



CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE LA MADERA *Acacia dealbata* DEL MUNICIPIO DE LA CALERA-CUNDINAMARCA, COLOMBIA PARA SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD VARIETY *Acacia dealbata* FROM THE MUNICIPALITY OF LA CALERA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA, FOR USE IN STRUCTURES' CONSTRUCTION.

Sánchez Escobar, Laura Catalina ^{(1)*}; Guerra Riaño, Andrés Felipe ⁽²⁾

⁽¹⁾ MSc Arquitecta. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

⁽²⁾ MSc Ing. Civil. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

* Laura Catalina Sánchez Escobar: icsancheze@unal.edu.co

CÓDIGO: XXXX (Escriba el código asignado a su resumen)

Resumen

Esta especie de madera fue seleccionada con el fin de darle una alternativa de uso, teniendo en cuenta que según la resolución 1766 del 17 de octubre de 2016 del Ministerio de ambiente de Colombia, "Por medio de la cual se adopta el Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá", se busca sustituir 13.000 hectáreas de especies foráneas de los Cerros Orientales, por otras especies que permitan el surgimiento de bosque nativo a través de procesos de restauración ecológica y se prohíbe la siembra de pino, eucalipto, ciprés y *acacia*, además propone talar 2.123 ha. de estas especies. El objetivo de esta investigación es determinar las propiedades físico-mecánicas de la *Acacia dealbata* del municipio de La Calera-Cundinamarca, Colombia para utilizar esta variedad en la construcción de estructuras. Para la elaboración de los ensayos, se fabricaron probetas para los ensayos de flexión, corte paralelo a las fibras, tensión y compresión paralela a las fibras; siguiendo los procedimientos indicados en la Norma Técnica Colombiana NTC 3377 MADERAS. ENSAYOS CON PROBETAS PEQUEÑAS. Los resultados obtenidos de las pruebas fueron analizados para determinar los valores correspondientes de los esfuerzos admisibles y al módulo de elasticidad requeridos en el NSR-10 para la construcción de estructuras en madera. Como resultado se obtuvo un esfuerzo ultimo a compresión de 34.08 MPa, flexión de 17.058 MPa, Tensión paralela a la fibra de 77.98 MPa y Corte paralelo a la fibra de 10.94 MPa, un MOE promedio de 11231.05 MPa y una densidad de 665.04 kg/m³. [1], [2]

Palabras-clave: Acacia dealbata, pruebas físico-mecánicas, contenido de humedad, esfuerzo admisible, módulo de elasticidad.

Abstract

This kind of wood was chosen with the objective to find an alternative use for it, considering the resolution 1766 of October 17th of 2016 of the Environment ministry of Colombia, "through which was adopted the plan of management for the nature reserve Eastern Forest of Bogota", the goal is replace 13.000 ha. of foreign species from the eastern mountains, in exchange for others that allows the growth of native forest through ecological restoring processes, is forbidden the planting of pine, eucalyptus, cypress and acacia, furthermore, was purposed to cut 2.123 ha. of these species. The objective of this research is to find the physical and mechanical properties of *Acacia dealbata* from the municipality of La Calera-Cundinamarca, Colombia to use this specie in the construction of structures. To realize the tests, there were made tests distributed among the bending stress, shear stress parallel to the fiber, tension stress and compression stress parallel to the fibers, following the procedures described in the Technical Standard of Colombia 3377" WOOD. TEST WITH SMALL SAMPLES." The obtained results were analyzed to collect the respective information to allowable stress and elastic modulus required in the seism resistant standard NSR-10 for the wood structures' construction. The obtained results for maximum stress for compression test were 34.08 MPa, bending stress 17.058 MPa, traction stress parallel to fibers 77.98 MPa and shear stress parallel to fibers 10.94 MPa.



Keywords: Acacia dealbata, physical and mechanical tests, moisture content, allowable stress, elastic modulus.

1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se estudian propiedades físicas y mecánicas de la madera *Acacia Dealbata* presente en el municipio de La Calera, Cundinamarca, con el fin de encontrar parámetros de diseño y usos técnicos en construcción para el aprovechamiento de esta especie foránea, así mismo, estimular los procesos de restauración ecológica en la zona de los cerros orientales de Bogotá, Colombia que propone el Plan de Manejo Ambiental (PMA) adscrito a la Resolución 1766 del 17 de octubre de 2016.

