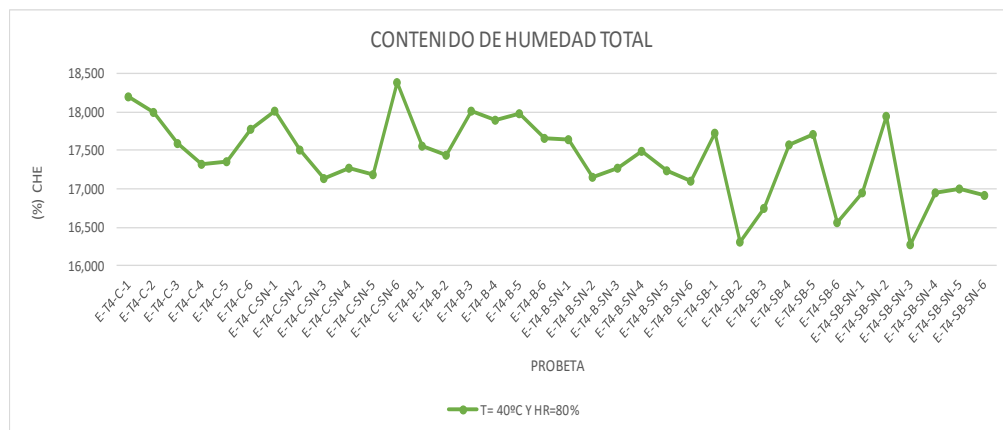
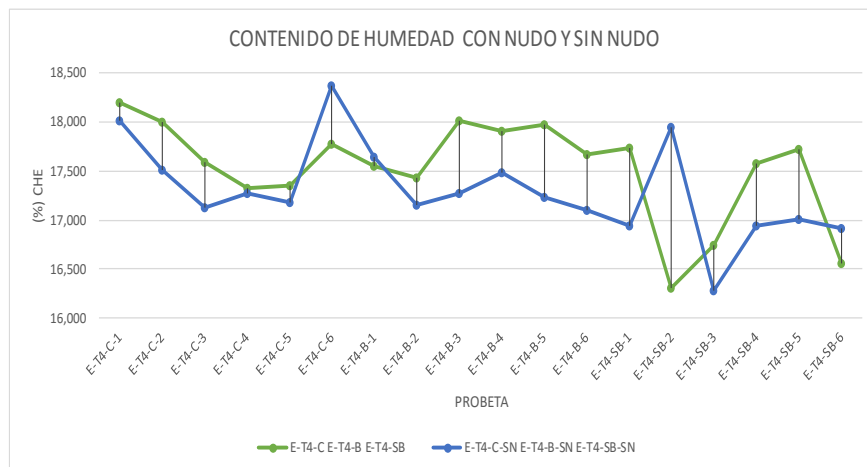
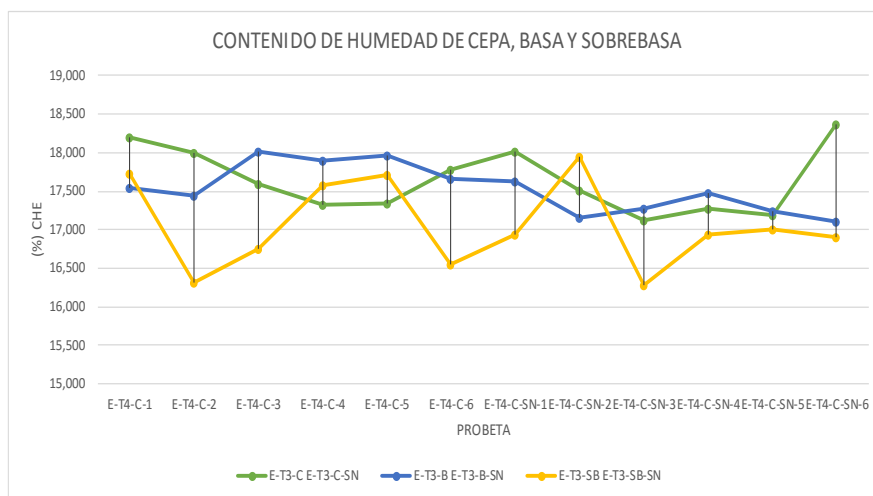
BIGOTE SUPERIOR	0,610
BIGOTE INFERIOR	0,842



E-T3-C
E-T3-C-SN
E-T3-B
E-T3-B-SN
E-T3-SB
E-T3-SB-SN

E-T4-C
E-T4-B
E-T4-SB
E-T4-C-SN
E-T4-B-SN
E-T4-SB-SN

PROBETA	CHE (%)
E-T4-C-1	18,198
E-T4-C-2	17,998
E-T4-C-3	17,587
E-T4-C-4	17,326
E-T4-C-5	17,347
E-T4-C-6	17,778
E-T4-B-1	17,548
E-T4-B-2	17,435
E-T4-B-3	18,017
E-T4-B-4	17,901
E-T4-B-5	17,970
E-T4-B-6	17,665
E-T4-SB-1	17,729
E-T4-SB-2	16,314
E-T4-SB-3	16,746
E-T4-SB-4	17,574
E-T4-SB-5	17,716
E-T4-SB-6	16,553
E-T4-C-SN-1	18,017
E-T4-C-SN-2	17,505
E-T4-C-SN-3	17,128
E-T4-C-SN-4	17,270
E-T4-C-SN-5	17,185
E-T4-C-SN-6	18,375
E-T4-B-SN-1	17,636
E-T4-B-SN-2	17,157
E-T4-B-SN-3	17,277
E-T4-B-SN-4	17,483
E-T4-B-SN-5	17,236
E-T4-B-SN-6	17,099
E-T4-SB-SN-1	16,940
E-T4-SB-SN-2	17,941
E-T4-SB-SN-3	16,280
E-T4-SB-SN-4	16,945
E-T4-SB-SN-5	17,007
E-T4-SB-SN-6	16,910



Para una temperatura de 40°C y 70% de humedad relativa. Realizado por Paula Briceño

	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C
	FECHA INICIO:	
	FECHA TERMINACIÓN :	
	RESPONSABLE:	PAULA BRICEÑO

CONDICIONES DE ENSAYO:	T= 40°C Y HR=70%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

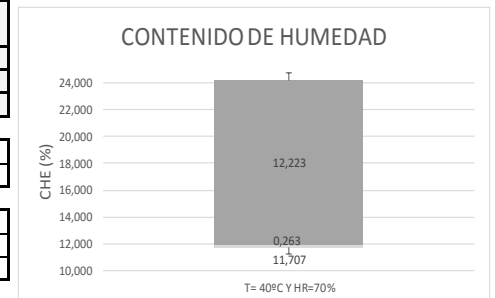
	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
D-T4-C-1	42,467	37,713	12,606
D-T4-C-2	44,987	40,444	11,233
D-T4-C-3	40,436	36,213	11,662
D-T4-C-4	37,888	33,948	11,606
D-T4-C-5	36,491	32,352	12,794
D-T4-C-6	37,862	33,787	12,061
D-T4-C-SN-1	37,322	33,343	11,934
D-T4-C-SN-2	36,589	32,741	11,753
D-T4-C-SN-3	47,579	42,697	11,434
D-T4-C-SN-4	47,373	42,276	12,056
D-T4-C-SN-5	27,212	24,209	12,404
D-T4-C-SN-6	36,388	32,419	12,243
D-T4-B-1	21,236	18,861	12,592
D-T4-B-2	32,89	29,305	12,233
D-T4-B-3	33,138	29,647	11,775
D-T4-B-4	21,09	18,804	12,157
D-T4-B-5	30,957	27,699	11,762
D-T4-B-6	23,193	20,672	12,195
D-T4-B-SN-1	30,284	27,127	11,638
D-T4-B-SN-2	28,48	25,419	12,042
D-T4-B-SN-3	24,942	22,389	11,403
D-T4-B-SN-4	27,516	24,632	11,708
D-T4-B-SN-5	25,569	22,834	11,978
D-T4-B-SN-6	28,17	25,167	11,932
D-T4-SB-1	23,391	20,896	11,940
D-T4-SB-2	26,371	23,624	11,628
D-T4-SB-3	23,257	20,784	11,899
D-T4-SB-4	19,901	17,758	12,068
D-T4-SB-5	20,637	18,428	11,987
D-T4-SB-6	25,266	22,619	11,703
D-T4-SB-SN-1	16,632	14,855	11,962
D-T4-SB-SN-2	17,26	15,403	12,056
D-T4-SB-SN-3	16,437	14,636	12,305
D-T4-SB-SN-4	20,469	18,238	12,233
D-T4-SB-SN-5	18,362	16,331	12,436
D-T4-SB-SN-6	23,703	21,27	11,439
PROMEDIO			11,968

PROMEDIO	11,968
MEDIANA	11,970
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,358
VARIANZA	0,125
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,030
Xmin	11,233
Xmax	12,794
Rango	1,561

Q1	11,707
Q3	12,223

CAJA 1	11,707
CAJA 2	0,263
CAJA 3	12,223

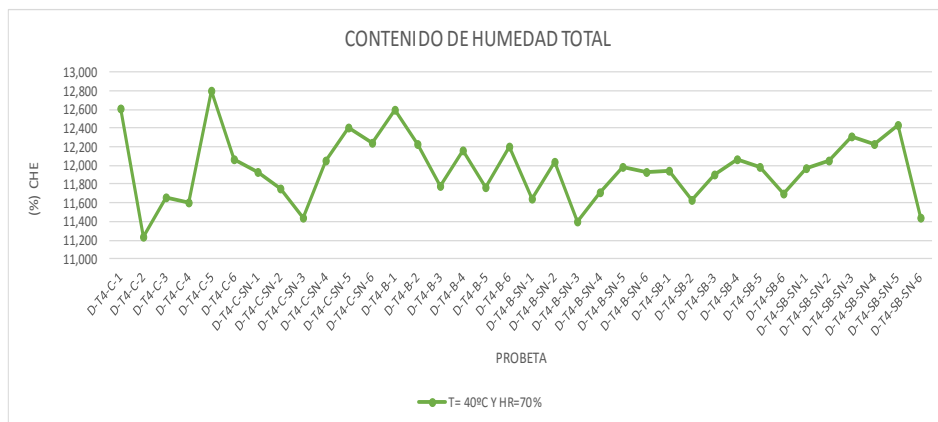
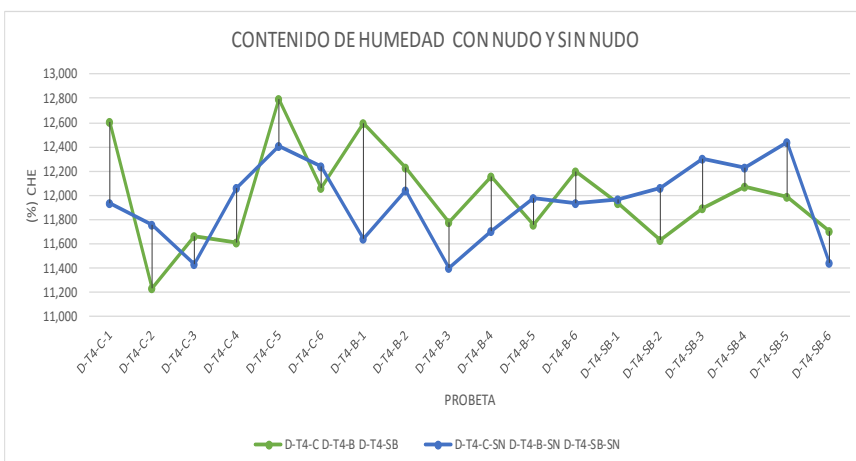
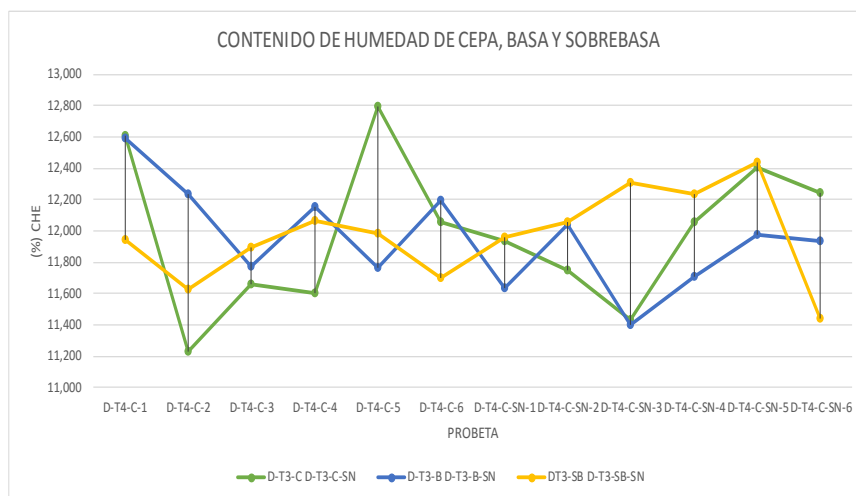
BIGOTE SUPERIOR	0,570
BIGOTE INFERIOR	0,474



D-T3-C
D-T3-C-SN
D-T3-B
D-T3-B-SN
DT3-SB
D-T3-SB-SN

D-T4-C
D-T4-B
D-T4-SB
D-T4-C-SN
D-T4-B-SN
D-T4-SB-SN

PROBETA	CHE (%)
D-T4-C-1	12,606
D-T4-C-2	11,233
D-T4-C-3	11,662
D-T4-C-4	11,606
D-T4-C-5	12,794
D-T4-C-6	12,061
D-T4-B-1	12,592
D-T4-B-2	12,233
D-T4-B-3	11,775
D-T4-B-4	12,157
D-T4-B-5	11,762
D-T4-B-6	12,195
D-T4-SB-1	11,940
D-T4-SB-2	11,628
D-T4-SB-3	11,899
D-T4-SB-4	12,068
D-T4-SB-5	11,987
D-T4-SB-6	11,703
D-T4-C-SN-1	11,934
D-T4-C-SN-2	11,753
D-T4-C-SN-3	11,434
D-T4-C-SN-4	12,056
D-T4-C-SN-5	12,404
D-T4-C-SN-6	12,243
D-T4-B-SN-1	11,638
D-T4-B-SN-2	12,042
D-T4-B-SN-3	11,403
D-T4-B-SN-4	11,708
D-T4-B-SN-5	11,978
D-T4-B-SN-6	11,932
D-T4-SB-SN-1	11,962
D-T4-SB-SN-2	12,056
D-T4-SB-SN-3	12,305
D-T4-SB-SN-4	12,233
D-T4-SB-SN-5	12,436
D-T4-SB-SN-6	11,439



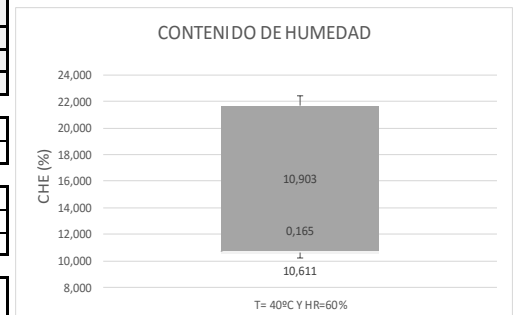
Para una temperatura de 40°C y 60% de humedad relativa. Realizado por Paula Briceño

