



Medellín, diciembre 7 de 2017

ASUNTO

INFORME FINAL

FECHA DE ENTREGA: 7 de diciembre de 2017

INSTITUCION DE EDUCACION SUPERIOR COLEGIO INTEGRADO
NACIONAL ORIENTE DE CALDAS IES CINOC

PROYECTO

Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera de árboles de Pino Romerón (*Retrophyllum Rospigliosii* (Pilger) C.N. Page - Podocarpaceae) de plantaciones de 22 años de edad, en dos sitios en El Centro de Transferencia Tecnológica La Granja, Pensilvania - Caldas.

De acuerdo a lo establecido en el Convenio de Cooperación con fecha del 13 de febrero de 2017, y luego de la firma del Acta de Inicio y recibo de la madera en la UNAL Medellín, soportado con un informe técnico, se presenta a continuación el INFORME FINAL en la fecha estipulada en el “Plan de trabajo y cronograma de actividades detallado” (aprobado el 23 de marzo de 2017), en el que se enumeran y relatan las actividades realizadas en todo el desarrollo del Proyecto, así:

METODOLOGÍA

Elaboración de probetas y determinación de propiedades físicas y mecánicas

Las trozas fueron seccionadas en tablones de 6cm de espesor (Figura 1), la mayoría de los cuales, fueron llevados a un Horno de Secado a temperatura de 60°C por diez días para agilizar la pérdida de humedad en la madera (Figura 2), y seguidamente almacenados al aire libre hasta un contenido de humedad entre 18 y 20%. Algunos tablones en estado verde fueron utilizados para extraer las probetas necesarias para la determinación de las propiedades físicas de la madera. Posteriormente, se cortaron listones, y de estos las probetas que luego se seleccionaron entre aquellas libres de defectos y con buena orientación (NTC 301, 1969 y NTC 3377, 2004).



Figura 1. Tablones de 6cm de espesor



Figura 2. Tablones en horno de secado para agilizar la pérdida de humedad en la madera.

La determinación de las propiedades físicas se realizó en dos probetas por troza, seis probetas por árbol y ensayo y 94 totales (46 para S1 y 48 para S2), a través de los ensayos de contracción (radial, tangencial, longitudinal y volumétrica) (NTC 701, 2003), densidad (verde, seca al aire, anhidra, básica) (NTC 290, 1974), y contenido de humedad (verde y seco al aire) (NTC 206-1, 2006) (Tabla 1).

La determinación de las propiedades mecánicas se realizó en una máquina Tinius Olsen (Figura 3) con capacidad de 15000kg, accesorios para cada ensayo y la madera en condición seca al aire (contenido de humedad cercano al 12%), en dos probetas por troza, cuatro por árbol y ensayo y 431 totales (220 para S1 y 211 para S2) (Tabla 2), extraídas principalmente de las trozas A y B y solo en algunos casos de la C, debido a la presencia de numerosos nudos (Figura 4), como el defecto más relevante aun en las dos primeras trozas. Se realizaron los ensayos de flexión estática (NTC 663, 2003), compresión paralela (NTC 784, 2004) y perpendicular al grano (NTC 785, 2004), cizalladura radial y tangencial (NTC 775, 2004), dureza (NTC 918, 2004) y extracción de clavos (NTC 951, 2004) (ASTM D 143-94, 2003) (Tabla 3).

Resultados que fueron ajustaron al 12% de contenido de humedad, excepto en el ensayo de extracción de clavos, con el fin de aportar datos que puedan ser comparados con otros estudios (ASTM D 1990-00, 2003).

Tabla 1. Normas y ensayos de propiedades físicas realizados.

Ensayo	Norma		Procedimiento
Contenido de Humedad	NTC 206-1	Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos	
Densidad	NTC 290	Determinación del peso específico aparente	
Contracción	NTC 701	Método para determinar la contracción	



Figura 3. Máquina de ensayos Tinius Olsen



Figura 4. Presencia de numerosos nudos, como el defecto más relevante aun en la madera de las trozas A y B de los árboles seleccionados.

Análisis estadístico

Se calcularon estadísticos descriptivos básicos (media, intervalo de confianza, desviación estándar y coeficiente de variación) y se realizó un análisis de varianza de un factor para la diferencia de medias entre los sitios, mediante el programa Statgraphics.

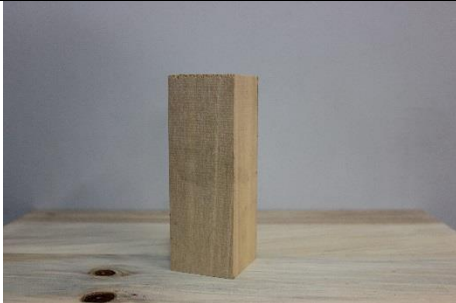
Tabla 2. Probetas elaboradas para la realización de ensayos mecánicos con la madera de pino romerón.

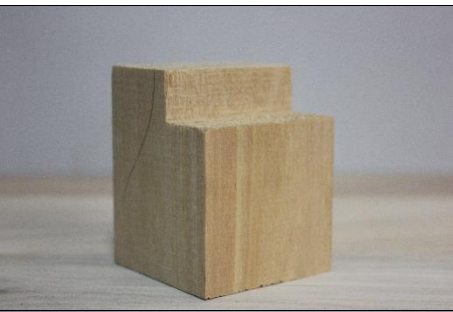
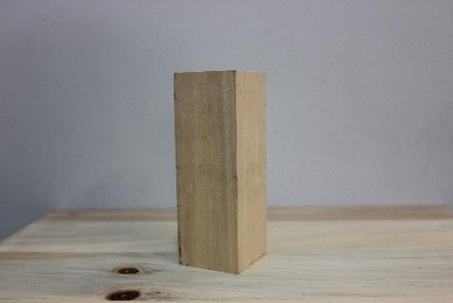
Universidad
Nacional
de Colombia

Ensayo	Sitio	Troza	No de árbol								Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Flexión Estática	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		Total	4	4	4	4	4	4	4	4	32
	2	A	2	2	2	2	2	2	1	2	16
		B	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		Total	4	4	4	4	4	4	3	4	31
Compresión Paralela	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	2	2	2	2	2	-	2	14
		Total	4	4	4	4	4	4	2	4	30
	2	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	1	2	1	-	2	2	2	1	12
		C	-	-	1	-	-	-	-	1	2
Compresión Perpendicular	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	2	1	2	1	2	2	1	12
		C	-	-	1	-	1	-	-	1	3
	2	A	1	2	2	2	2	2	2	2	15
		B	2	-	1	2	2	2	2	2	13
		C	-	2	1	-	-	-	-	-	3
Cizalladura Radial	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	2	2	-	2	2	-	2	12
		C	-	-	-	2	-	-	-	-	2
	2	A	-	2	2	2	2	2	2	2	14
		B	2	-	2	1	2	2	2	2	13
		C	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Cizalladura Tangencial	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	-	2	-	2	2	2	2	12
		C	-	2	-	2	-	-	-	-	4
	2	A	1	2	2	2	2	2	2	2	15
		B	1	-	2	2	2	2	1	2	14
		C	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Dureza	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16
		B	2	2	2	1	1	2	2	2	14

		C	-	-	-	1	1	-	-	-	2	Universidad Nacional de Colombia
		Total	4	4	4	4	4	4	4	4	32	
	2	A	1	2	2	2	2	2	2	2	15	
		B	2	-	2	2	2	2	2	1	12	
		C	-	2	-	-	-	-	-	1	3	
		Total	3	4	4	4	4	4	4	4	31	
Extracción de clavos	1	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16	
		B	1	2	2	2	2	2	-	-	12	
		C	1	-	-	-	-	-	2	2	4	
		Total	4	4	4	4	4	4	4	4	32	
	2	A	2	2	2	2	2	2	2	2	16	
		B	1	-	1	-	1	2	-	1	8	
		C	1	2	1	2	1	-	2	1	8	
		Total	4	4	4	4	4	4	4	4	32	
TOTAL PROBETAS											431	

Tabla 3. Normas y probetas para los ensayos de propiedades mecánicas.

Ensayo	Norma		Probeta
Flexión estática	NTC 663	Determinación de la resistencia a la flexión	
Compresión paralela	NTC 784	Determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano	
Compresión perpendicular	NTC 785	Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano	

Cizalladura radial	NTC 775	Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano.		
Cizalladura tangencial				
Dureza	NTC 918	Determinación de la dureza (método Janka).		
Extracción de clavos	NTC 951	Método de extracción de clavos		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios obtenidos en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino romerón de plantaciones, en Sistema Lineal (S1) y Plantación Pura (S2), se presentan de acuerdo con el siguiente esquema:

$\bar{X}$	$\pm q$
K	n
Cv	

Dónde:

$\bar{X}$ = Media.

$\pm q$ = Intervalo de confianza del 95%.

K = Número de árboles.

n = Número de probetas.

Cv = Coeficiente de variación.

Propiedades físicas

La Tabla 4 muestra los valores medios obtenidos en la determinación de las propiedades físicas entre los sitios estudiados. Los valores medios obtenidos para las densidades verde, seca al aire, seca al horno y básica fueron 0,76; 0,40; 0,37 y 0,34 g/cm³, respectivamente. Sin diferencias significativas entre sitios ($P > 0,05$), excepto para la densidad verde.