Teniendo en cuenta que según la resolución 1766 del 17 de octubre de 2016 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia, "Por medio de la cual se adopta el Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá...", entre otras cosas, busca sustituir gradualmente las 13.000 hectáreas de especies foráneas de los Cerros Orientales de Bogotá (CAR,2017), por otras que permitan el surgimiento de bosque nativo a través de procesos de restauración ecológica, a causa de esto se prohíbe la siembra de pinos, eucaliptos, ciprés y *acacia*, y además propone talar cerca de 2.123 hectáreas de estas especies allí presentes (Resolución 1766, 2016). [3]

Teniendo en cuenta el déficit de vivienda y equipamientos públicos con el que cuentan las comunidades rurales en Colombia, la construcción de edificaciones aprovechando esta especie de madera aporta a los procesos de restauración de los cerros orientales de Bogotá a partir de un uso productivo, dinamizando el desarrollo de las comunidades rurales.

El objetivo general de esta investigación es caracterizar mediante ensayos mecánicos la *Acacia Dealbata* procedente del municipio de La Calera siguiendo los estándares técnicos de la Norma técnica colombiana NTC 3377, respondiendo a los siguientes objetivos específicos: Realizar las pruebas físico mecánicas nombradas en la NTC 3377 con el fin de determinar el comportamiento de la madera seleccionada. Realizar análisis de los resultados de las pruebas físico mecánicas realizadas según lo indicado en las normas NTC 4113-1 y 4113-2.[4], [5] [1]

2. LA *Acacia dealbata*

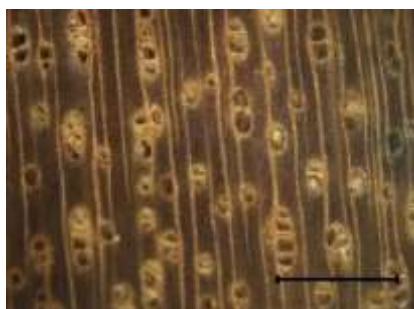


Figura 1: Fotografía de sección transversal de la Acacia dealbata ampliada 5x

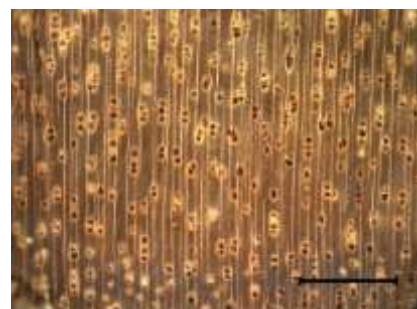


Figura 2: Fotografía de sección transversal de la Acacia dealbata ampliada 2x

Se obtiene la madera en el municipio de La Calera Cundinamarca, se escogió este municipio debido a los procesos de desarrollo social que se llevan a cabo y a los procedimientos de tala de



esta variedad con el fin de reforestar con bosque nativo y aprovechar la madera para actividades de construcción.

Luego de seleccionar el lugar de origen de la madera se procederá a escoger los tarugos que cumplan con los siguientes requisitos según lo estipulado en la NTC 3377. El material debe constar de grano recto y debe estar libre de pudrición y defectos.[1]

3. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Es importante conocer el contenido de humedad de la madera al momento del ensayo, teniendo en cuenta que la relación entre el contenido de humedad y la resistencia de la madera es inversamente proporcional. Para ejecutar este ensayo se siguieron las indicaciones dadas por la NTC 3377. [1]

Instrumentos

- Balanza de precisión
- Horno de Secado
- Calibrador

Probetas

Las probetas para determinar el contenido de humedad se preparan inmediatamente después de cada ensayo mecánico. La cantidad de probetas debe ser igual a la cantidad de probetas para los ensayos mecánicos y físicos. La forma de la probeta es prismática, con anchura aproximada de 50 mm altura de 50 mm. Las muestras se tomaron cerca del lugar de la falla y se almacenaron en condiciones que garanticen que el contenido de humedad no cambie.