	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C
	FECHA INICIO:	
	FECHA TERMINACIÓN :	
	RESPONSABLE:	PAULA BRICEÑO

CONDICIONES DE ENSAYO:	T= 40°C Y HR=60%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
C-T4-C-1	42,02	37,713	11,420
C-T4-C-2	44,561	40,444	10,180
C-T4-C-3	40,077	36,213	10,670
C-T4-C-4	37,508	33,948	10,487
C-T4-C-5	36,117	32,352	11,638
C-T4-C-6	37,449	33,787	10,838
C-T4-C-SN-1	36,919	33,343	10,725
C-T4-C-SN-2	36,149	32,741	10,409
C-T4-C-SN-3	47,065	42,697	10,230
C-T4-C-SN-4	46,833	42,276	10,779
C-T4-C-SN-5	26,85	24,209	10,909
C-T4-C-SN-6	35,947	32,419	10,883
C-T4-B-1	20,975	18,861	11,208
C-T4-B-2	32,549	29,305	11,070
C-T4-B-3	32,793	29,647	10,612
C-T4-B-4	20,826	18,804	10,753
C-T4-B-5	30,641	27,699	10,621
C-T4-B-6	22,922	20,672	10,884
C-T4-B-SN-1	29,952	27,127	10,414
C-T4-B-SN-2	28,157	25,419	10,771
C-T4-B-SN-3	24,691	22,389	10,282
C-T4-B-SN-4	27,205	24,632	10,446
C-T4-B-SN-5	25,279	22,834	10,708
C-T4-B-SN-6	27,87	25,167	10,740
C-T4-SB-1	23,16	20,896	10,835
C-T4-SB-2	26,13	23,624	10,608
C-T4-SB-3	23,035	20,784	10,830
C-T4-SB-4	19,684	17,758	10,846
C-T4-SB-5	20,434	18,428	10,886
C-T4-SB-6	25,05	22,619	10,748
C-T4-SB-SN-1	16,461	14,855	10,811
C-T4-SB-SN-2	17,087	15,403	10,933
C-T4-SB-SN-3	16,271	14,636	11,171
C-T4-SB-SN-4	20,295	18,238	11,279
C-T4-SB-SN-5	18,184	16,331	11,347
C-T4-SB-SN-6	23,479	21,27	10,386
PROMEDIO			10,788

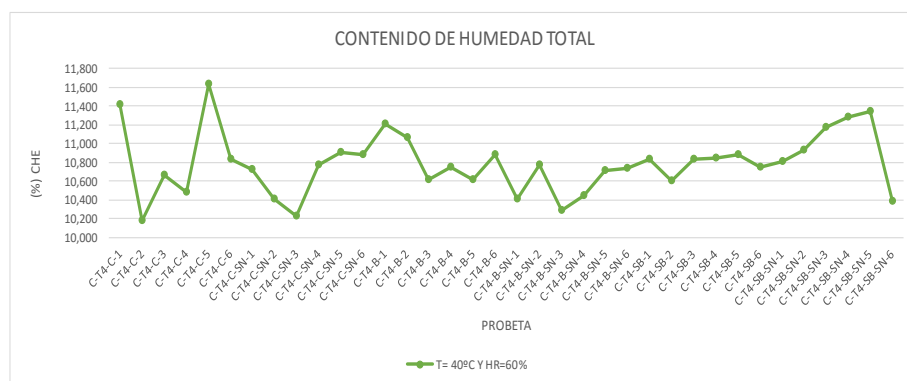
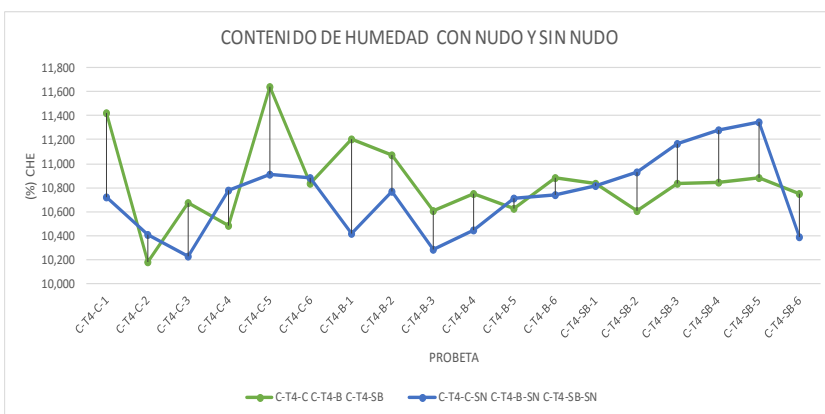
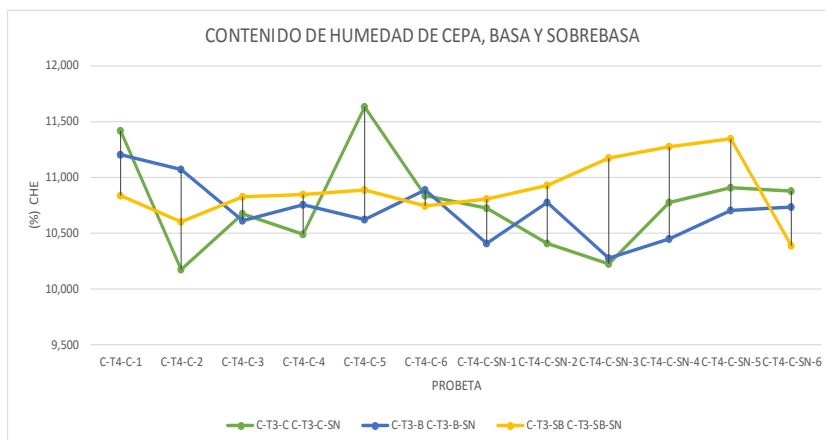
PROMEDIO	10,788
MEDIANA	10,775
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,332
VARIANZA	0,107
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,031
Xmin	10,180
Xmax	11,638
Rango	1,458
Q1	10,611
Q3	10,903
CAJA 1	10,611
CAJA 2	0,165
CAJA 3	10,903
BIGOTE SUPERIOR	0,734
BIGOTE INFERIOR	0,431



C-T3-C
C-T3-C-SN
C-T3-B
C-T3-B-SN
C-T3-SB
C-T3-SB-SN

C-T4-C
C-T4-B
C-T4-SB
C-T4-C-SN
C-T4-B-SN
C-T4-SB-SN

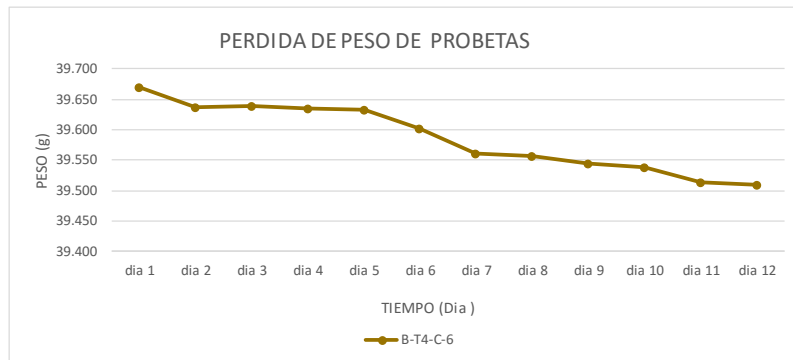
PROBETA	CHE (%)
C-T4-C-1	11,420
C-T4-C-2	10,180
C-T4-C-3	10,670
C-T4-C-4	10,487
C-T4-C-5	11,638
C-T4-C-6	10,838
C-T4-B-1	11,208
C-T4-B-2	11,070
C-T4-B-3	10,612
C-T4-B-4	10,753
C-T4-B-5	10,621
C-T4-B-6	10,884
C-T4-SB-1	10,835
C-T4-SB-2	10,608
C-T4-SB-3	10,830
C-T4-SB-4	10,846
C-T4-SB-5	10,886
C-T4-SB-6	10,748
C-T4-C-SN-1	10,725
C-T4-C-SN-2	10,409
C-T4-C-SN-3	10,230
C-T4-C-SN-4	10,779
C-T4-C-SN-5	10,909
C-T4-C-SN-6	10,883
C-T4-B-SN-1	10,414
C-T4-B-SN-2	10,771
C-T4-B-SN-3	10,282
C-T4-B-SN-4	10,446
C-T4-B-SN-5	10,708
C-T4-B-SN-6	10,740
C-T4-SB-SN-1	10,811
C-T4-SB-SN-2	10,933
C-T4-SB-SN-3	11,171
C-T4-SB-SN-4	11,279
C-T4-SB-SN-5	11,347
C-T4-SB-SN-6	10,386



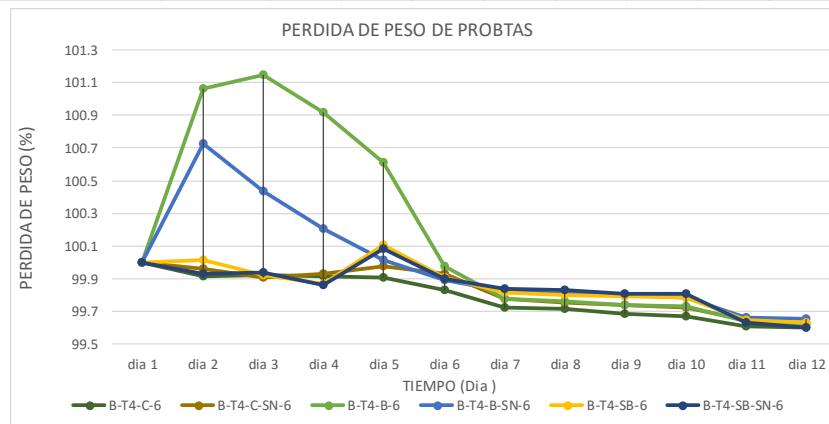
Para una temperatura de 40°C y 50% de humedad relativa.

 UNIVERSIDAD La Gran Colombia Instituto de la Educación Superior de Bogotá, S.A.S.	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL	<table><tr><td>CONDICIONES DE</td><td>T= 40° Y HR=50%</td></tr><tr><td>EQUIPO UTILIZADO:</td><td>EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE</td></tr><tr><td>REVISOR:</td><td>MATEO GUTIERREZ</td></tr></table>	CONDICIONES DE	T= 40° Y HR=50%	EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE	REVISOR:	MATEO GUTIERREZ
	CONDICIONES DE	T= 40° Y HR=50%							
	EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE							
	REVISOR:	MATEO GUTIERREZ							
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE							
FECHA INICIO :	10/08/2015								
FECHA TERMINACIÓN :	28/08/2015								
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE								

PESO DE LAS PROBETAS (g)												
probeta	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10	dia 11	dia 12
B-T4-C-6	39.669	39.636	39.638	39.635	39.632	39.601	39.560	39.557	39.545	39.538	39.514	39.510
B-T4-C-SN-6	29.201	29.190	29.173	29.181	29.194	29.180	29.135	29.129	29.126	29.120	29.097	29.092
B-T4-B-6	33.023	33.375	33.401	33.327	33.224	33.016	32.949	32.944	32.938	32.935	32.904	32.896
B-T4-B-SN-6	28.229	28.435	28.351	28.288	28.233	28.198	28.179	28.175	28.172	28.168	28.134	28.132
B-T4-SB-6	27.098	27.103	27.078	27.062	27.127	27.072	27.049	27.045	27.042	27.039	27.002	26.998
B-T4-SB-SN-6	13.760	13.750	13.752	13.741	13.772	13.746	13.738	13.737	13.734	13.734	13.709	13.705

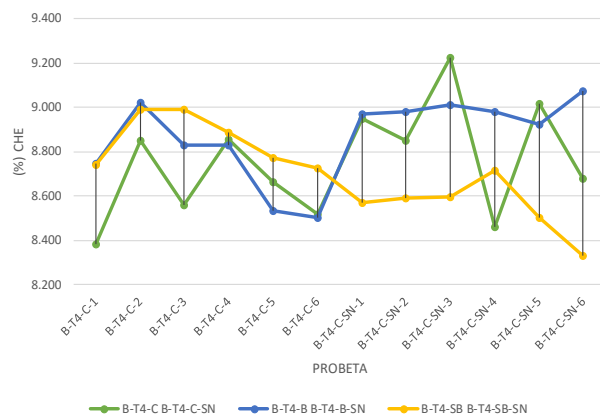


PERDIDA PORCENTUAL DE PESO												
probeta	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10	dia 11	dia 12
B-T4-C	100	99.917	99.922	99.914	99.907	99.829	99.725	99.718	99.687	99.670	99.609	99.599
B-T4-B	100	99.962	99.904	99.932	99.976	99.928	99.774	99.753	99.743	99.723	99.644	99.627
B-T4-SB	100	101.066	101.145	100.921	100.609	99.979	99.776	99.761	99.743	99.734	99.640	99.615
B-T4-C-SN	100	100.730	100.432	100.209	100.014	99.890	99.823	99.809	99.798	99.784	99.663	99.656
B-T4-B-SN	100	100.018	99.926	99.867	100.107	99.904	99.819	99.804	99.793	99.782	99.646	99.631
B-T4-SB-SN	100	99.927	99.942	99.862	100.087	99.898	99.840	99.833	99.811	99.811	99.629	99.600

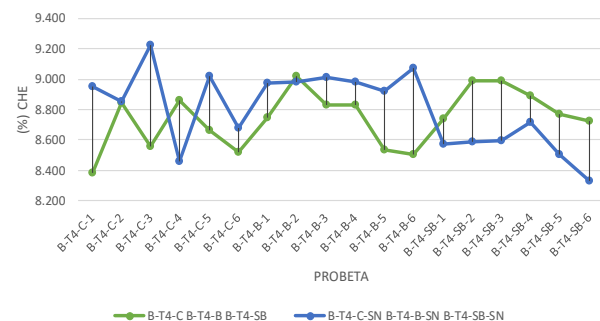


	dia 11	dia 12	SO CON CHE	SO SECO	CHE (%)
B-T4-C-1	55.304	55.295	55.295	51.017	8.385
B-T4-C-2	52.792	52.784	52.784	48.493	8.849
B-T4-C-3	44.118	44.112	44.112	40.633	8.562
B-T4-C-4	40.731	40.727	40.727	37.413	8.858
B-T4-C-5	39.514	39.510	39.510	36.36	8.663
B-T4-C-6	45.035	45.029	45.029	41.494	8.519
B-T4-C-SN-1	32.989	32.983	32.983	30.273	8.952
B-T4-C-SN-2	37.266	37.256	37.256	34.226	8.853
B-T4-C-SN-3	28.703	28.697	28.697	26.274	9.222
B-T4-C-SN-4	38.742	38.73	38.73	35.708	8.463
B-T4-C-SN-5	29.275	29.271	29.271	26.85	9.017
B-T4-C-SN-6	29.097	29.092	29.092	26.769	8.678
B-T4-B-1	32.087	32.082	32.082	29.502	8.745
B-T4-B-2	31.86	31.855	31.855	29.219	9.022
B-T4-B-3	31.747	31.739	31.739	29.164	8.829
B-T4-B-4	29.364	29.358	29.358	26.976	8.830
B-T4-B-5	32.531	32.523	32.523	29.966	8.533
B-T4-B-6	32.904	32.896	32.896	30.318	8.503
B-T4-B-SN-1	28.723	28.716	28.716	26.352	8.971
B-T4-B-SN-2	29.704	27.695	27.695	25.413	8.980
B-T4-B-SN-3	25.586	25.563	25.563	23.45	9.011
B-T4-B-SN-4	27.511	27.509	27.509	25.242	8.981
B-T4-B-SN-5	28.103	28.098	28.098	25.796	8.924
B-T4-B-SN-6	28.134	28.132	28.132	25.792	9.073
B-T4-SB-1	27.795	27.792	27.792	25.558	8.741
B-T4-SB-2	25.914	25.908	25.908	23.771	8.990
B-T4-SB-3	20.055	20.050	20.050	18.396	8.991
B-T4-SB-4	24.628	24.623	24.623	22.613	8.889
B-T4-SB-5	13.73	13.725	13.725	12.618	8.773
B-T4-SB-6	27.002	26.998	26.998	24.831	8.727
B-T4-SB-SN-1	17.204	17.203	17.203	15.845	8.571
B-T4-SB-SN-2	13.587	13.587	13.587	12.512	8.592
B-T4-SB-SN-3	12.332	12.331	12.331	11.355	8.595
B-T4-SB-SN-4	17.294	17.292	17.292	15.906	8.714
B-T4-SB-SN-5	17.966	17.981	17.981	16.572	8.502
B-T4-SB-SN-6	13.709	13.705	13.705	12.651	8.331

