

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

*Facultad de Ciencias Forestales*



Evaluación de las propiedades físico  
mecánicas de *Cedrelinga cateniformis*

(Ducke) Ducke procedente de  
plantaciones de 20 años del Bosque  
Nacional Alexander von Humboldt,  
Ucayali (Perú)

*Tesis para optar el Título de*

**INGENIERO FORESTAL**

**Natalia Alejandra Vega Vizcarra**

Lima – Perú

2010

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. NATALIA ALEJANDRA VEGA VIZCARRA, intitulado “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE CEDRELINGA CATENIFORMIS (DUCKE) DUCKE PROCEDENTE DE PLANTACIONES DE 20 AÑOS DEL BOSQUE NACIONAL ALEXANDER VON HUMBOLDT, UCAYALI (PERÚ)”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 24 de Setiembre de 2010

.....  
Ing. Manuel Chavesta Custodio  
Presidente

.....  
Ing. Julio Canchucaya Rojas  
Miembro

.....  
Ing. Kethy Martínez Castro  
Miembro

.....  
Ing. Moisés Acevedo Mallque  
Patrocinador

.....

## *RESUMEN*

Se estudiaron las propiedades físico – mecánicas del *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Tornillo) procedente de una plantación experimental de 20 años a campo abierto ubicada en la Estación Experimental Alexander von Humboldt en el departamento de Ucayali, Perú.

Asimismo, se evaluaron diferencias entre los niveles de corte longitudinal y transversal tanto para las propiedades físicas como para las mecánicas, el análisis de regresión de la densidad básica con las propiedades físico – mecánicas; y se comparó con valores de la misma especie procedente de la plantación experimental en faja de enriquecimiento de 5 m. con 22 años.

Los resultados muestran que las propiedades físicas a nivel longitudinal presentan diferencias significativas sólo para densidad; en tanto que en el nivel transversal no se encontró diferencias significativas. Para propiedades mecánicas, a nivel longitudinal se encontraron sólo diferencias significativas para módulo de ruptura (MOR) y resistencia máxima (RM) en compresión paralela. Mientras que a nivel transversal las diferencias son significativas para módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela, esfuerzo al límite proporcional (ELP) en compresión perpendicular, extracción de clavos (extremos y lados), cizallamiento (radial y tangencial), y tenacidad (radial). La densidad básica demostró no ser un buen estimador de las propiedades físicas a nivel longitudinal ni transversal; sin embargo sí lo es, para los valores de resistencia en ambas orientaciones.

La madera estudiada se puede clasificar como una especie de densidad básica, contracción volumétrica y resistencia mecánica bajas. Comparativamente con la plantación en faja de enriquecimiento de 5 m. con 22 años presenta mayores valores en sus propiedades físico – mecánicas.

Dadas las características físico – mecánicas y los requisitos de uso, la madera de esta especie tiene aptitudes de uso para mueblería, carpintería de obra no estructural, cajonería liviana, molduras y revestimiento.

# ÍNDICE

	Página
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	2
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	2
2.3 SILVICULTURA .....	5
2.4 FENOLOGÍA.....	8
2.5 DISPERSIÓN Y DISEMINACIÓN .....	9
2.6 DISTRIBUCIÓN Y HABITAT .....	10
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA.....	12
2.7.1 Descripción general .....	12
2.7.2 Descripción anatómica.....	12
2.7.3 Propiedades físicas y mecánicas .....	13
2.7.4 Secado.....	17
2.7.5 Durabilidad y preservación .....	17
2.7.6 Trabajabilidad.....	17
2.7.7 Usos.....	18
2.8 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	18
2.9 VARIABILIDAD DE LA MADERA .....	21
2.9.1 Variabilidad en un mismo individuo .....	22
2.9.2 Variabilidad entre los árboles de una misma especie.....	23
2.10 INTERRELACIÓN ENTRE LA ANATOMÍA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA .....	24
2.11 MADERA DE REACCIÓN.....	25
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	27
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS .....	27
3.2.1 Especie.....	27
3.2.2 Equipos y accesorios.....	28
3.3 METODOLOGÍA .....	29
3.3.1 Ubicación de la plantación en estudio .....	29
3.3.2 Clima .....	31
3.3.3 Zona de vida.....	31
3.3.4 Suelos.....	31
3.3.5 Topografía.....	32
3.3.6 Selección y colección de muestras.....	33
3.3.7 Procesamiento de trozas.....	33
3.3.8 Codificación de listones.....	35
3.3.9 Selección de listones.....	36
3.3.10 Preparación y acondicionamiento de probetas.....	36
3.3.11 Ensayos experimentales .....	38
3.3.12 Procesamiento de datos y evaluación de resultados.....	38

<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
4.1 PROPIEDADES FÍSICAS .....	44
4.1.1 A nivel longitudinal .....	44
4.1.2 A nivel transversal.....	47
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS .....	52
4.2.1 A nivel longitudinal .....	52
4.2.2 A nivel transversal.....	57
4.3 REGRESIONES Y CORRELACIONES .....	64
4.3.1 Propiedades físicas .....	64
4.3.2 Propiedades mecánicas .....	64
<b>5. DISCUSIONES.....</b>	<b>68</b>
5.1 PROPIEDADES FÍSICAS .....	68
5.1.1 Análisis a nivel longitudinal.....	68
5.1.2 Análisis a nivel transversal .....	71
5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS .....	77
5.2.1 Análisis a nivel longitudinal.....	77
5.2.2 Análisis a nivel transversal .....	77
5.3 APTITUD DE USO.....	81
5.4 ANÁLISIS DE REGRESIONES Y CORRELACIONES .....	83
5.4.1 Propiedades físicas .....	83
5.4.2 Propiedades mecánicas .....	84
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>93</b>
IMÁGENES DE LOS ENSAYOS.....	93
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>104</b>
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS.....	104
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>108</b>
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS .....	108
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>138</b>
REGRESIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS .....	138
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>147</b>
REGRESIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS .....	147
<b>ANEXO 6.....</b>	<b>170</b>
CORRELACIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS .....	170
<b>ANEXO 7.....</b>	<b>171</b>
CORRELACIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS .....	171
<b>ANEXO 8.....</b>	<b>173</b>
ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES FÍSICAS .....	173
<b>ANEXO 9.....</b>	<b>175</b>
ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES MECÁNICAS.....	175

## Lista de cuadros

	Página
<b>CUADRO 1</b> EXPERIENCIAS CON PLANTACIONES DE TORNILLO EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA TROPICAL.....	6
<b>CUADRO 2</b> DENSIDAD DE SEMILLAS DISEMINADAS POR ÁRBOL EN LAS ÁREAS 101 Y 111 DE REGENERACIÓN NATURAL DE LA EEAVH.....	9
<b>CUADRO 3</b> DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN DE TORNILLO A LOS SEIS MESES Y DOS AÑOS DE ESTABLECIMIENTO EN LA EEAVH.....	10
<b>CUADRO 4</b> PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO.....	15
<b>CUADRO 5</b> PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO....	16
<b>CUADRO 6</b> CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN DE <i>CEDRELINGA CATENIFORMIS</i> (DUCKE) DUCKE.....	28
<b>CUADRO 7</b> PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
<b>CUADRO 8</b> CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO.....	34
<b>CUADRO 9</b> NÚMERO DE PROBETAS ENSAYADAS PARA EL ANÁLISIS POR NIVELES DE ALTURA PARA EL ÁRBOL 268 37	37
<b>CUADRO 10</b> NÚMERO DE PROBETAS ENSAYADAS PARA EL ANÁLISIS POR NIVELES DE CERCANÍA A LA MÉDULA PARA LOS 5 ÁRBOLES.....	37
<b>CUADRO 11</b> ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS PARA CUATRO NIVELES DE ALTURA EN UN ÁRBOL.....	45
<b>CUADRO 12</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DENSIDAD Y CONTRACCIÓN PARA CUATRO NIVELES DE ALTURA EN UN ÁRBOL.....	46
<b>CUADRO 13</b> ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN TRES POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.....	48
<b>CUADRO 14</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS DENSIDADES Y CONTRACCIONES PARA TRES POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.....	49
<b>CUADRO 15</b> RESUMEN DE LOS ESTADÍSTICOS Y COMPARACIÓN CON LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN PRESENTADOS POR EL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.....	51
<b>CUADRO 16</b> ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA CUATRO ALTURAS EN UN ÁRBOL.....	53
<b>CUADRO 17</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN CUATRO NIVELES DE ALTURA.....	55
<b>CUADRO 18</b> ESTADÍSTICOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES DE CERCANÍA A LA MÉDULA.....	58
<b>CUADRO 19</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES CON RESPECTO A LA MÉDULA.....	60
<b>CUADRO 20</b> RESUMEN DE LOS ESTADÍSTICOS Y COMPARACIÓN CON LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN PRESENTADOS POR EL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS.....	63
<b>CUADRO 21</b> COEFICIENTES DE CORRELACIÓN SIGNIFICATIVOS ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL LONGITUDINAL.....	65
<b>CUADRO 22</b> ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ( $R^2$ ) DE MEJOR AJUSTE PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL LONGITUDINAL.....	65
<b>CUADRO 23</b> COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ALTAMENTE SIGNIFICATIVOS ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL TRANSVERSAL.....	66
<b>CUADRO 24</b> ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ( $R^2$ ) DE MEJOR AJUSTE PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A NIVEL TRANSVERSAL.....	67
<b>CUADRO 25</b> CLASIFICACIÓN DE TORNILLO SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	81
<b>CUADRO 26</b> VALORES COMPARATIVOS DEL TORNILLO DE 22 AÑOS EN FAJA DE ENRIQUECIMIENTO CON TORNILLO DE 20 AÑOS A CAMPO ABIERTO CON OTRAS ESPECIES PROVENIENTES DE BOSQUE NATURAL AJUSTADOS AL 12% DE HUMEDAD.....	82
<b>CUADRO 27</b> COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN PLANTACIONES ENTRE 9 A 14 AÑOS, Y 20 AÑOS.....	84
<b>CUADRO 28</b> COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PLANTACIONES ENTRE 9 A 14 AÑOS, Y 20 AÑOS.....	85

## Lista de figuras

Página

<b>FIGURA 1</b>	DESCRIPCIÓN DE LA RAMITA TERMINAL. A. RAMITA CON HOJA, B. LÁMINA FOLIAR, C. FRUTO, D. FLOR, E. PARTE DE LA INFLORESCENCIA.....	4
<b>FIGURA 2</b>	MADERA PATRÓN Y CORTES MICROSCÓPICOS DE TORNILLO .....	13
<b>FIGURA 3</b>	UBICACIÓN DE LA PARCELA 203, DE DONDE PROCEDEN LAS MUESTRAS EN ESTUDIO .....	30
<b>FIGURA 4</b>	ESQUEMA MOSTRANDO EL MÉTODO DE CORTE DE LA TROZA PARA LA OBTENCIÓN DE LISTONES DE 5 X 5 CM. 34	
<b>FIGURA 5</b>	SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TROZA 2 DEL ÁRBOL 930 .....	35
<b>FIGURA 6</b>	NIVELES DE ALTURA A, B, C Y D PARA EL ÁRBOL 268. ....	40
<b>FIGURA 7</b>	POSICIÓN DE LOS NIVELES A, B Y C EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ÁRBOL. ....	42
<b>FIGURA 8</b>	VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA CADA NIVEL DE ALTURA EN UN ÁRBOL. ....	46
<b>FIGURA 9</b>	VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN TOTAL PARA CADA NIVEL DE ALTURA EN UN ÁRBOL. ....	47
<b>FIGURA 10</b>	VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA CADA UNA DE LAS POSICIONES TRANSVERSALES CON RESPECTO A LA MÉDULA. ....	49
<b>FIGURA 11</b>	VALORES PROMEDIO DE CONTRACCIÓN TOTAL PARA CADA UNA DE LAS POSICIONES RESPECTO A LA MÉDULA.....	50
<b>FIGURA 12</b>	VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS POR CUATRO NIVELES DE ALTURA. ....	56
<b>FIGURA 13</b>	VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA TRES POSICIONES DE CERCAÑA A LA MÉDULA.....	61
<b>FIGURA 14</b>	PROMEDIOS DE DENSIDAD SATURADA, ANHIDRA Y BÁSICA PARA TORNILLO EN CAMPO ABIERTO (20 AÑOS) Y FAJA DE 5M (22 AÑOS).....	69
<b>FIGURA 15</b>	VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA Y ANHIDRA ENTRE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y BOSQUE NATURAL DE ENTRE 53 Y 59 AÑOS. ....	70
<b>FIGURA 16</b>	COMPARACIÓN DE PROMEDIOS DE CONTRACCIÓN RADIAL, TANGENCIAL, LONGITUDINAL Y VOLUMÉTRICA PARA TORNILLO A CAMPO ABIERTO (20 AÑOS) Y FAJA DE 5M (22 AÑOS).....	71
<b>FIGURA 17</b>	COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD ENTRE CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE CINCO M DE 22 AÑOS. ....	72
<b>FIGURA 18</b>	DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO PARA 4 EDADES DIFERENTES PROVENIENTES DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO. ....	73
<b>FIGURA 19</b>	VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD ANHIDRA Y BÁSICA PARA PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y TORNILLO DE BOSQUE NATURAL MADURO.....	74
<b>FIGURA 20</b>	VALORES DE CONTRACCIÓN PARA CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M. DE 22 AÑOS. ....	75
<b>FIGURA 21</b>	CONTRACCIONES PROMEDIO PARA 3 EDADES DIFERENTES PROVENIENTES DE PLANTACIONES A CAMPO ABIERTO DE TORNILLO. ....	76
<b>FIGURA 22</b>	CONTRACCIONES TOTALES PARA TORNILLO PROCEDENTE DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y DEL BOSQUE NATURAL. ....	76
<b>FIGURA 23</b>	VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE 20 AÑOS Y DE FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M DE 22 AÑOS A NIVEL TRANSVERSAL. ....	78
<b>FIGURA 24</b>	COMPARACIÓN DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO DE LA EEAVH DE 10 Y 20 AÑOS.....	79
<b>FIGURA 25</b>	VALORES PROMEDIO DE PLANTACIÓN DE 20 AÑOS CON LOS DE BOSQUE NATURAL MADURO .....	80
<b>FIGURA 26</b>	COMPARACIÓN DE TORNILLO DE 20 AÑOS DE PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO CON ISHPINGO Y CATAHUA AMARILLA, ASÍ COMO CON TORNILLO DE 22 AÑOS DE FAJA DE ENRIQUECIMIENTO DE 5 M. ....	83

## 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de la especie Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), desde hace aproximadamente cuatro décadas, en condiciones de bosque natural, permitió el incremento de su aprovechamiento, comercialización y demanda por sus características y aptitudes de uso. Sin embargo, estas poblaciones de bosque natural están disminuyendo en la actualidad, por lo que efectuar plantaciones de esta especie nativa resulta una consecuencia natural y necesaria.

Así, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) inició sus labores en el campo de la investigación forestal aplicada a la silvicultura de plantaciones de especies nativas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt desde 1982, evaluando y monitoreando su desarrollo en los diferentes tipos de plantaciones a través del tiempo, con el objeto de generar información silvicultural básica. Estos estudios son muy importantes para generar indicadores para nuevos negocios e inversiones en nuestra amazonía, incluyendo el desarrollo del poblador rural; y también satisfacer demandas nacionales e internacionales. Además de que sienta un precedente para realizar nuevas investigaciones con otras especies económicamente importantes y escasas actualmente.

La Universidad Nacional Agraria La Molina, en alianza estratégica con INIA, ICRAF y la Asociación de Productores de semilla y madera mejorada de la cuenca del río Aguaytia (Prosema); con el objeto de incrementar el valor económico de las plantaciones de especies forestales nativas en la Amazonía peruana mediante el mejoramiento del conocimiento tecnológico de manejo silvicultural y de las propiedades tecnológicas de la madera y sus potenciales usos iniciaron estudios de investigación sobre las propiedades físicas y mecánicas del tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) procedente de plantaciones.