Procedimiento

- Las probetas se deben pesar con una precisión de 0.02% y se deben secar a una temperatura de 103° C durante 24 horas seguidas.
- Pasadas las 24 horas se deben monitorear las probetas cada 2 horas registrando los cambios en las dimensiones y peso de cada elemento.
- El secado se da por finalizado cuando las diferencias de masa entre mediciones sucesivas no superan los 0.01 g.

Resultados y análisis:

Tabla 1: Resultados del ensayo de contenido de humedad

PROBETA	%
CH01	44.46
CH02	42.83
CH03	43.17
CH04	43.25
CH05	48.55
CH06	42.89
CH07	45.17
CH08	42.09
CH09	43.76
CH10	50.24
CH11	41.63
CH12	44.14
Contenido de Humedad Promedio (%)=	44.35



4. DENSIDAD BÁSICA D_B .

Se define como el cociente entre la masa en estado anhidro y el volumen de la madera en estado verde.

Instrumentos

- Balanza de precisión
- Horno de Secado
- Calibrador

Procedimiento:

Luego de realizar las pruebas correspondientes a los ensayos de Contenido de Humedad, se procederá a calcular la densidad siguiendo la siguiente fórmula

$$\rho = (m/V) \times 10^6$$

en donde

ρ = densidad, en kg / m³.

m = masa de la probeta seca en horno, en g.

V = volumen húmedo (verde) de la probeta, en mm³

Resultados y análisis:

Tabla 2: Resultados del ensayo de densidad

	MASA (g)	BASE 1 (mm)	BASE 2 (mm)	ALTURA (mm)	VOLUMEN (m ³)	DENSIDAD (kg/m ³)
CH01	39.14	23.14	23.76	98.28	5.403.E-05	724.35
CH02	37.58	24.30	23.47	99.81	5.692.E-05	660.18
CH03	37.96	23.73	24.20	101.72	5.841.E-05	649.84
CH04	37.87	23.75	23.65	100.57	5.649.E-05	670.40
CH05	42.75	23.63	24.31	102.01	5.860.E-05	729.53
CH06	37.69	24.86	23.69	99.86	5.881.E-05	640.87
CH07	39.59	23.71	24.33	101.33	5.845.E-05	677.29
CH08	36.93	24.92	24.07	101.48	6.087.E-05	606.70
CH09	38.30	24.71	23.72	100.75	5.905.E-05	648.58
CH10	44.23	24.49	24.79	102.16	6.202.E-05	713.13
CH11	36.55	24.83	24.17	102.57	6.156.E-05	593.76
CH12	38.82	23.97	24.01	101.30	5.830.E-05	665.86
	Densidad Promedio (kg/m ³)=					665.04
	Desviación estándar S =					42.39

5. ESFUERZO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA F_c .

Este ensayo tiene la finalidad de calcular el esfuerzo último de compresión de la probeta y el módulo nominal de elasticidad.

Instrumentos

Máquina de ensayo, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1 % de la escala utilizada y la deflexión con exactitud de mm.

Probetas

Para este ensayo se requieren probetas prismáticas de 50mm x 50mm x 300mm.



Procedimiento

Se realizó el montaje según las especificaciones de la NTC 3377 (figura 3), se verifica que los extremos de la probeta estén paralelos entre sí y ortogonales al sentido longitudinal para garantizar la aplicación uniforme de la carga en todo el elemento. La carga del ensayo se aplicó de forma continua a una velocidad de 0,003 mm/min * mm de longitud de la probeta.



Figura 3: Montaje ensayo de compresión paralela a la fibra

5.4 Resultados y análisis:

El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$F_c = (f/A)$$

f = Fuerza en N.

En donde:

A = Área en mm²

El módulo de elasticidad E se debe calcular a partir del valor medio de la lectura de la máquina como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult}.

El esfuerzo último promedio de la muestra de ensayo se debe calcular con aproximación de 0,5 MPa como la media aritmética de los resultados de ensayo de las probetas. (Tabla 3).