CONTENIDO DE HUMEDAD DE CEPA, BASA Y SOBREBASA



CONTENIDO DE HUMEDAD CON NUDO Y SIN NUDO



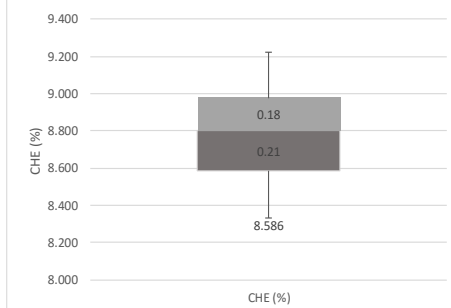
B-T4-C
B-T4-C-SN
B-T4-B
B-T4-B-SN
B-T4-SB
B-T4-SB-SN

PROMEDIO	8.773
MEDIANA	8.801
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.218
VARIANZA	0.048
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.025
Xmin	8.331
Xmax	9.222
Rango	0.891
Q1	8.586
Q3	8.977

CAJA 1	8.586
CAJA 2	0.21
CAJA 3	0.18

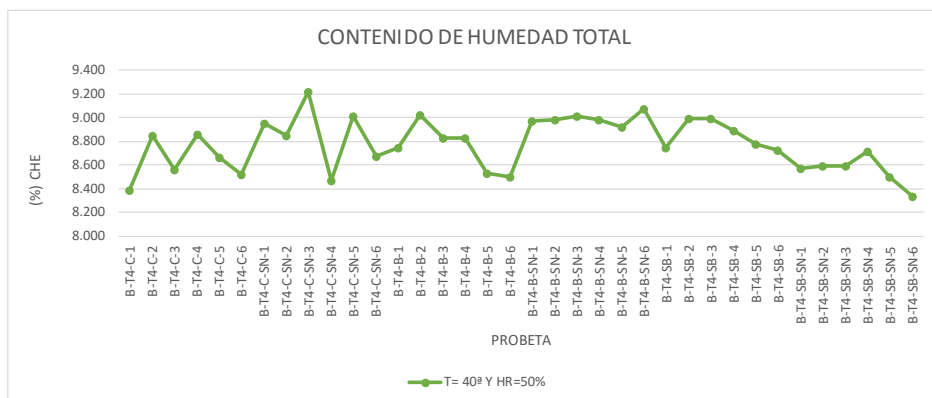
BIGOTE SUPERIOR	0.245
BIGOTE INFERIOR	0.255

CONTENIDO DE HUMEDAD



#

PROBETA	CHE (%)
B-T4-C-1	8.385
B-T4-C-2	8.849
B-T4-C-3	8.562
B-T4-C-4	8.858
B-T4-C-5	8.663
B-T4-C-6	8.519
B-T4-B-1	8.745
B-T4-B-2	9.022
B-T4-B-3	8.829
B-T4-B-4	8.830
B-T4-B-5	8.533
B-T4-B-6	8.503
B-T4-SB-1	8.741
B-T4-SB-2	8.990
B-T4-SB-3	8.991
B-T4-SB-4	8.889
B-T4-SB-5	8.773
B-T4-SB-6	8.727
B-T4-C-SN-1	8.952
B-T4-C-SN-2	8.853
B-T4-C-SN-3	9.222
B-T4-C-SN-4	8.463
B-T4-C-SN-5	9.017
B-T4-C-SN-6	8.678
B-T4-B-SN-1	8.971
B-T4-B-SN-2	8.980
B-T4-B-SN-3	9.011
B-T4-B-SN-4	8.981
B-T4-B-SN-5	8.924
B-T4-B-SN-6	9.073
B-T4-SB-SN-1	8.571
B-T4-SB-SN-2	8.592
B-T4-SB-SN-3	8.595
B-T4-SB-SN-4	8.714
B-T4-SB-SN-5	8.502
B-T4-SB-SN-6	8.331



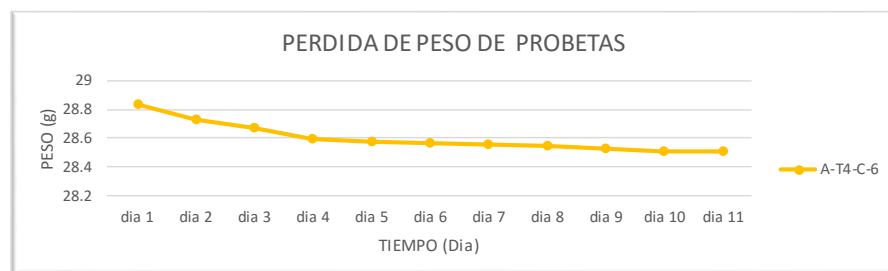
Temperatura de 40°C y HR=35%



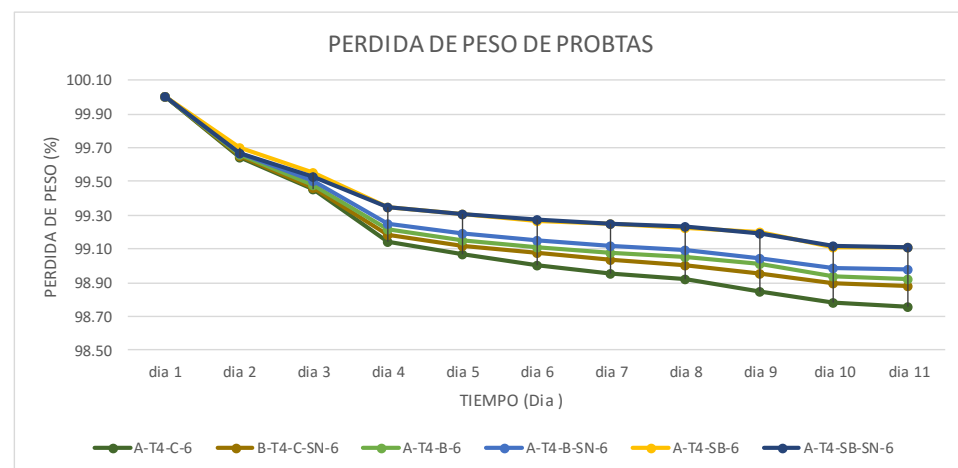
FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE
FECHA INICIO:	31/08/2015
FECHA TERMINACIÓN:	18/09/2015
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ

CONDICIONES	T= 40° Y HR=35%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ

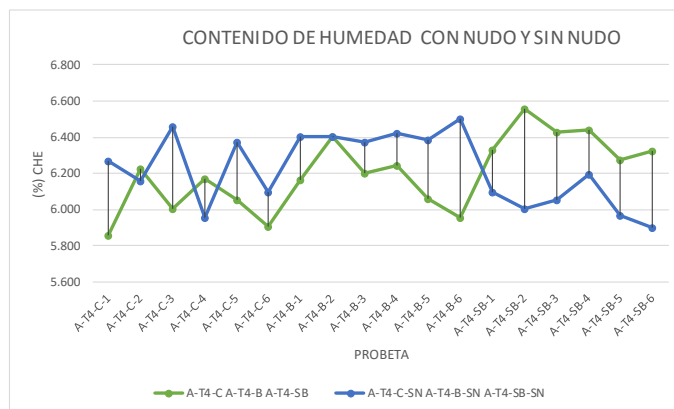
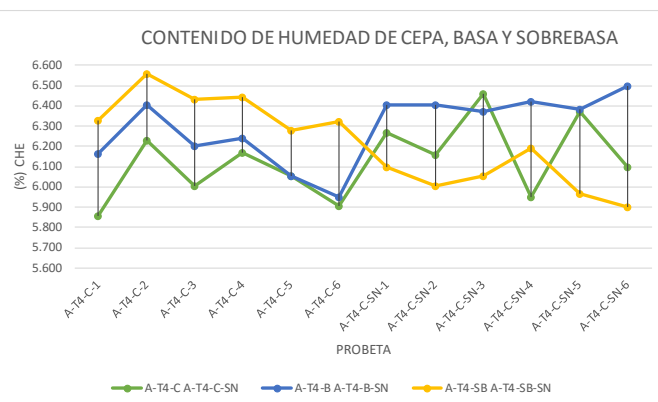
PESO DE LAS PROBETAS (g)											
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11
A-T4-C-6	44.656	44.498	44.413	44.272	44.239	44.21	44.189	44.173	44.143	44.112	44.100
A-T4-C-SN-6	28.83	28.73	28.675	28.594	28.575	28.563	28.552	28.543	28.528	28.511	28.507
A-T4-B-6	32.589	32.477	32.42	32.333	32.312	32.3	32.288	32.28	32.267	32.243	32.237
A-T4-B-SN-6	27.87	27.777	27.731	27.66	27.645	27.634	27.625	27.618	27.603	27.588	27.585
A-T4-SB-6	26.746	26.665	26.627	26.572	26.561	26.55	26.545	26.539	26.532	26.509	26.507
A-T4-SB-SN-6	13.565	13.52	13.501	13.476	13.471	13.467	13.463	13.461	13.455	13.445	13.444



PERDIDA PORCENTUAL DE PESO											
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11
A-T4-C-6	100.00	99.65	99.46	99.14	99.07	99.00	98.95	98.92	98.85	98.78	98.75
A-T4-C-SN-6	100.00	99.65	99.46	99.18	99.12	99.07	99.04	99.00	98.95	98.89	98.88
A-T4-B-6	100.00	99.66	99.48	99.21	99.15	99.11	99.08	99.05	99.01	98.94	98.92
A-T4-B-SN-6	100.00	99.67	99.50	99.25	99.19	99.15	99.12	99.10	99.04	98.99	98.98
A-T4-SB-6	100.00	99.70	99.56	99.35	99.31	99.27	99.25	99.23	99.20	99.11	99.11
A-T4-SB-SN-6	100.00	99.67	99.53	99.34	99.31	99.28	99.25	99.23	99.19	99.12	99.11



	dia 10	dia 11	con CH	so seco	CHE(%)
A-T4-C-1	54.205	54.19	54.19	51.017	5.855
A-T4-C-2	51.724.00	51.714	51.714	48.493	6.228
A-T4-C-3	43.237.00	43.228	43.228	40.633	6.003
A-T4-C-4	39.880.00	39.872	39.872	37.413	6.167
A-T4-C-5	38.715	38.704	38.704	36.36	6.056
A-T4-C-6	44.112	44.100	44.100	41.494	5.909
A-T4-C-SN-1	32.303	32.298	32.298	30.273	6.270
A-T4-C-SN-2	36.48	36.473	36.473	34.226	6.161
A-T4-C-SN-3	28.09	28.089	28.089	26.274	6.462
A-T4-C-SN-4	37.977	37.968	37.968	35.708	5.952
A-T4-C-SN-5	28.68	28.678	28.678	26.85	6.374
A-T4-C-SN-6	28.511	28.507	28.507	26.769	6.097
A-T4-B-1	31.443	31.439	31.439	29.502	6.161
A-T4-B-2	31.226	31.219	31.219	29.219	6.406
A-T4-B-3	31.098	31.092	31.092	29.164	6.201
A-T4-B-4	28.779	28.772	28.772	26.976	6.242
A-T4-B-5	31.904	31.898	31.898	29.966	6.057
A-T4-B-6	32.243	32.237	32.237	30.318	5.953
A-T4-B-SN-1	28.16	28.155	28.155	26.352	6.404
A-T4-B-SN-2	27.158	27.152	27.152	25.413	6.405
A-T4-B-SN-3	25.052	25.046	25.046	23.45	6.372
A-T4-B-SN-4	26.981	26.974	26.974	25.242	6.421
A-T4-B-SN-5	27.561	27.555	27.555	25.796	6.384
A-T4-B-SN-6	27.588	27.585	27.585	25.792	6.500
A-T4-SB-1	27.29	27.285	27.285	25.558	6.329
A-T4-SB-2	25.434	25.439	25.439	23.771	6.557
A-T4-SB-3	19.665	19.660	19.660	18.396	6.429
A-T4-SB-4	24.172	24.170	24.170	22.613	6.442
A-T4-SB-5	13.461	13.463	13.463	12.618	6.276
A-T4-SB-6	26.509	26.507	26.507	24.831	6.323
A-T4-SB-SN-1	16.873	16.874	16.874	15.845	6.098
A-T4-SB-SN-2	13.313	13.311	13.311	12.512	6.003
A-T4-SB-SN-3	12.089	12.087	12.087	11.355	6.056
A-T4-SB-SN-4	16.959	16.956	16.956	15.906	6.192
A-T4-SB-SN-5	17.626	17.624	17.624	16.572	5.969
A-T4-SB-SN-6	13.445	13.444	13.444	12.651	5.899

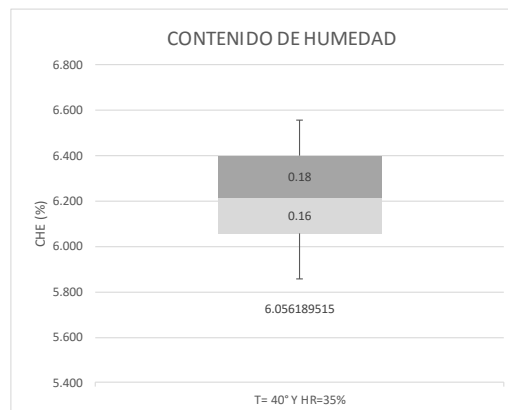


A-T4-C
A-T4-C-SN
A-T4-B
A-T4-B-SN
A-T4-SB
A-T4-SB-SN

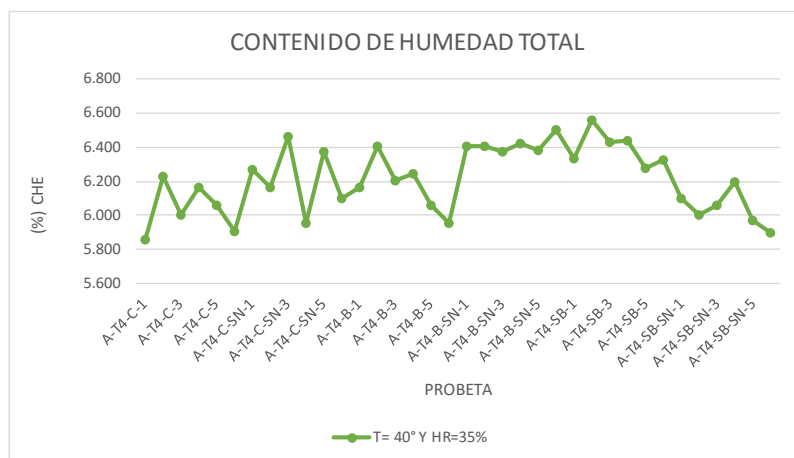
PROMEDIO	6.21
MEDIANA	6.21
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.196
VARIANZA	0.038
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.032
Xmin	5.855
Xmax	6.557
Rango	0.702
Q1	6.056
Q3	6.399