La presente investigación tiene como objeto contribuir al conocimiento tecnológico de esta madera mediante la determinación de sus propiedades físico – mecánicas con madera procedente de plantaciones de 20 años de edad a campo abierto, así como proponer sus aptitudes de uso.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Familia: Fabaceae (Brako et al. 1993)

Nombre científico: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Nombres comunes: En Perú: “Tornillo”, “Pino peruano”, “Cedro hasha”, “Huayracaspi”,  
“Aguano”

En Brasil: “Cedrorana”, “Lacaiaca”, “Paric”, “Yacayac”

En Surinam: “Don-cedar”

En Venezuela: “Guaura”, “Cachicana”

Sinónimos botánicos: *Piptadenia catenaeformis* Ducke,

*Pithecellobium catenaeformis* (Ducke) L. Cárdenas

### 2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

López (1970) señala que el árbol de *Cedrelinga cateniformis* (Tornillo) es de grandes proporciones, forma parte del estrato dominante del bosque donde crece; la altura total varía desde los 25-40 m., dependiendo de la “calidad de sitio”; la altura comercial está comprendida entre los 15-25 m. y el diámetro a la altura del pecho es de 0,60-1,50 m., mientras que el ahusamiento es de 22-24 cm/m. aproximadamente.

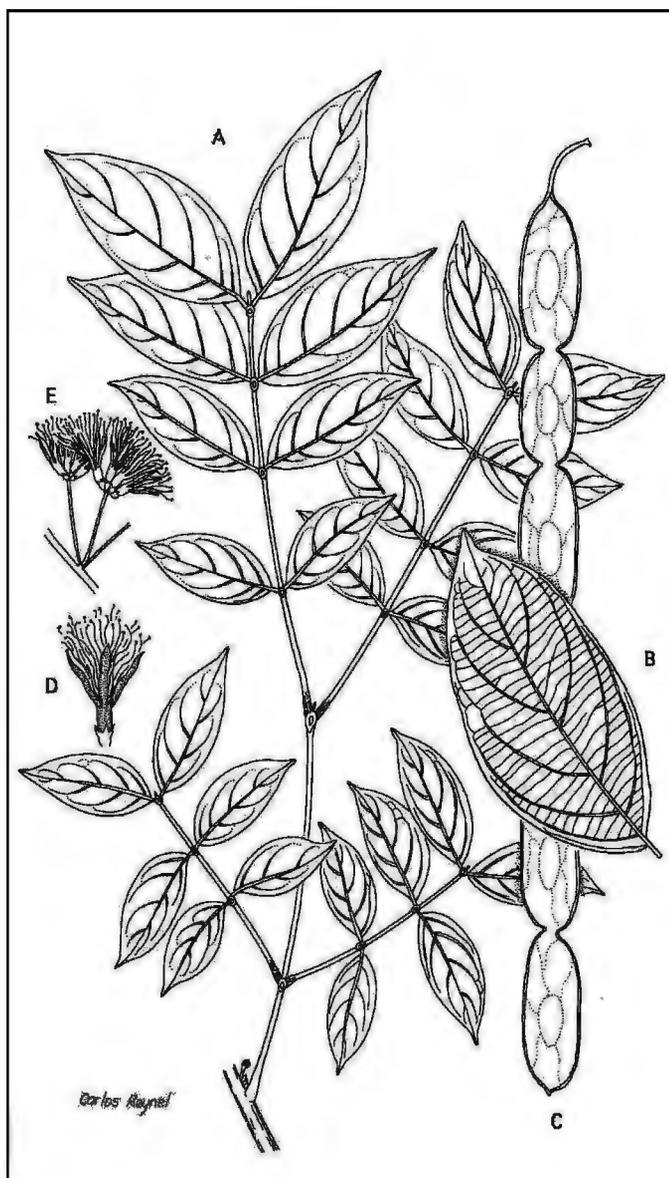
El Castañero (1998) indica que el árbol posee una copa bien desarrollada, y menciona que los individuos sobre-maduros (muy viejos) tienen el inconveniente de presentar “huecos” en la parte central.

Reynel et al. (2003) mencionan que la corteza externa es agrietada a fisurada, color marrón pardo a rojizo, con placas de ritidoma de unos 3-5 x 8-13 cm. La corteza interna es homogénea, color crema a rosado blanquecino, sin secreciones. Las ramitas terminales son de sección circular, color marrón claro cuando secas, de unos 5-10 mm. de diámetro, lenticeladas, glabras.

Las hojas son compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, de unos 30-40 cm. de longitud, el peciolo de unos 6-30 cm. de longitud, las hojas usualmente con 4 pinas, el ápice acuminado, la base aguda e inequilátera, la nervación pinnada, con 5-7 pares de nervios secundarios, los nervios terciarios muy paralelos y transversales al nervio central, las hojas glabras. Inflorescencias en panículas de 12-30 cm. de longitud conteniendo numerosas cabezuelas agrupadas en manojos. Las flores son pequeñas, hermafroditas, de unos 1-1,5 cm. de longitud, actinomorfas, con cáliz y corola presentes. Los frutos son legumbres muy largas y aplanadas, de 30-40 cm. de longitud y 2-3 cm. de ancho, con 6-15 semillas, la legumbre estrechada entre las semillas y revirada helicoidalmente.

Figueiredo et al. (2006) indican que las semillas están bien adheridas a las paredes del fruto y tienen una cubierta muy delgada y casi transparente. Las semillas son oblongas a suborbicular, con base y ápice redondeados. La superficie cuando es hidratada es verde y lisa y cuando está seca tiende a ser rugosa y marrón. La testa de la semilla se desprende fácilmente cuando está hidratada. Los cotiledones son plano-convexos y carnosos. Las plántulas una vez que germinan tienen un sistema radicular pivotante, cilíndrico, subleñosa y de color crema. El hipocotilo es epigeo y los cotiledones, en general, son persistentes.

El detalle de la descripción botánica se muestra en la Figura 1.



**Figura 1** Descripción de la ramita terminal. A. Ramita con hoja, B. Lámina foliar, C. Fruto, D. Flor, E. Parte de la inflorescencia.

*Fuente: Reynel et al. (2003)*

### 2.3 SILVICULTURA

Reynel et al. (2003) mencionan que la propagación por semillas es exitosa, no se recomienda ningún tratamiento pregerminativo, sino sembrar las semillas inmediatamente luego de cosechadas. El poder germinativo es de 95-100%. Las semillas pueden sembrarse directamente en camas de vivero y tienen aparentemente un comportamiento ortodoxo al almacenamiento.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados de diversos experimentos con plantaciones de Tornillo llevados a cabo en Perú, Brasil y Colombia. (Flores, 2002)

En Yurimaguas, Perú se instalaron plantaciones agroforestales en multiestrato que incluían como estrato superior a *C. cateniformis*. Algunas características de esta especie que la hacen deseable para sistemas agroforestales son capacidad de fijar nitrógeno (Vidaurre 1994), su rápido crecimiento (Blaser et al. 1985; Maruyama 1987; Botosso et al. 1991; Vidaurre 1994), buen sistema radicular (Magalhaes et al. 1984) y copa medianamente amplia.

**Cuadro 1** Experiencias con plantaciones de Tornillo en algunos países de América Tropical

<i><b>País</b></i>	<i><b>Edad</b></i>	<i><b>Espaciam.</b></i>	<i><b>Altura promedio</b></i>	<i><b>DAP promedio</b></i>	<i><b>IMA Altura</b></i>	<i><b>IMA DAP</b></i>	<i><b>Volumen/ha</b></i>	<i><b>Fuente</b></i>
Brasil	8 años	5 x 5 m	9,0 m	7,0 cm	1,12 m/año	0,87 cm/año	-	Kanashiro (1991)
Brasil	4 años	-	2,54 m	-	0,64 m/año	-	-	Bleijendaal citado por CONIF (1986)
Brasil	-	5 x 5 m	13,9 m	15,3 cm	-	-	-	Loureiro (1979)
Colombia	4 años	-	5,2 m	4,8 cm	1,3 m/año	1,2 cm/año	-	CONIF (1986)
Colombia	5 años	3 x 3 m	9,8 m	-	1,1 - 2,0 m/año	-	-	Martínes y Rodríguez (1987)
Perú	37 años	-	30 m de altura comercial	110 cm	-	-	-	Vidaurre (1994), Burgos (1954)
Perú	10 años	Fajas	20 m	23 cm	2,0 m/año	2,3 m/año	-	Blaser (1985)
Perú	10 años	-	15 - 19 m	17 cm	-	-	-	Vidaurre (1994), Carrera (1987)
Perú	18 años	4 x 4 líneas	25 m alt. máx.	23 cm	-	-	-	Hostettler (1990)
Perú	15 años	-	22 m	27 cm	1,46 m/año	1,8 cm/año	-	Lamprecht (1990)
Perú	23 años	-	20,9 m	39,7 cm	0,9 m/año	1,72 cm/año	-	Revoredo (1999)
Perú	15 años	-	24 m	29 cm	> 1,5 m/año	> 1,5 cm/año	133 m3/ha	Baluarte (1999)

*Fuente: Flores (2002)*

Vidaurre (1997), sostiene que la regeneración natural en la Estación Experimental Alexander von Humboldt (EEAvH) para Tornillo en los primeros seis años y a los diez años presenta efectos altamente significativos entre las interacciones sistema de regeneración, tipos de suelo, y tipos de fisiografía, señalando que es una especie de crecimiento gregario que crece bien en plantaciones masivas a campo abierto.

Asimismo indica que el mejor crecimiento a la edad de 10 años se encuentra con las combinaciones de fajas de 5 m. con entrefajas de 15 m. sobre suelo Plinthic acrisol en fisiografía ondulada. En segundo término, para fajas de 5 m. con entrefajas de 15 m. sobre suelo Chromic cambisol en fisiografía ondulada, y en tercer lugar fajas de 5 m. con entrefajas de 10 m. sobre suelo Plinthic acrisol en fisiografía ondulada; y dice que la semilla de *Cedrelinga* necesita niveles bajos de iluminación (7% de iluminación relativa) para germinar pero una vez que esto se ha logrado, las plántulas requieren una intensidad relativa de

iluminación de 50% para poder desarrollar competitivamente en su medio; intensidades menores tienden a perjudicar la regeneración.

Flores (2002) para plantaciones de 20 años a campo abierto en la EEA vH, encontró un incremento medio anual de 1,96 cm/año en diámetro promedio, en un suelo principalmente de tipo gleysol y acrisol en fisiografía plana a ondulada.

Claussi et al (1992) indican que a la edad de 10 años tornillo en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH) destaca con un incremento medio anual de más de 1,5 cm. en diámetro y 1,5 m. en altura. Además afirma que la producción de semillas en Jenaro Herrera permite asegurar la crianza de unos 100 000 plántones anuales para esta especie, y su establecimiento a campo definitivo es fácil, aún a raíz desnuda.

Asimismo el mismo autor señala que en la terraza alta de Jenaro Herrera, Tornillo alcanza su mejor desarrollo en las laderas. En la propia llanura, su crecimiento es más lento. Hacia los bajiales es frenado por los suelos transicionales más pesados; la especie muere totalmente sobre suelos hydromórficos. En los suelos pesados, es posible que la asociación con *Euterpe precatoria* favorezca su desarrollo.

Tornillo crece mal sobre los suelos compactados de antiguos pastizales. El uso anterior del suelo por chacras afecta levemente el desarrollo de la especie. En Jenaro Herrera, el crecimiento máximo se observa en plantaciones de enriquecimiento de bosque primario explotado y correctamente aperturado o en campos abiertos recientemente.

También se indica que con plántones de cinco meses, Tornillo trasplantado a raíz desnuda muestra un excelente prendimiento, incluso en campo abierto. Asimismo Aróstegui et al. (1992) recomiendan usar plántones no mayores de tres meses de edad. A mayor edad de los plántones, la supervivencia con este método de trasplante baja.

## 2.4 FENOLOGÍA

De acuerdo a Reynel et al. (2003) la floración ocurre mayormente a fines de la estación seca, entre Noviembre – Diciembre, mientras que el proceso desde la floración hasta la maduración del fruto demora unos tres meses en el ámbito de Pucallpa. En la Amazonía Sur del Perú se ha observado que la producción de semillas no siempre es anual. Existen años en que algunos individuos en ciertas localidades no producen frutos. El Castañero (1998) señala que la fructificación observada en la zona de Tambopata se da en los meses de Diciembre, ocurriendo la diseminación entre Enero y Febrero.

Vidaurre (1997) citando a Mayurama 1987, señala que Tornillo es una especie con ciclos irregulares, siendo estos totalmente inciertos. En la EEAvH, se observó la floración y producción de semillas desde 1983 hasta 1988 en una población de 81 árboles, resultando que la floración ocurría casi todos los meses, y que la estación de floración y de maduración duraba entre dos y tres meses. La mayor probabilidad de fructificación se presentaba en los meses de Julio a Diciembre y la menor probabilidad entre Mayo y Junio. Finalmente, existían árboles que fructificaban cada año, mientras que otros solamente lo hacían cada dos o tres años.

Asimismo indica que Aróstegui et al. (1992), en base al seguimiento de 34 árboles semilleros en el CIJH, determinaron que los procesos fenológicos se desarrollan completamente en 150 días, y que la fructificación se da en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

Para Brasil, Freitas et al (1992), encontraron que Tornillo florece en Diciembre y fructifica en Mayo, en tanto que, Boese (1992), reporta para la provincia de Sucumbíos en Ecuador, que la fructificación es en el mes de Abril con abundante regeneración natural

## 2.5 DISPERSIÓN Y DISEMINACIÓN

Vidaurre (1991, 1992) en la EEA vH encuentra que el viento no es el factor principal en la dirección, ni en la dispersión al momento de la diseminación, y que el 80% de semillas diseminadas caen debajo de la copa (entre los 7 y 14 m.), siendo otros agentes, como aves o mamíferos, los que intervienen mayormente en la dispersión. Este autor determina que no existe un fenómeno ciclico marcado, sino una posible fase o periodo de preparación para un buen año de fructificación y diseminación.

Schwyzler (1981), encuentra en el CIJH que el radio de diseminación no es muy grande, ya que a 80 m. del árbol padre no suelen encontrarse muchas semillas, determinando que la regeneración es abundante dentro de 50 m. alrededor del árbol.

Vidaurre (1991) en el Cuadro 2 ofrece una estimación de la regeneración natural de Tornillo que se podría establecer en condiciones óptimas de acuerdo a la cantidad de semillas diseminadas.

**Cuadro 2** Densidad de semillas diseminadas por árbol en las áreas 101 y 111 de regeneración natural de la EEA vH

<b>Árbol evaluado</b>	<b>Total de semillas en 80 m<sup>2</sup></b>
8	2609
10	3851
11	2495
13	5420
Promedio	1594

*Fuente: Vidaurre (1997)*

El mismo autor determinó la densidad de regeneración natural establecida en los seis meses y dos años en tres parcelas de diferente densidad: A (abundante), B (regular) y C (escasa). En el supuesto de que el 100% de la semilla diseminada germine, ésta disminuyó en un 13% al segundo año en las parcelas de mayor densidad, y en un 84% en las parcelas de menor densidad. Este proceso es parte de la dinámica de la regeneración, pues la menor densidad supuestamente está en un micrositio con menor aptitud que aquel donde regeneró la mayor densidad de brinzales, la mortandad en los mejores micrositios fue más por competencia intraespecífica, mientras que en los micrositios adversos, la mortandad se debió además a factores de fisiografía, suelo, competencia interespecífica, etc (Cuadro 3).