Tabla 3: Resultados del ensayo de compresión paralela a las fibras

	Carga (kgf)	Carga (N)	Area (mm2)	Esfuerzo (MPa)	Rev Atipico
AC1	8140.05	79853.8905	2500	31.9415562	Ok
AC2	8843.66	86756.3046	2500	34.70252184	Ok
AC3	8953.11	87830.0091	2500	35.13200364	Ok
AC4	7466.7	73248.327	2500	29.2993308	Ok
AC5	11066.98	108567.074	2500	43.42682952	Ok
AC6	6456.5	63338.265	2500	25.335306	Ok
AC7	9030.61	88590.2841	2500	35.43611364	Ok
AC8	9776.35	95905.9935	2500	38.3623974	Ok
AC9	9604.36	94218.7716	2500	37.68750864	Ok
AC10	9787.91	96019.3971	2500	38.40775884	Ok
AC11	6590.76	64655.3556	2500	25.86214224	Ok
AC12	6344.67	62241.2127	2500	24.89648508	Ok
AC13	9753.58	95682.6198	2500	38.27304792	Ok
AC14	9786.87	96009.1947	2500	38.40367788	Ok
Esfuerzo ultimo promedio (MPa)=				34.08	
Desviación estándar S (MPa)=				5.77	
Datos atípicos - criterio de Chauvenet					
K (para n=14 datos) =				2.1	
Mínimo aceptable=				21.97	
Máximo aceptable=				46.20	
Coeficiente de variación (%) =				16.93%	
Percentil 5% =				25.18	



6. ESFUERZO DE FLEXIÓN F_B .

Este ensayo tiene la finalidad de calcular el esfuerzo último de flexión de la probeta y determinar el módulo de elasticidad.

Instrumentos

Se debe utilizar una carga central y un espaciamiento de 710 mm entre los apoyos (ver figura 4), máquina de ensayo, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1 % de la escala utilizada y la deflexión con exactitud de mm.



figura 4: Montaje para flexionar el elemento

Probetas

Los elementos de ensayo no deben tener defectos visibles. Para lograr una falla en flexión, la probeta debe medir 50 x 50 x 760 mm

Procedimiento

Se realizó el montaje de las probetas según lo descrito en la NTC 3377, se ubicó cada probeta de tal forma que la carga se aplicó sobre la superficie tangencial más cercana a la médula. La velocidad del ensayo es de 2,5 mm/min.

Al finalizar el ensayo se debe tomar muestras para realizar el ensayo de contenido de humedad según lo especificado en la NTC 3377.

Resultados y análisis

Tabla 4: Resultados del ensayo de flexión

	Carga (kgf)	Carga (N)	Momento (N*mm)	c (mm)	I (mm ⁴)	Esfuerzo (MPa)	Rev atípico
AF01	905848	8886368.88	3154660952	25	520833.33	151423.7257	Atípico
AF02	1009.961	9907.71741	3517239.681	25	520833.33	168.8275047	Ok
AF03	932.63	9149.1003	3247930.607	25	520833.33	155.9006691	Ok
AF04	1157.786	11357.8807	4032047.634	25	520833.33	193.5382864	Ok
AF05	911.932	8946.05292	3175848.787	25	520833.33	152.4407418	Ok
AF06	1060.539	10403.8876	3693380.094	25	520833.33	177.2822445	Ok
AF07	1054.455	10344.2036	3672192.26	25	520833.33	176.2652285	Ok
AF08	1148.065	11262.5177	3998193.766	25	520833.33	191.9133008	Ok
AF09	1164.38	11422.5678	4055011.569	25	520833.33	194.6405553	Ok
AF10	1118.595	10973.417	3895563.017	25	520833.33	186.9870248	Ok
AF11	944.807	9268.55667	3290337.618	25	520833.33	157.9362057	Ok
AF12	836.371	8204.79951	2912703.826	25	520833.33	139.8097837	Ok



7. ESFUERZO CORTE PARALELO A LA FIBRA F_v .

Este ensayo tiene la finalidad de hallar la carga máxima para el esfuerzo de corte paralelo a las fibras de cada probeta.

Instrumentos

Se utiliza una herramienta de corte como se muestra en la Figura 5, proporcionando un desplazamiento de 3 mm entre el borde interno de la superficie de apoyo y el plano donde ocurre la falla.

Máquina de ensayo, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1 % de la escala utilizada.

Probetas

Los ensayos de esfuerzo de corte paralelo al grano se deben efectuar en probetas de 50 mm por 50 mm por 63 mm.