CAJA 1	6.056
CAJA 2	0.16
CAJA 3	0.18

BIGOTE SUPERIOR	0.158
BIGOTE INFERIOR	0.201



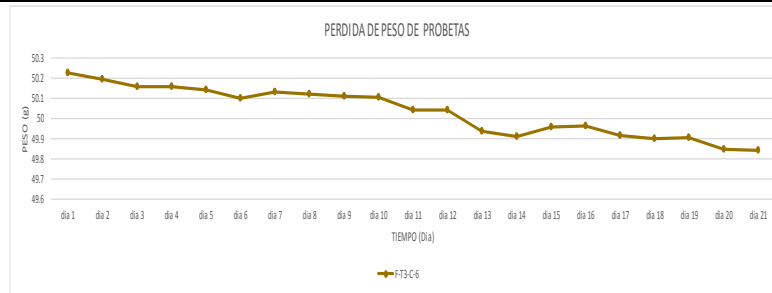
probeta	CHE (%)
A-T4-C-1	5.855
A-T4-C-2	6.228
A-T4-C-3	6.003
A-T4-C-4	6.167
A-T4-C-5	6.056
A-T4-C-6	5.909
A-T4-B-1	6.161
A-T4-B-2	6.406
A-T4-B-3	6.201
A-T4-B-4	6.242
A-T4-B-5	6.057
A-T4-B-6	5.953
A-T4-SB-1	6.329
A-T4-SB-2	6.557
A-T4-SB-3	6.429
A-T4-SB-4	6.442
A-T4-SB-5	6.276
A-T4-SB-6	6.323
A-T4-C-SN-1	6.270
A-T4-C-SN-2	6.161
A-T4-C-SN-3	6.462
A-T4-C-SN-4	5.952
A-T4-C-SN-5	6.374
A-T4-C-SN-6	6.097
A-T4-B-SN-1	6.404
A-T4-B-SN-2	6.405
A-T4-B-SN-3	6.372
A-T4-B-SN-4	6.421
A-T4-B-SN-5	6.384
A-T4-B-SN-6	6.500
A-T4-SB-SN-1	6.098
A-T4-SB-SN-2	6.003
A-T4-SB-SN-3	6.056
A-T4-SB-SN-4	6.192
A-T4-SB-SN-5	5.969
A-T4-SB-SN-6	5.899



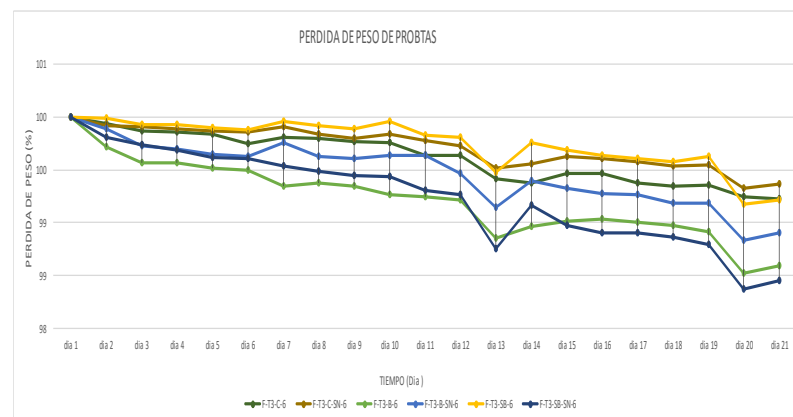
Temperatura de 30°C y HR= 90%

	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL	<table><tr><td>CONDICIONES DE</td><td>T= 30°C Y HR= 90%</td></tr><tr><td>EQUIPO UTILIZADO:</td><td>EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE</td></tr><tr><td>REVISOR:</td><td>MATEO GUTIERREZ GONZALEZ</td></tr></table>	CONDICIONES DE	T= 30°C Y HR= 90%	EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE	REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ
	CONDICIONES DE	T= 30°C Y HR= 90%							
	EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE							
	REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ							
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C							
FECHA INICIO :	23/09/2015								
FECHA TERMINACIÓN :	29/10/2015								
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE								

PESO DE LAS PROBETAS (g)																						
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13	día 14	día 15	día 16	día 17	día 18	día 19	día 20	día 21	
F-T3-C-6	50.229	50.196	50.16	50.158	50.146	50.103	50.132	50.125	50.112	50.106	50.045	50.044	49.936	49.914	49.96	49.962	49.916	49.901	49.904	49.848	49.842	
F-T3-C-SN-6	31.17	31.143	31.14	31.135	31.128	31.126	31.14	31.12	31.105	31.12	31.1	31.085	31.018	31.031	31.052	31.046	31.039	31.026	31.027	30.959	30.973	
F-T3-B-6	20.683	20.624	20.594	20.594	20.583	20.578	20.548	20.554	20.547	20.53	20.526	20.521	20.445	20.469	20.48	20.483	20.477	20.471	20.458	20.377	20.393	
F-T3-B-SN-6	37.897	37.854	37.793	37.783	37.762	37.755	37.804	37.755	37.747	37.76	37.76	37.693	37.571	37.668	37.642	37.622	37.62	37.587	37.589	37.456	37.48	
F-T3-SB-6	21.584	21.58	21.569	21.567	21.561	21.558	21.574	21.566	21.56	21.575	21.546	21.543	21.47	21.531	21.517	21.506	21.499	21.492	21.504	21.406	21.415	
F-T3-SB-SN-6	20.02	19.981	19.967	19.957	19.943	19.94	19.926	19.916	19.909	19.907	19.88	19.873	19.771	19.853	19.814	19.801	19.801	19.792	19.778	19.694	19.711	

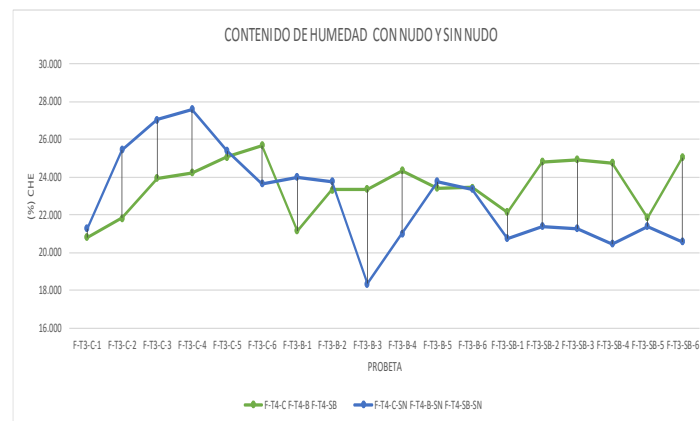
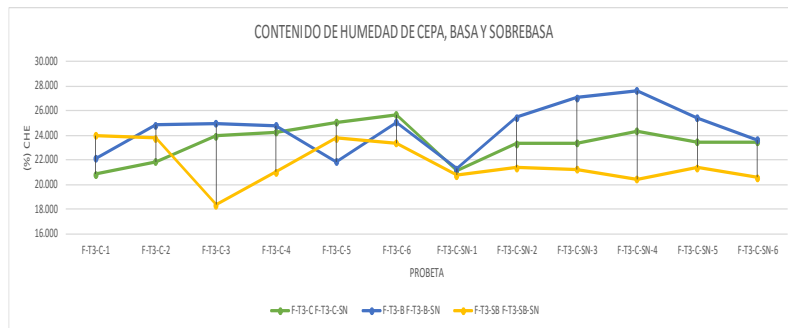


	PERDIDA PORCENTUAL DE PESO																				
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13	día 14	día 15	día 16	día 17	día 18	día 19	día 20	día 21
F-T3-C-6	100	99.934	99.863	99.859	99.835	99.749	99.807	99.793	99.767	99.755	99.634	99.632	99.417	99.373	99.464	99.468	99.377	99.347	99.353	99.241	99.230
F-T3-C-SN-6	100	99.913	99.904	99.888	99.865	99.859	99.904	99.840	99.791	99.840	99.775	99.727	99.512	99.554	99.621	99.602	99.580	99.538	99.541	99.323	99.368
F-T3-B-6	100	99.715	99.570	99.570	99.517	99.492	99.347	99.376	99.342	99.260	99.241	99.217	98.849	98.965	99.019	99.033	99.004	98.975	98.912	98.521	98.598
F-T3-B-SN-6	100	99.887	99.726	99.699	99.644	99.625	99.755	99.625	99.604	99.638	99.638	99.462	99.140	99.396	99.327	99.274	99.269	99.182	99.187	98.836	98.900
F-T3-SB-6	100	99.981	99.931	99.921	99.893	99.880	99.954	99.917	99.889	99.958	99.824	99.810	99.472	99.754	99.690	99.639	99.606	99.574	99.629	99.175	99.217
F-T3-SB-SN-6	100	99.805	99.735	99.685	99.615	99.600	99.530	99.481	99.446	99.436	99.301	99.266	98.756	99.166	98.971	98.906	98.906	98.861	98.791	98.372	98.457



F-T4-C
F-T4-B
F-T4-SB
F-T4-C-SN
F-T4-B-SN
F-T4-SB-SN

	dia 21	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
F-T3-C-1	41.434	41.434	34.294	20.820
F-T3-C-2	49.056	49.056	40.268	21.824
F-T3-C-3	52.666	52.666	42.491	23.946
F-T3-C-4	48.407	48.407	38.964	24.235
F-T3-C-5	37.16	37.16	29.711	25.072
F-T3-C-6	49.842	49.842	39.657	25.683
F-T3-C-SN-1	46.896	46.896	38.707	21.156
F-T3-C-SN-2	36.436	36.436	29.544	23.328
F-T3-C-SN-3	38.013	38.013	30.813	23.367
F-T3-C-SN-4	30.82	30.82	24.788	24.334
F-T3-C-SN-5	40.16	40.16	32.536	23.433
F-T3-C-SN-6	30.973	30.973	25.089	23.453
F-T3-B-1	36.066	36.066	29.531	22.129
F-T3-B-2	24.468	24.468	19.604	24.811
F-T3-B-3	25.192	25.192	20.165	24.929
F-T3-B-4	24.086	24.086	19.306	24.759
F-T3-B-5	23.262	23.262	19.093	21.835
F-T3-B-6	20.393	20.393	16.31	25.034
F-T3-B-SN-1	30.217	30.217	24.919	21.261
F-T3-B-SN-2	30.356	30.356	24.199	25.443
F-T3-B-SN-3	22.408	22.408	17.638	27.044
F-T3-B-SN-4	28.655	28.655	22.456	27.605
F-T3-B-SN-5	32.215	32.215	25.694	25.379
F-T3-B-SN-6	37.48	37.48	30.31	23.656
F-T3-SB-1	19.975	19.975	16.11	23.991
F-T3-SB-2	21.645	21.645	17.49	23.756
F-T3-SB-3	28.899	28.899	24.421	18.337
F-T3-SB-4	28.44	28.44	23.502	21.011
F-T3-SB-5	23.761	23.761	19.2	23.755
F-T3-SB-6	21.415	21.415	17.36	23.358
F-T3-SB-SN-1	20.458	20.458	16.943	20.746
F-T3-SB-SN-2	19.357	19.357	15.949	21.368
F-T3-SB-SN-3	23.124	23.124	19.071	21.252
F-T3-SB-SN-4	27.283	27.283	22.653	20.439
F-T3-SB-SN-5	21.885	21.885	18.032	21.368
F-T3-SB-SN-6	19.711	19.711	16.35	20.557



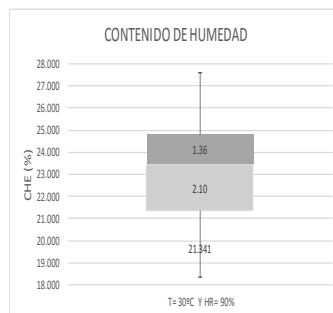
F-T3-C
F-T3-C-SN
F-T3-B
F-T3-B-SN
F-T3-SB
F-T3-SB-SN

PROMEDIO	23.180
MEDIANA	23.443
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.054
VARIANZA	4.218
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.089
Xmin	18.337
Xmax	27.605
Rango	9.268

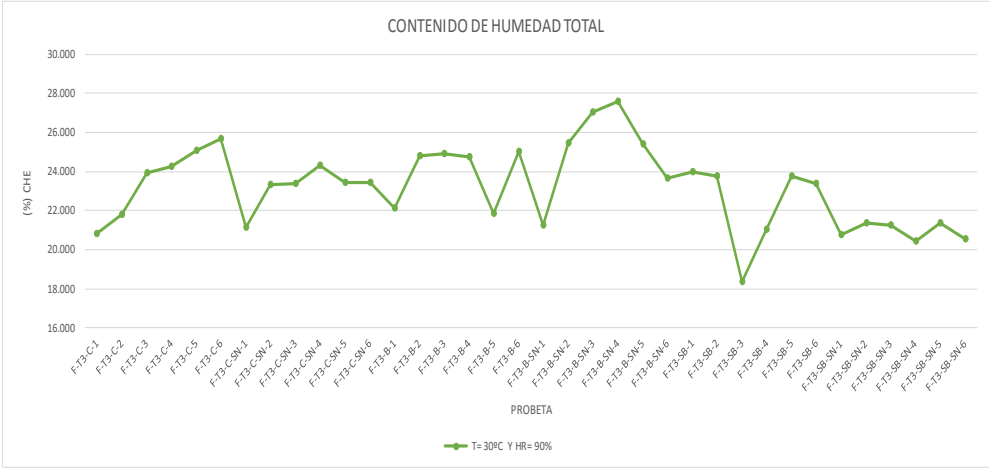
Q1	21.341
Q3	24.798

CAJA 1	21.341
CAJA 2	2.10
CAJA 3	1.36

BIGOTE SUPERIOR	2.807
BIGOTE INFERIOR	3.004



PROBETA	CHE (%)
F-T3-C-1	20.820
F-T3-C-2	21.824
F-T3-C-3	23.946
F-T3-C-4	24.235
F-T3-C-5	25.072
F-T3-C-6	25.683
F-T3-B-1	21.156
F-T3-B-2	23.328
F-T3-B-3	23.367
F-T3-B-4	24.334
F-T3-B-5	23.433
F-T3-B-6	23.453
F-T3-SB-1	22.129
F-T3-SB-2	24.811
F-T3-SB-3	24.929
F-T3-SB-4	24.759
F-T3-SB-5	21.835
F-T3-SB-6	25.034
F-T3-C-SN-1	21.261
F-T3-C-SN-2	25.443
F-T3-C-SN-3	27.044
F-T3-C-SN-4	27.605
F-T3-C-SN-5	25.379
F-T3-C-SN-6	23.656
F-T3-B-SN-1	23.991
F-T3-B-SN-2	23.756
F-T3-B-SN-3	18.337
F-T3-B-SN-4	21.011
F-T3-B-SN-5	23.755
F-T3-B-SN-6	23.358
F-T3-SB-SN-1	20.746
F-T3-SB-SN-2	21.368
F-T3-SB-SN-3	21.252
F-T3-SB-SN-4	20.439
F-T3-SB-SN-5	21.368
F-T3-SB-SN-6	20.557