**Cuadro 3** Densidad de la regeneración de Tornillo a los seis meses y dos años de establecimiento en la EEA vH

<b>Parcelas de Evaluación</b>	<b>6 meses</b>		<b>2 años</b>	
	<b>Densidad</b>		<b>Densidad</b>	
	<b>25 m<sup>2</sup></b>	<b>1 ha</b>	<b>100 m<sup>2</sup></b>	<b>1 ha</b>
C	112	44800	7	7000
B	192	76800	75	75000
A	388	155000	135	135000

*Fuente: Vidaurre (1997)*

## 2.6 DISTRIBUCIÓN Y HABITAT

López (1970) señala que en el Perú se encuentra en toda la cuenca del Río Huallaga desde Tingo María en el Dpto. de Huánuco; en la provincia de La Convención, en Cuzco; en los Ríos Pichis y Palcazu, en Pasco y en los departamentos de Amazonas, Loreto y Madre de Dios.

De igual manera Aróstegui (1982) indica que se desarrolla en las formaciones ecológicas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque húmedo y muy húmedo sub-tropical; según El Castañero (1998) la especie puede crecer en suelos ácidos y de baja fertilidad, siempre que tengan buen drenaje.

Según Reynel et al. (2003) se distribuye en la Región Amazónica, en altitudes de hasta 1200 msnm. Se le observa en áreas de pluviosidad elevada y constante; es una especie con tendencia esciófita presente en bosques primarios.

Vidaurre (1997) indica que Tornillo es una especie gregaria, que se encuentra en concentraciones (localmente conocidas como manchales).

En la Amazonía peruana, las principales especies que se encuentran asociadas con esta especie son: “Moena” (Lauraceae: géneros *Aniba*, *Ocotea*, *Persea* y *Nectandra*), “Nogal” (*Juglans neotropica*), “Congona” (*Brosimum sp.*), “Tulpay”, “Mashonaste” (*Clarisia sp.*), “Almendro” (*Caryocar sp.*), “Quinilla” (*Manilkara bidentata*), “Sapote” (*Matisia sp.*), “Shimbillo” (*Inga sp.*), “Cedro de altura” (*Cedrela sp.*). En cantidades menores; “Requia” (*Guarea sp.*), “Bolaina” (*Guazuma sp.*), “Capirona” (*Calycophyllum sp.*), “Añallu caspi” (*Cordia alliodora*), “Cumala” (*Virola sp.*), “Estoraque” (*Miroxylon sp.*), y “Cedro” (*Cedrela odorata*).

## 2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

### 2.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Aróstegui (1974), señala que el duramen recién cortado es de color rosado claro y la albura blanca amarillenta. Cuando seca, el duramen es castaño pálido, marcado con líneas de color oscuro que destaca sobre el fondo. Es de grano entrecruzado y de textura gruesa.

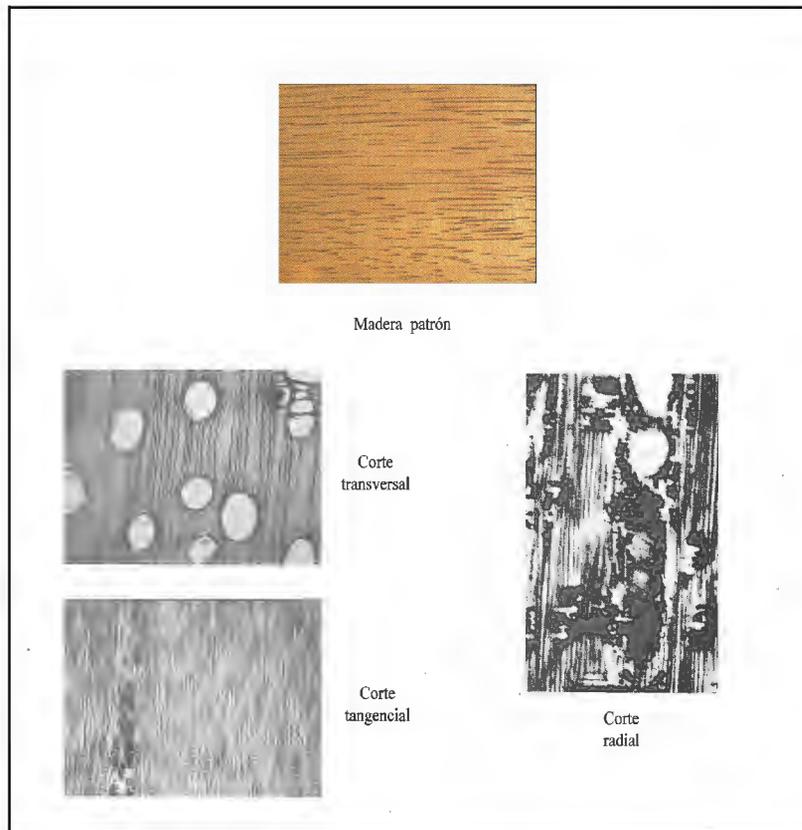
### 2.7.2 DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Según describen Acevedo et al. (1994) la madera patrón de esta especie es de porosidad difusa. Poros visibles a simple vista, solitarios de forma redonda y múltiples radiales escasos de 2-4; con 1 a 5 poros/mm<sup>2</sup>. Parénquima, visible con lupa 10x, paratraqueal vasicéntrico. Radios homogéneos uniseriados visibles con lupa 10x, con 5 a 11/mm, no estratificados, con presencia de inclusiones gomosas. Altura entre 240 y 350  $\mu\text{m}$ .

Los vasos tienen un diámetro tangencial que varía entre 293 a 333  $\mu\text{m}$  y la longitud entre 412 y 430  $\mu\text{m}$ . platina de perforación horizontal con perforación simple. Punteado intervascular alterno con punteaduras redondas y abertura incluida. Punteado radiovascular similar al intervascular. Presencia de inclusiones gomosas.

Las fibras son libriformes no estratificadas. El diámetro total es 24  $\mu\text{m}$ , el grosor de pared celular 3  $\mu\text{m}$  y la longitud varía entre 1443 y 1454  $\mu\text{m}$ .

En la Figura 2 se muestra el detalle de la madera y sus 3 cortes microscópicos.



**Figura 2** Madera patrón y cortes microscópicos de tornillo

*Fuente: Acevedo et al. (1994)*

### 2.7.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Traywick (1959) fue el primero en estudiar al Tornillo en cuanto a propiedades físicas y mecánicas; él utilizó muestras de Huánuco y determinó una densidad básica promedio de  $0,41 \text{ g/cm}^3$  con rango de  $0,27$  a  $0,52 \text{ g/cm}^3$ ; catalogándolo como una especie con muy buena resistencia mecánica y aptitud estructural.

Herrera (1987) estudió la interrelación entre la densidad básica y las características anatómicas a cuatro alturas en el árbol (longitudinalmente), así como en posiciones radiales y orientaciones (transversalmente) del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Su análisis no encontró diferencias significativas entre los niveles longitudinales ni transversalmente, pero sí entre árboles.

Soudre (2004), en relación a las plantaciones de la EEA vH (Ucayali) señala que el factor de mayor influencia en los resultados de densidad básica y contracción radial es la edad seguido de suelo, fisiografía y tipo de regeneración. Además dice que la edad tiene influencia directa y proporcional con los valores de densidad básica, estableciendo que desde los 9 hasta los 14 años no se presentan variaciones significativas en el incremento de la densidad. Asimismo las contracciones tangencial, radial y volumétrica también presentan tendencia al incremento con respecto a la edad, y variaciones no significativas entre 9 a 14 años, de igual manera tampoco encontró diferencias significativas entre tipo de regeneración (natural, faja y a campo abierto) y las propiedades de contracciones. Silva (2005), en relación a las plantaciones del CIJH (Loreto), refiere en cuanto a la influencia de la edad sobre la densidad básica que hay un incremento significativo entre las edades de 15 y 29 años a campo abierto, mientras que la de 24 años en fajas de enriquecimiento presenta un valor promedio menor que las anteriores. Axialmente, para las edades 15 y 29 años, existen un incremento significativo del nivel basal al nivel medio seguido por una disminución en el nivel apical, mientras que para la edad de 24 años la densidad básica disminuye del nivel basal al apical. En el Cuadro 4 se detallan estos valores.

**Cuadro 4** Propiedades Físicas de la madera de plantaciones a campo abierto de Tornillo

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Edad</b>		
		<b>10 (1)</b>	<b>15 (2)</b>	<b>29 (2)</b>
Densidad Básica	g/cm <sup>3</sup>	0,35	0,41	0,43
Contracción Radial	%	2,55	3,80	4,61
Contracción Tangencial		6,65	7,75	7,55
Contracción Longitudinal		-	0,38	0,33
Contracción Volumétrica		9,67	9,86	10,33
Relación T/R	-	2,64	-	-

*Fuente: (1): Soudre (2004) del Área Experimental de la Estación Alexander von Humboldt (Ucayali)*

*(2): Silva (2005) del Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera (Loreto)*

Condori (2007), en relación a las plantaciones a campo abierto del CIJH (Loreto), indica que a las edades de 15 y 29 años, en condición saturada el comportamiento mecánico presenta diferencias significativas sólo para los esfuerzos de flexión estática (ELP y MOR), compresión paralela, dureza y tensión perpendicular (radial). Asimismo los valores altos de variación total se observa para la edad de 15 años en los ensayos de compresión perpendicular, tensión perpendicular y tenacidad; y para la edad de 29 años, compresión perpendicular y tenacidad. También señala que se obtienen mejores resultados en resistencia mecánica en la plantación a campo abierto comparándolo con el de fajas de enriquecimiento, debido a características anatómicas, entre ellas el tamaño de fibras y principalmente el diámetro tangencial; así como la cantidad de materia leñosa. Por su parte Durán (2003), en relación a las plantaciones de la EEAvH (Ucayali) señala que los mayores valores de densidad básica y propiedades mecánicas se obtuvieron de las muestras procedentes de relieve plano, sistemas silviculturales de regeneración natural y campo abierto, y suelo acrisol. Menciona además que el tipo de plantación influye en tercer orden pero no significativamente, siendo mejores los resultados para los sistemas de regeneración natural (50% de iluminación) y campo abierto (100%), e inclusive fajas de 30 m (68%). En el Cuadro 5 se detallan estos valores.

**Cuadro 5** Propiedades mecánicas de la madera de plantaciones a campo abierto de Tornillo

<b>Propiedad</b>	<b>Edad</b>		
	<b>10 (1)</b>	<b>15 (2)</b>	<b>29 (2)</b>
<b>Flexión estática (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
ELP	256,85	229,46	273,89
MOR	569,36	429,49	505,16
MOE X 1000	85,49	74,36	86,13
<b>Compresión paralela (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
ELP	150,84	130,79	179,93
RM	285,86	181,59	226,96
MOE X 1000	-	69,49	89,92
<b>Compresión perpendicular (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
ELP	45,57	31,05	33,45
<b>Dureza (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
Extremos	342,01	253,69	299,30
Lados	278,35	229,17	299,57
<b>Tensión perpendicular (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
Radial	-	25,07	29,70
Tangencial	-	28,56	35,10
<b>Clivaje (kg/cm)</b>			
Radial	-	35,61	38,90
Tangencial	-	41,99	40,29
<b>Cizallamiento (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
	68,60		
Radial	-	48,63	52,94
Tangencial	-	53,44	57,29
<b>Tenacidad (kg-m)</b>			
Radial	-	0,51	0,85
Tangencial	-	1,08	1,14

Fuente: (1): Durán (2003) del Área Experimental de la Estación Alexander von Humboldt (Ucayali) ajustadas al 14% de Contenido de Humedad

(2): Condori (2007), del Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera (Loreto) en condición saturada

#### 2.7.4 SECADO

Según Aróstegui (1974) el tornillo tiene buen comportamiento al secado al aire libre; no sufre alabeos ni rajaduras si se apilan las maderas correctamente. El mismo autor (1982) señala que el secado artificial se puede realizar con un programa fuerte.

El Castañero (1998) menciona que tiene buen comportamiento al secado artificial.

#### 2.7.5 DURABILIDAD Y PRESERVACIÓN

Aróstegui (1974) menciona que el duramen es poco susceptible al ataque de hongos e insectos, por contener ciertas sustancias repelentes. El mismo autor (1982) indica que esta especie es casi imposible de tratar por el sistema de baño caliente-frío y difícil de tratar por el sistema vacío-presión.

#### 2.7.6 TRABAJABILIDAD

Aróstegui (1974) considera que Tornillo puede trabajarse con toda clase de herramientas de mano y máquina. En las operaciones de cepillado resulta bueno con ángulos de corte de 20° y 25°; en el moldurado y torneado se comporta en forma regular; al taladrado bueno; y al lijado regular con lija N° 60 y excelente con lija N° 100.

Lo anterior es corroborado por El Castañero (1998) cuando menciona que se caracteriza por tener buena trabajabilidad con máquinas de carpintería.

### 2.7.7 USOS

Aróstegui (1974) sugiere usos en estructuras, construcciones livianas, carrocería, muebles ordinarios y carpintería de obra en general.

Condori (2007) recomienda para las plantaciones de 15 y 29 años a campo abierto el uso básicamente en mueblería del tipo: tableros de mesa escritorios, persianas de madera, revisteros, separadores de libros, ficheros para entrada y salida de documentos, carpeta de trabajo, rondanas, pie de lámpara, claraboyas (tragaluz), machihembrado para revestimiento no estructural, biombos y zócalos. Asimismo, embalajes livianos y cajonería liviana, sujeto a su comportamiento en la retención de elementos de unión: clavos y/o grapas. El mismo autor indica que para la plantación de 24 años en faja de enriquecimiento se recomienda su uso sólo en trabajos de mueblería orientados a la producción de persianas de madera, ficheros, carpetas de trabajo y rondanas.

## 2.8 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Arroyo (1983) define a las propiedades físicas de la madera como el conjunto de propiedades que caracterizan el comportamiento físico de la misma. Además añade que, todas las propiedades físicas de la madera, mecánicas y no mecánicas son grandemente afectadas por las fluctuaciones en el contenido de humedad. Para utilizar la madera en forma adecuada es imprescindible conocer su contenido de humedad, entender su localización y el movimiento del agua a través de ella.

Panshin et al. (1980) mencionan que todas las propiedades físicas de la madera están determinadas por factores inherentes a su organización estructural. Esos pueden ser resumidos bajo cinco conceptos:

- La cantidad de la sustancia de pared celular presente en un volumen dado de madera
- La cantidad de agua presente en la pared célula.
- La composición proporcionada de los componentes químicos primarios de la pared celular y su cantidad, así como la naturaleza de extrañas sustancias presentes.
- El arreglo y la orientación de los materiales de la pared en las células y en los diferentes tejidos.
- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que componen el tejido leñoso.

De igual manera los mismos autores, establecen una clasificación general de las variaciones de densidad según patrones radiales y axiales. Radialmente describen cuatro patrones o tipos de variación del siguiente modo:

- Tipo 1: la densidad aumenta del centro hacia la corteza
- Tipo 2: la densidad es alta en el centro, disminuye hacia afuera y luego crece hasta un máximo hacia la corteza.
- Tipo 3: la densidad crece en incrementos cerca al centro, luego permanece más o menos constante y después decrece hacia la corteza.
- Tipo 4: la densidad exhibe un decrecimiento general desde el centro a la corteza.

Y axialmente:

- Decrece uniformemente
- Decrece en la parte baja del tronco y luego crece en la parte alta
- Crece desde la base a la parte alta en un patrón no uniforme

Arroyo (1983) señala que las propiedades mecánicas de la madera son la expresión de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o cargas. Este comportamiento puede sufrir variadas modificaciones, dependiendo del tipo de fuerza aplicada y de las diferencias básicas en la organización estructural de la madera. Una fuerza expresada por unidad de área o volumen es un esfuerzo. Existen tres tipos de esfuerzos primarios que pueden actuar sobre un cuerpo:

- La fuerza puede actuar en compresión, si reduce una dimensión o el volumen de cuerpo; en este caso se desarrolla un esfuerzo compresivo.
- Si la fuerza tiende a aumentar la dimensión o el volumen, la misma será una fuerza de tensión; y entonces se desarrollará un esfuerzo de tracción.
- Cuando las fuerzas tienden a desplazar una porción del cuerpo sobre la otra en dirección paralela al plano de contacto, se desarrollan esfuerzos de cizallamiento o esfuerzos cortantes.