Procedimiento

Se aplica la carga a las superficies extremas de grano y se apoya la probeta sobre estas. Se debe estar seguro de que, al colocar la muestra en el aparato de corte, la barra transversal esté ajustada para que los extremos de la probeta queden verticales y el extremo repose uniformemente en el soporte sobre la superficie de contacto. Se observa solo la carga máxima. Los ensayos deben realizarse a una velocidad de 0,6 mm/min. (figura 5)

Al finalizar el ensayo se debe tomar muestras para realizar el ensayo de contenido de humedad según lo especificado en la NTC 3377.



Figura 5: Montaje del ensayo de corte paralelo a las fibras

Resultados y análisis

Tabla 5: Resultados del ensayo de corte paralelo a las fibras

	Carga (kgf)	Carga (N)	Área (mm ²)	Esfuerzo (MPa)
VC03	2523.80918	24733.33	2500	9.89
VC04	2952.38061	28933.33	2500	11.57
VC05	3066.66633	30053.33	2500	12.02
VC06	1046.59898	10256.67	2500	4.10
VC07	3670.74796	35973.33	2500	14.39
VC08	2923.80918	28653.33	2500	11.46
VC09	2823.12929	27666.667	2500	11.07
VC10	3413.6051	33453.33	2500	13.38
VC11	3680.27143	36066.66	2500	14.43
VC12	2774.15	27186.67	2500	10.87
VC13	1031.63265	10110	2500	4.04
VC14	3575.5102	35040	2500	14.02



Esfuerzo ultimo promedio (MPa)=	10.94
Desviación estándar S (MPa)=	3.53
Datos atípicos - criterio de Chauvenet	
K (para n=14 datos) =	2.1
Mínimo aceptable=	3.53
Máximo aceptable=	18.34
Coefficiente de variación (%) =	32.24%
Percentil 5% =	4.08

8. ESFUERZO DE TENSIÓN PARALELO A LA FIBRA F_T .

Este ensayo tiene la finalidad de hallar el esfuerzo admisible y el módulo de elasticidad ante el esfuerzo a tensión paralela a las fibras.

Instrumentos

- Extensómetro electromecánico.
- Adquisidor de datos.
- Máquina de ensayo, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1 % de la escala utilizada.

Probetas

Las probetas deben tener las dimensiones especificadas en la figura 6.

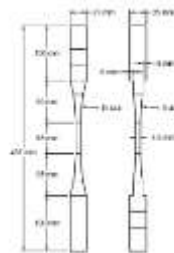


Figura 6: Dimensiones de las probetas para el ensayo de tensión

Procedimiento

Se ajustan las probetas durante el ensayo con mordazas, Se debe aplicar la carga en forma continua durante todo el ensayo con el cabezal móvil a una velocidad de 2,5 mm/min.

Al finalizar el ensayo se debe tomar muestras para realizar el ensayo de contenido de humedad según lo especificado en la NTC 3377. (figura 7).



Figura 7: Montaje y falla producida en el ensayo de tensión paralela a las fibras.



Resultados y análisis

Tabla 6: Resultados del ensayo de tensión paralela a las fibras

	Carga (kgf)	Carga (N)	Área (mm ²)	Esfuerzo (MPa)
T01	87.755102	860	38.6080	22.27517613
T02	215.408163	2111	29.3844	71.84084072
T03	263.163265	2579	26.4180	97.62283292
T04	353.605102	3465.33	43.6080	79.46546505
T05	378.231633	3706.67	28.1424	131.7112258
T06	239.864286	2350.67	36.1675	64.99398631
Esfuerzo ultimo promedio (MPa)=				77.98
Desviación estándar S (MPa)=				36.29
Datos atípicos - criterio de Chauvenet				
K (para n=14 datos) =				2.1
Mínimo aceptable=				1.78
Máximo aceptable=				154.19
Coeficiente de variación (%) =				46.53%
Percentil 5% =				32.95

9. MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad fue calculado con los datos obtenidos del ensayo de compresión paralela a las fibras, hallando la pendiente de la recta tangente de la curva esfuerzo vs deformación dentro del rango elástico del material.