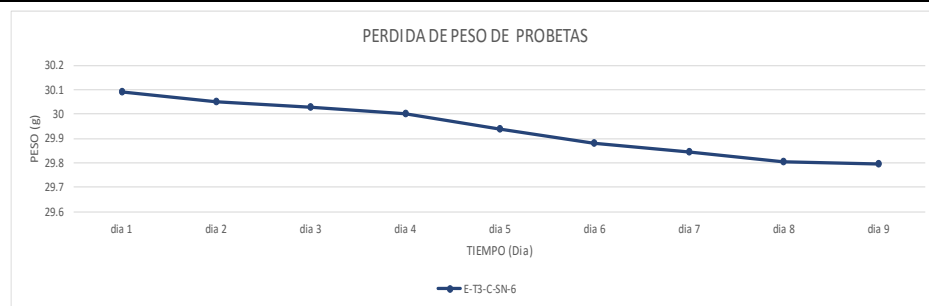


Temperatura de 30°C y HR= 80%

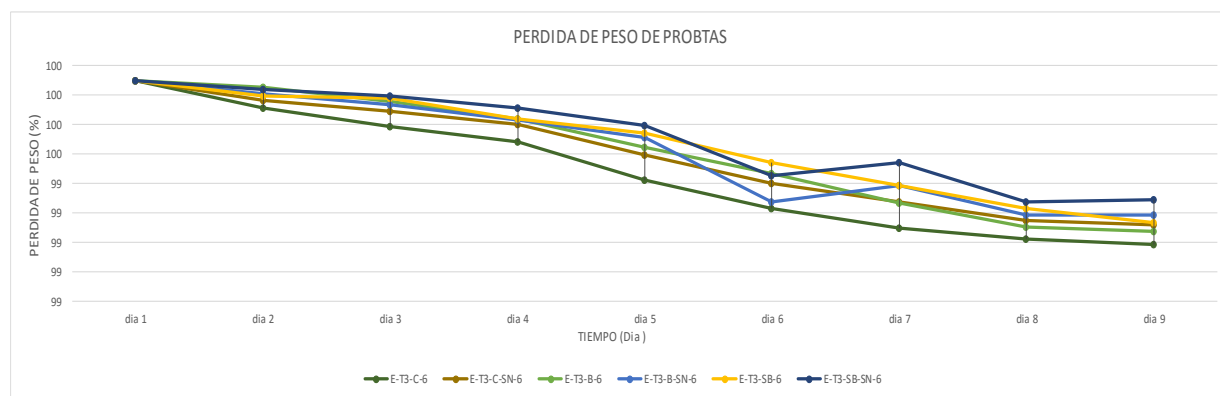
 Universidad La Gran Colombia Integrando la Educación Colombiana de Universidad, Vía del	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C
	FECHA INICIO :	14/11/2015
	FECHA TERMINACIÓN :	20/11/2015
	RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE

CONDICIONES DE ENSAYO	T= 30°C Y HR= 80%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

	PESO DE LAS PROBETAS (g)								
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9
E-T3-C-6	48.293	48.202	48.14	48.09	47.965	47.873	47.809	47.774	47.754
E-T3-C-SN-6	30.093	30.051	30.03	30.003	29.94	29.883	29.845	29.807	29.797
E-T3-B-6	19.679	19.669	19.651	19.627	19.59	19.555	19.515	19.483	19.477
E-T3-B-SN-6	36.578	36.544	36.518	36.48	36.437	36.277	36.316	36.243	36.245
E-T3-SB-6	20.894	20.872	20.869	20.839	20.819	20.777	20.745	20.712	20.692
E-T3-SB-SN-6	19.374	19.362	19.353	19.338	19.315	19.249	19.266	19.214	19.217



probeta	PERDIDA PORCENTUAL DE PESO								
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9
E-T3-C	100	99.812	99.683	99.580	99.321	99.130	98.998	98.925	98.884
E-T3-C-SN	100	99.860	99.791	99.701	99.492	99.302	99.176	99.050	99.016
E-T3-B	100	99.949	99.858	99.736	99.548	99.370	99.167	99.004	98.974
E-T3-B-SN	100	99.907	99.836	99.732	99.615	99.177	99.284	99.084	99.090
E-T3-SB	100	99.895	99.880	99.737	99.641	99.440	99.287	99.129	99.033
E-T3-SB-SN	100	99.938	99.892	99.814	99.695	99.355	99.443	99.174	99.190



	dia 9	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
E-T3-C-1	40.589	40.589	34.294	18.356
E-T3-C-2	47.744	47.744	40.268	18.566
E-T3-C-3	50.738	50.738	42.491	19.409
E-T3-C-4	46.507	46.507	38.964	19.359
E-T3-C-5	35.633	35.633	29.711	19.932
E-T3-C-6	47.754	47.754	39.657	20.418
E-T3-C-SN-1	45.427	45.427	38.707	17.361
E-T3-C-SN-2	35.215	35.215	29.544	19.195
E-T3-C-SN-3	36.739	36.739	30.813	19.232
E-T3-C-SN-4	29.558	29.558	24.788	19.243
E-T3-C-SN-5	38.619	38.619	32.536	18.696
E-T3-C-SN-6	29.797	29.797	25.089	18.765
E-T3-B-1	34.937	34.937	29.531	18.306
E-T3-B-2	23.422	23.422	19.604	19.476
E-T3-B-3	24.091	24.091	20.165	19.469
E-T3-B-4	23.04	23.04	19.306	19.341
E-T3-B-5	22.54	22.54	19.093	18.054
E-T3-B-6	19.477	19.477	16.31	19.418
E-T3-B-SN-1	29.576	29.576	24.919	18.689
E-T3-B-SN-2	29.039	29.039	24.199	20.001
E-T3-B-SN-3	21.248	21.248	17.638	20.467
E-T3-B-SN-4	17.691	17.691	14.715	20.224
E-T3-B-SN-5	30.841	30.841	25.694	20.032
E-T3-B-SN-6	36.245	36.245	30.31	19.581
E-T3-SB-1	19.147	19.147	16.11	18.852
E-T3-SB-2	20.858	20.858	17.49	19.257
E-T3-SB-3	28.469	28.469	24.421	16.576
E-T3-SB-4	27.671	27.671	23.502	17.739
E-T3-SB-5	22.871	22.871	19.2	19.120
E-T3-SB-6	20.692	20.692	17.36	19.194
E-T3-SB-SN-1	19.915	19.915	16.943	17.541
E-T3-SB-SN-2	18.777	18.777	15.949	17.732
E-T3-SB-SN-3	22.454	22.454	19.071	17.739
E-T3-SB-SN-4	26.625	26.625	22.653	17.534
E-T3-SB-SN-5	21.246	21.246	18.032	17.824
E-T3-SB-SN-6	19.217	19.217	16.35	17.535

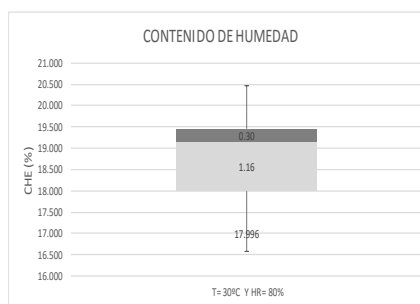
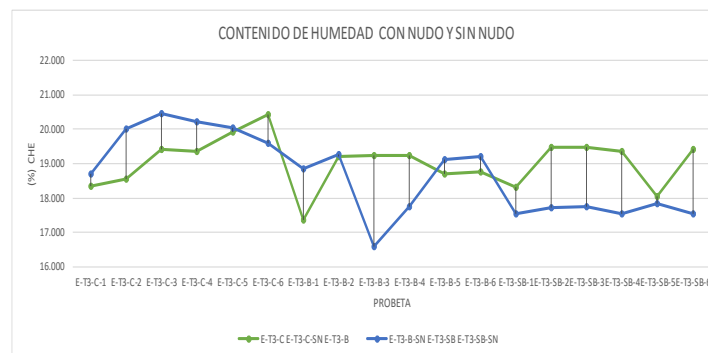
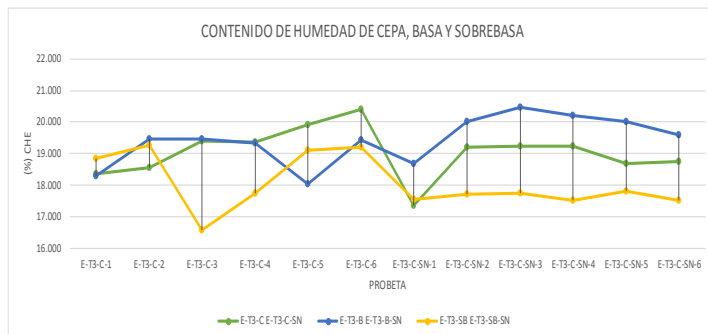
E-T3-C
E-T3-C-SN
E-T3-B
E-T3-B-SN
E-T3-SB
E-T3-SB-SN

PROMEDIO	18.840
MEDIANA	19.157
MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.967
VARIANZA	0.935
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.051
Xmin	16.576
Xmax	20.467
Rango	3.891

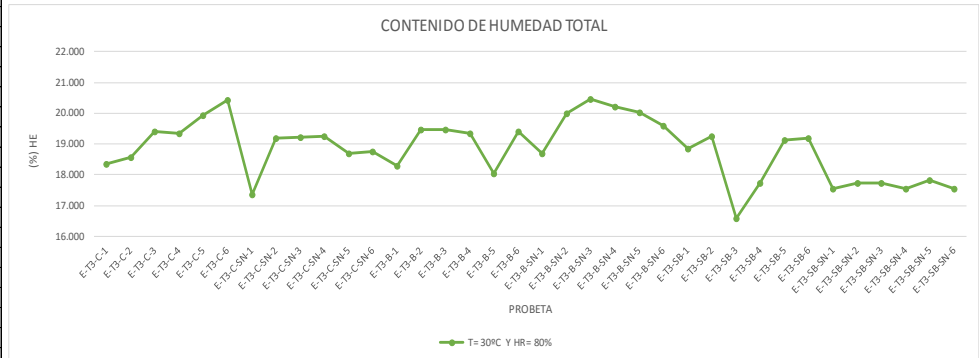
Q1	17.996
Q3	19.456

CAJA 1	17.996
CAJA 2	1.16
CAJA 3	0.30

BIGOTE SUPERIOR	1.011
BIGOTE INFERIOR	1.420



PROBETA	CHE (%)
E-T3-C-1	18.356
E-T3-C-2	18.566
E-T3-C-3	19.409
E-T3-C-4	19.359
E-T3-C-5	19.932
E-T3-C-6	20.418
E-T3-B-1	17.361
E-T3-B-2	19.195
E-T3-B-3	19.232
E-T3-B-4	19.243
E-T3-B-5	18.696
E-T3-B-6	18.765
E-T3-SB-1	18.306
E-T3-SB-2	19.476
E-T3-SB-3	19.469
E-T3-SB-4	19.341
E-T3-SB-5	18.054
E-T3-SB-6	19.418
E-T3-C-SN-1	18.689
E-T3-C-SN-2	20.001
E-T3-C-SN-3	20.467
E-T3-C-SN-4	20.224
E-T3-C-SN-5	20.032
E-T3-C-SN-6	19.581
E-T3-B-SN-1	18.852
E-T3-B-SN-2	19.257
E-T3-B-SN-3	16.576
E-T3-B-SN-4	17.739
E-T3-B-SN-5	19.120
E-T3-B-SN-6	19.194
E-T3-SB-SN-1	17.541
E-T3-SB-SN-2	17.732
E-T3-SB-SN-3	17.739
E-T3-SB-SN-4	17.534
E-T3-SB-SN-5	17.824
E-T3-SB-SN-6	17.5351682

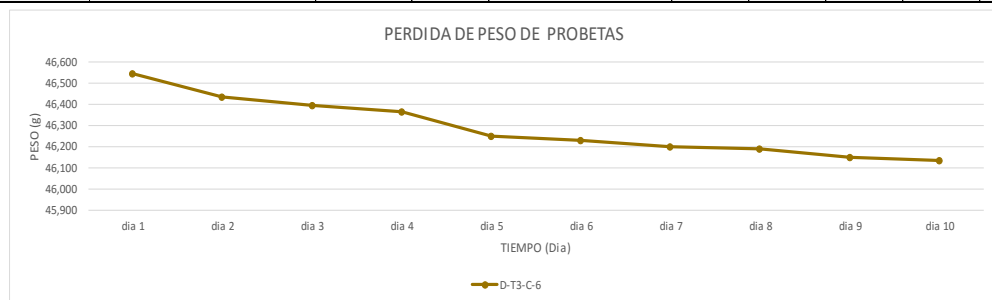


Temperatura de 30°C y HR=70%

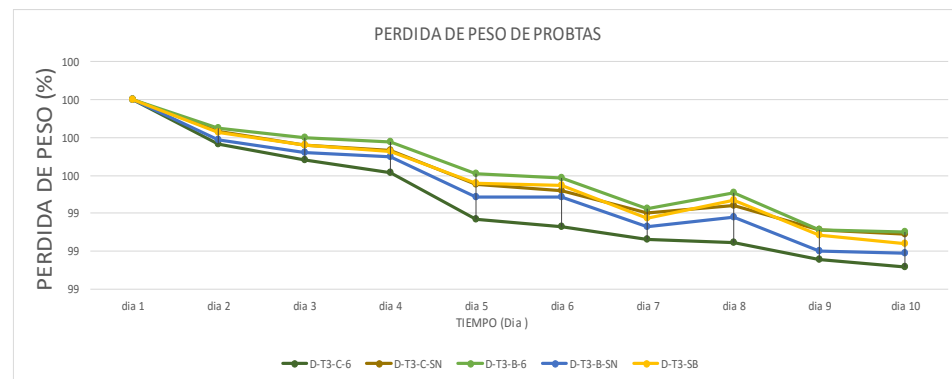
	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
	NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C Y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90 A 35%.
	FECHA INICIO:	24/11/2015
	FECHA TERMINACIÓN:	10/12/2015
	RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE

CONDICIONES DE ENSAYO	T=30 Y HR=70%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

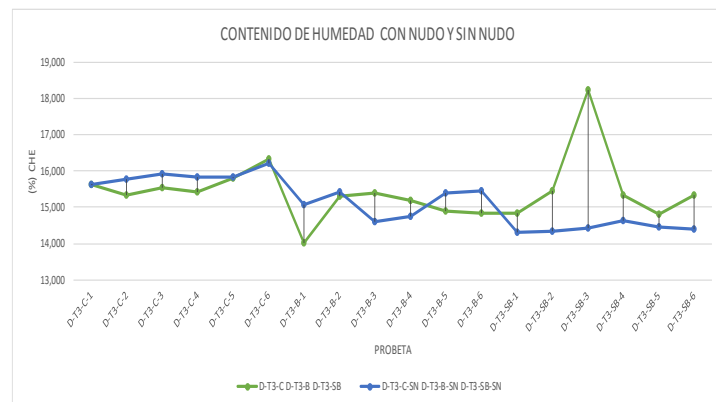
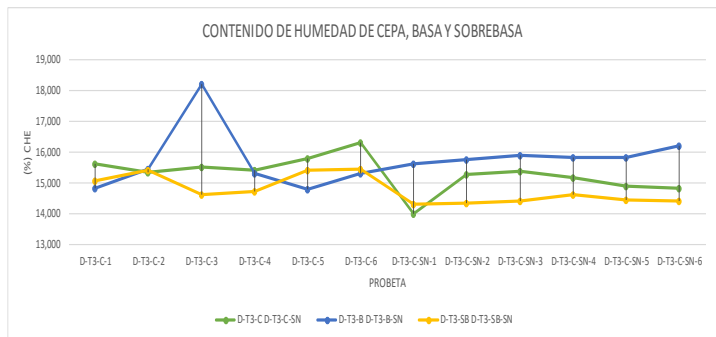
probeta	PESO DE LAS PROBETAS (g)									
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10
D-T3-C-6	46,544	46,436	46,397	46,364	46,251	46,232	46,199	46,192	46,151	46,133
D-T3-C-SN-6	29,014	28,965	28,945	28,937	28,884	28,875	28,841	28,851	28,814	28,808
D-T3-B-6	18,942	18,913	18,904	18,900	18,868	18,864	18,833	18,849	18,812	18,809
D-T3-B-SN-6	35,438	35,362	35,340	35,331	35,256	35,256	35,201	35,217	35,154	35,15
D-T3-SB-6	20,196	20,161	20,148	20,141	20,107	20,104	20,070	20,089	20,051	20,042
D-T3-SB-SN-6	19,843	18,819	18,802	18,799	18,766	18,765	18,734	18,754	18,705	18,706