Los esfuerzos de flexión resultan de la combinación de los tres esfuerzos primarios y el efecto que producen es el de curvatura, flexión o pandeo.

El mismo autor indica que la mayoría de las propiedades de resistencia de la madera y su elasticidad varían en forma inversa con el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra. Este comportamiento se debe a la dispersión o concentración de la sustancia sólida de la pared celular que ocurre cuando la madera gana o pierde humedad. Por encima del punto de saturación de la fibra las propiedades de resistencia son constantes, es decir, no son afectadas por los cambios en el contenido de humedad.

Vignote et al. (1996) afirman que la madera tiene en dirección longitudinal mayor resistencia que en dirección transversal, también señalan que la influencia de la resistencia de la madera en función de la humedad. Aunque varía con el tipo de esfuerzo, cuando la madera aumenta un 1% su porcentaje de humedad, la resistencia merma entre el 1,5 y el 2%

Haygreen et al. (1982) mencionan que los factores que afectan la resistencia de la madera son: el contenido de humedad, el tiempo, la temperatura, la fatiga, y la exposición a químicos.

## **2.9 VARIABILIDAD DE LA MADERA**

Panshin et al. (1980) señalan que la madera producida por árboles de la misma especie es a veces erróneamente asumida de ser idéntica en todas sus características físicas y estructurales. De hecho, diferentes piezas de madera incluso del mismo árbol nunca son idénticas y son similares sólo dentro de amplios límites, asimismo menciona que entender la variabilidad de la madera es importante porque los usos de cada tipo de madera están relacionados a ciertas de sus características. Todas las características dimensionales y físicas de la madera dentro del árbol son variables, es decir, muestran un rango de valores. La calidad o aptitud de la madera para un propósito particular está determinada por una o más de las características que afectan su estructura y por lo tanto sus propiedades.

Según Arroyo (1983), existen variaciones que afectan la calidad de la madera por su estructura anatómica y por lo tanto las propiedades físicas, las cuales se deben a que las actividades fisiológicas del árbol son afectadas por los siguientes factores:

- Modificaciones en el cambium producidas por maduración o envejecimiento, de las cuales depende la variabilidad dentro de los árboles de una misma especie.
- Factores genéticos que son una de las causas principales de la variabilidad entre árboles.
- Factores ambientales (precipitación, temperatura, etc) los cuales afectan tanto la variabilidad dentro de los árboles, cómo entre árboles de una misma especie.

La variabilidad de la madera puede considerarse dentro de un árbol o entre árboles de una misma especie.

### 2.9.1 VARIABILIDAD EN UN MISMO INDIVIDUO

Según Herrera (1987), la variación dentro de un árbol se da en los siguientes aspectos: dimensiones de las células, variaciones de densidad, en la composición química, en las propiedades físicas, en los anillos de crecimiento o entre la madera juvenil y adulta.

Panshin et al. (1980) señalan que la variabilidad de las características de la madera dentro de un mismo individuo está fundamentalmente relacionada a cambios resultantes del envejecimiento del cambium y las modificaciones impuestas por la actividad cambial debido a las condiciones medio ambientales.

Vignote et al. (1996) mencionan que, analizando la densidad de la madera a lo largo de la sección y de la altura del árbol, se puede apreciar como la madera formada durante los primeros años de vida del árbol es mucho más ligera que la formada con posterioridad. A esta madera, que si bien no difiere en aspecto de la del resto, pero que es más ligera y menos resistente se la denomina madera juvenil.

Panshin et al. (1980) sostienen que la madera juvenil y madura deben considerarse como dos poblaciones en el mismo árbol. La madera madura posee características que son consideradas normales para las especies, mientras que la madera juvenil tiene características estructurales y físicas inferiores a las de la madera madura del mismo árbol. En general las pobres propiedades de la madera juvenil en relación a la madera madura normal hacen de esta indeseable para

propósitos estructurales y se oponen al uso de la madera de árboles jóvenes para algunos propósitos.

Por regla general la baja calidad de la madera juvenil es más marcada en coníferas que en latifoliadas.

Haygreen et al. (1982) definen a la madera juvenil como xilema secundario producido por regiones cambiales influenciadas por la actividad en el meristema apical.

## 2.9.2 VARIABILIDAD ENTRE LOS ÁRBOLES DE UNA MISMA ESPECIE

Según Arroyo (1983), la variabilidad dentro de una especie es más sutil y por tal motivo menos fácil de descubrir, que la existente entre especies. La variabilidad dentro de una especie es producto de un sistema complejo de factores interrelacionados, los cuales actúan como modificadores de los procesos fisiológicos que originan la formación de la madera. La determinación de cualquier propiedad indicará que para ella existe una escala de valores que se ajusta a las leyes estadísticas y se aproxima a la curva de distribución normal, siempre y cuando se haga un número suficiente de mediciones. Esta variabilidad sólo puede ser determinada después de análisis minuciosos de elementos anatómicos, tales como longitud de las fibras.

Panshin et al. (1980) señalan que es difícil atribuir la variabilidad de las características de la madera a un sólo factor o incluso a una combinación de factores que afecten el crecimiento del árbol. Asimismo mencionan que las características normales de la madera pueden ser modificadas como resultado de condiciones de crecimiento de largo plazo existentes en diferentes lugares, incluso en áreas pequeñas. Las diferencias también pueden ser causadas por características inherentes transmitidas de los progenitores.

Las condiciones de crecimiento como la competencia por el sitio o la fertilidad del suelo pueden causar mayores diferencias en la magnitud y patrones de la variabilidad en las propiedades de la madera de árboles de la misma especie creciendo en el mismo sitio. Por ejemplo, aquellos árboles que son dominantes pueden mostrar un patrón de variabilidad en la madera y los individuos vecinos de la misma especie que están suprimidos pueden tener diferentes características.

## **2.10 INTERRELACIÓN ENTRE LA ANATOMÍA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA**

De acuerdo a Arroyo (1983), la efectividad de una madera para resistir cualquier fuerza es función no sólo de la cantidad de sustancia de la pared celular, sino de las proporciones en que se encuentran los componentes de esa pared celular en una pieza dada y también de la cantidad de extractivos depositados en los lúmenes de las células, asimismo indica, que debido a la naturaleza de la sustancia de la pared celular y su distribución como un sistema de tubos de paredes delgadas, la madera posee excelente rigidez y destacadas propiedades de resistencia a la flexión. La alta rigidez de la madera en flexión tiene muchísima importancia en miembros estructurales.

Herrera (1987), menciona que Ifju y Peres Chimelo en un estudio con 40 maderas Brasileñas relacionando la anatomía de la madera con sus propiedades físico-mecánicas, encontraron que las propiedades de resistencia tales como el módulo de ruptura y de elasticidad en flexión, compresión paralela y perpendicular al grano, máxima resistencia al corte, tracción perpendicular al grano y dureza perpendicular y paralela al grano mostraron altos niveles de correlación con la densidad y la microestructura. Las regresiones múltiples de las propiedades mecánicas vs. densidad y microestructura usando un modelo lineal dieron coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de 0,48 a 0,86.

## 2.11 MADERA DE REACCIÓN

Según Kollman (1984), madera de reacción es el nombre aplicado a los tejidos xilemáticos que se producen en ciertas partes de árboles inclinados y en los lados superiores o inferiores de las ramas. La evidencia indica que este tipo de madera se desarrolla como una reacción a la inclinación o a la influencia de la fuerza del viento.

Vignote et al. (1996) especifican que en el caso de las coníferas, las fibras especiales se forman en el lado de la sección en la que actúa el esfuerzo de disimetría, con células denominadas de compresión, mientras que en las frondosas se forman en el lado de la sección contrario al esfuerzo de disimetría, con células denominadas de tensión o tracción.

Kollman (1984) indica que la madera de reacción en coníferas (de compresión) se reconoce en las trozas por la presencia de anillos de crecimiento excéntricos y una transición muy gradual entre la madera de primavera y la de verano diferente a la madera normal. Otra característica obvia es la falta de brillo, la apariencia no viva de esta madera en comparación con la madera normal adyacente. La madera de compresión también tiene una densidad alta en comparación con la madera normal, pero tiene, sin embargo, una menor resistencia al impacto y tensión basada en la densidad. Cuando la madera de compresión se rompe, no se presenta astilladura, que normalmente acompaña a la falla normal de la madera.

El mismo autor señala que la presencia de la madera de tensión puede ser indicada por un crecimiento excéntrico, visto en el extremo de una troza, anillos más anchos ocurren en la región que contiene la madera de reacción. Cuando las trozas que contienen madera de tensión son aserradas, las superficies tienden a ser “lanosas”.

Arroyo (1983) indica que generalmente la madera de tensión es mucho más lustrosa que la madera normal, presentando un brillo plateado, el cual en la albura de algunas especies es difícil de detectar, si el ángulo de incidencia de la luz no es el adecuado.

De acuerdo con los pocos datos disponibles, la madera de tensión en relación con su densidad presenta propiedades mecánicas inferiores en compresión paralela al grano, compresión perpendicular, modulo de ruptura, cizallamiento y modulo de elasticidad en flexión estática.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO**

El estudio se realizó en el Laboratorio de Ensayos Tecnológicos de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

#### **3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **3.2.1 ESPECIE**

Las muestras colectadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) corresponden a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke procedente de plantaciones de 20 años instaladas en la Estación Experimental Alexander von Humboldt, Ucayali. Se seleccionaron 5 árboles representativos de la zona bajo el tratamiento de plantación a campo abierto. Las características de la plantación se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6** Características de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

<b>Características de la plantación</b>	
Código de la parcela	203
Año de Plantación	1987
Tipo de Plantación	Campo abierto
Área plantada	1 ha
Diámetro promedio a la altura del pecho	35,80 cm.
Altura total promedio	26,42 m
Altura comercial promedio	10,24 m.
Actividades de mantenimiento	Limpiezas 2 veces al año hasta el 3º año, luego un raleo de 30% en 1990 y otro mas de 30% en 1996.
Fecha de corta de los árboles en estudio	Junio de 2007
Fisiografía y Suelo	La fisiografía es de plana a ondulada y suelos principalmente de tipo gleysol y acrisol.
Árboles Plantados	Espaciamiento entre plantas de 3 x 3 m, por lo que se establecieron 1111 plantas/ hectárea
Vegetación anterior	El terreno utilizado fue un campo de cultivo con 7 años de abandono.

*Fuente: Flores (2002)*

### 3.2.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS

Para la preparación de las viguetas y posteriormente de las probetas de ensayo se utilizaron sierra de cinta, sierra radial, sierra circular, garlopa, cepilladora y taladro. Además se utilizaron wincha, escuadras, regla y lápiz de cera.

Para los ensayos físicos se utilizaron la balanza eléctrica “Adam” de 4100 g con precisión de 10 mg, desecadores de humedad provistos de silicagel; así como estufas eléctricas “Mammert” de hasta 220 °C, pinzas, vaso de precipitación de 500 ml, micrómetros digitales “Mitutoyo” de rangos de 25 a 50 mm y de 75 a 100 mm, con una precisión de 0,001 mm; paquímetro digital “Mitutoyo” con precisión de 0,01 mm y lápices de cera.

Para los ensayos mecánicos se utilizaron la prensa universal “Tinius Olsen” y sus accesorios, el equipo probador de tenacidad “Wiedemann Baldwin”; así como un paquímetro digital “Mitutoyo” con precisión de 0,01 mm, y sierra circular portátil.

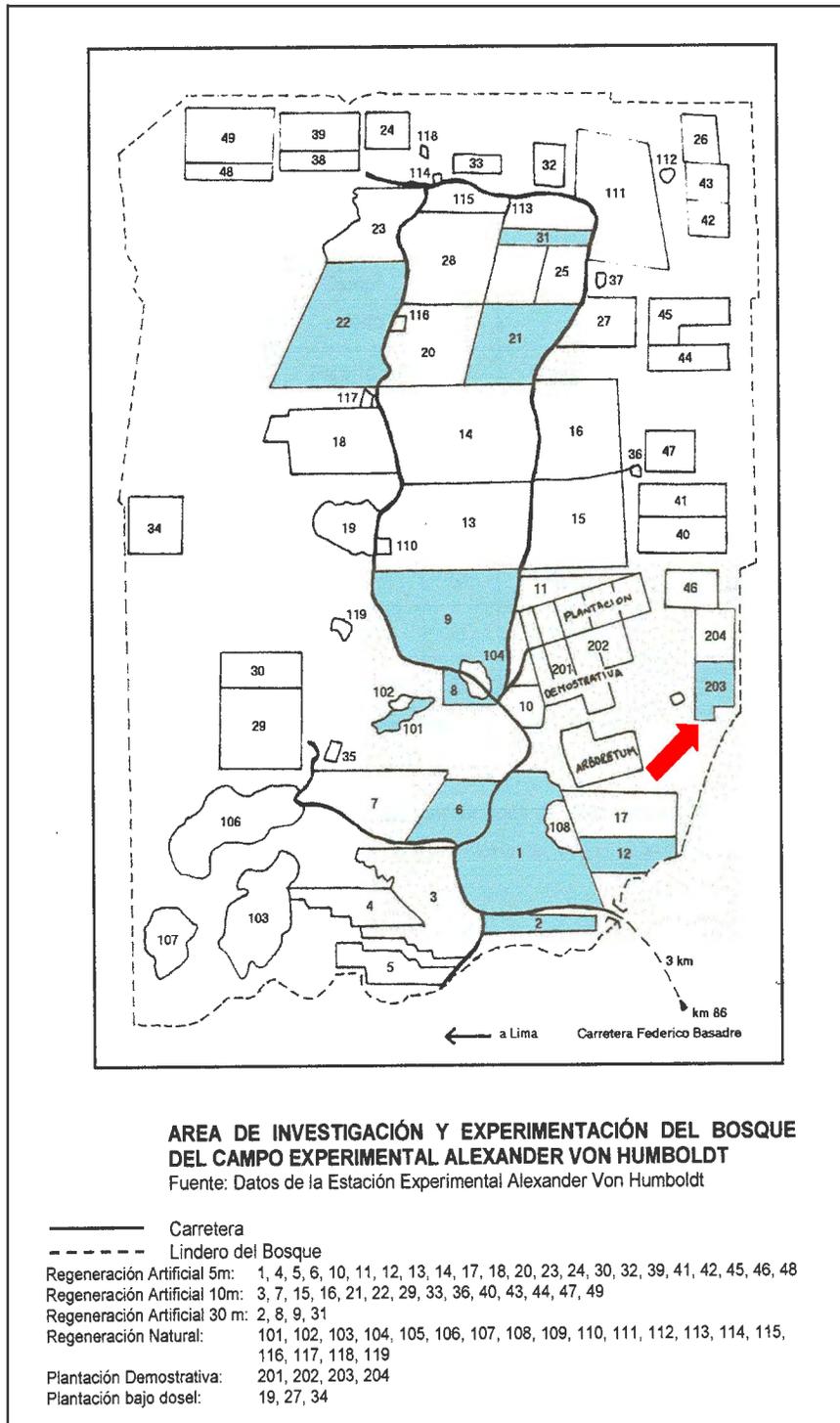
Para el registro de información se utilizaron formatos diseñados para la toma de datos, además de una computadora Pentium IV con programas Microsoft Office, AutoCad Land 2006 y Minitab 15.0 instalados, cámara fotográfica digital “Samsung S760” y una impresora multifuncional “HP Deskjet F380”.