Tabla 4. Valores medios obtenidos en la determinación de las propiedades físicas de la madera de pino romerón de plantaciones, en Sistema Lineal (S1) y Plantación Pura (S2).

Ensayo		S1		S2		Media poblacional
Contenido de humedad (%)	Verde (>30%)	133 8 0,17	±6,54 46	119 8 0,18	±5,97 48	126
	Seco al aire (10-14%)	12 8 0,02	±0,06 46	11 8 0,02	±0,06 48	12
Densidad (g/cm ³)	Verde *	0,79 8 0,11	±0,03 46	0,73 8 0,09	±0,02 48	0,76
	Seca al aire	0,41 8 0,09	±0,01 46	0,39 8 0,10	±0,01 48	0,40
	Seca al horno	0,38 8 0,10	±0,01 46	0,37 8 0,10	±0,01 48	0,37
	Básica	0,34 8 0,09	±0,01 46	0,33 8 0,10	±0,01 48	0,34
Contracción normal (%) (verde a seco al aire)	Radial	1,97 8 0,21	±0,12 44	2,11 8 0,35	±0,21 48	2,04
	Tangencial	3,97 8 0,25	±0,30 44	4,23 8 0,29	±0,34 48	4,10
	Volumétrica	7,83 8 0,18	±0,41 44	8,02 8 0,24	±0,55 48	7,93
	Relación T/R (CED)	2,08 8 0,28	±0,17 44	2,17 8 0,46	±0,28 48	2,13
Contracción total (%) (verde a seco al horno)	Radial	3,13 8 0,22	±0,21 44	3,28 8 0,31	±0,29 48	3,20
	Tangencial	5,56 8 0,21	±0,35 44	5,97 8 0,21	±0,36 48	5,76
	Volumétrica	10,82 8 0,15	±0,48 46	11,33 8 0,18	±0,58 48	11,08
	Relación T/R (CED)	1,85 8 0,29	±0,16 44	1,91 8 0,24	±0,13 48	1,88

* Diferencia significativa ($P > 0,05$)

CED = Coeficiente de Estabilidad Dimensional

De acuerdo a la clasificación realizada por JUNAC (1984), la densidad media seca al aire para la madera de pino romerón ($0,40 \text{ g/cm}^3$), ubica a la madera en el grupo de las blandas o livianas, con densidades entre $0,40$ y $0,72 \text{ g/cm}^3$, de utilidad general para carpintería, construcción no estructural, mueblería y decorativas, poco durables en climas tropicales, pero tratadas convenientemente pueden usarse con éxito.

La densidad básica media para la población, de $0,34 \text{ g/cm}^3$, no permite clasificar a la madera de pino romerón en los grupos estructurales A, B o C, estipulados por JUNAC (1984), y resulta realmente baja si se compara con los valores obtenidos en madera de individuos de bosque natural por JUNAC (1981a) en Ecuador ($0,57 \text{ g/cm}^3$); Aróstegui & Sato (1970) en Perú ($0,41 \text{ g/cm}^3$) (Tabla 5) y Vásquez (2010) en Colombia ($0,59 \text{ g/cm}^3$); y en madera de bosque plantado en Colombia ($0,37 \text{ g/cm}^3$), de menor edad y dimensiones (ocho años, 7,5 m de altura y 20,8 cm de DAP), por Vásquez & Alcántara (2009).

Los valores medios obtenidos para las contracciones radiales normal y total (2,04 y 3,20%) y tangenciales normal y total (4,10 y 5,76%) en la madera de pino romerón (Tabla 4), se encuentran dentro de lo esperado, ya que según Kollman (1959), la contracción tangencial es mayor y notablemente diferente a la radial.

PROEXPO (1970), clasifica los valores obtenidos en este estudio para las contracciones volumétricas normal (7,93%) y total (11,08%) como alta y moderada, respectivamente, las mismas, que junto a las contracciones radial y tangencial normales (2,04 y 4,10%) (Tabla 4), fueron superiores a las reportadas por JUNAC (1981a) (4,8-8,7%; 1,6-3,2%). Mientras que las contracciones radial y tangencial totales (3,20 y 5,76%) concuerdan con las obtenidas por este autor (3,2 y 5,7%), pero resultan inferiores a las encontradas por Aróstegui & Sato (1970) (3,6 y 7,3%) (Tabla 5).

Estas diferencias en cuanto a los valores de densidad y contracciones en la madera de este estudio y en la literatura consultada, pueden explicarse a partir de los diferentes métodos de muestreo y ensayo, así como en la edad y condiciones de crecimiento de cada fuente de estudio.

El valor medio obtenido entre la relación contracción tangencial-radial total (T/R) o coeficiente de estabilidad dimensional total (CED) fue de 1,88% (Tabla 4), equivalente a los obtenidos por JUNAC (1981a) (1,9%) y Aróstegui & Sato (1970) (2%). Dicho valor permite clasificar la madera de pino romerón como inestable (PROEXPO, 1970), y propensa a presentar problemas durante el proceso de secado (JUNAC, 1989). De igual forma, el coeficiente de estabilidad dimensional normal de 2,13%, obtenido para la población, concuerda con el valor de 2% encontrado en JUNAC (1981a) (Tabla 5).

No se encontraron diferencias significativas entre los valores obtenidos para las diferentes contracciones y para el coeficiente de estabilidad dimensional entre sitios ($P > 0,05$) (Tabla 4).

Tabla 5. Media poblacional para las propiedades físicas de pino romerón de plantaciones de 22 años y valores reportados en árboles de bosque natural.

Ensayo		Media poblacional	JUNAC (1981a)	Aróstegui & Sato (1970)
Contenido de humedad (%)	Verde (>30%)	126	-----	-----
	Seco al aire (10-14%)	12	-----	-----
Densidad (g/cm ³)	Verde	0,76	0,91	-----
	Seca al aire	0,40	0,68	0,43
	Seca al horno	0,37	0,64	-----
	Básica	0,34	0,57	0,41
Contracción normal (%) (verde a seco al aire)	Radial	2,04	1,6	-----
	Tangencial	4,10	3,2	-----
	Volumétrica	7,93	4,8	-----
	Relación T/R (CED)	2,13	2,0	-----
Contracción total (%) (verde a seco al horno)	Radial	3,20	3,2	3,6
	Tangencial	5,76	5,7	7,3
	Volumétrica	11,08	8,7	-----
	Relación T/R (CED)	1,88	1,9	2,0

Propiedades mecánicas

La Tabla 6 muestra los valores medios obtenidos en la determinación de las propiedades mecánicas entre los sitios estudiados.

Universidad
Nacional
de Colombia

Tabla 6. Valores medios obtenidos en la determinación de las propiedades mecánicas (ajustados al 12% de contenido de humedad, excepto en el ensayo de extracción de clavos), de la madera de pino romerón de plantaciones, en Sistema Lineal (S1) y Plantación Pura (S2).

Ensayo		S1	S2	Media poblacional
Flexión estática	ELP (kg/cm ²) *	319,25 ±18,74 8 32 0,17	355,35 ±18,28 8 31 0,15	337,02
	MOR (kg/cm ²) *	482,53 ±21,24 8 32 0,13	516,02 ±22,31 8 31 0,12	499,01
	MOE ×1000 (kg/cm ²)	54,21 ±3,51 8 32 0,19	56,47 ±3,52 8 31 0,18	55,32
Compresión paralela	ELP (kg/cm ²)	164,68 ±7,90 8 30 0,13	161,09 ±9,67 8 29 0,16	162,92
	MOR (kg/cm ²)	227,97 ±7,89 8 30 0,10	227,87 ±8,33 8 29 0,10	227,92
	MOE ×1000 (kg/cm ²) *	79,05 ±5,01 8 30 0,18	71,55 ±4,35 8 29 0,17	75,37
Compresión perpendicular	ELP (kg/cm ²)	52,36 ±2,35 8 32 0,13	52,12 ±2,32 8 31 0,13	52,24
Cizalladura radial	MOR (kg/cm ²)	50,39 ±2,04 8 30 0,11	48,10 ±2,77 8 28 0,16	49,29
Cizalladura tangencial	MOR (kg/cm ²) *	58,05 ±2,15 8 32 0,11	54,53 ±1,96 8 29 0,10	56,38
Dureza	Extremos (kg)	344,17 ±13,02 8 32 0,11	334,94 ±13,72 8 31 0,12	337,90
	Lados (kg)	216,53 ±9,35 8 32 0,12	207,52 ±11,20 8 31 0,15	212,03
Extracción de clavos **	Radial (kg) *	52,10 ±3,57 8 32 0,20	35,60 ±2,56 8 32 0,21	43,85
	Tangencial (kg) *	60,34 ±3,45 8 32 0,17	46,16 ±2,97 8 32 0,19	53,25
	Extremos (kg) *	47,79 ±3,15 8 32 0,19	35,86 ±2,83 8 32 0,23	41,83

* Diferencia significativa (P < 0,05)

** Valores en madera seca al aire (contenido de humedad cercano al 12% de contenido de humedad)

ELP: Esfuerzo en el Límite Proporcional

MOR: Modulo de Ruptura

MOE: Modulo de Elasticidad

En flexión estática se evaluó el comportamiento de la madera al ser sometida a un esfuerzo que trata de causar una curvatura en su longitud (perpendicular al grano). Los valores promedio obtenidos para la población en el ELP, MOR y MOE de 337,02, 499,01 y 55,32 kg/cm², respectivamente, fueron inferiores a los reportados por Aróstegui & Sato (1970) (442, 788 y 109 kg/cm²) y por JUNAC (1981a) (423, 1016 y 96 kg/cm²). Con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre sitios para el ELP y MOR, y sin diferencias para el MOE (Tablas 6 y 7).