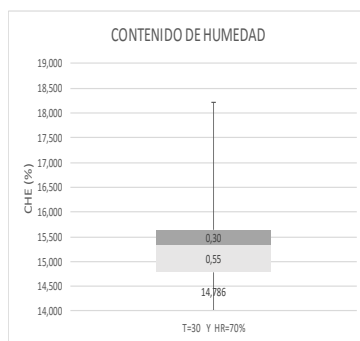
probeta	PERDIDA PORCENTUAL DE PESO									
	dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10
D-T3-C	100	99,768	99,684	99,613	99,370	99,330	99,259	99,244	99,156	99,117
D-T3-C-SN	100	99,831	99,762	99,735	99,552	99,521	99,404	99,438	99,311	99,290
D-T3-B	100	99,847	99,799	99,778	99,609	99,588	99,425	99,509	99,314	99,298
D-T3-B-SN	100	99,786	99,723	99,698	99,486	99,486	99,331	99,376	99,199	99,187
D-T3-SB	100	99,827	99,762	99,728	99,559	99,544	99,376	99,470	99,282	99,237
D-T3-SB-SN	100	94,839	94,754	94,739	94,572	94,567	94,411	94,512	94,265	94,270



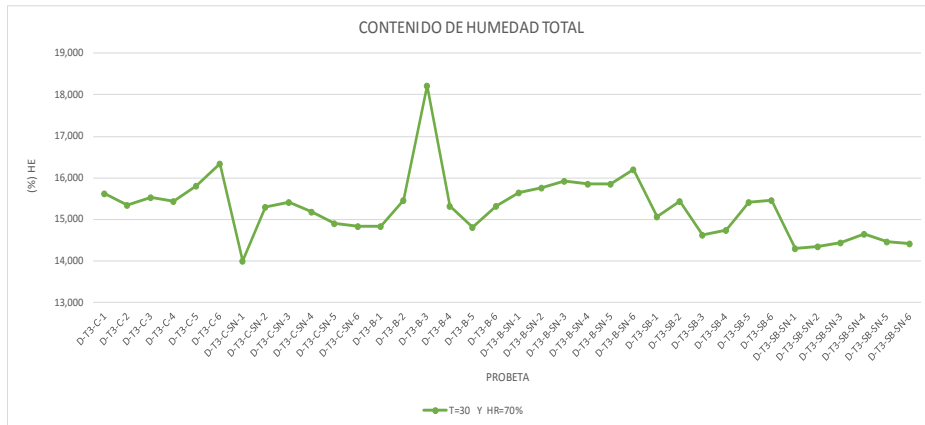
	dia 10	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
D-T3-C-1	39,649	39,649	34,294	15,615
D-T3-C-2	46,448	46,448	40,268	15,347
D-T3-C-3	49,091	49,091	42,491	15,533
D-T3-C-4	44,977	44,977	38,964	15,432
D-T3-C-5	34,407	34,407	29,711	15,806
D-T3-C-6	46,133	46,133	39,657	16,330
D-T3-C-SN-1	44,128	44,128	38,707	14,005
D-T3-C-SN-2	34,062	34,062	29,544	15,292
D-T3-C-SN-3	35,559	35,559	30,813	15,403
D-T3-C-SN-4	28,55	28,55	24,788	15,177
D-T3-C-SN-5	37,381	37,381	32,536	14,891
D-T3-C-SN-6	28,808	28,808	25,089	14,823
D-T3-B-1	33,91	33,91	29,531	14,828
D-T3-B-2	22,633	22,633	19,604	15,451
D-T3-B-3	23,84	23,84	20,165	18,225
D-T3-B-4	22,264	22,264	19,306	15,322
D-T3-B-5	21,919	21,919	19,093	14,801
D-T3-B-6	18,809	18,809	16,31	15,322
D-T3-B-SN-1	28,815	28,815	24,919	15,635
D-T3-B-SN-2	28,014	28,014	24,199	15,765
D-T3-B-SN-3	20,445	20,445	17,638	15,915
D-T3-B-SN-4	17,046	17,046	14,715	15,841
D-T3-B-SN-5	29,764	29,764	25,694	15,840
D-T3-B-SN-6	35,15	35,15	30,25	16,198
D-T3-SB-1	18,537	18,537	16,11	15,065
D-T3-SB-2	20,189	20,189	17,49	15,432
D-T3-SB-3	27,989	27,989	24,421	14,610
D-T3-SB-4	26,966	26,966	23,502	14,739
D-T3-SB-5	22,158	22,158	19,2	15,406
D-T3-SB-6	20,042	20,042	17,36	15,449
D-T3-SB-SN-1	19,367	19,367	16,943	14,307
D-T3-SB-SN-2	18,238	18,238	15,949	14,352
D-T3-SB-SN-3	21,824	21,824	19,071	14,436
D-T3-SB-SN-4	25,968	25,968	22,653	14,634
D-T3-SB-SN-5	20,638	20,638	18,032	14,452
D-T3-SB-SN-6	18,706	18,706	16,35	14,410



D-T3-C	PROMEDIO	15,280
	MEDIANA	15,335
	MODA	NO HAY UN VALOR DE MODA
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,760
	VARIANZA	0,577
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,050
	Xmin	14,005
	Xmax	18,225
	Rango	4,219
	Q1	14,786
	Q3	15,630
	CAJA 1	14,786
	CAJA 2	0,55
	CAJA 3	0,30
	BIGOTE SUPERIOR	2,595
	BIGOTE INFERIOR	0,781



PROBETA	CHE (%)
D-T3-C-1	15,615
D-T3-C-2	15,347
D-T3-C-3	15,533
D-T3-C-4	15,432
D-T3-C-5	15,806
D-T3-C-6	16,330
D-T3-B-1	14,005
D-T3-B-2	15,292
D-T3-B-3	15,403
D-T3-B-4	15,177
D-T3-B-5	14,891
D-T3-B-6	14,823
D-T3-SB-1	14,828
D-T3-SB-2	15,451
D-T3-SB-3	18,225
D-T3-SB-4	15,322
D-T3-SB-5	14,801
D-T3-SB-6	15,322
D-T3-C-SN-1	15,635
D-T3-C-SN-2	15,765
D-T3-C-SN-3	15,915
D-T3-C-SN-4	15,841
D-T3-C-SN-5	15,840
D-T3-C-SN-6	16,198
D-T3-B-SN-1	15,065
D-T3-B-SN-2	15,432
D-T3-B-SN-3	14,610
D-T3-B-SN-4	14,739
D-T3-B-SN-5	15,406
D-T3-B-SN-6	15,449
D-T3-SB-SN-1	14,307
D-T3-SB-SN-2	14,352
D-T3-SB-SN-3	14,436
D-T3-SB-SN-4	14,634
D-T3-SB-SN-5	14,452
D-T3-SB-SN-6	14,410



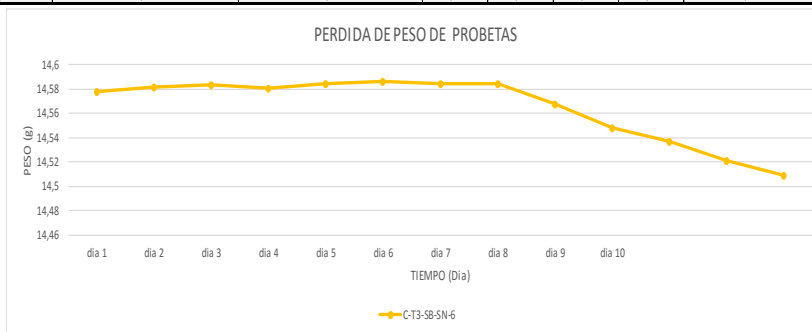
Temperatura de 30°C y HR=60%



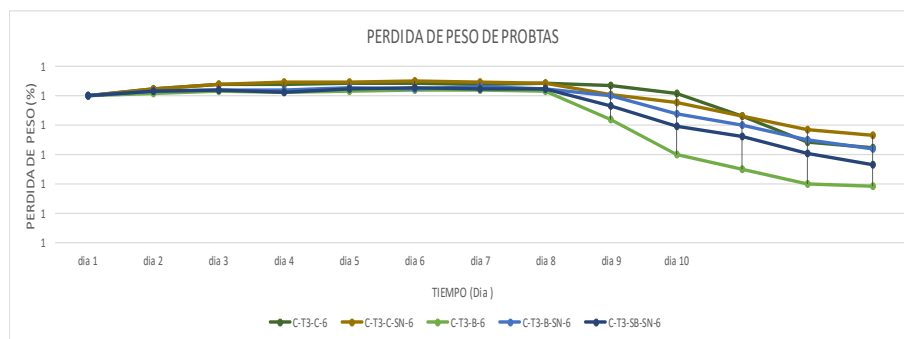
FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCION CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C Y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90 A 35%.
FECHA INICIO ENSAYOS:	04/02/2016
FECHA TERMINACIÓN DE ENSAYOS:	18/02/2016
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE

CONDICIONES DE ENSAYO:	T=30°C Y HR=60%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

PESO DE LAS PROBETAS (g)													
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13
C-T3-C-6	41,08	41,099	41,11	41,113	41,114	41,116	41,112	41,115	41,108	41,085	41,023	40,949	40,933
C-T3-C-SN-6	42,1	42,119	42,133	42,139	42,138	42,141	42,14	42,137	42,102	42,079	42,042	42,002	41,988
C-T3-B-6	22,518	22,521	22,524	22,523	22,525	22,526	22,526	22,524	22,481	22,428	22,406	22,382	22,38
C-T3-B-SN-6	26,287	26,294	26,298	26,298	26,301	26,3	26,303	26,300	26,287	26,254	26,235	26,208	26,192
C-T3-SB-6	21,363	21,368	21,37	21,37	21,374	21,376	21,377	21,376	21,345	21,324	21,310	21,289	21,271
C-T3-SB-SN-6	14,578	14,582	14,584	14,581	14,585	14,586	14,585	14,585	14,568	14,548	14,537	14,521	14,509



PERDIDA PORCENTUAL DE PESO													
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13
C-T3-C-6	1	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000	0,999	0,997	0,996
C-T3-C-SN-6	1	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997
C-T3-B-6	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,996	0,995	0,994	0,994
C-T3-B-SN-6	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,001	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996
C-T3-SB-6	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,001	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996
C-T3-SB-SN-6	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995



C-T3-C
C-T3-C-SN
C-T3-B
C-T3-B-SN
C-T3-SB
C-T3-SB-SN

	dia 10	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
C-T3-C-1	32,551	32,551	29,278	11,179
C-T3-C-2	35,267	35,267	31,760	11,042
C-T3-C-3	41,830	41,830	37,712	10,920
C-T3-C-4	52,372	52,372	47,361	10,580
C-T3-C-5	54,469	54,469	49,131	10,865
C-T3-C-6	40,933	40,933	36,884	10,978
C-T3-C-SN-1	47,930	47,930	43,547	10,065
C-T3-C-SN-2	37,440	37,440	33,907	10,420
C-T3-C-SN-3	34,439	34,439	31,115	10,683
C-T3-C-SN-4	31,032	31,032	28,106	10,411
C-T3-C-SN-5	37,486	37,486	33,947	10,425
C-T3-C-SN-6	41,988	41,988	38,054	10,338
C-T3-B-1	31,302	31,302	28,279	10,690
C-T3-B-2	33,256	33,256	30,038	10,713
C-T3-B-3	25,622	25,622	23,128	10,783
C-T3-B-4	34,797	34,797	31,414	10,769
C-T3-B-5	30,091	30,091	27,190	10,669
C-T3-B-6	22,380	22,380	20,251	10,513
C-T3-B-SN-1	27,042	27,042	24,333	11,133
C-T3-B-SN-2	24,003	24,003	21,568	11,290
C-T3-B-SN-3	24,297	24,297	26,328	11,277
C-T3-B-SN-4	22,626	22,626	20,364	11,108
C-T3-B-SN-5	25,140	25,140	22,599	11,244
C-T3-B-SN-6	26,192	26,192	23,568	11,134
C-T3-SB-1	23,833	23,833	21,523	10,733
C-T3-SB-2	26,093	26,093	23,538	10,855
C-T3-SB-3	28,279	28,279	25,502	10,889
C-T3-SB-4	22,099	22,099	19,917	10,955
C-T3-SB-5	20,093	20,093	18,087	11,091
C-T3-SB-6	21,271	21,271	19,153	11,058
C-T3-SB-SN-1	18,739	18,739	16,913	10,796
C-T3-SB-SN-2	22,423	22,423	20,373	10,062
C-T3-SB-SN-3	22,915	22,915	20,808	10,126
C-T3-SB-SN-4	21,387	21,387	19,384	10,333
C-T3-SB-SN-5	21,194	21,194	19,224	10,248
C-T3-SB-SN-6	14,509	14,509	13,128	10,520

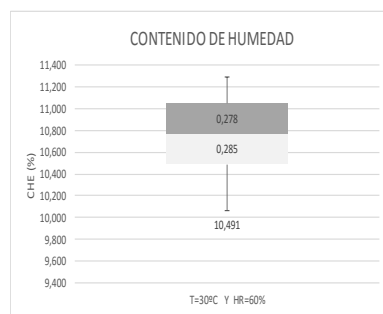
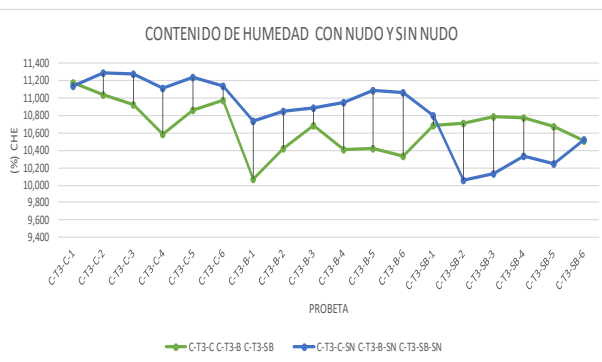
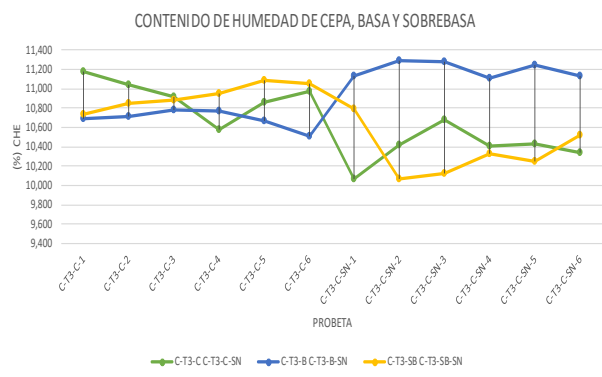
C-T3-C
C-T3-C-SN
C-T3-B
C-T3-B-SN
C-T3-SB
C-T3-SB-SN

PROMEDIO	10,747
MEDIANA	10,776
MODA	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,350
VARIANZA	0,123
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,033
Xmin	10,062
Xmax	11,290
Rango	1,228