### **3.3 METODOLOGÍA**

#### **3.3.1 UBICACIÓN DE LA PLANTACIÓN EN ESTUDIO**

La plantación a campo abierto de código 203, se ubica en la Estación Experimental Alexander von Humboldt, la cual se encuentra dentro del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a 86 km. de la ciudad de Pucallpa; entre 8°31'00 – 8°50'30 Sur y 74°14'27 – 74°55'10 Oeste. Políticamente pertenece al Departamento de Ucayali y geográficamente pertenece a la Cuenca del Río Amazonas.

La Figura 3 muestra la ubicación de la plantación en estudio.



**Figura 3** Ubicación de la parcela 203, de donde proceden las muestras en estudio

Fuente: Durán (2003)

### 3.3.2 CLIMA

La temperatura promedio es 26,7 °C; la temperatura máxima promedio es de 29,3 °C y la temperatura mínima promedio es de 24,0 °C. La humedad relativa promedio es de 78,9 %. La precipitación anual promedio es de 3600 mm. con una estación muy lluviosa (Noviembre – Marzo) y otra de menor precipitación (Abril – Octubre).

### 3.3.3 ZONA DE VIDA

El área del Bosque Nacional Alexander von Humboldt incluye las zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical.

### 3.3.4 SUELOS

Los suelos son de origen sedimentario, de textura arcillosa a arcillo-arenosa, drenaje pobre, fácilmente compactables y pH promedio de 5,1. El Cuadro 7 muestra las características de los suelos en el área de estudio. Según la clasificación FAO en la zona de estudio existen los siguientes tipos de suelos:

- Gleysol.- Específicamente Plinthic Gleysol. Ocurre en terrenos con inundación frecuente o temporal, de topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas y suaves a colinas altas suaves. En lugares donde se empoza el agua subterránea en época de lluvias, escasea el oxígeno, formando el estrato Gley de apariencia gris azulada debido a la acción del hierro.

- Acrisol (Ultisol).- Específicamente Plinthic Acrisol (del griego “plinthos”: ladrillo y “acris”: ácido). Ocurre en terrenos con inundaciones frecuentes a temporales, en topografía plana y ondulada, sobre colinas bajas suaves y colinas altas accidentadas. Estos suelos están conformados por acumulación de arcillas roja-rojo parduzco y manchas roja-arcillosas (Plinthic) acumuladas como resultado de la acción oxidoreductora del hierro por el movimiento vertical de la napa freática (agua subterránea). En general tienen buenas condiciones físicas y son bien estructurados. Sus principales problemas son la muy baja fertilidad, problemas de acidez, exceso de aluminio y deficiencias de P.

**Cuadro 7** Principales características de los suelos en el área de estudio

<b>Suelo</b>	<b>Capa</b>	<b>pH</b>	<b>Carbón %</b>	<b>Nitrógeno %</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Mineral arcilloso</b>	<b>CIC meq.</b>
Plinthic Acrisol	A	3,6	1,2	0,12	Franco arenoso	Principal: caolín Accesorio: mica	7,1
	B	4,3	0,4	0,06	Suelo arcill. Ligeró	Igual al anterior	11,4
Plinthic Gleysol	Ag	5,5	2,7	0,27	Franco arcillo arenoso	Principal: esmectita Accesorio: mica	15,1
	B	4,8	0,5	0,09	Suelo arcill. Ligeró	Principal: esmectita Accesorio: caolín	19,6

*Fuente: Flores (2002)*

### 3.3.5 TOPOGRAFÍA

La zona de estudio presenta dos zonas topográficas características:

- Zona plana.- Con pocos accidentes topográficos. En época de lluvias hay empozamiento de aguas.

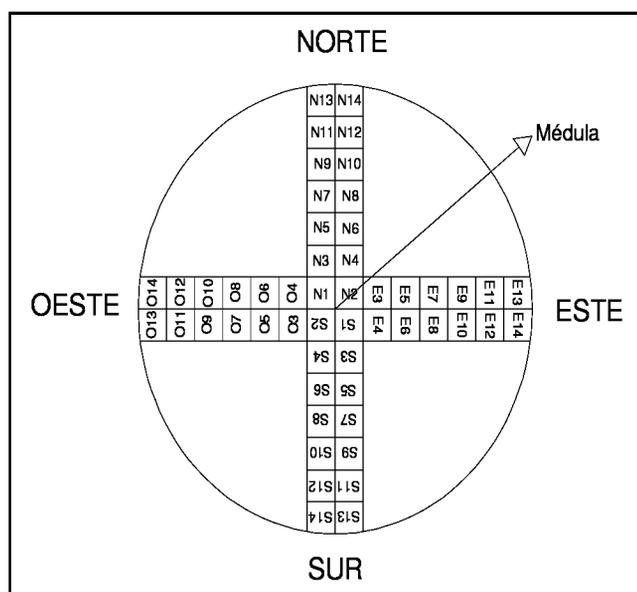
- Zona ondulada.- Formación de ondas regulares de 5 a 10 m. Dentro de áreas con estas características, la parte alta tiene buen drenaje y la parte baja es húmeda y con mal drenaje.

### 3.3.6 SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

La selección y colección de las muestras de madera fue realizada por el INIA – Pucallpa, de acuerdo a lo especificado en la norma American Society for Testing and Materials (ASTM) Designation: D5536 – 94 (Reapproved 2004) Standard Practice for Sampling Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties, la cual establece coleccionar muestras de 5 árboles. De cada árbol se extrajo la cantidad de trozas según altura comercial, de acuerdo a la norma antes mencionada.

### 3.3.7 PROCESAMIENTO DE TROZAS

De acuerdo a la norma ASTM Designation: D 5536 – 94 las trozas fueron marcadas, codificadas y aserradas longitudinalmente, obteniendo de cada troza tabloncillos de madera de 5 pulg. de espesor por 48 pulg. de longitud y ancho variable, los cuales fueron recepcionados en la UNALM y transformados a listones. Los listones fueron codificados de acuerdo al esquema ilustrado en la Figura 4.



**Figura 4** Esquema mostrando el método de corte de la troza para la obtención de listones de 5 x 5 cm.

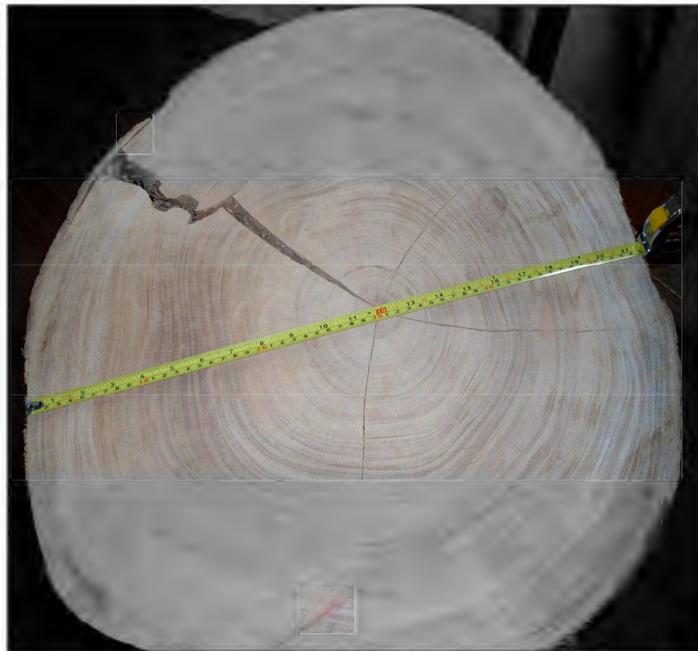
*Fuente: ASTM Designation: D 5536 – 94 (Reapproved 2004)*

Esta etapa, al igual que la preparación y acondicionamiento de probetas se realizó en el Taller de Trabajabilidad de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

**Cuadro 8** Características de las trozas seleccionadas para el estudio

Árbo Nº	Troza	Diámetro (cm)				Posición de Médula
		Extremo 1		Extremo 2		
14	2	47,5	48,5	43,5	42,0	Central
274	3	42,5	36,0	37,0	34,0	Central
289	2	54,5	56,0	48,5	47,0	Central
930	2	47,0	46,0	43,0	41,0	Central
268	1	53,0	59,0	54,0	53,0	Central
	2	47,0	48,0	45,5	44,0	Central

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 5** Sección transversal de la troza 2 del árbol 930

### 3.3.8 CODIFICACIÓN DE LISTONES

Cada listón fue identificado con un código compuesto por:

- Numero de parcela: 203
- Numero de árbol: 14, 268, 289, 274, 930
- Numero de troza de 8 pies: 1, 2, 3
- Orientación: Norte (N), Sur (S), Este (E), Oeste (O)
- Subtroza de 4 pies: A, B, C, D, E
- Posición del listón respecto a la médula: 1, 2, 3, 4, 5, 6

### 3.3.9 SELECCIÓN DE LISTONES

Las probetas de madera para cada ensayo se prepararon según la norma ASTM, Designation: D5536 – 94 (Reapproved 2004) Standard Practice for Sampling Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties, teniendo como prioridad la siguiente secuencia: Flexión estática, compresión paralela, dureza, compresión perpendicular, tenacidad, cizallamiento, clivaje, tensión paralela al grano, tensión perpendicular, extracción de clavos, densidad básica (peso específico), contracción radial, contracción tangencial.

### 3.3.10 PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE PROBETAS

Las dimensiones de las probetas obtenidas para los ensayos físicos se prepararon de acuerdo con lo estipulado por la Norma Técnica Peruana (NTP 251.010:2004, NTP 251.011:2004 y NTP 251.012:2004), en cuanto a las dimensiones de las probetas para los ensayos mecánicos estas cumplen con lo estipulado por la norma ASTM Designation: D 143 – 94 (Reapproved 2000) Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Las probetas fueron ensayadas en condiciones de equilibrio.

El número de probetas por ensayo utilizadas para el análisis por niveles de altura y de cercanía a la médula se muestran en los cuadros 9 y 10 respectivamente.

**Cuadro 9** Número de probetas ensayadas para el análisis por niveles de altura para el árbol 268

<i>Ensayo</i>	<i>Árbol 268</i>				<i>Total por ensayo</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	
Contracción	4	2	2	3	11
Densidad	3	3	2	4	12
Flexión Estática	6	4	3	7	20
Compresión Paralela	10	10	9	11	40
Compresión Perpendicular	3	2	2	2	9
Dureza	3	2	1	4	10
Extracción de Clavos	7	6	6	4	23
Cizallamiento	4	6	6	4	20
Clivaje	4	6	6	4	20
Tensión Perpendicular	4	6	6	3	19
Tenacidad	6	4	3	7	20
Total por altura	54	51	46	53	204

**Cuadro 10** Número de probetas ensayadas para el análisis por niveles de cercanía a la médula para los 5 árboles.

<i>Ensayo</i>	<i>Árbol</i>					<i>Total por ensayo</i>
	<i>14</i>	<i>268</i>	<i>274</i>	<i>289</i>	<i>930</i>	
Contracción	5	6	5	5	4	25
Densidad	6	6	6	6	6	30
Flexión Estática	9	10	8	9	7	43
Compresión Paralela	17	20	16	17	14	84
Compresión Perpendicular	5	4	4	5	5	23
Dureza	4	5	4	4	4	21
Extracción de Clavos	8	10	8	8	7	41
Cizallamiento	8	10	8	8	7	41
Clivaje	8	10	8	8	7	41
Tensión Perpendicular	7	9	8	6	7	37
Tenacidad	8	10	7	9	5	39
Total por árbol	85	100	82	85	73	425

### 3.3.11 ENSAYOS EXPERIMENTALES

#### A) PROPIEDADES FÍSICAS

Las determinaciones de estas propiedades se realizaron de acuerdo a lo estipulado por la Norma Técnica Peruana de INDECOPI las cuales se muestran a continuación:

- NTP 251.010:2004 MADERA. Método para determinar el contenido de humedad.
- NTP 251.011:2004 MADERAS. Método de determinación de la densidad.
- NTP 251.012:2004 MADERAS. Método de determinación de la contracción.

#### B) PROPIEDADES MECÁNICAS

Las determinaciones de estas propiedades se efectuaron en condición seca al aire en base a lo estipulado en la norma ASTM Designation: D 143 – 94 (Reapproved 2000) Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.

### 3.3.12 PROCESAMIENTO DE DATOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

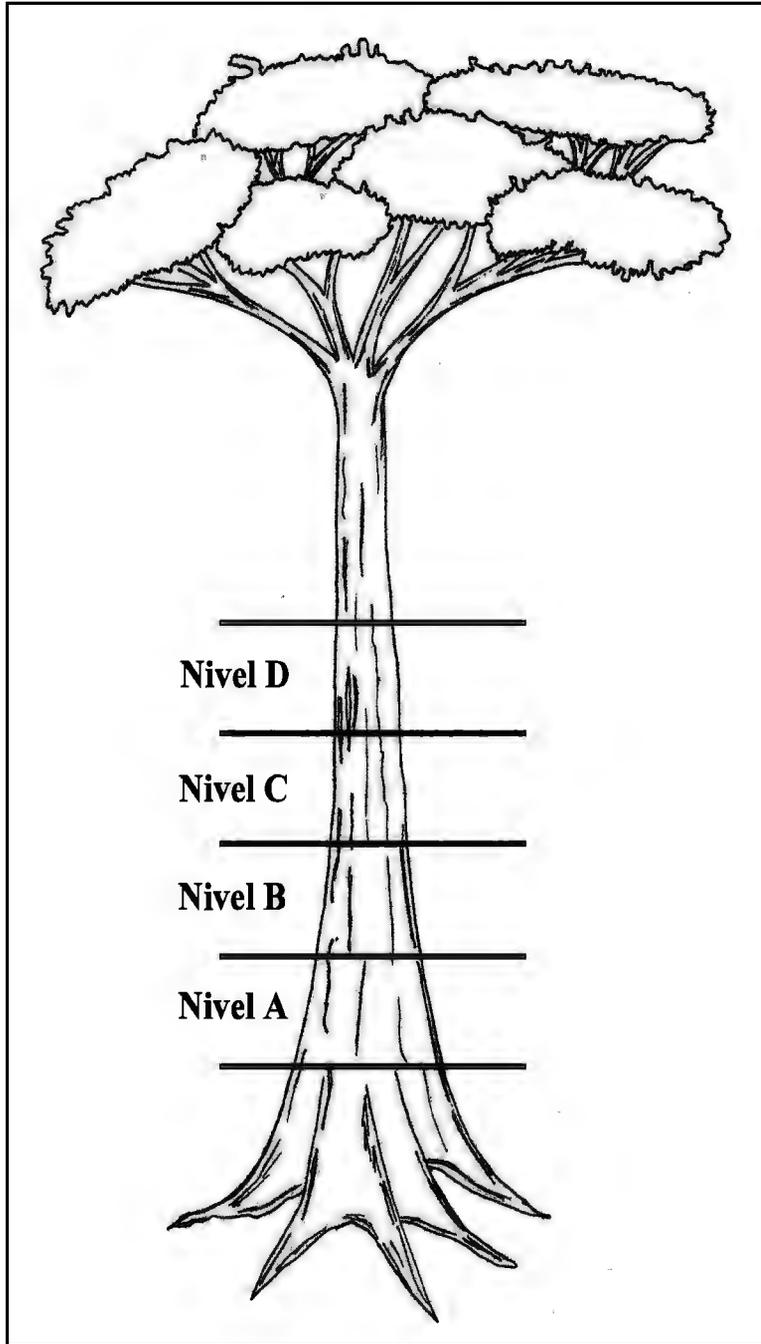
Los datos se ordenaron e ingresaron para procesarlos mediante el software Microsoft Excel para Windows; para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el programa Minitab 15.0 para Windows; y para realizar los gráficos de las pruebas de flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular se utilizó AutoCad Land 2006 para Windows.