En compresión se evaluó el comportamiento de la madera al ser sometida a dos fuerzas en la misma dirección que tratan de producir un aplastamiento de su estructura en sentido paralelo o perpendicular.

En compresión paralela se obtuvo, un ELP promedio para la población de 162,92 kg/cm², inferior al obtenido por Aróstegui & Sato (1970) (246 kg/cm²), al igual que el MOR, de 227,92 kg/cm², también inferior al reportado por este autor (412 kg/cm²) y por JUNAC (1981a) (473 kg/cm²). Así mismo, el MOE de 75,37 kg/cm² fue inferior al presentado por Aróstegui & Sato (1970) (110 kg/cm²), y está de acuerdo al comportamiento expresado en JUNAC (1984), que especifica que en maderas tropicales, el MOE en compresión paralela es superior al MOE obtenido en flexión estática. Sin diferencias significativas entre sitios ($P > 0,05$) para los valores de ELP y MOR, y con diferencias para el MOE (Tablas 6 y 7).

En compresión perpendicular el ELP promedio obtenido, de 52,24 kg/cm², corresponde al 33% del ELP en compresión paralela, aunque JUNAC (1984) especifica que debe variar entre el 20 y el 25% del mismo. Este valor es superior al encontrado por Aróstegui & Sato (1970) (46,2 kg/cm²) e inferior al reportado por JUNAC (1981a) (86 kg/cm²), sin diferencia significativa entre sitios ($P > 0,05$) (Tablas 6 y 7).

En el ensayo de cizalladura se evaluó la resistencia interna de las células en la madera, al someterla a un esfuerzo aplicado sobre una porción de la misma. El valor promedio para el MOR en la cizalladura radial (49,29 kg/cm²), fue inferior al obtenido para la misma propiedad en dirección tangencial (56,38 kg/cm²), y al reportado por JUNAC (1981a) (116 kg/cm²). Sin diferencias significativas entre sitios ($P > 0,05$) para la cizalladura radial, y con diferencias para la tangencial ($P < 0,05$) (Tablas 6 y 7).

La dureza determinó la resistencia de la madera a la penetración de otros objetos. El valor promedio para la población resultó superior en los extremos (337,90 kg) que en los lados (212,03 kg), y ambos valores fueron inferiores a los obtenidos por JUNAC (1981a) (677 y 452 kg) y por Aróstegui & Sato (1970) (516 y 298 kg). Sin diferencia significativa para los mismos entre sitios ($P > 0,05$) (Tablas 6 y 7).

El ensayo de extracción de clavos, midió la resistencia de la madera a las uniones y su tendencia a la formación de grietas. La resistencia poblacional media obtenida para la extracción de clavos en los planos longitudinal radial y tangencial, y en los extremos, fue de 43,85, 53,25 y 41,83 kg, respectivamente, sin presencia de grietas, y con diferencia significativa para los mismos, entre sitios ($P < 0,05$) (Tabla 6).

Tabla 7. Media poblacional para las propiedades mecánicas (ajustados al 12% de contenido de humedad, excepto en el ensayo de extracción de clavos) de pino romerón de plantaciones de 22 años y valores reportados en árboles de bosque natural.

Ensayo		Media población	JUNAC (1981a)	Aróstegui & Sato (1970)
Flexión estática	ELP (kg/cm ²)	337,02	423	442
	MOR (kg/cm ²)	499,01	1016	788
	MOE ×1000 (kg/cm ²)	55,32	96	109
Compresión paralela	ELP (kg/cm ²)	162,92	-----	246
	MOR (kg/cm ²)	227,92	473	412
	MOE ×1000 (kg/cm ²)	75,37	-----	110
Compresión perpendicular	ELP (kg/cm ²)	52,24	86	46,2
Cizalladura radial	MOR (kg/cm ²)	49,29	116	-----
Cizalladura tangencial	MOR (kg/cm ²)	56,38	-----	-----
Dureza	Extremos (kg)	337,90	677	516
	Lados (kg)	212,03	452	298
Extracción de clavos **	Radial (kg)	43,85	-----	-----
	Tangencial (kg)	53,25	-----	-----
	Extremos (kg)	41,83	-----	-----

** Valores en madera seca al aire (contenido de humedad cercano al 12% de contenido de humedad)

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió realizar la determinación, por primera vez en Colombia, de las propiedades físico-mecánicas de la madera de árboles de pino romerón de 22 años, en dos sistemas de plantación con manejo silvicultural, presentando diferencias significativas entre sitios solo para algunas de las propiedades estudiadas (flexión, compresión paralela, cizalladura tangencial y clavos), sin una tendencia marcada con respecto a uno de los mismos.

Aunque en los dos sitios estudiados (Sistema lineal y Plantación pura), se registran actividades silviculturales como podas de formación y aclareos, y además, se realizó una rigurosa preselección de los árboles para el presente estudio, considerando su tamaño, forma y condiciones sanitarias. La presencia de numerosos nudos en todas las trozas, de base a copa, modifico el número total y

dificultó muchísimo la elaboración de las probetas evaluadas, pudiendo ser una fuente importante de variación de los resultados obtenidos.

No fue posible realizar una amplia comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación dada la poca existencia de estudios realizados con madera de pino romerón de plantaciones en el medio. La gran mayoría de las investigaciones se han realizado con árboles de bosque natural, y ofrecen información incompleta sobre la edad, tamaño y características de los individuos muestreados. Sin embargo, al comparar la densidad de la madera de pino romerón con otras coníferas que se plantan y comercializan en Colombia, ésta resulta inferior a la del pino ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y a la del pino patula (*Pinus patula* Schiede & Schltdl. & Cham.) (Vásquez & Ramírez, 2005), lo que conlleva a un gran reto de investigación en mejoramiento genético para la especie, pensando en ella, como una buena alternativa para la reforestación comercial.

Los valores obtenidos en este estudio sobre las propiedades físico-mecánicas del pino romerón (estas últimas ajustadas al 12% de contenido de humedad), fueron inferiores a los reportadas por JUNAC (1981a) y por Aróstegui & Sato (1970) en árboles de bosque natural.

El valor medio de la densidad seca al aire para la madera de pino romerón (0,40 g/cm³), la ubica en el grupo de las blandas o livianas, de utilidad general para carpintería, construcción no estructural, mueblería y decorativas, poco durables en climas tropicales. Adicionalmente, la densidad básica media para la población (0,34 g/cm³), no permite clasificarla en los grupos estructurales A, B o C (JUNAC, 1984). Y finalmente, su coeficiente de estabilidad dimensional total (CED) (1,88%) la define como inestable (PROEXPO, 1970), y propensa a presentar problemas durante el proceso de secado (JUNAC, 1989).

RECOMENDACIONES

Los valores obtenidos para las propiedades físico-mecánicas de la madera plantada de árboles de pino romerón de 22 años, la caracterizan como una madera útil para construcción liviana no estructural, carpintería de obra (puertas, ventanas, zócalos, cielo rasos, etc.), mueblería, revestimiento de interiores, elaboración de cajas, formaletería, palillos para dientes y fósforos, depresores linguales, triplex, taleros, pulpa y papel, utensilios de cocina, molduras, juegos didácticos.

Aumentar las plantaciones de esta especie, realizando en las mismas un manejo silvicultural que incluya podas tempranas y un seguimiento detallado del crecimiento y la forma de los individuos, que garantice una mejor calidad de la madera para la realización de futuros estudios, al mismo tiempo que se mejore el conocimiento sobre su silvicultura y mejoramiento genético, garantizando de paso, su conservación.



Incluir, en futuras investigaciones, estudios sobre la trabajabilidad de la madera de pino romerón para completar el paquete tecnológico de la especie y así promocionar su utilización.

**Universidad
Nacional
de Colombia**

BIBLIOGRAFIA

JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA) 1981a. Estudio integral de la madera para la construcción. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de 104 especies del grupo andino. Lima Perú. 53 p.

_____ 1984. Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. JUNAC PADT-REFORT. Lima, Perú.

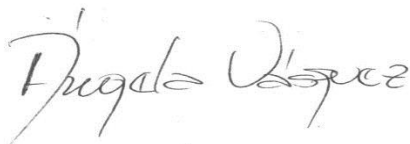
_____ 1989. Manual del grupo Andino para el secado de maderas. JUNAC PADT- REFORT. Lima, Perú.

KOLLMAN, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. Ministerio de Agricultura. Dirección General de montes, caza y pesca fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones, Experiencias y Servicios de la madera. Madrid, España. 675 p.

PROEXPO. 1970. Maderas Colombianas. Fondo de promoción de exportaciones. Bogotá, Colombia. 117 p.

VÁSQUEZ A.M., RAMÍREZ A. M. 2005. Maderas que se comercializan en el Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. 246 p.