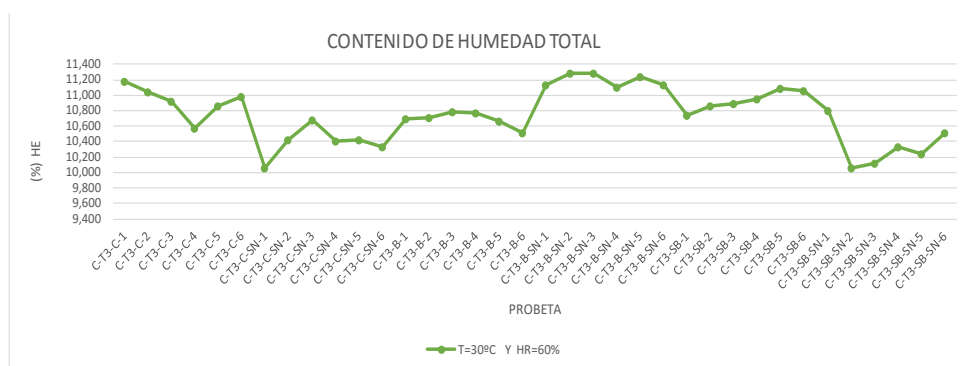
Q1	10,491
Q3	11,054

CAJA 1	10,491
CAJA 2	0,285
CAJA 3	0,278

BIGOTE SUPERIOR	0,236
BIGOTE INFERIOR	0,429



PROBETA	CHE (%)
C-T3-C-1	11,179
C-T3-C-2	11,042
C-T3-C-3	10,920
C-T3-C-4	10,580
C-T3-C-5	10,865
C-T3-C-6	10,978
C-T3-B-1	10,065
C-T3-B-2	10,420
C-T3-B-3	10,683
C-T3-B-4	10,411
C-T3-B-5	10,425
C-T3-B-6	10,338
C-T3-SB-1	10,690
C-T3-SB-2	10,713
C-T3-SB-3	10,783
C-T3-SB-4	10,769
C-T3-SB-5	10,669
C-T3-SB-6	10,513
C-T3-C-SN-1	11,133
C-T3-C-SN-2	11,290
C-T3-C-SN-3	11,277
C-T3-C-SN-4	11,108
C-T3-C-SN-5	11,244
C-T3-C-SN-6	11,134
C-T3-B-SN-1	10,733
C-T3-B-SN-2	10,855
C-T3-B-SN-3	10,889
C-T3-B-SN-4	10,955
C-T3-B-SN-5	11,091
C-T3-B-SN-6	11,058
C-T3-SB-SN-1	10,796
C-T3-SB-SN-2	10,062
C-T3-SB-SN-3	10,126
C-T3-SB-SN-4	10,333
C-T3-SB-SN-5	10,248
C-T3-SB-SN-6	10,520



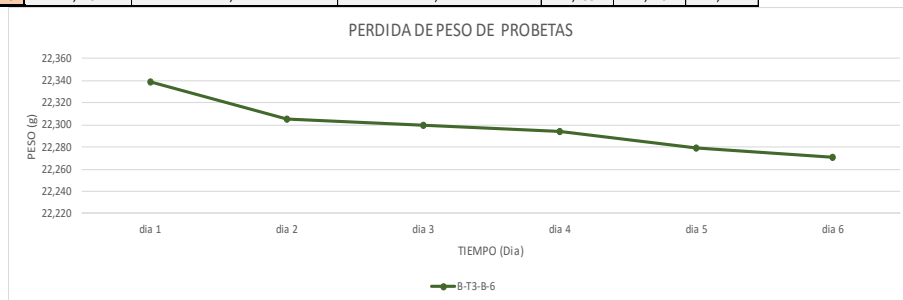
Temperatura de 30°C y HR=50%



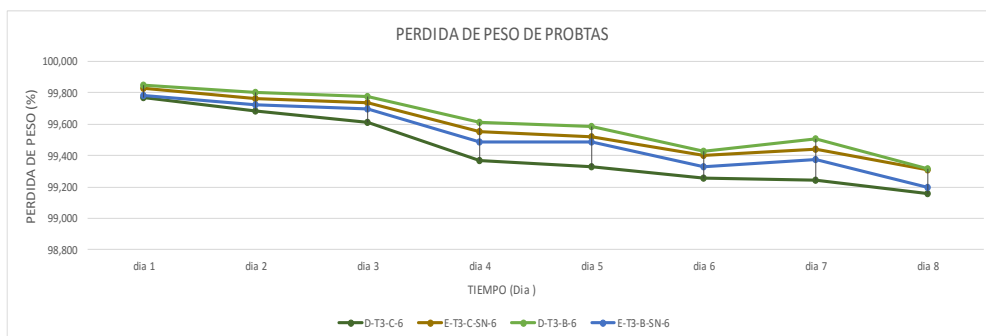
FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCIÓN CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90 A 35%.
FECHA INICIO ENSAYOS:	19/02/2016
FECHA TERMINACIÓN DE ENSAYOS:	29/02/2016
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE

CONDICIONES DE ENSAYO:	T=30°C Y HR=50%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

PESO DE LAS PROBETAS (g)						
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6
B-T3-C-6	40,810	40,705	40,692	40,679	40,642	40,625
B-T3-C-SN-6	41,873	41,762	41,747	41,734	41,689	41,677
B-T3-B-6	22,339	22,305	22,300	22,294	22,279	22,271
B-T3-B-SN-6	26,117	26,067	26,063	26,055	26,035	26,021
B-T3-SB-6	21,214	21,171	21,167	21,160	21,142	21,128
B-T3-SB-SN-6	14,473	14,444	14,441	14,436	14,426	14,417



PERDIDA PORCENTUAL DE PESO						
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6
B-T3-C-6	1	0,997	0,997	0,997	0,996	0,995
B-T3-C-SN-6	1	0,997	0,997	0,997	0,996	0,995
B-T3-B-6	1	0,998	0,998	0,998	0,997	0,997
B-T3-B-SN-6	1	0,998	0,998	0,998	0,997	0,996
B-T3-SB-6	1	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996
B-T3-SB-SN-6	1	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996



B-T3-C
B-T3-C-SN
B-T3-B
B-T3-B-SN
B-T3-SB
B-T3-SB-SN

	dia 6	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
B-T3-C-1	32,341	32,341	29,278	10,462
B-T3-C-2	35,047	35,047	31,760	10,349
B-T3-C-3	41,534	41,534	37,712	10,135
B-T3-C-4	51,975	51,975	47,361	9,742
B-T3-C-5	54,074	54,074	49,131	10,061
B-T3-C-6	40,625	40,625	36,884	10,143
B-T3-C-SN-1	47,584	47,584	43,547	9,270
B-T3-C-SN-2	37,285	37,285	33,907	9,963
B-T3-C-SN-3	34,173	34,173	31,115	9,828
B-T3-C-SN-4	30,816	30,816	28,106	9,642
B-T3-C-SN-5	37,250	37,250	33,947	9,730
B-T3-C-SN-6	41,677	41,677	38,054	9,521
B-T3-B-1	31,105	31,105	28,279	9,993
B-T3-B-2	33,044	33,044	30,038	10,007
B-T3-B-3	25,476	25,476	23,128	10,152
B-T3-B-4	34,597	34,597	31,414	10,132
B-T3-B-5	29,904	29,904	27,190	9,982
B-T3-B-6	22,271	22,271	20,251	9,975
B-T3-B-SN-1	26,873	26,873	24,333	10,438
B-T3-B-SN-2	23,839	23,839	21,568	10,529
B-T3-B-SN-3	29,091	29,091	26,328	10,495
B-T3-B-SN-4	22,485	22,485	20,364	10,415
B-T3-B-SN-5	24,977	24,977	22,599	10,523
B-T3-B-SN-6	26,021	26,021	23,568	10,408
B-T3-SB-1	23,674	23,674	21,523	9,994
B-T3-SB-2	25,929	25,929	23,538	10,158
B-T3-SB-3	28,121	28,121	25,502	10,270
B-T3-SB-4	21,962	21,962	19,917	10,268
B-T3-SB-5	19,962	19,962	18,087	10,367
B-T3-SB-6	21,128	21,128	19,153	10,312
B-T3-SB-SN-1	18,636	18,636	16,913	10,187
B-T3-SB-SN-2	22,292	22,292	20,373	9,419
B-T3-SB-SN-3	22,777	22,777	20,808	9,463
B-T3-SB-SN-4	21,277	21,277	19,384	9,766
B-T3-SB-SN-5	21,071	21,071	19,224	9,608
B-T3-SB-SN-6	14,417	14,417	13,128	9,819

B-T3-C
B-T3-C-SN
B-T3-B
B-T3-B-SN
B-T3-SB
B-T3-SB-SN

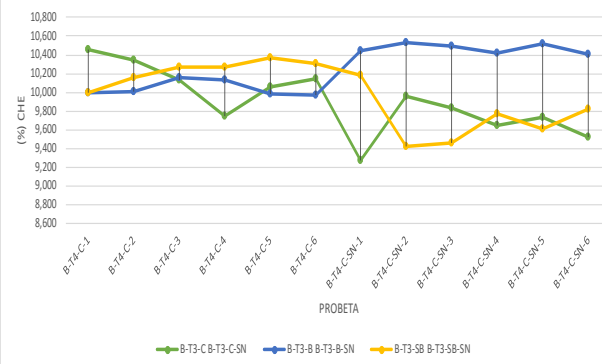
PROMEDIO	10,042
MEDIANA	10,097
MODA	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,340
VARIANZA	0,116
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,034
Xmin	9,270
Xmax	10,529
Rango	1,259

Q1	9,805
Q3	10,340

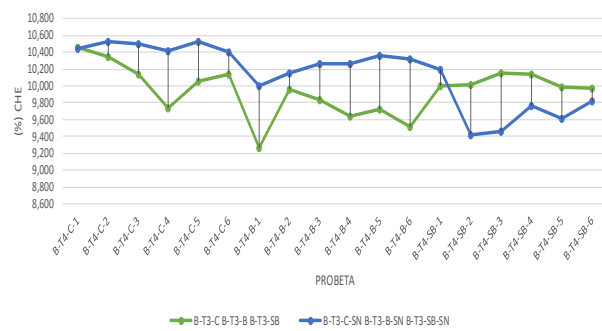
CAJA 1	9,805
CAJA 2	0,291
CAJA 3	0,243

BIGOTE SUPERIOR	0,189
BIGOTE INFERIOR	0,535

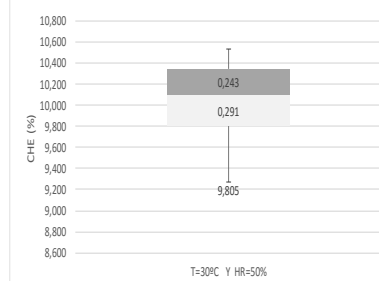
CONTENIDO DE HUMEDAD DE CEPA, BASA Y SOBREBASA



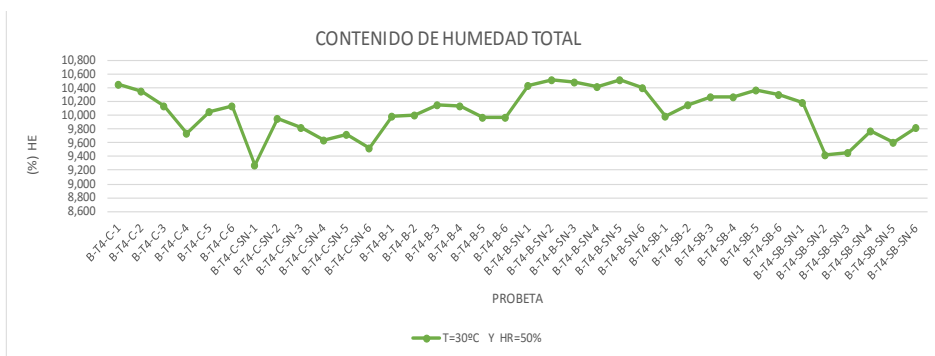
CONTENIDO DE HUMEDAD CON NUDO Y SIN NUDO



CONTENIDO DE HUMEDAD



PROBETA	CHE (%)
B-T3-C-1	10,462
B-T3-C-2	10,349
B-T3-C-3	10,135
B-T3-C-4	9,742
B-T3-C-5	10,061
B-T3-C-6	10,143
B-T3-B-1	9,270
B-T3-B-2	9,963
B-T3-B-3	9,828
B-T3-B-4	9,642
B-T3-B-5	9,730
B-T3-B-6	9,521
B-T3-SB-1	9,993
B-T3-SB-2	10,007
B-T3-SB-3	10,152
B-T3-SB-4	10,132
B-T3-SB-5	9,982
B-T3-SB-6	9,975
B-T3-C-SN-1	10,438
B-T3-C-SN-2	10,529
B-T3-C-SN-3	10,495
B-T3-C-SN-4	10,415
B-T3-C-SN-5	10,523
B-T3-C-SN-6	10,408
B-T3-B-SN-1	9,994
B-T3-B-SN-2	10,158
B-T3-B-SN-3	10,270
B-T3-B-SN-4	10,268
B-T3-B-SN-5	10,367
B-T3-B-SN-6	10,312
B-T3-SB-SN-1	10,187
B-T3-SB-SN-2	9,419
B-T3-SB-SN-3	9,463
B-T3-SB-SN-4	9,766
B-T3-SB-SN-5	9,608
B-T3-SB-SN-6	9,819



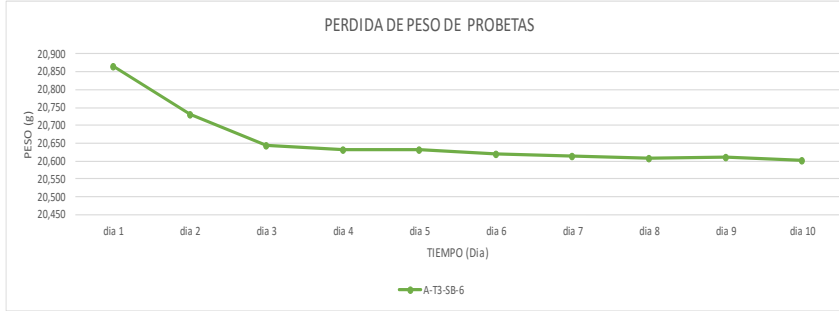
Temperatura de 30°C y HR=35%



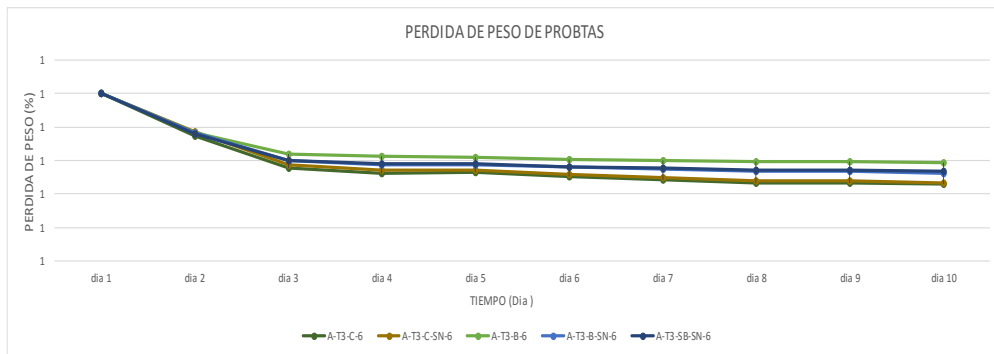
FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL
NOMBRE DEL PROYECTO:	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH COMO BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ISOTERMAS DE SORCIÓN CON TEMPERATURAS DE 40°C Y 30°C y HUMEDADES RELATIVAS ENTRE 90 A 35%
FECHA INICIO ENSAYOS:	01/03/2016
FECHA TERMINACIÓN DE ENSAYOS:	12/03/2016
RESPONSABLE:	ANGIE PAOLA DIAZ DUARTE