Se realizó un análisis básico de los datos antes de la ejecución del análisis estadístico; es decir, se elaboraron cuadros y gráficos, así como la obtención de medidas estadísticas descriptivas: media, rangos, intervalos de confianza ( $\alpha = 0,05$ ) y coeficientes de variación.

La prueba t de Student se utilizó en dos casos, el primero para los ensayos de Dureza, Extracción de clavos, Cizallamiento, Clivaje Tensión perpendicular y Tenacidad para determinar, en cada caso, si los valores radiales y tangenciales eran estadísticamente iguales o diferentes; y el segundo para realizar comparaciones con otra plantación para averiguar si existían diferencias significativas.

#### *A) ANÁLISIS A NIVEL LONGITUDINAL*

El análisis, se realizó sobre 4 alturas A, B, C, y D de nivel basal a nivel apical respectivamente, para un sólo árbol, (árbol 268). Cada troza tenía una longitud de 4 pies. La figura 6 detalla la posición de estas alturas en el árbol.



**Figura 6** Niveles de altura A, B, C y D para el árbol 268.

El objetivo del análisis era determinar si existían diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre alturas para las propiedades mecánicas y físicas.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) para el Análisis de Varianza, con pruebas paramétricas, si se cumplían los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los errores; y pruebas no paramétricas si es que al menos uno de los dos supuestos anteriores no se cumplían.

Si el DCA resultaba significativo en las pruebas paramétricas, se utiliza la prueba de Tukey y en las no paramétricas la prueba de Kruskal – Wallis para comparar promedios a diferentes alturas.

El modelo aditivo lineal del experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Valor observado en la  $j$  – ésima probeta del  $i$  – ésimo nivel de altura

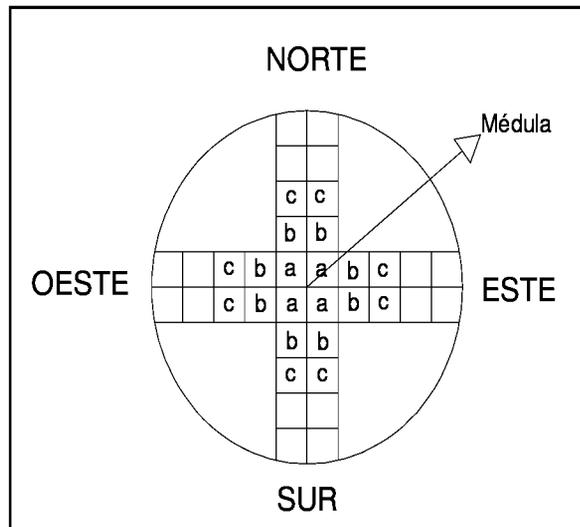
$\mu$  = Efecto promedio general del experimento

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo nivel de altura

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

## ***B) ANÁLISIS A NIVEL TRANSVERSAL***

El análisis se realizó sobre 3 niveles de cercanía a la médula a, b y c de médula hacia corteza respectivamente, en la sección transversal del árbol. Este análisis se hizo para los 5 árboles a fin de determinar si existían diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre niveles de cercanía a la médula para las propiedades mecánicas y físicas. La figura 7 detalla la posición de estos niveles.



**Figura 7** Posición de los niveles a, b y c en la sección transversal del árbol.

*Fuente: Elaboración propia*

Al igual que en el análisis a diferentes alturas, también se realizó un Diseño Completamente al Azar para el Análisis de Varianza, con pruebas paramétricas, y no paramétricas según se cumplieran o no los supuestos; si el DCA resultaba significativo, en las pruebas paramétricas, se realizó la prueba Tukey y en las no paramétricas la prueba Kruskal - Wallis para poder comparar promedios.

El modelo aditivo lineal del experimento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Valor observado en la  $j$ -ésima probeta del  $i$ -ésimo nivel de cercanía a la médula

$\mu$  = Efecto promedio general del experimento

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel de cercanía a la médula

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### *C) ANÁLISIS DE REGRESIÓN*

Se realizó el análisis de regresión entre la densidad básica como variable independiente (X), con los ensayos físicos de contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica como variables dependientes (Y).

De igual manera para los ensayos mecánicos con la densidad básica como variable independiente, y las propiedades mecánicas de flexión estática (ELP, MOR y MOE), compresión paralela (ELP, RM y MOE), compresión perpendicular (ELP), dureza (lados y extremos) y extracción de clavos (lados y extremos) como variables dependientes.

Obteniéndose en ambos casos las respectivas ecuaciones lineales, cuadráticas y cúbicas además de los coeficientes de correlación (R), determinación ( $R^2$ ) y de determinación ajustado ( $R^2$  ajustado). También se obtuvieron en los gráficos el intervalo de confianza al 95% y el intervalo de predicción.

Para determinar el mejor modelo de ajuste se utilizaron los valores de  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y el menor valor del cuadrado medio del error del análisis de regresión (Infante, 2005).

### *D) ANÁLISIS DE RESULTADOS*

La clasificación de las propiedades físicas y mecánicas se realizó según los criterios indicados por Arostegui (1982) y Dávalos y Bárcenas (1999) respectivamente, para lo cual fue necesario ajustar los valores al 12%; estos ajustes también fueron realizados para la comparación con otras fuentes de investigación.

La propuesta de los posibles usos se realizó considerando la similitud de las propiedades con otras especies de similar densidad básica, y los requisitos por tipo de uso para ser comparados con los valores de resistencia obtenidos en la madera ensayada.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 PROPIEDADES FÍSICAS**

#### **4.1.1 A NIVEL LONGITUDINAL**

El Cuadro 11 muestra los valores promedio y el rango de las propiedades físicas por cada nivel de altura, de A (basal) hasta D (apical); los coeficientes de variación y desviaciones estándar para cada propiedad y nivel estudiado en *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke. Asimismo en el Cuadro 12 se presenta el análisis estadístico correspondiente. Las figuras 8 y 9 ilustran estos resultados.

Los resultados de densidad saturada, básica y anhidra muestran una tendencia creciente desde el nivel A hasta D siendo estas diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey realizada. En todos los casos los promedios son menores en el nivel A.

**Cuadro 11** Estadísticos de las propiedades físicas para cuatro niveles de altura en un árbol.

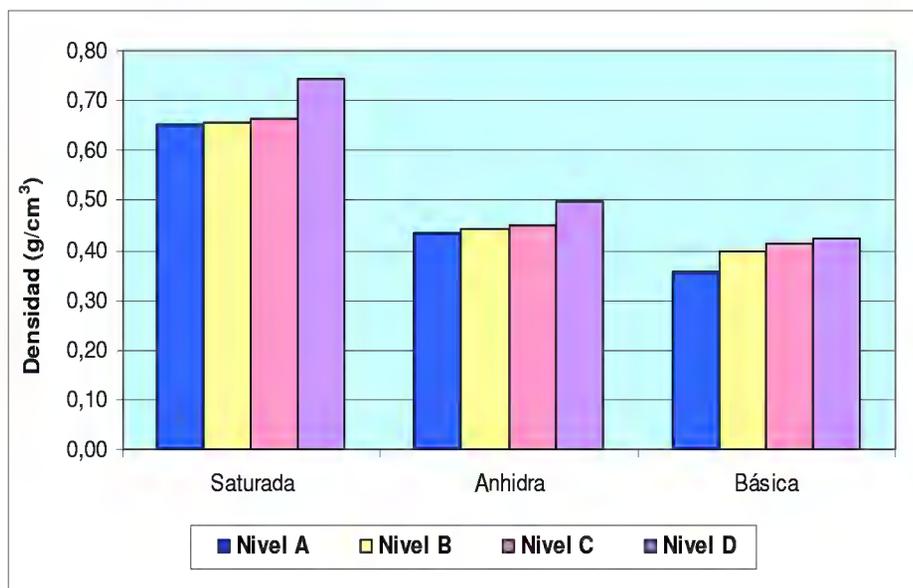
<b>Propiedad Física</b>	<b>Unidades</b>	<b>Alturas</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango</b>		<b>Coef. Var. (%)</b>	<b>Des. Est.</b>
				<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>		
<b>Densidad</b>							
Saturada*	g/cm <sup>3</sup>	A	0,65	0,62	0,68	4,73	0,031
		B	0,66	0,63	0,71	6,72	0,044
		C	0,66	0,65	0,68	3,11	0,021
		D	0,75	0,71	0,79	4,61	0,034
Anhidra	g/cm <sup>3</sup>	A	0,44	0,41	0,46	5,22	0,023
		B	0,44	0,42	0,48	6,47	0,029
		C	0,45	0,45	0,46	1,45	0,007
		D	0,50	0,47	0,53	4,71	0,024
Básica	---	A	0,36	0,34	0,37	3,53	0,013
		B	0,40	0,39	0,40	1,93	0,008
		C	0,41	0,40	0,42	3,25	0,013
		D	0,42	0,40	0,45	6,69	0,028
<b>Contracción total</b>							
Radial	%	A	5,33	4,61	5,83	10,95	0,584
		B	5,72	5,06	6,39	16,39	0,938
		C	4,82	4,72	4,92	2,99	0,144
		D	5,10	4,84	5,27	4,45	0,227
Tangencial	%	A	7,69	7,34	7,90	3,19	0,246
		B	7,66	7,11	8,21	10,18	0,780
		C	7,84	7,58	8,10	4,70	0,363
		D	8,17	8,05	8,31	1,67	0,137
Longitudinal	%	A	1,50	1,05	1,96	31,13	0,467
		B	1,52	1,48	1,56	3,81	0,058
		C	1,49	1,36	1,61	11,86	0,176
		D	1,26	1,07	1,62	25,43	0,319
Volumétrica	%	A	9,99	9,86	10,14	1,28	0,128
		B	10,47	10,39	10,55	1,04	0,109
		C	9,93	9,79	10,07	2,03	0,202
		D	9,91	9,53	10,28	3,79	0,375
Relación T/R	---	A	1,47	1,26	1,68	12,12	0,178
		B	1,38	1,11	1,65	27,25	0,376
		C	1,63	1,54	1,72	7,69	0,125
		D	1,60	1,57	1,66	3,19	0,051

\* A un contenido de humedad de 65,60%

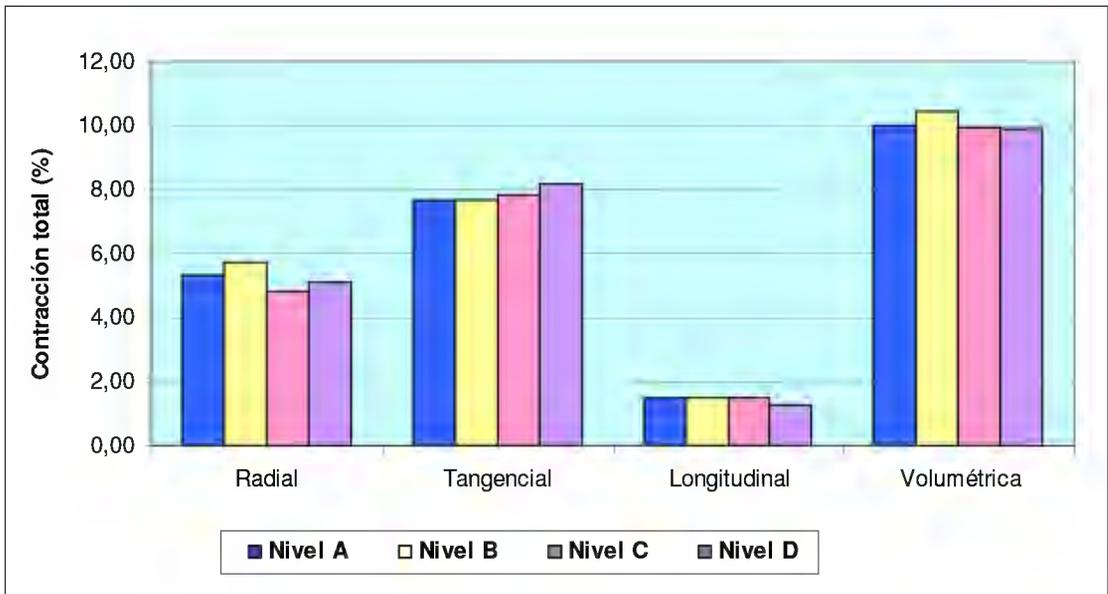
**Cuadro 12** Análisis de varianza de la densidad y contracción para cuatro niveles de altura en un árbol.

<i>Propiedad Física</i>	<i>ANOVA</i>	<i>Pruebas de Comparación</i>
<b>Densidad</b>		
Saturada	*	A B C D _____
Anhida	*	A B C D _____
Básica	*	A B C D _____
<b>Contracción</b>		
Radial	N.S.	
Tangencial	N.S.	
Longitudinal	N.S.	
Volumétrica	N.S.	

Donde: \* : Significativo N.S.: No significativo



**Figura 8** Valores promedio de densidad saturada, anhida y básica para cada nivel de altura en un árbol.



**Figura 9** Valores promedio de contracción total para cada nivel de altura en un árbol.

#### 4.1.2 A NIVEL TRANSVERSAL

El Cuadro 13 muestra los valores promedios, rangos, coeficientes de variación y desviaciones estándar para las propiedades físicas estudiadas en las tres posiciones respecto a la médula; valores que se ilustran en las figuras 10 y 11. De igual manera en el Cuadro 14 se aprecia el correspondiente análisis estadístico.

**Cuadro 13** Estadísticos de las propiedades físicas en tres posiciones respecto a la médula.

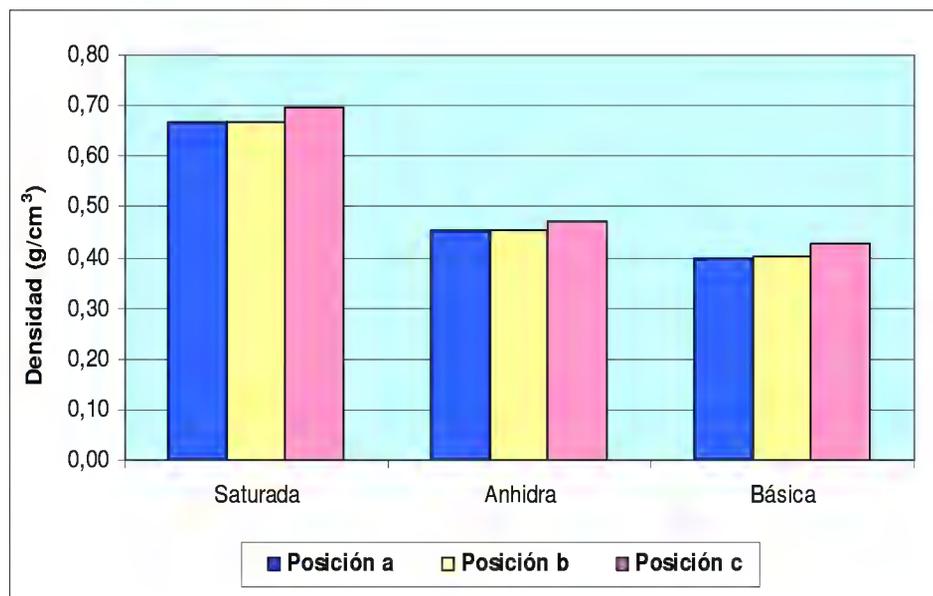
<i>Propiedad Física</i>	<i>Unidades</i>	<i>Posición</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var. (%)</i>	<i>Des. Est.</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>		
<b><i>Densidad</i></b>							
Saturada*	g/cm <sup>3</sup>	a	0,67	0,55	0,81	14,87	0,100
		b	0,67	0,51	0,74	8,75	0,059
		c	0,70	0,57	0,78	11,46	0,080
Anhídrida	g/cm <sup>3</sup>	a	0,45	0,37	0,55	15,13	0,068
		b	0,45	0,35	0,51	8,65	0,039
		c	0,47	0,39	0,53	11,02	0,052
Básica	---	a	0,40	0,33	0,45	11,07	0,044
		b	0,40	0,33	0,48	11,91	0,048
		c	0,43	0,35	0,47	10,53	0,045
<b><i>Contracción</i></b>							
Radial	%	a	5,29	4,84	5,70	5,88	0,311
		b	5,19	4,77	5,97	6,71	0,348
		c	5,46	4,72	6,53	11,04	0,603
Tangencial	%	a	7,75	7,25	8,31	4,77	0,370
		b	7,94	7,21	8,64	5,73	0,455
		c	7,82	4,93	8,99	15,60	1,219
Longitudinal	%	a	1,50	1,07	2,03	26,80	0,402
		b	1,53	1,00	2,07	23,40	0,357
		c	1,50	1,08	1,81	16,56	0,248
Volumétrica	%	a	9,70	9,25	10,28	3,71	0,360
		b	9,76	9,24	10,26	3,89	0,379
		c	10,39	9,71	12,49	9,38	0,975
Relación T/R	---	a	1,47	1,28	1,66	9,01	0,133
		b	1,54	1,21	1,76	10,37	0,160
		c	1,45	0,85	1,72	19,30	0,280