Muy atentamente,



ÁNGELA MARÍA VÁSQUEZ CORREA

Directora científica

Profesora asociada

Laboratorio de Productos Forestales LPF

Departamento de Ciencias Forestales

Revisado y aprobado por:

NIXON CUEVA MARQUEZ

Docente IES CINOC

Unidad forestal y ambiental

Subdirector científico del proyecto

**Universidad
Nacional
de Colombia**

ANEXOS

Anexo 1. Valores obtenidos para las propiedades físicas de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1.

Probeta #	DV	DSA	DSH	DB	CradN	CtangN	ClongN	CvolN	T/R	CradT	CtangT	ClongT	CvolT	T/R	CHV	CHSA
	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%		%	%	%	%		%	%
S1-1-A1	0,71	0,42	0,39	0,35	2,33	4,19	2,17	8,68	1,80	3,78	4,82	2,38	10,97	1,28	102	12
S1-1-A2	0,71	0,42	0,39	0,34	2,37	4,60	2,25	9,22	1,94	3,85	7,02	2,92	13,79	1,82	105	12
S1-1-B1	0,82	0,47	0,44	0,39	1,88	3,70	3,69	9,26	1,97	3,50	3,49	3,81	10,80	1,00	108	12
S1-1-B2	0,93	0,43	0,39	0,35	2,12	4,74	2,43	9,28	2,24	3,47	5,31	3,02	11,79	1,53	163	12
S1-1-C1	0,96	0,42	0,39	0,35	2,25	4,34	1,58	8,17	1,93	3,57	6,41	1,99	11,97	1,80	174	12
S1-1-C2	0,96	0,41	0,38	0,34	1,86	4,01	1,44	7,31	2,16	3,29	6,29	1,67	11,25	1,91	178	12
S1-2-A1	0,92	0,41	0,38	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	167	12
S1-2-A2	0,90	0,40	0,37	0,33	2,75	3,68	2,52	8,95	1,34	4,37	5,57	2,68	12,63	1,27	168	12
S1-2-B1	0,74	0,44	0,41	0,37	1,98	3,81	2,61	8,40	1,93	3,20	6,09	3,90	13,18	1,90	101	12
S1-2-B2	0,75	0,37	0,34	0,31	2,03	3,62	1,01	6,66	1,78	3,10	5,53	1,14	9,76	1,78	139	12
S1-2-C1	0,74	0,39	0,36	0,33	1,91	3,56	2,24	7,70	1,86	3,13	5,75	2,35	11,23	1,84	126	12
S1-2-C2	0,73	0,41	0,38	0,35	0,90	3,02	1,21	5,13	3,37	2,39	4,87	1,47	8,73	2,03	109	12
S1-3-A1	0,80	0,40	0,37	0,33	1,74	2,27	2,97	6,98	1,30	2,96	7,07	3,05	13,09	2,39	140	12
S1-3-A2	0,85	0,40	0,37	0,33	1,98	3,34	0,94	6,26	1,69	3,13	3,84	0,99	7,97	1,23	155	12
S1-3-B1	0,88	0,43	0,40	0,36	1,67	4,48	1,31	7,47	2,68	3,14	3,61	1,47	8,23	1,15	144	12
S1-3-B2	0,93	0,46	0,43	0,38	2,19	4,39	1,41	7,99	2,01	3,48	6,87	1,65	12,00	1,98	142	12
S1-3-C1	0,76	0,42	0,39	0,35	2,27	4,74	2,50	9,51	2,09	2,33	6,62	2,70	11,66	2,84	116	12
S1-3-C2	0,72	0,41	0,38	0,34	1,71	3,46	2,54	7,72	2,02	2,87	5,26	2,75	10,88	1,84	109	12
S1-4-A1	0,76	0,40	0,37	0,34	1,84	4,28	1,33	7,45	2,32	3,16	6,32	1,40	10,88	2,00	126	12
S1-4-A2	0,77	0,41	0,38	0,34	2,17	4,19	1,43	7,79	1,93	3,53	6,23	1,53	11,29	1,77	124	12
S1-4-B1	0,78	0,43	0,41	0,36	1,91	5,84	2,49	10,25	3,05	3,10	8,07	2,64	13,82	2,60	117	12



S1-4-B2	0,78	0,42	0,39	0,34	1,55	5,70	2,39	9,65	3,67	2,58	7,52	2,56	12,66	2,92	155	12
S1-4-C1	0,86	0,40	0,37	0,34	2,05	3,08	2,42	7,55	1,51	3,20	4,53	2,85	10,57	1,41	155	12
S1-4-C2	0,78	0,38	0,36	0,32	1,91	3,58	3,09	8,58	1,87	2,67	5,58	3,34	11,58	2,09	143	12
S1-5-A1	0,70	0,36	0,33	0,31	1,62	3,60	2,37	7,59	2,23	2,66	5,45	2,48	10,59	2,05	130	12
S1-5-A2	0,65	0,37	0,34	0,31	1,68	3,20	2,23	7,11	1,91	2,72	5,22	2,37	10,31	1,92	112	12
S1-5-B1	0,74	0,44	0,41	0,37	2,25	7,10	2,36	11,71	3,16	3,80	6,17	2,54	12,51	1,62	100	12
S1-5-B2	0,90	0,47	0,49	0,40	2,25	3,68	2,74	8,67	1,64	4,13	5,85	3,08	13,07	1,42	126	12
S1-5-C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1-5-C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1-6-A1	0,84	0,38	0,35	0,32	1,55	4,54	1,75	7,83	2,93	2,54	6,82	2,06	11,42	2,69	163	12
S1-6-A2	0,88	0,38	0,36	0,32	1,61	4,33	2,70	8,64	2,68	2,54	3,63	3,20	9,36	1,43	173	12
S1-6-B1	0,73	0,37	0,34	0,31	1,42	2,14	1,75	5,31	1,51	1,95	4,22	1,83	7,99	2,16	136	12
S1-6-B2	0,67	0,37	0,34	0,31	1,42	3,30	2,27	6,99	2,33	1,78	5,19	2,60	9,58	2,92	116	12
S1-6-C1	0,65	0,31	0,28	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	12
S1-6-C2	0,68	0,31	0,28	0,26	2,14	2,27	1,86	6,28	1,06	2,34	3,75	2,14	8,24	1,60	160	12
S1-7-A1	0,89	0,45	0,42	0,37	2,51	4,62	2,94	10,07	1,84	2,21	7,20	3,27	12,68	3,25	139	12
S1-7-A2	0,80	0,43	0,40	0,36	2,35	4,63	2,76	9,74	1,97	3,73	6,92	2,89	13,55	1,85	123	12
S1-7-B1	0,73	0,39	0,36	0,33	3,03	4,13	2,97	10,13	1,36	4,58	6,16	3,05	13,80	1,35	122	12
S1-7-B2	0,75	0,40	0,37	0,34	2,31	2,64	3,98	8,92	1,14	3,38	4,38	4,23	12,00	1,30	124	12
S1-7-C1	0,94	0,45	0,42	0,38	1,16	3,08	1,03	5,27	2,66	2,08	5,29	1,35	8,72	2,54	145	12
S1-7-C2	0,93	0,42	0,39	0,35	1,62	4,05	2,50	8,16	2,51	2,84	3,08	2,74	8,66	1,09	164	12
S1-8-A1	0,89	0,47	0,45	0,40	1,82	3,33	2,05	7,20	1,83	4,93	6,66	2,07	13,66	1,35	125	11
S1-8-A2	0,71	0,45	0,42	0,37	1,91	3,21	2,44	7,56	1,68	3,17	5,61	2,84	11,62	1,77	91	12
S1-8-B1	0,71	0,38	0,36	0,32	1,75	3,95	0,87	6,57	2,27	3,06	5,55	1,04	9,65	1,81	119	12
S1-8-B2	0,67	0,37	0,35	0,31	1,61	3,68	0,89	6,18	2,28	2,89	5,42	1,10	9,41	1,87	112	12
S1-8-C1	0,74	0,37	0,34	0,31	2,47	4,11	2,72	9,30	1,67	2,50	4,54	3,60	10,64	1,82	141	12
S1-8-C2	0,73	0,39	0,36	0,32	2,78	6,62	1,47	10,87	2,38	4,16	4,92	1,61	10,69	1,18	126	12

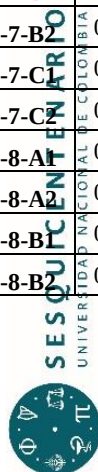
Anexo 2. Valores obtenidos para las propiedades físicas de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 2.