CONDICIONES DE ENSAYO:	T=30°C Y HR=35%
EQUIPO UTILIZADO:	EQUIPO DE CAMARA CONSTANTE
REVISOR:	MATEO GUTIERREZ GONZALEZ

PESO DE LAS PROBETAS (g)										
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10
A-T3-C-6	40,189	39,937	39,739	39,712	39,717	39,688	39,670	39,654	39,653	39,645
A-T3-C-SN-6	41,282	41,049	40,842	40,811	40,813	40,783	40,761	40,742	40,744	40,728
A-T3-B-6	21,939	21,812	21,739	21,733	21,730	21,724	21,718	21,715	21,715	21,711
A-T3-B-SN-6	25,701	25,549	25,443	25,429	25,428	25,418	25,410	25,402	25,404	25,396
A-T3-SB-6	20,865	20,730	20,644	20,631	20,632	20,620	20,615	20,609	20,610	20,603
A-T3-SB-SN-6	14,224	14,138	14,082	14,075	14,075	14,068	14,065	14,061	14,062	14,059



PERDIDA PORCENTUAL DE PESO										
probeta	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10
A-T3-C-6	1	0,994	0,989	0,988	0,988	0,988	0,987	0,987	0,987	0,986
A-T3-C-SN-6	1	0,994	0,989	0,989	0,989	0,988	0,987	0,987	0,987	0,987
A-T3-B-6	1	0,994	0,991	0,991	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
A-T3-B-SN-6	1	0,994	0,990	0,989	0,989	0,989	0,989	0,988	0,988	0,988
A-T3-SB-6	1	0,994	0,989	0,989	0,989	0,988	0,988	0,988	0,988	0,987
A-T3-SB-SN-6	1	0,994	0,990	0,990	0,990	0,989	0,989	0,989	0,989	0,988



A-T3-C
A-T3-C-SN
A-T3-B
A-T3-B-SN
A-T3-SB
A-T3-SB-SN

	dia 10	PESO CON CHE (g)	PESO SECO (g)	CHE (%)
A-T3-C-1	31,557	31,557	29,278	7,784
A-T3-C-2	34,184	34,184	31,760	7,632
A-T3-C-3	40,552	40,552	37,712	7,531
A-T3-C-4	50,847	50,847	47,361	7,360
A-T3-C-5	52,895	52,895	49,131	7,661
A-T3-C-6	39,645	39,645	36,884	7,486
A-T3-C-SN-1	46,573	46,573	43,547	6,949
A-T3-C-SN-2	36,326	36,326	33,907	7,134
A-T3-C-SN-3	33,376	33,376	31,115	7,267
A-T3-C-SN-4	30,114	30,114	28,106	7,144
A-T3-C-SN-5	36,386	36,386	33,947	7,185
A-T3-C-SN-6	40,728	40,728	38,054	7,027
A-T3-B-1	30,395	30,395	28,279	7,483
A-T3-B-2	32,270	32,270	30,038	7,431
A-T3-B-3	24,851	24,851	23,128	7,450
A-T3-B-4	33,790	33,790	31,414	7,564
A-T3-B-5	29,211	29,211	27,190	7,433
A-T3-B-6	21,711	21,711	20,251	7,210
A-T3-B-SN-1	26,219	26,219	24,333	7,751
A-T3-B-SN-2	23,267	23,267	21,568	7,877
A-T3-B-SN-3	28,394	28,394	26,328	7,847
A-T3-B-SN-4	21,928	21,928	20,364	7,680
A-T3-B-SN-5	24,360	24,360	22,599	7,792
A-T3-B-SN-6	25,396	25,396	23,568	7,756
A-T3-SB-1	23,144	23,144	21,523	7,531
A-T3-SB-2	25,346	25,346	23,538	7,681
A-T3-SB-3	27,501	27,501	25,502	7,839
A-T3-SB-4	21,442	21,442	19,917	7,657
A-T3-SB-5	19,467	19,467	18,087	7,630
A-T3-SB-6	20,603	20,603	19,153	7,571
A-T3-SB-SN-1	18,187	18,187	16,913	7,533
A-T3-SB-SN-2	21,798	21,798	20,373	6,995
A-T3-SB-SN-3	22,271	22,271	20,808	7,031
A-T3-SB-SN-4	20,786	20,786	19,384	7,233
A-T3-SB-SN-5	20,585	20,585	19,224	7,080
A-T3-SB-SN-6	14,059	14,059	13,128	7,092

A-T3-C
A-T3-C-SN
A-T3-B
A-T3-B-SN
A-T3-SB
A-T3-SB-SN

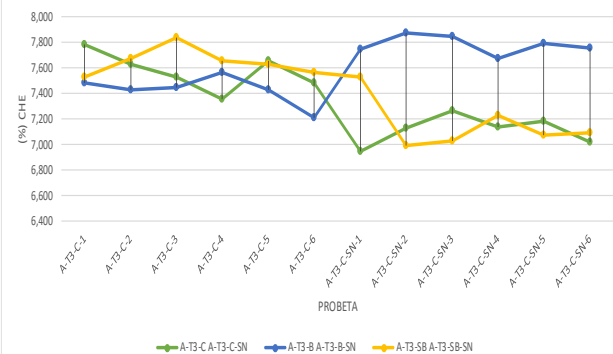
PROMEDIO	7,453
MEDIANA	7,508
MODA	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,278
VARIANZA	0,077
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,037
Xmin	6,949
Xmax	7,877
Rango	0,929

Q1	7,203
Q3	7,675

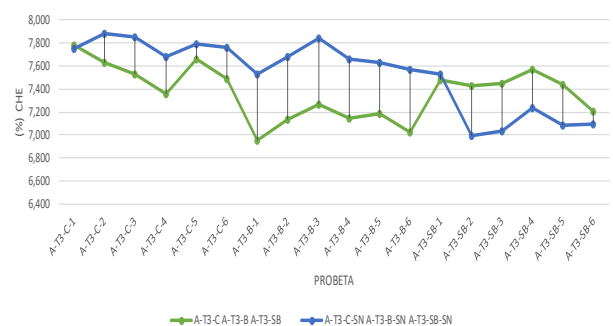
CAJA 1	7,203
CAJA 2	0,305
CAJA 3	0,167

BIGOTE SUPERIOR	0,202
BIGOTE INFERIOR	0,255

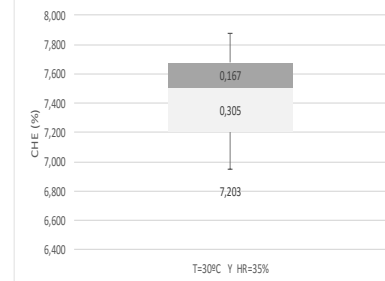
CONTENIDO DE HUMEDAD DE CEPA, BASA Y SOBREBASA



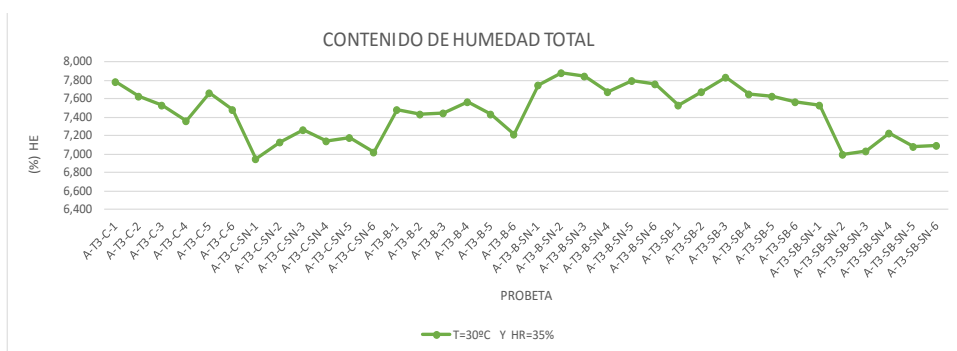
CONTENIDO DE HUMEDAD CON NUDO Y SIN NUDO



CONTENIDO DE HUMEDAD



PROBETA	CHE (%)
A-T3-C-1	7,784
A-T3-C-2	7,632
A-T3-C-3	7,531
A-T3-C-4	7,360
A-T3-C-5	7,661
A-T3-C-6	7,486
A-T3-B-1	6,949
A-T3-B-2	7,134
A-T3-B-3	7,267
A-T3-B-4	7,144
A-T3-B-5	7,185
A-T3-B-6	7,027
A-T3-SB-1	7,483
A-T3-SB-2	7,431
A-T3-SB-3	7,450
A-T3-SB-4	7,564
A-T3-SB-5	7,433
A-T3-SB-6	7,210
A-T3-C-SN-1	7,751
A-T3-C-SN-2	7,877
A-T3-C-SN-3	7,847
A-T3-C-SN-4	7,680
A-T3-C-SN-5	7,792
A-T3-C-SN-6	7,756
A-T3-B-SN-1	7,531
A-T3-B-SN-2	7,681
A-T3-B-SN-3	7,839
A-T3-B-SN-4	7,657
A-T3-B-SN-5	7,630
A-T3-B-SN-6	7,571
A-T3-SB-SN-1	7,533
A-T3-SB-SN-2	6,995
A-T3-SB-SN-3	7,031
A-T3-SB-SN-4	7,233
A-T3-SB-SN-5	7,080
A-T3-SB-SN-6	7,092



12. BIBLIOGRAFIA

- Aeberhard, R. - Aeberhard, A. - Natalini, M. - Martina, P. - Ventin, A. - Corace, J. Determinación de las isothermas de sorción de materiales constructivos porosos e higroscópicos (madera). Chaco – Argentina (2000)
- ARDILLA, Cesar, Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua Angustifolia Kunth* del departamento de Tolima, Colombia. Universidad Nacional de Colombia: 2013
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título G – Estructuras de madera y estructuras de guadua. Bogotá D.C., Colombia: Marzo de 2010.
- BRICEÑO, Paula Alejandra, determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua *Angustifolia kunth* para la construcción de los isothermas de sorción. Universidad La Gran Colombia: 2015
- CASTAÑO, Francisco, MORENO Rubén. Guadua para todos: Cultivo y aprovechamiento. (Citado. 12 marzo., 2004). Disponible en: Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento de Francisco Castaño y Rubén Darío
- DÍAZ, J. Y GONZÁLEZ, E. Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua *Angustifolia kunth* (Tesis Ingeniero Agrícola). Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1992.
- DUMAR, Jorge, determinación de la variación de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad longitudinal de la guadua *Angustifolia kunth*, con el contenido de humedad. Universidad Nacional de Colombia: 2014
- GARAY TANGARIFE, Andrés E. Isothermas de sorción para la guadua *Angustifolia kunth*, Bogotá – Colombia (2014)
- Garzón Caicedo Jenny Vaniria, optimización de estructuras en guadua, trabajo de grado Universidad Nacional de Bogotá, Colombia 1996, Pág. 43
- GHAVAMI, K. Propiedades físicas e mecánicas do colmo inteiro do bambú da especie *Guadua Angustifolia*. En: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil: V.9, Nº.1, p. 107-114, 2003.

- GHAVAMI, Khosrow. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambú da espécie *Guadua Angustifolia*. En: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil: V.9, N°.1, p.107-114, 2005.
- GONZÁLEZ, J. y LEGUIZAMÓN, Y. Determinación de la resistencia a compresión paralela a la fibra de la *Guadua (Angustifolia Kunth)* en función del contenido de humedad. Santafé de Bogotá 2012. Trabajo de Grado (Ingeniero(a) Civil). Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Guadua y Bambú Colombia. Acero vegetal. (sin fecha). Disponible en: <http://guaduaybambu.es.tl/Acero-Vegetal.htm>
- Guadua y Bambú Colombia. Importancia y utilidad de la *guadua Angustifolia kunth*. (Sin fecha). Disponible en: <http://guaduaybambu.es.tl/Estudio-7.htm>
- GUTIÉRREZ, M.; Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua GAK*. Santafé de Bogotá. Trabajo final de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. 2011.
- HONGYAN CHEN, MENGHE MIAO, XIN DING. Influence of moisture absorption on the interfacial strength of bamboo/vinyl ester composites. Composites: 2009. Part A 40, p 2013–2019.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC, 2007 (NTC 5525).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Maderas. Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos. Bogotá: ICONTEC. 2005
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Preservación y secado del culmo de *Guadua Angustifolia Kunth*. Bogotá: ICONTEC, 2007 (NTC 5301)
- JANSSEN, J.J.A. The mechanical properties of bamboo used in construction. Eindhoven University of Technology, Netherlands. In: Proceedings: Bamboo Research in Asia. IDRC- IUFRO. p: 173-188. 1974.
- LONDOÑO y CLARK.DISTRIBUCIÓN, MORFOLOGÍA, TAXONOMÍA, ANATOMÍA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBÚES DEL NUEVO

MUNDO. III Congreso Colombiano de Botánica, Popayán, 7 al 12 de Noviembre de 2004.

- MALAVER, D. y CASTRILLÓN, B. Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. – Colombia. 2004.
- MEJÍA, F. Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en Caldas para su uso en la construcción, Manizales, 1985.
- MONTOYA Arango, JIMENEZ Arias, Elias. Determinación de la curva de secado al aire libre, mediante modelación matemática y experimental de la guadua *Angustifolia Kunth*. (online). Universidad Tecnológica de Pereira. Scientia et technica
- MONTOYA Jorge A; GONZÁLEZ, Héctor A. Metodología de preparación de muestras experimentales en procesos investigativos con Guadua *Angustifolia Kunth*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: 2006.
- MONTOYA Jorge A; GONZÁLEZ, Héctor A; BEDOYA S, José R. Dureza brinell y la influencia de la humedad relativa del ambiente, de la edad y la altura relativa del tramo de la especie de bambú Guadua *Angustifolia Kunth*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: 2007.
- NSR-10. Norma de diseño sismo resistente, 2010 (capitulo G. 12)
- NSR-98. Norma de diseño sismo resistente, 1998 (capitulo E. 7)
- ORDOÑEZ, R. y DÁVALOS, R. Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de Humedad. Madera y Bosques, Vol 2, numero 2. Instituto de Ecología, A.C. México. 1996.
- OSORIO Jairo, VELEZ, Juan, CIRO, Hector. Determinacion de la relación de poisson de la guadua *Angustifolia kunth* a partir de procesamientos de imágenes y su relación con la estructura interna (Citado. 23 Julio., 2007) Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v60n2/a13v60n2>
- OSORIO SARAZ, JAIRO ALEXANDER; ESPINOSA BEDOYA, ALBEIRO and GARCIA GALEANO, EDUARD A... EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA GUADUA CON UN MODELO MATEMATICO. *Dyna rev.fac.nac.minas* [online]. 2009, vol.76, n.160 [cited 2014-05-15], pp. 169-178. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000400016&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0012-7353.

- OSORIO, Jairo Alexander; VÉLEZ, Juan Manuel; CIRO, Héctor José. Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: 2006
- OSORIO. Jairo Alexander et al. Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la guadua *Angustifolia Kunth*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2005 pág. 2.
- PEREZ Peña. Natalia. Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera, en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. Facultad de ciencias forestales. Universidad de concepción. Chile.
- PEREZ-PENA, Natalia; VALENZUELA, Luis; DIAZ-VAZ, Juan Eduardo y ANANIAS, Rubén A. Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. *Maderas, Cienc. tecnol.* [online]. 2011, vol.13, n.3 [citado 2014-05-15], pp. 253-266. Disponible en:
<http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2011000300002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-221X.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2011000300002>.
- Scrib. Condiciones ecológicas para el cultivo de la guadua-guadua *Angustifolia*kunt. (Citado. 19 julio., 2009). Disponible en:<https://es.scribd.com/doc/17466450/CONDICIONES-ECOLOGICAS-PARA-EL-CULTIVO-DE-LA-GUADUA>
- Sociedad Colombiana del bambú. Investigaciones (sin fecha). Disponible en:<http://www.sociedadcolombianadelbambu.org/investigaciones.php>