Tabla 7: Resultados del MOE

	Carga limite proporcional(kgf)	Carga limite proporcional(N)	Esfuerzo (MPa)	Desplazamiento limite proporcional (mm)	Deformación	MOE (MPa)	Rev Atípico
AC1	7139,37	70037,2197	28,01488788	0,64	0,002133333	13131,97869	Ok
AC2	8156,37	80013,9897	32,00559588	0,816	0,00272	11766,76319	Ok
AC3	8156,03	80010,6543	32,00426172	1	0,003333333	9601,278516	Ok
AC4	6117	60007,77	24,003108	0,66	0,0022	10910,50364	Ok
AC5	8159	80039,79	32,015916	0,8	0,002666667	12005,9685	Ok
AC6	5099	50021,19	20,008476	0,56	0,001866667	10718,82643	Ok
AC7	7138	70023,78	28,009512	0,732	0,00244	11479,3082	Ok
AC8	8159	80039,79	32,015916	1,032	0,00344	9306,952326	Ok
AC9	8158	80029,98	32,011992	0,936	0,00312	10260,25385	Ok
AC10	8911	87416,91	34,966764	1,1	0,003666667	9536,390182	Ok
AC11	5098	50011,38	20,004552	0,448	0,001493333	13395,90536	Ok
AC12	5098	50011,38	20,004552	0,464	0,001546667	12933,97759	Ok
AC13	7137	70013,97	28,005588	0,892	0,002973333	9418,919731	Ok
AC14	8156	80010,36	32,004144	0,752	0,002506667	12767,61064	Ok

10. CONCLUSIONES.

- Los ensayos se realizaron con un contenido de humedad promedio de 44.35%.
- La densidad promedio de la *Acacia dealbata* del municipio de La Calera es de 665.04 kg/m³.
- Se obtuvo un esfuerzo último a compresión de 34.08 MPa y un quinto percentil corregido con el 12% CH de 33.58 MPa.
- Se obtuvo un esfuerzo último a flexión de 12776.61 MPa y un quinto percentil corregido con el 12% CH de 183.45 MPa.
- Se obtuvo un esfuerzo último a corte de 10.94 MPa y un quinto percentil corregido con el 12% CH de 4.8 MPa.



- Se obtuvo un esfuerzo último a tensión de 77.98 MPa y un quinto percentil corregido con el 12% CH de 41.19 MPa.
- Se obtuvo un módulo de elasticidad promedio de 11231.05 MPa.
- Esta madera presenta esfuerzos admisibles dentro de los rangos establecidos por los grupos estructurales del código de construcción sismo resistente colombiano NSR-10, por sus propiedades mecánicas puede tener uso estructural siempre y cuando se validen sus características de durabilidad.

11. RECOMENDACIONES Y DISCUSIÓN.

- Se recomienda continuar el estudio de esta madera en cuanto a su vulnerabilidad ante humedad, hongos y fuego.
- Se puede aprovechar su uso articulándolo con planes de aprovechamiento forestal que permitan la recuperación del bosque nativo de los cerros orientales de Bogotá.
- Los ensayos fueron realizados bajo la norma NTC 3377 MADERAS. ENSAYOS CON PROBETAS PEQUEÑAS, con esta metodología se espera que los resultados sean muy cercanos a ensayos realizados en probetas de tamaño estructural, se recomienda elaborar ensayos en probetas de tamaño estructural con el fin de determinar su dispersión.

12. AGRADECIMIENTOS.

Agradecimientos a las comunidades que habitan los cerros orientales de Bogotá por motivar esta investigación, a Selene Lozano Sotelo y a *La Casa de los Colores* por los procesos sociales que lleva con estas comunidades que dieron origen al presente trabajo, además de suministrar la madera necesaria para realizar los ensayos mecánicos, así mismo, al grupo de investigación Madera y Guadua de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar el laboratorio de madera y guadua para poder llevar a cabo esta investigación.

13. REFERENCIAS.

- [1] Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, *NTC 3377*. 1992.
- [2] AIS, *NSR-10 (Reglamento Colombiano De Construcción Sismoresistente)*. 2010, pp. 334-469–997.
- [3] Ministerio de ambiente y desarrollo, *RESOLUCIÓN 1766.pdf*. 2016.
- [4] Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, *NTC 4113 GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DE SUELO. MUESTREO. GUÍA PARA EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO E*: 1997.
- [5] Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, “*NTC 4113-2 GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DE SUELO. MUESTREO. GUÍA SOBRE TÉCNICAS DE MUESTREO E*,” 1997.