Probeta #	DV	DSA	DSH	DB	CradN	CtangN	ClongN	CvolN	T/R	CradT	CtangT	ClongT	CvolT	T/R	CHV	CHSA
	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%		%	%	%	%		%	%
S2-1-A1	0,71	0,44	0,41	0,37	5,16	5,42	2,21	12,78	1,05	3,61	8,20	2,47	14,29	2,27	90	12
S2-1-A2	0,75	0,45	0,42	0,38	2,08	4,00	1,95	8,03	1,93	3,26	5,14	2,43	10,83	1,58	99	12
S2-1-B1	0,74	0,45	0,42	0,38	1,91	4,10	1,83	7,85	2,14	3,53	6,52	2,12	12,17	1,85	93	11
S2-1-B2	0,72	0,42	0,39	0,36	2,01	3,83	2,27	8,11	1,90	3,00	5,41	2,52	10,93	1,80	101	11
S2-1-C1	0,71	0,42	0,39	0,36	2,01	6,41	1,87	10,29	3,19	3,66	8,90	2,11	14,66	2,43	97	11
S2-1-C2	0,74	0,41	0,38	0,35	2,14	3,52	0,18	5,84	1,65	2,90	5,06	0,45	8,41	1,75	112	11
S2-2-A1	0,74	0,36	0,34	0,31	1,91	5,75	1,65	9,30	3,02	3,38	8,28	2,53	14,19	2,45	139	11



S2-2-A2	0,72	0,36	0,33	0,30	2,59	5,66	1,84	10,09	2,19	5,64	7,77	2,16	15,56	1,38	155	12
S2-2-B1	0,81	0,38	0,35	0,32	1,73	4,59	1,99	8,30	2,66	2,55	4,92	2,29	9,77	1,93	155	12
S2-2-B2	0,83	0,37	0,34	0,31	2,88	6,26	2,32	11,47	2,17	5,60	6,72	2,57	14,89	1,20	170	12
S2-2-C1	0,66	0,36	0,33	0,31	0,43	3,37	2,40	6,20	7,81	2,29	5,84	2,72	10,85	2,55	117	11
S2-2-C2	0,77	0,39	0,37	0,34	2,11	3,66	1,55	7,31	1,74	2,90	5,33	2,32	10,55	1,84	127	11
S2-3-A1	0,70	0,39	0,36	0,33	1,77	3,00	1,64	6,41	1,69	5,38	6,40	1,86	13,65	1,19	109	12
S2-3-A2	0,73	0,39	0,37	0,33	3,07	3,49	2,15	8,71	1,14	4,44	5,61	2,36	12,41	1,26	118	12
S2-3-B1	0,66	0,37	0,34	0,31	1,61	3,31	1,55	6,47	2,05	2,97	5,28	1,80	10,05	1,78	112	11
S2-3-B2	0,65	0,38	0,36	0,33	1,52	3,32	1,55	6,38	2,19	2,61	5,30	1,85	9,76	2,03	101	11
S2-3-C1	0,91	0,47	0,43	0,40	2,83	3,81	1,34	7,98	1,35	4,34	5,22	1,63	11,19	1,20	128	11
S2-3-C2	0,92	0,41	0,38	0,35	2,57	4,06	1,07	7,70	1,58	4,19	5,84	1,28	11,31	1,40	164	11
S2-4-A1	0,83	0,45	0,42	0,38	2,08	5,10	1,77	8,95	2,45	3,56	6,88	2,71	13,15	1,93	119	12
S2-4-A2	0,77	0,44	0,41	0,37	2,33	3,08	1,80	7,21	1,32	5,44	7,04	2,21	14,68	1,29	107	12
S2-4-B1	0,70	0,40	0,37	0,34	2,66	5,75	1,83	10,24	2,16	3,42	7,16	2,11	12,69	2,09	109	11
S2-4-B2	0,68	0,39	0,36	0,33	2,15	6,09	1,87	10,11	2,84	2,97	7,48	2,11	12,55	2,52	106	12
S2-4-C1	0,77	0,37	0,35	0,32	1,39	4,89	2,00	8,27	3,52	2,21	6,78	2,31	11,31	3,07	142	11
S2-4-C2	0,76	0,37	0,35	0,32	1,55	4,20	1,88	7,63	2,70	2,35	5,74	2,21	10,30	2,45	140	11
S2-5-A1	0,73	0,40	0,38	0,34	2,34	5,48	2,37	10,19	2,34	3,66	6,86	2,71	13,23	1,87	113	11
S2-5-A2	0,80	0,40	0,38	0,34	2,65	6,48	1,06	10,19	2,45	3,57	7,86	1,35	12,78	2,20	135	11
S2-5-B1	0,74	0,42	0,39	0,36	1,38	1,71	0,71	3,80	1,24	4,44	4,63	1,67	10,74	1,04	105	11
S2-5-B2	0,68	0,39	0,37	0,33	4,03	6,32	2,06	12,42	1,57	4,82	7,83	2,43	15,08	1,62	103	11
S2-5-C1	0,79	0,37	0,35	0,32	2,54	4,10	1,56	8,21	1,61	3,20	5,51	1,87	10,59	1,72	149	11
S2-5-C2	0,80	0,37	0,34	0,31	1,78	4,93	2,41	9,13	2,77	2,87	6,64	2,62	12,14	2,31	158	11
S2-6-A1	0,71	0,37	0,34	0,31	2,18	4,22	1,48	7,87	1,93	2,78	5,52	1,91	10,21	1,99	126	11
S2-6-A2	0,63	0,36	0,33	0,30	1,48	2,98	1,78	6,24	2,02	2,33	4,69	2,08	9,11	2,01	107	12
S2-6-B1	0,74	0,35	0,33	0,30	2,11	4,70	2,10	8,91	2,23	2,83	6,48	2,37	11,68	2,28	149	11
S2-6-B2	0,65	0,33	0,31	0,28	1,51	3,65	1,21	6,38	2,41	2,47	5,60	1,49	9,55	2,27	129	11
S2-6-C1	0,69	0,37	0,34	0,32	2,07	3,93	1,52	7,52	1,90	2,70	4,93	1,97	9,60	1,83	119	12
S2-6-C2	0,70	0,37	0,35	0,32	1,42	3,18	1,32	5,91	2,24	2,21	4,90	2,24	9,35	2,22	118	11
S2-7-A1	0,76	0,43	0,40	0,36	2,24	5,49	1,12	8,85	2,45	3,16	7,04	1,53	11,73	2,23	107	11
S2-7-A2	0,79	0,41	0,38	0,35	2,18	4,82	2,51	9,51	2,21	3,00	6,44	2,78	12,22	2,14	126	11
S2-7-B1	0,73	0,45	0,41	0,38	1,21	1,26	1,11	3,58	1,04	1,96	3,15	2,09	7,20	1,61	91	12
S2-7-B2	0,76	0,51	0,47	0,43	1,68	3,53	1,45	6,66	2,10	2,15	4,54	2,44	9,13	2,12	75	12
S2-7-C1	0,57	0,33	0,31	0,29	2,30	2,79	1,34	6,42	1,21	2,69	3,36	1,70	7,76	1,25	98	12
S2-7-C2	0,60	0,35	0,33	0,30	1,90	4,78	1,57	8,25	2,51	2,20	5,95	1,97	10,11	2,70	99	11
S2-8-A1	0,70	0,35	0,34	0,30	2,30	4,23	0,61	7,14	1,84	3,33	6,24	0,77	10,34	1,87	133	11
S2-8-A2	0,70	0,35	0,32	0,29	2,83	4,58	1,82	9,24	1,62	5,29	5,99	1,99	13,27	1,13	139	11
S2-8-B1	0,67	0,36	0,34	0,31	1,97	4,14	2,00	8,11	2,10	2,50	5,53	2,21	10,25	2,21	117	11
S2-8-B2	0,68	0,37	0,35	0,32	1,72	3,90	2,04	7,67	2,27	2,78	5,87	2,22	10,87	2,11	116	11

Universidad
Nacional
de Colombia



S2-8-C1	0,66	0,36	0,34	0,31	1,41	2,95	1,92	6,28	2,10	2,28	4,79	2,17	9,24	2,10	Univ	12
S2-8-C2	0,71	0,43	0,39	0,36	1,45	2,44	1,09	4,97	1,68	1,82	3,26	2,66	7,74	1,79	Nacional	12

de Colombia

DV: densidad verde (CH>30%)
 DSA: densidad seca al aire (CH 12-14%)
 DSH: densidad seca al horno (CH~0%)
 DB: densidad básica
 CradN: contracción radial normal
 CtangN: contracción tangencial normal
 ClongN: contracción longitudinal normal
 CvoltN: contracción volumétrica normal
 T/R: coeficiente estabilidad dimensional normal

CradT: contracción radial total
 CtangT: contracción tangencial total
 ClongT: contracción longitudinal total
 CvoltT: contracción volumétrica total
 T/R: coeficiente estabilidad dimensional total
 CHV: contenido humedad verde
 CHSA: contenido humedad seco al aire

Anexo 3. Valores obtenidos en el ensayo de flexión estática de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1.