\* A un contenido de humedad de 63,72%

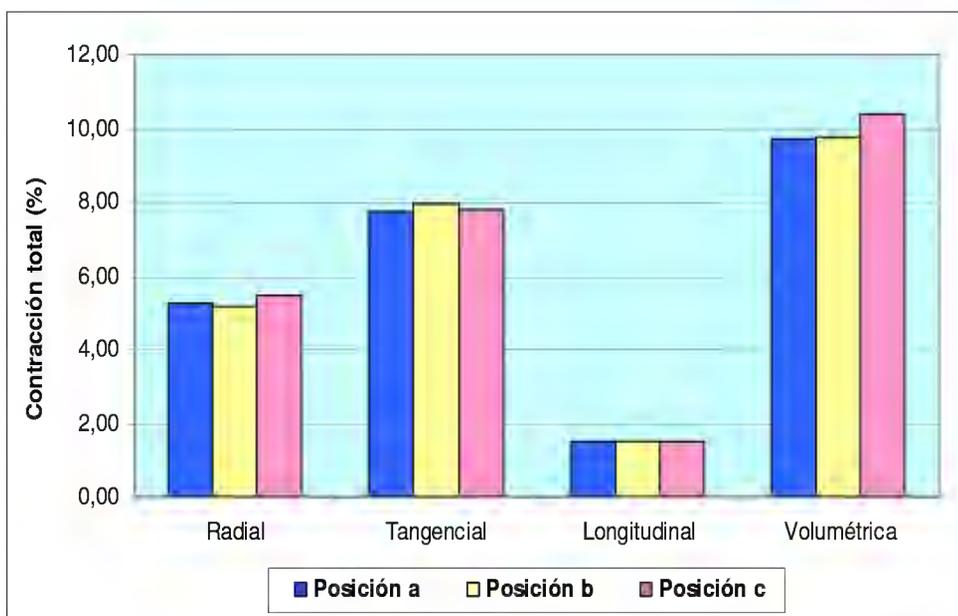
**Cuadro 14** Análisis de varianza de las densidades y contracciones para tres posiciones respecto a la médula.

<i>Propiedad Física</i>	<i>ANOVA</i>
<b>Densidad</b>	
Saturada	N.S.
Anhidra	N.S.
Básica	N.S.
<b>Contracción</b>	
Contracción Radial	N.S.
Contracción Tangencial	N.S.
Contracción Longitudinal	N.S.
Contracción Volumétrica	N.S.

Donde: \* : Significativo N.S.: No significativo



**Figura 10** Valores promedio de densidad saturada, anhidra y básica para cada una de las posiciones transversales con respecto a la médula.



**Figura 11** Valores promedio de contracción total para cada una de las posiciones respecto a la médula.

En consecuencia, el Cuadro 15 presenta los promedios de densidades y contracciones para la especie, así como los intervalos de confianza al 95%, sus respectivos coeficientes de variación y desviaciones estándar. De la misma manera se muestran los coeficientes de variación del U.S. Department of Agriculture (1974) para algunas de las propiedades con fines comparativos.

**Cuadro 15** Resumen de los estadísticos y comparación con los coeficientes de variación presentados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

<i>Propiedad Física</i>	<i>Unidades</i>	<i>Promedio</i>	<i>Intervalo de Confianza</i>		<i>Desv. Est.</i>	<i>Coef. Var. (%)</i>	<i>Coef. Var U.S. Department of Agriculture (1974) (%)</i>
			<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior</i>			
<b><i>Densidad</i></b>							
Saturada	g/cm <sup>3</sup>	0,68	0,65	0,71	0,073	10,73	
Anhidra	g/cm <sup>3</sup>	0,46	0,44	0,48	0,049	10,62	
Básica	---	0,41	0,39	0,43	0,046	11,15	10,00
<b><i>Contracción</i></b>							
Radial	%	5,31	5,13	5,49	0,434	8,17	15,00
Tangencial	%	7,84	7,54	8,15	0,741	9,45	14,00
Longitudinal	%	1,51	1,37	1,64	0,328	21,75	
Volumétrica	%	9,94	9,97	10,22	0,679	6,83	16,00
Relación T/R	----	1,49	1,41	1,57	0,195	13,10	

## **4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS**

### **4.2.1 A NIVEL LONGITUDINAL**

El Cuadro 16 presenta los promedios para cada uno de los niveles de altura de las propiedades mecánicas, así como rangos, coeficientes de variación, desviaciones estándar y contenido de humedad. De la misma manera en el Cuadro 17 se muestra el análisis de varianza para estas propiedades. La Figura 12 grafica los valores promedio.

Para todas las propiedades estudiadas no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de cada nivel, con excepción de MOR en Flexión estática y RM en Compresión paralela, según la prueba de Tukey; encontrándose que el primer caso el nivel D presenta un valor mayor a los demás; y en el segundo una tendencia creciente del nivel A hacia D.

**Cuadro 16** Estadísticos de las propiedades mecánicas para cuatro alturas en un árbol.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Alturas</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var (%)</i>	<i>Des. Est.</i>	<i>CH (%)</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
<b><i>Flexión estática</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	A	337,236	299,701	393,829	10,39	35,00	14,16
		B	314,162	278,348	393,469	17,27	54,30	14,15
		C	333,322	311,900	362,884	7,93	26,40	13,94
		D	378,749	347,155	448,901	11,15	42,20	14,24
MOR	kg/cm <sup>2</sup>	A	553,818	505,337	602,527	7,17	39,70	14,16
		B	554,646	490,132	630,920	11,71	65,00	14,15
		C	549,482	499, 70	582,979	8,05	44,20	13,94
		D	629,207	556,001	667,769	5,99	37,70	14,24
MOE X 1000	kg/cm <sup>2</sup>	A	82,750	68,625	91,265	10,37	8,58	14,16
		B	91,471	87,057	94,907	3,79	3,46	14,15
		C	90,335	83,219	99,063	8,90	8,04	13,94
		D	94,115	79,519	107,377	10,81	10,17	14,24
<b><i>Compresión paralela</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	A	254,154	158,917	303,132	16,57	42,10	14,50
		B	261,292	180,187	320,095	15,25	39,80	14,15
		C	266,683	196,649	312,944	13,34	35,60	14,10
		D	291,614	261,048	332,842	8,62	25,15	14,61
RM	kg/cm <sup>2</sup>	A	282,412	245,411	309,185	6,94	19,60	14,50
		B	291,185	242,360	325,174	9,26	26,96	14,15
		C	308,497	281,289	326,303	5,28	16,28	14,10
		D	316,250	277,558	352,613	5,65	17,87	14,61
MOE X 1000	kg/cm <sup>2</sup>	A	93,506	71,730	108,362	12,29	11,49	14,50
		B	92,687	77,474	109,670	13,75	12,75	14,15
		C	89,690	64,017	107,658	13,38	12,00	14,10
		D	91,742	76,933	109,680	12,14	11,14	14,61
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	A	41,287	24,607	49,704	34,99	14,45	13,62
		B	41,744	35,244	48,245	22,02	9,19	13,48
		C	39,513	26,361	52,666	47,02	18,60	13,19
		D	50,911	48,762	53,059	5,97	3,04	13,39

**Cuadro 16** Estadísticos de las propiedades mecánicas para cuatro alturas (continuación)

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Alturas</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var (%)</i>	<i>Des. Est.</i>	<i>CH (%)</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
<b>Dureza</b>								
Extremos	kg/cm <sup>2</sup>	A	354,564	347,004	367,416	3,16	11,19	12,46
		B	316,386	276,696	356,076	17,74	56,10	12,10
		C	390,096	390,096	390,096	---	---	11,95
		D	387,261	335,664	410,508	9,06	35,10	12,24
Lados	kg/cm <sup>2</sup>	A	298,242	285,768	310,716	4,18	12,47	12,46
		B	294,840	235,872	353,808	28,28	83,40	12,10
		C	311,850	311,850	311,850	---	---	11,95
		D	330,845	255,150	375,354	15,94	52,70	12,24
<b>Extracción de clavos</b>								
Extremos	kg	A	71,442	51,94	84,71	20,35	14,54	12,60
		B	65,432	42,53	81,99	22,76	14,89	12,56
		C	73,559	65,77	84,26	10,05	7,39	12,50
		D	84,086	74,62	93,78	12,85	10,81	12,75
Lados	kg	A	84,058	51,71	95,60	25,67	21,60	12,60
		B	83,084	61,80	103,48	20,09	16,69	12,56
		C	100,529	82,44	131,83	18,03	18,12	12,50
		D	89,969	68,21	104,84	17,60	15,83	12,75
<b>Cizallamiento</b>								
Radial	kg/cm <sup>2</sup>	A	71,712	67,624	82,512	10,08	7,23	11,29
		B	65,338	54,314	75,588	12,73	8,31	11,15
		C	78,079	60,582	98,301	15,94	12,45	11,65
		D	70,994	68,865	73,721	3,48	2,47	11,77
Tangencial	kg/cm <sup>2</sup>	A	73,649	46,726	85,153	24,53	18,07	11,07
		B	81,261	71,243	88,364	8,63	7,02	11,19
		C	90,581	77,035	110,180	13,84	12,53	11,54
		D	86,035	66,949	96,038	15,30	13,16	11,73
<b>Clivaje</b>								
Radial	kg/cm	A	36,746	27,802	41,392	17,16	6,31	11,64
		B	34,923	31,519	40,465	10,86	3,79	11,29
		C	44,179	34,170	53,568	16,49	7,29	11,61
		D	42,783	32,525	50,410	20,43	8,74	11,65
Tangencial	kg/cm	A	34,150	23,247	45,305	30,74	10,50	11,73
		B	37,705	34,995	41,033	6,93	2,61	11,37
		C	43,627	38,672	50,297	11,05	4,82	11,78
		D	42,687	40,956	45,043	4,20	1,79	11,87

**Cuadro 16** Estadísticos de las propiedades mecánicas para cuatro alturas (continuación)

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Alturas</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var (%)</i>	<i>Desv. Est.</i>	<i>CH (%)</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
<b><i>Tensión perpendicular</i></b>								
Radial	kg/cm <sup>2</sup>	A	24,862	19,861	34,491	27,04	6,72	11,65
		B	24,350	20,517	34,650	21,84	5,32	11,74
		C	30,578	21,326	42,344	22,89	7,00	11,72
		D	23,755	15,791	35,948	45,14	10,72	11,91
Tangencial	kg/cm <sup>2</sup>	A	34,346	22,075	46,356	40,18	13,80	11,94
		B	31,066	15,867	51,626	42,89	13,33	11,75
		C	33,414	23,383	41,986	21,37	7,14	11,83
		D	25,404	19,251	36,668	38,45	9,77	12,08
<b><i>Tenacidad</i></b>								
Radial	kg-m	A	1,077	0,164	2,031	69,39	0,75	11,70
		B	0,911	0,539	1,258	42,76	0,39	11,40
		C	1,313	0,866	1,923	41,66	0,55	11,41
		D	0,856	0,045	1,916	81,47	0,70	12,97
Tangencial	kg-m	A	1,047	0,218	2,475	78,75	0,83	11,46
		B	1,181	0,718	2,192	57,57	0,68	11,54
		C	0,823	0,255	1,870	110,25	0,91	11,71
		D	1,681	0,236	2,515	46,19	0,78	11,62

**Cuadro 17** Análisis de varianza para las propiedades mecánicas en cuatro niveles de altura.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>ANOVA</i>	<i>Pruebas de Comparación</i>
<b><i>Flexión estática</i></b>		
ELP	N.S.	
MOR	*	<u>    C    A    B    D    </u>
MOE	N.S.	
<b><i>Compresión paralela</i></b>		
ELP	N.S.	
RM	*	<u>    A    B    C    D    </u>
MOE	N.S.	

Donde: \* : Significativo      N.S.: No significativo

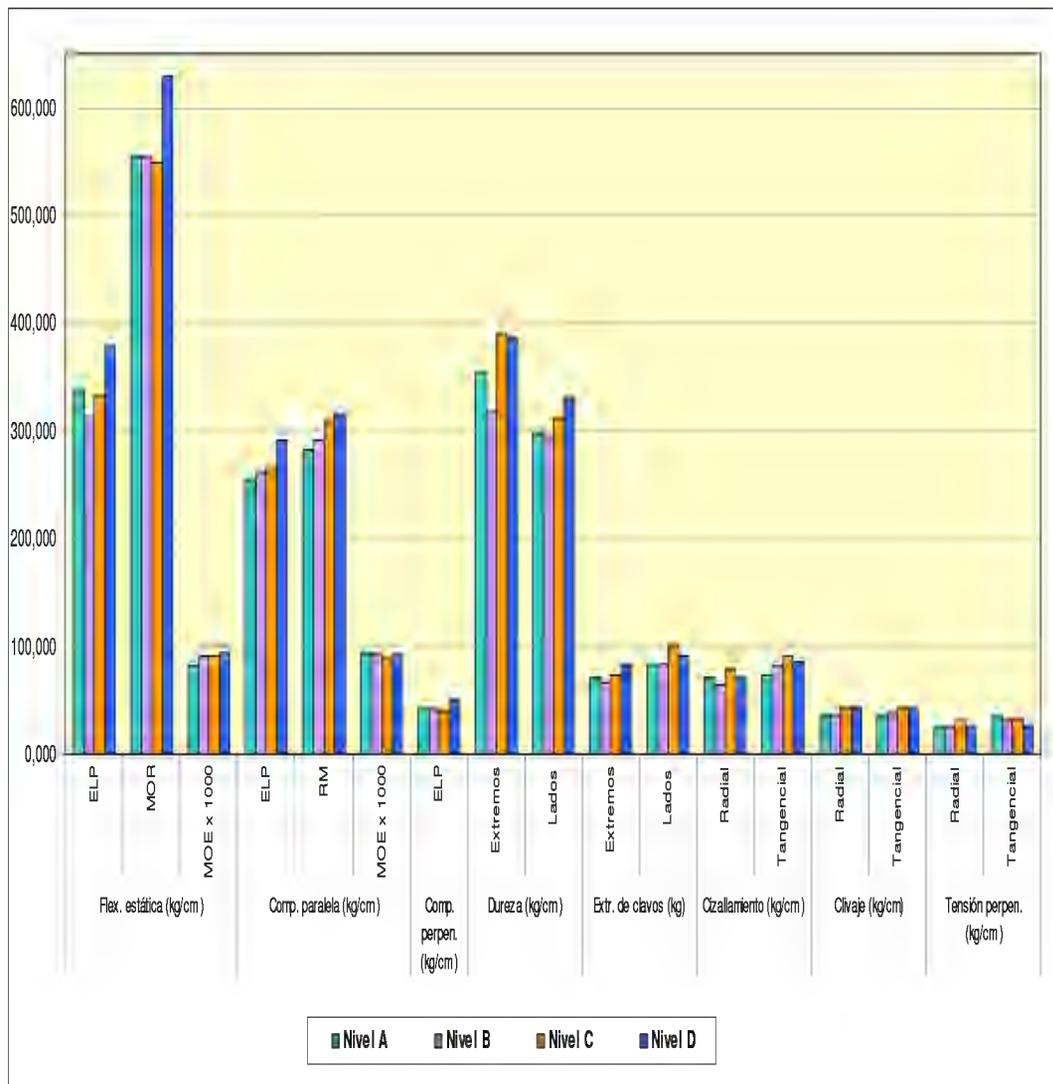


Figura 12 Valores promedio de las propiedades mecánicas por cuatro niveles de altura.