Probeta	Seco al aire			Ajustados al 12%		
	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	MOE X 1000 Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	MOE X 1000 Kg/cm ²
S1-1-A1	339,07	520,82	51,50	323,45	501,80	50,40
S1-1-A2	292,17	540,51	52,00	277,57	519,10	50,79
S1-1-B1	367,78	631,83	67,35	350,40	608,15	65,87
S1-1-B2	288,69	466,71	46,28	276,39	450,95	45,37
S1-2-A1	366,43	557,48	63,85	346,31	533,19	62,22
S1-2-A2	265,04	482,86	69,64	250,72	462,16	67,89
S1-2-B1	405,68	561,83	70,39	380,90	534,58	68,38
S1-2-B2	405,36	481,15	48,74	384,79	461,79	47,59
S1-3-A1	351,26	465,19	61,70	333,12	446,12	60,21
S1-3-A2	289,11	408,80	46,20	286,73	406,14	46,03
S1-3-B1	287,54	399,85	56,67	269,88	380,36	55,04
S1-3-B2	310,64	480,09	51,61	294,19	459,91	50,34
S1-4-A1	350,55	525,82	54,34	339,10	512,22	53,51
S1-4-A2	406,21	587,28	58,10	391,31	570,21	57,11
S1-4-B1	465,74	603,41	79,02	445,18	582,29	77,40
S1-4-B2	291,67	451,17	54,74	276,67	432,76	53,43
S1-5-A1	383,10	523,26	63,68	389,28	529,91	64,15
S1-5-A2	368,70	551,52	50,46	347,59	526,45	49,11
S1-5-B1	383,67	513,08	69,62	363,19	491,35	67,89
S1-5-B2	349,46	470,31	55,86	340,83	461,13	55,22
S1-6-A1	392,78	514,13	48,25	373,67	494,28	47,16
S1-6-A2	303,70	485,60	61,42	289,40	467,47	60,07
S1-6-B1	198,46	376,44	34,56	188,10	360,86	33,72

S1-6-B2	403,07	598,36	51,57	372,76	562,57	49,75	Universidad Nacional de Colombia
S1-7-A1	332,71	563,76	45,05	312,56	536,64	43,77	
S1-7-A2	309,65	499,39	58,19	288,07	471,72	56,29	
S1-7-B1	306,99	520,43	66,76	283,47	488,71	64,36	
S1-7-B2	380,64	536,91	54,42	355,77	509,05	52,76	
S1-8-A1	290,48	421,20	45,47	282,49	412,03	44,90	
S1-8-A2	289,21	500,09	39,10	269,08	472,43	37,82	
S1-8-B1	284,57	456,50	61,67	268,97	436,64	60,09	
S1-8-B2	285,00	380,00	37,37	264,19	357,93	36,09	

ELP: Esfuerzo en el Límite Proporcional

MOR: Modulo de Ruptura

MOE: Modulo de Elasticidad

Anexo 4. Valores obtenidos en el ensayo de flexión estática de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 2.

Probeta	Seco al aire			Ajustados al 12%		
	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²
S2-1-A1	395,24	635,69	72,98	389,60	628,51	72,50
S2-1-A2	297,80	371,50	47,13	288,79	362,60	46,47
S2-1-B1	363,03	570,91	59,39	368,25	577,38	59,78
S2-1-B2	343,79	432,92	55,66	336,69	425,85	55,13
S2-2-A1	364,45	537,08	69,10	352,78	523,46	68,07
S2-2-A2	370,61	541,66	61,58	356,28	525,06	60,47
S2-2-B1	306,46	551,64	46,85	314,09	562,44	47,39
S2-2-B2	391,36	582,15	56,73	391,46	582,27	56,74
S2-3-A1	377,58	560,07	53,98	363,76	543,84	53,07
S2-3-A2	476,53	609,41	81,82	457,16	589,78	80,27
S2-3-B1	424,93	594,91	54,79	417,56	586,75	54,35
S2-3-B2	458,93	608,85	67,54	448,13	597,52	66,81
S2-4-A1	293,66	455,17	42,13	281,88	440,70	41,35
S2-4-A2	316,57	514,43	53,56	308,95	504,64	52,97
S2-4-B1	305,56	530,87	55,65	294,52	515,68	54,71
S2-4-B2	358,74	554,28	68,50	355,92	550,83	68,25
S2-5-A1	292,38	459,89	55,39	282,08	447,06	54,48
S2-5-A2	311,37	401,43	38,73	310,18	400,22	38,66
S2-5-B1	326,61	509,57	61,47	318,34	499,36	60,75
S2-5-B2	355,76	599,18	56,68	356,30	599,90	56,72
S2-6-A1	383,46	528,01	62,68	366,96	510,00	61,43
S2-6-A2	296,06	438,11	48,38	285,27	425,47	47,56
S2-6-B1	438,83	548,54	65,27	411,15	521,05	63,35

S2-6-B2	390,21	545,67	71,23	377,47	531,55	70,15	Universidad Nacional de Colombia
S2-7-A2	369,78	549,93	51,72	358,89	537,11	51,01	
S2-7-B1	269,19	464,08	36,26	255,19	444,93	35,38	
S2-7-B2	430,04	545,94	65,44	399,84	515,46	63,29	
S2-8-A1	385,53	509,55	55,70	362,71	485,61	54,16	
S2-8-A2	398,17	526,37	46,89	379,79	507,11	45,88	
S2-8-B1	418,12	560,66	56,01	392,47	533,34	54,41	
S2-8-B2	455,37	541,89	56,22	433,46	521,21	54,96	

Anexo 5. Valores obtenidos en el ensayo de compresión paralela de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1.

Probeta	Seco al aire			Ajustados al 12%		
	ELP Kg/cm²	MOR Kg/cm²	MOE X 1000 Kg/cm²	ELP Kg/cm²	MOR Kg/cm²	MOE X 1000 Kg/cm²
S1-1-A1	194,65	281,27	84,63	184,07	262,95	82,36
S1-1-A2	156,35	242,83	65,14	148,66	228,50	63,56
S1-1-B1	213,31	284,09	94,80	202,65	267,07	92,46
S1-1-B2	174,96	260,50	85,35	171,51	254,31	84,52
S1-2-A1	137,22	220,05	58,39	130,66	207,43	57,01
S1-2-A2	155,74	204,89	75,97	153,95	202,07	75,54
S1-2-B1	135,71	231,19	63,12	132,09	223,77	62,29
S1-2-B2	175,90	265,32	81,81	165,67	246,83	79,46
S1-3-A1	175,79	263,69	109,87	171,81	256,50	108,65
S1-3-A2	174,76	221,84	99,86	166,08	208,63	97,41
S1-3-B1	174,48	236,52	85,11	167,57	225,26	83,45
S1-3-B2	155,61	232,94	88,92	147,49	218,35	86,63
S1-4-A1	174,74	205,80	67,21	175,06	206,26	67,27
S1-4-A2	174,36	237,81	79,26	172,65	234,99	78,87
S1-4-B1	135,84	213,46	77,62	129,39	201,30	75,80
S1-4-B2	192,08	232,42	68,60	182,76	218,89	66,96
S1-5-A1	156,55	227,98	66,62	130,23	182,60	60,90
S1-5-A2	154,70	245,10	71,95	150,37	236,85	70,96
S1-5-B1	156,39	240,94	78,19	154,92	238,20	77,83
S1-5-B2	155,37	225,78	81,78	148,56	213,90	80,01
S1-6-A1	175,08	229,55	85,40	167,66	217,88	83,62
S1-6-A2	175,07	237,32	85,40	166,76	223,80	83,40
S1-6-B1	194,48	226,09	84,56	183,46	210,72	82,19
S1-6-B2	138,36	203,10	60,16	133,05	193,73	59,02

S1-7-A1	213,34	267,16	106,67	203,95	253,05	104,35	Universidad Nacional de Colombia
S1-7-A2	213,05	273,57	90,66	203,23	258,45	88,60	
S1-8-A1	192,05	257,34	83,50	187,12	249,40	82,45	
S1-8-A2	194,90	256,78	108,28	190,79	250,26	107,16	
S1-8-B1	154,82	230,30	60,72	149,50	220,78	59,69	
S1-8-B2	176,42	238,65	70,57	168,86	226,38	69,08	

Anexo 6. Valores obtenidos en el ensayo de compresión paralela de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 2.

Probeta	Seco al aire			Ajustados al 12%		
	ELP Kg/cm²	MOR Kg/cm²	MOE X 1000 Kg/cm²	ELP Kg/cm²	MOR Kg/cm²	MOE X 1000 Kg/cm²
S2-1-A1	156,82	264,63	76,50	147,31	245,40	74,20
S2-1-A2	176,14	266,17	74,95	165,40	246,73	72,69
S2-1-B1	176,38	240,08	75,06	165,69	222,64	72,80
S2-2-A1	176,39	241,06	64,14	164,86	222,20	62,06
S2-2-A2	197,31	230,36	59,79	182,06	209,06	57,49
S2-2-B1	117,73	211,42	52,32	111,08	197,10	50,86
S2-2-B2	117,64	216,65	56,02	111,93	204,04	54,68
S2-3-A1	235,60	275,36	85,67	216,93	249,27	82,29
S2-3-A2	174,79	267,52	79,45	160,35	241,12	76,18
S2-3-B	141,44	207,62	74,44	137,91	201,37	73,53
S2-3-C	213,84	273,13	73,74	200,12	252,15	71,39
S2-4-A1	174,45	246,65	85,10	163,23	227,65	82,38
S2-4-A2	174,75	261,65	71,33	161,78	238,41	68,70
S2-5-A1	176,95	262,97	110,59	164,15	240,21	106,62
S2-5-A2	214,06	274,87	72,56	204,02	259,41	70,88
S2-5-B1	137,51	207,74	74,33	129,13	192,57	72,09
S2-5-B2	174,79	246,65	68,54	164,74	229,65	66,59
S2-6-A1	117,24	199,31	73,28	109,48	183,51	70,87
S2-6-A2	155,12	206,02	64,63	142,20	185,51	61,95
S2-6-B1	216,87	272,07	83,41	195,15	239,57	79,23
S2-6-B2	196,37	232,21	71,41	178,54	207,02	68,17
S2-7-A1	176,60	248,71	70,64	162,86	225,57	67,90
S2-7-A2	157,69	248,36	64,36	147,98	230,05	62,40
S2-7-B1	157,25	267,82	66,92	144,77	242,40	64,27

S2-7-B2	177,22	297,84	66,88	163,83	270,91	64,36	Universidad Nacional de Colombia
S2-8-A1	195,99	258,22	91,16	180,12	233,23	87,48	
S2-8-A2	195,10	278,50	69,68	177,53	248,56	66,55	
S2-8-B	194,21	284,04	104,98	175,21	250,87	99,84	
S2-8-C	156,26	235,37	69,45	143,35	212,12	66,59	

Anexo 7. Valores obtenidos en el ensayo de compresión perpendicular de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1 y 2.

Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%	Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%
	ELP (Kg/cm²)	ELP (Kg/cm²)		ELP (Kg/cm²)	ELP (Kg/cm²)
S1-1-A1	55,20	52,43	S2-1-A	55,20	50,90
S1-1-A2	54,00	51,26	S2-1-B1	70,20	65,25
S1-1-B1	60,00	56,82	S2-1-B2	69,00	64,15
S1-1-B2	54,00	49,72	S2-2-A1	51,60	46,33
S1-2-A1	53,40	49,88	S2-2-A2	46,80	40,56
S1-2-A2	54,00	50,24	S2-2-C1	57,00	51,55
S1-2-B1	57,00	54,56	S2-2-C2	52,80	49,82
S1-2-B2	63,00	62,20	S2-3-A1	52,80	47,59
S1-3-A1	44,40	43,54	S2-3-A2	51,60	46,13
S1-3-A2	46,20	43,20	S2-3-B	53,40	51,80
S1-3-B	42,00	40,07	S2-3-C	67,80	62,89
S1-3-C	60,60	56,40	S2-4-A1	52,20	47,89
S1-4-A1	51,00	50,12	S2-4-A2	49,20	45,44
S1-4-A2	48,00	46,34	S2-4-B1	54,00	50,06
S1-4-B1	64,20	59,15	S2-4-B2	55,20	55,54
S1-4-B2	62,40	57,49	S2-5-A1	58,80	54,29
S1-5-A1	52,20	51,18	S2-5-A2	54,00	48,00
S1-5-A2	63,60	62,46	S2-5-B1	60,00	56,56
S1-5-B	53,40	50,71	S2-5-B2	49,80	46,46
S1-5-C	67,20	63,83	S2-6-A1	50,40	47,31
S1-6-A1	61,20	58,75	S2-6-A2	47,40	44,86
S1-6-A2	57,60	55,81	S2-6-B1	58,80	54,18
S1-6-B1	49,20	45,57	S2-6-B2	52,80	47,94
S1-6-B2	45,60	41,96	S2-7-A1	63,00	57,54

S1-7-A1	51,00	47,07	S2-7-A2	73,80	68,90	Universidad Nacional de Colombia
S1-7-A2	57,00	53,77	S2-7-B	58,80	53,77	
S1-7-B1	67,20	61,30	S2-7-C	56,40	51,03	
S1-7-B2	72,00	65,89	S2-8-A1	47,40	45,18	
S1-8-A1	54,60	52,92	S2-8-A2	62,40	56,01	
S1-8-A2	51,60	48,93	S2-8-B	58,80	53,70	
S1-8-B	51,60	48,43	S2-8-C	60,60	54,20	
S1-8-C	45,00	43,43				

Anexo 8. Valores obtenidos en el ensayo de cizalladura radial y tangencial de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1.

Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%	Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%
	Radial	Radial		Tangencial	Tangencial
	MOR (Kg/cm2)	MOR (Kg/cm2)		MOR (Kg/cm2)	MOR (Kg/cm2)
S1-1-A1	43,19	42,65	S1-1-A1	68,18	65,39
S1-1-A2	58,99	57,88	S1-1-A2	66,77	63,92
S1-1-B1	47,25	47,10	S1-1-B1	63,77	62,64
S1-1-B2	61,49	59,97	S1-1-B2	59,87	58,60
S1-2-A1	42,33	41,16	S1-2-A1	61,68	60,10
S1-2-A2	48,89	47,12	S1-2-A2	58,95	56,09
S1-2-B	59,99	58,05	S1-2-C1	54,10	52,60
S1-2-C	51,73	51,62	S1-2-C2	55,36	53,73
S1-3-A1	52,01	51,67	S1-3-A1	57,90	55,29
S1-3-A2	53,00	52,75	S1-3-A2	62,70	60,96
S1-3-B1	53,68	52,40	S1-3-B1	56,08	54,27
S1-3-B2	51,94	50,01	S1-3-B2	53,58	51,18
S1-4-A1	51,51	51,16	S1-4-A1	53,57	52,51
S1-4-A2	47,51	47,59	S1-4-A2	63,99	62,32
S1-4-C1	51,05	51,04	S1-4-C1	57,19	55,71
S1-4-C2	59,28	58,72	S1-4-C2	64,40	62,06
S1-5-A1	62,06	60,60	S1-5-A1	74,60	71,46
S1-5-A2	57,56	56,36	S1-5-A2	63,77	60,89
S1-5-B1	46,13	45,54	S1-5-B1	54,70	53,00
S1-5-B2	47,19	46,43	S1-5-B2	60,06	57,88
S1-6-A1	45,51	44,47	S1-6-A1	63,68	60,93
S1-6-A2	41,42	40,49	S1-6-A2	44,94	43,60
S1-6-B1	49,40	48,57	S1-6-B1	48,35	46,57

S1-6-B2	55,14	53,76	S1-6-B2	70,34	67,69	Universidad Nacional de Colombia
S1-7-A1	51,89	50,13	S1-7-A1	61,09	58,64	
S1-7-A2	47,83	46,80	S1-7-A2	56,45	53,89	
S1-8-A1	48,78	48,32	S1-7-B1	65,03	62,71	
S1-8-A2	41,81	41,17	S1-7-B2	71,64	69,00	
S1-8-B1	52,95	51,13	S1-8-A1	55,12	53,90	
S1-8-B2	59,38	57,15	S1-8-A2	55,52	52,88	
			S1-8-B1	62,99	61,41	
			S1-8-B2	58,65	55,92	

Anexo 9. Valores obtenidos en el ensayo de cizalladura radial y tangencial de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 2.

Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%	Probeta	Seco al aire	Ajustados al 12%
	Radial	Radial		Tangencial	Tangencial
	MOR (Kg/cm2)	MOR (Kg/cm2)		MOR (Kg/cm2)	MOR (Kg/cm2)
S2-1-B1	54,50	53,95	S2-1-A	58,50	55,40
S2-1-B2	59,63	59,14	S2-1-B	60,13	58,00
S2-2-A1	46,51	45,18	S2-2-A1	54,20	50,69
S2-2-A2	52,18	50,73	S2-2-A2	49,27	46,03
S2-2-C	46,61	44,78	S2-2-C1	57,72	55,11
S2-3-A1	49,72	48,30	S2-2-C2	55,30	52,56
S2-3-A2	48,33	47,04	S2-3-A1	60,93	57,76
S2-3-B1	61,45	61,41	S2-3-A2	56,80	53,75
S2-3-B2	52,93	52,82	S2-3-B1	54,67	53,29
S2-4-A1	50,63	48,75	S2-3-B2	53,59	52,54
S2-4-A2	45,95	44,50	S2-4-A1	47,82	44,97
S2-4-B	54,75	52,94	S2-4-A2	49,38	47,16
S2-5-A1	45,88	43,84	S2-4-B1	59,83	56,33
S2-5-A2	53,86	51,38	S2-4-B2	60,59	57,21
S2-5-B1	38,73	36,76	S2-5-A1	60,24	56,29
S2-5-B2	44,37	42,81	S2-5-A2	64,74	60,70
S2-6-A1	63,99	62,51	S2-5-B1	64,71	61,26
S2-6-A2	53,20	51,73	S2-5-B2	65,17	62,72
S2-6-B1	39,50	38,15	S2-6-A1	54,26	52,05
S2-6-B2	51,03	49,42	S2-6-A2	51,79	49,29
S2-7-A1	53,35	51,80	S2-6-B1	52,67	49,56
S2-7-A2	52,49	51,50	S2-6-B2	55,93	52,27
S2-7-B1	50,17	47,96	S2-7-A1	57,08	53,35

S2-7-B2	60,91	58,59	S2-7-A2	56,40	53,15	Universidad Nacional de Colombia
S2-8-A1	40,31	38,81	S2-7-B	68,74	64,93	
S2-8-A2	35,87	34,58	S2-8-A1	57,66	55,12	
S2-8-B1	42,50	40,17	S2-8-A2	62,42	60,01	
S2-8-B2	39,72	37,37	S2-8-B1	68,49	64,26	
			S2-8-B2	48,51	45,66	

Anexo 10. Valores obtenidos en el ensayo de dureza de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1 y 2.

Probeta	Seco al aire		Ajustados al 12%		Probeta	Seco al aire		Ajustados al 12%	
	Extremos Kg	Lados Kg	Extremos Kg	Lados Kg		Extremos Kg	Lados Kg	Extremos Kg	Lados Kg
S1-1-A1	353,75	227,50	346,80	224,58	S2-1-A	341,25	239,38	330,14	234,28
S1-1-A2	372,50	240,00	362,03	235,59	S2-1-B1	362,50	226,25	352,55	222,19
S1-1-B1	382,50	228,13	374,12	224,86	S2-1-B2	370,00	253,13	358,57	248,01
S1-1-B2	375,00	247,50	374,18	247,15	S2-2-A1	310,00	164,38	288,47	156,85
S1-2-A1	313,75	186,88	311,41	185,97	S2-2-A2	315,00	189,38	299,43	183,23
S1-2-A2	335,00	204,38	331,45	202,96	S2-2-C1	325,00	179,38	307,47	173,02
S1-2-B1	445,00	265,00	433,97	260,71	S2-2-C2	326,25	199,38	316,99	195,67
S1-2-B2	312,50	255,63	305,10	251,67	S2-3-A1	357,50	199,38	337,22	191,94
S1-3-A1	325,00	197,50	317,28	194,43	S2-3-A2	303,75	183,13	290,98	178,08
S1-3-A2	336,25	200,00	324,37	195,37	S2-3-B1	361,25	230,00	352,51	226,36
S1-3-B1	307,50	196,88	302,65	194,85	S2-3-B2	350,00	225,00	334,25	218,36
S1-3-B2	318,75	208,13	311,50	205,03	S2-4-A1	312,50	183,13	299,08	177,97
S1-4-A1	347,50	222,50	341,84	220,14	S2-4-A2	302,50	195,63	288,84	189,83
S1-4-A2	368,75	236,88	365,03	235,32	S2-4-B1	333,75	218,13	315,04	210,09
S1-4-B	350,00	212,50	339,53	208,34	S2-4-B2	360,00	218,75	344,03	212,38
S1-4-C	352,50	222,50	346,63	220,08	S2-5-A1	377,50	247,50	360,81	240,32
S1-5-A1	332,50	199,38	333,94	199,94	S2-5-A2	325,00	232,50	312,20	226,50
S1-5-A2	330,00	208,13	330,00	208,13	S2-5-B1	352,50	203,75	342,16	199,84
S1-5-B	327,50	263,75	329,44	264,76	S2-5-B2	325,00	187,50	305,87	180,24
S1-5-C	377,50	224,38	366,28	220,01	S2-6-A1	328,75	179,38	319,11	175,93
S1-6-A1	311,25	200,00	307,41	198,39	S2-6-A2	335,00	213,75	320,75	207,79
S1-6-A2	326,25	205,00	321,15	202,91	S2-6-B1	308,75	155,63	293,40	150,55
S1-6-B1	297,50	166,88	284,82	162,21	S2-6-B2	318,75	175,63	306,13	171,07
S1-6-B2	302,50	178,13	294,82	175,17	S2-7-A1	385,00	242,50	372,04	237,16
S1-7-A1	333,75	215,00	322,33	210,18	S2-7-A2	422,50	231,25	409,19	226,48



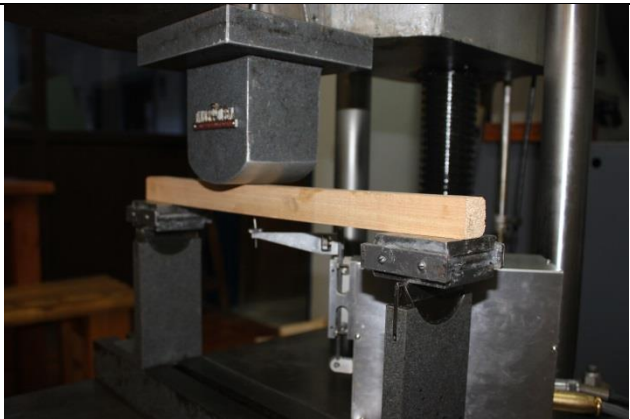
S1-7-A2	410,00	272,50	407,06	271,23	S2-7-B1	430,00	292,50	410,19	265,00
S1-7-B1	436,25	263,75	421,65	257,97	S2-7-B2	470,00	281,88	447,07	272,85
S1-7-B2	428,75	255,63	410,45	248,47	S2-8-A1	320,00	200,00	298,57	191,18
S1-8-A1	338,75	208,75	334,84	207,18	S2-8-A2	357,50	210,63	355,06	209,69
S1-8-A2	352,50	204,38	344,09	201,19	S2-8-B	395,00	246,25	380,53	240,34
S1-8-B1	408,75	211,25	392,17	205,63	S2-8-C	348,75	206,88	334,50	201,33
S1-8-B2	341,25	194,38	325,22	188,39					

Anexo 11. Valores obtenidos en el ensayo de extracción de clavos de la madera de pino romerón con las probetas del Sitio 1 y 2.

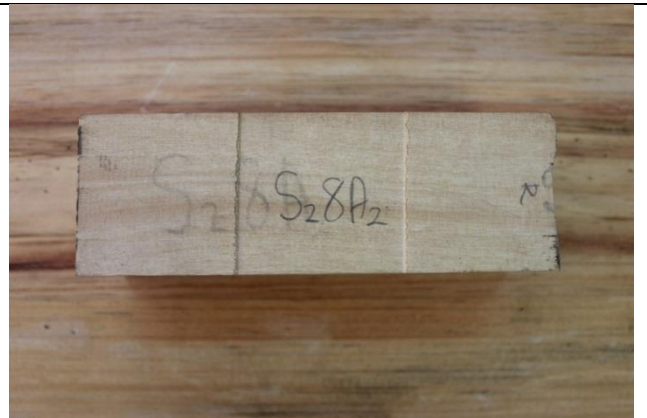
Probeta	Seco al aire			Probeta	Seco al aire		
	Radial Kg	Tangencial Kg	Extremos Kg		Radial Kg	Tangencial Kg	Extremos Kg
S1-1-A1	71,75	68,94	52,00	S2-1-A1	26,50	33,75	24,75
S1-1-A2	51,13	71,19	54,50	S2-1-A2	25,75	39,75	26,25
S1-1-B	37,75	59,81	50,75	S2-1-B	47,75	67,00	48,75
S1-1-C	45,38	63,75	57,06	S2-1-C	31,50	51,00	28,75
S1-2-A1	44,00	62,81	46,94	S2-2-A1	33,50	42,00	27,75
S1-2-A2	57,00	64,94	45,38	S2-2-A2	26,50	33,25	26,25
S1-2-B1	60,25	70,88	51,94	S2-2-C1	25,75	37,75	47,75
S1-2-B2	70,00	80,56	66,13	S2-2-C2	33,00	48,75	31,25
S1-3-A1	58,44	72,38	54,00	S2-3-A1	20,75	53,50	23,75
S1-3-A2	43,13	56,50	45,56	S2-3-A2	23,75	38,00	28,38
S1-3-B1	56,06	61,38	49,56	S2-3-B	44,25	49,06	41,56
S1-3-B2	54,06	64,50	47,94	S2-3-C	38,81	34,81	40,00
S1-4-A1	56,13	68,56	59,81	S2-4-A1	32,50	48,00	27,63
S1-4-A2	58,38	74,75	54,44	S2-4-A2	37,19	45,88	46,38
S1-4-B1	72,19	57,94	65,56	S2-4-C1	47,38	51,31	32,56
S1-4-B2	62,94	59,00	63,63	S2-4-C2	38,00	41,94	38,19
S1-5-A1	47,19	51,63	47,31	S2-5-A1	50,81	60,31	53,31
S1-5-A2	60,69	57,25	52,81	S2-5-A2	45,06	43,94	39,88
S1-5-B1	52,88	62,31	47,94	S2-5-B	32,19	39,81	36,56
S1-5-B2	61,88	53,50	47,31	S2-5-C	40,69	48,19	33,06
S1-6-A1	48,94	56,88	39,75	S2-6-A1	28,00	40,00	35,13
S1-6-A2	66,88	66,81	47,38	S2-6-A2	32,56	43,75	36,75
S1-6-B1	39,94	43,13	33,38	S2-6-B1	35,25	40,81	28,81
S1-6-B2	35,44	40,56	38,50	S2-6-B2	35,19	60,81	54,63
S1-7-A1	46,31	69,94	40,06	S2-7-A1	42,06	59,50	33,56

S1-7-A2	48,81	67,56	48,00	S2-7-A2	35,50	42,75	40,75
S1-7-C1	38,19	45,44	30,63	S2-7-C1	34,94	46,88	34,50
S1-7-C2	41,31	45,94	34,81	S2-7-C2	34,69	45,56	30,88
S1-8-A1	47,25	52,25	39,75	S2-8-A1	37,19	34,88	30,56
S1-8-A2	49,06	64,63	41,88	S2-8-A2	40,19	54,31	39,00
S1-8-C1	44,88	46,75	39,50	S2-8-B	39,00	42,69	40,44
S1-8-C2	38,88	48,31	35,00	S2-8-C	43,13	57,13	39,88

Anexo 12. Ensayos realizados para las propiedades mecánicas y probetas falladas.

Ensayo	Ejecución	Probeta fallada
Flexión estática		
Compresión paralela		

Compresión perpendicular



Cizalladura radial y tangencial



Dureza



Extracción de clavos