#### 4.2.2 A NIVEL TRANSVERSAL

En el Cuadro 18 se presentan los promedios, rangos, coeficientes de variación, desviaciones estándar y contenidos de humedad para las propiedades mecánicas por tres posiciones respecto a la médula. La Figura 13 ilustra estos promedios, asimismo en el Cuadro 19 se aprecia el análisis estadístico.

De acuerdo a la prueba de Tukey, las diferencias son significativas para MOE en compresión paralela, ELP en compresión perpendicular, extracción de clavos (extremos y lados), cizallamiento (radial y tangencial) y tenacidad (radial); observándose además que la posición “a” es siempre menor que la posición “b” y “c” que tienen comportamientos similares en todos los casos.

**Cuadro 18** Estadísticos de las propiedades mecánicas para tres posiciones de cercanía a la médula.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Posición</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var. (%)</i>	<i>Des. Est.</i>	<i>CH (%)</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
<b><i>Flexión estática</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	a	332,888	204,531	470,094	27,80	92,50	14,09
		b	334,745	267,661	448,901	13,37	44,74	14,14
		c	364,781	295,492	442,734	12,51	45,60	14,34
MOR	kg/cm <sup>2</sup>	a	572,078	442,29	704,12	16,78	96,00	14,09
		b	565,298	451,458	667,769	10,69	60,40	14,14
		c	576,238	489,381	674,016	10,11	58,20	14,34
MOE X 1000	kg/cm <sup>2</sup>	a	82,766	61,210	103,180	17,47	14,46	14,09
		b	85,019	55,744	107,377	12,72	10,82	14,14
		c	94,538	80,695	112,530	12,16	11,49	14,34
<b><i>Compresión paralela</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	a	249,551	196,649	329,371	15,93	39,76	14,40
		b	268,323	189,779	332,842	14,44	38,76	14,40
		c	259,183	185,563	321,759	14,27	36,99	14,78
RM	kg/cm <sup>2</sup>	a	278,939	217,759	342,872	13,02	36,32	14,40
		b	296,382	215,848	352,613	12,65	37,49	14,40
		c	287,006	217,735	338,482	11,16	32,04	14,78
MOE X 1000	kg/cm <sup>2</sup>	a	82,479	58,464	101,898	14,26	11,76	14,40
		b	93,251	62,150	133,868	16,63	15,51	14,40
		c	89,583	74,674	120,372	12,35	11,06	14,78
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>								
ELP	kg/cm <sup>2</sup>	a	32,260	24,966	43,168	20,32	6,56	13,45
		b	45,091	24,266	66,732	32,55	14,68	13,63
		c	53,055	43,901	57,888	12,21	6,48	13,97
<b><i>Dureza</i></b>								
Extremos	kg/cm <sup>2</sup>	a	356,303	324,324	406,879	10,26	36,60	12,11
		b	365,702	269,892	435,910	13,23	48,40	12,32
		c	390,606	313,438	478,548	15,57	60,80	12,30
Lados	kg/cm <sup>2</sup>	a	289,737	182,574	373,086	30,25	87,60	12,11
		b	318,402	215,460	375,354	14,89	47,40	12,32
		c	314,969	231,336	370,818	15,90	50,10	12,30
<b><i>Extracción de clavos</i></b>								
Extremos	kg	a	67,33	30,05	158,19	55,22	37,20	12,46
		b	75,54	56,93	106,82	17,20	12,99	12,64
		c	83,45	62,82	105,12	17,01	14,20	12,92
Lados	kg	a	72,62	34,08	157,00	51,11	37,10	12,46
		b	104,25	65,60	293,99	44,92	46,80	12,64
		c	98,10	76,37	150,14	21,16	20,76	12,92

**Cuadro 18** Estadísticos de las propiedades mecánicas para tres posiciones (continuación)

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Cercanía</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>		<i>Coef. Var. (%)</i>	<i>Des. Est.</i>	<i>CH (%)</i>
				<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
<b><i>Cizallamiento</i></b>								
Radial	kg/cm <sup>2</sup>	a	62,461	49,344	79,819	16,80	10,49	11,80
		b	74,397	61,759	98,301	12,15	9,04	12,12
		c	73,184	62,575	91,716	11,13	8,15	12,06
Tangencial	kg/cm <sup>2</sup>	a	76,373	62,858	96,207	15,36	11,73	11,79
		b	87,032	72,580	100,439	8,78	7,64	12,00
		c	91,723	66,949	123,634	19,08	17,50	12,04
<b><i>Clivaje</i></b>								
Radial	kg/cm	a	35,066	25,180	44,888	16,17	5,67	11,60
		b	42,189	30,581	53,098	13,56	5,72	11,63
		c	40,465	22,014	53,568	25,02	10,13	11,73
Tangencial	kg/cm	a	39,298	29,058	56,400	24,80	9,74	11,71
		b	46,220	38,672	54,246	10,15	4,69	11,70
		c	43,873	28,355	52,935	15,29	6,71	11,86
<b><i>Tensión perpendicular</i></b>								
Radial	kg/cm <sup>2</sup>	a	24,037	15,634	45,667	39,78	9,74	11,75
		b	31,219	21,164	42,344	18,56	5,80	11,77
		c	30,583	15,791	49,144	31,97	9,78	11,98
Tangencial	kg/cm <sup>2</sup>	a	30,544	19,815	48,047	33,49	10,23	11,68
		b	34,848	14,017	47,830	23,71	8,03	11,80
		c	31,262	20,294	47,830	28,15	8,80	12,05
<b><i>Tenacidad</i></b>								
Radial	kg-m	a	0,656	0,028	1,335	81,22	0,53	11,74
		b	1,341	0,219	2,368	51,12	0,69	11,75
		c	1,158	0,479	2,235	46,57	0,54	11,63
Tangencial	kg-m	a	0,846	0,100	1,777	77,51	0,66	11,54
		b	1,242	0,115	2,453	52,40	0,65	11,73
		c	1,312	0,255	2,515	52,16	0,68	11,69

**Cuadro 19** Análisis de varianza de las propiedades mecánicas para tres posiciones con respecto a la médula.

<b>Análisis de Varianza</b>		
<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>ANOVA</b>	<b>Pruebas de Comparación</b>
<b>Flexión estática</b>		
ELP	N.S.	
MOR	N.S.	
MOE	N.S.	
<b>Compresión paralela</b>		
ELP	N.S.	
RM	N.S.	
MOE	*	$\begin{array}{ccc} a & c & b \\ \hline & & \hline \end{array}$
<b>Compresión perpendicular</b>		
ELP	*	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ \hline & & \hline \end{array}$
<b>Dureza</b>		
Extremos	N.S.	
Lados	N.S.	
<b>Extracción de clavos</b>		
Extremos	*	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ \hline & & \hline \end{array}$
Lados	*	$\begin{array}{ccc} a & c & b \\ \hline & & \hline \end{array}$
<b>Cizallamiento</b>		
Radial	*	$\begin{array}{ccc} a & c & b \\ \hline & & \hline \end{array}$
Tangencial	*	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ \hline & & \hline \end{array}$
<b>Clivaje</b>		
Radial	N.S.	
Tangencial	N.S.	
<b>Tensión perpendicular</b>		
Radial	N.S.	
Tangencial	N.S.	
<b>Tenacidad</b>		
Radial	*	$\begin{array}{ccc} a & c & b \\ \hline & & \hline \end{array}$
Tangencial	N.S.	

Donde: \* : Significativo N.S.: No significativo

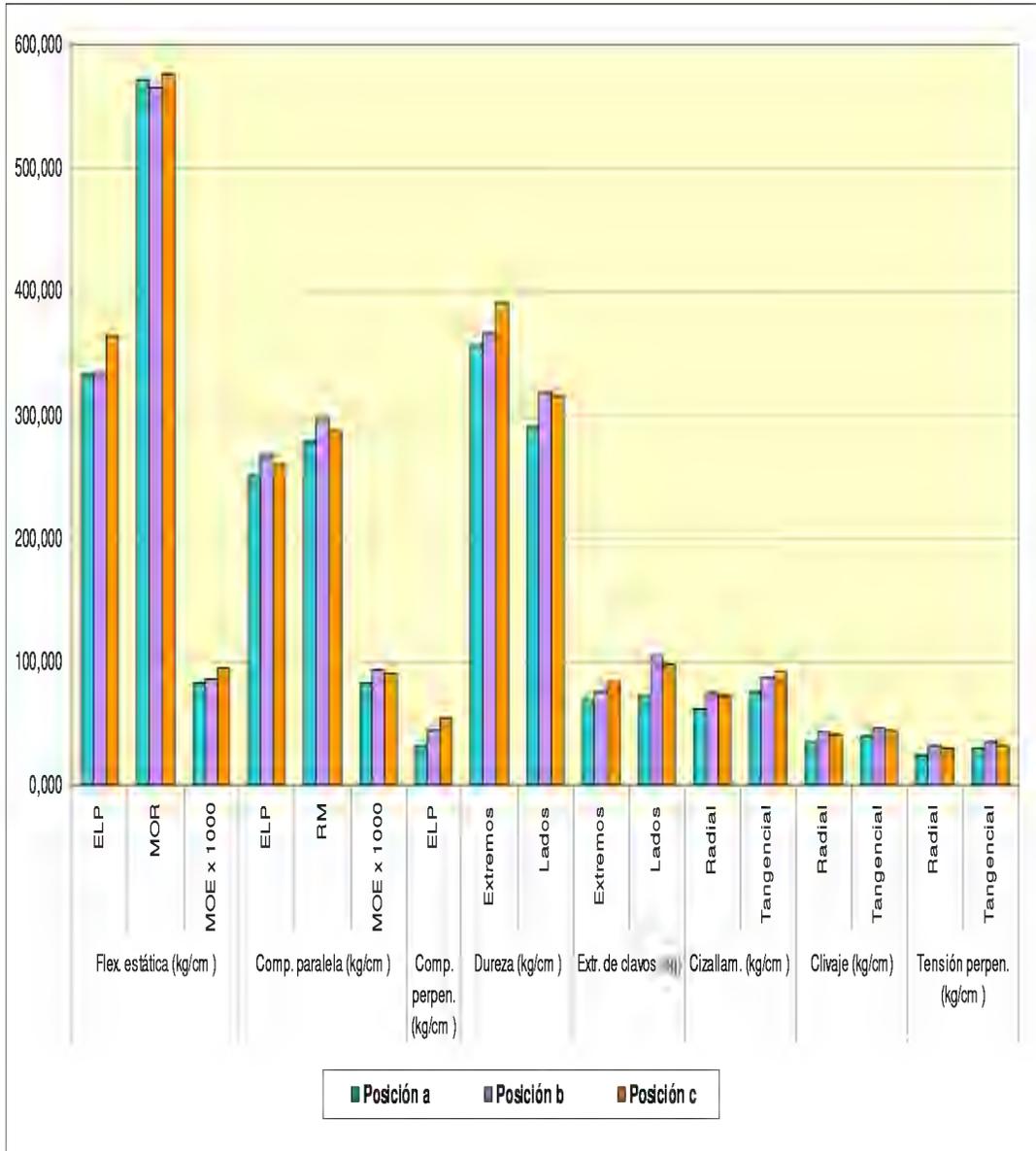


Figura 13 Valores promedio de las propiedades mecánicas para tres posiciones de cercanía a la médula.

En el Cuadro 20 se resumen los valores promedios encontrados para la especie, así como los intervalos de confianza al 95%, coeficientes de variación, desviaciones estándar y contenidos de humedad. De la misma manera se muestran los coeficientes de variación del U.S. Department of Agriculture (1974) para algunas de las propiedades con fines comparativos.

**Cuadro 20** Resumen de los estadísticos y comparación con los coeficientes de variación presentados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Unidades</i>	<i>Promedio</i>	<i>Intervalo de Confianza</i>		<i>Desv. Est.</i>	<i>CH (%)</i>	<i>Coef. Var. (%)</i>	<i>Coef. Var U.S. Depart. of Agriculture (1974) (%)</i>
			<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>				
<b><i>Flexión estática</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>					14,20		
ELP		342,700	324,420	360,980	59,40		17,33	22,00
MOR		569,900	549,000	590,900	68,00		11,93	16,00
MOE X 10 <sup>3</sup>		87,150	83,290	91,010	12,55		14,40	22,00
<b><i>Compresión paralela</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>					14,50		
ELP		261,570	253,150	269,990	38,80		14,83	24,00
RM		289,870	282,030	297,700	36,10		12,46	18,00
MOE X 10 <sup>3</sup>		89,810	86,740	92,880	14,13		15,73	
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>					13,60		
ELP		43,130	37,240	49,020	13,62		31,57	28,00
<b><i>Dureza</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>					12,27		
Extremos		373,40	350,00	396,80	51,30		13,75	17,00
Lados		311,60	286,50	336,80	55,20		17,72	20,00
<b><i>Extr. de clavos</i></b>	kg					12,68		
Extremos		75,860	69,210	82,510	21,06		27,76	
Lados		95,660	82,880	108,440	40,49		42,33	
<b><i>Cizallamiento</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>						17,28	14,00
Radial		71,450	68,250	74,650	10,15	12,03	14,20	
Tangencial		85,950	81,910	89,990	12,79	11,96	14,88	
<b><i>Clivaje</i></b>	kg/cm							
Radial		40,160	37,790	42,530	7,51	11,68	18,71	
Tangencial		44,080	41,840	46,310	6,99	11,75	15,87	
<b><i>Tensión perpendicular</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>						27,46	25,00
Radial		28,670	26,430	30,900	8,15	11,79	27,13	
Tangencial		33,010	30,200	35,830	8,65	11,84	29,02	
<b><i>Tenacidad</i></b>	kg-m						56,57	34,00
Radial		1,149	0,935	1,363	0,66	11,71	57,38	
Tangencial		1,181	0,964	1,397	0,67	11,68	56,49	

### 4.3 REGRESIONES Y CORRELACIONES

#### 4.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

A nivel longitudinal y transversal los coeficientes de correlación obtenidos considerando a la densidad básica como variable independiente para predecir los valores de contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica indican que hay un grado de asociación muy bajo que estadísticamente resultaron ser no significativos. A modo de ilustración se incluye en el Anexo 4 los valores obtenidos y en el Anexo 8 las ecuaciones. El análisis de regresión correspondiente para las ecuaciones de regresión lineal, cuadrática y cúbica confirman estos resultados.

#### 4.3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

##### *A) A NIVEL LONGITUDINAL*

Los coeficientes de correlación obtenidos considerando a la densidad básica como variable independiente para predecir los valores de resistencia mecánica de este estudio se muestran en el Cuadro 21, en el cual se aprecia que los valores de R fluctúan entre 0,64 y 0,94. La prueba estadística correspondiente indica que para flexión estática, en ELP y compresión paralela en MOE son no significativas.

En el Cuadro 22 se muestran las mejores ecuaciones de regresión para la estimación a partir de la densidad básica de las propiedades mecánicas. Se nota que esta relación es más consistente para estimar la dureza. Los detalles de todas las ecuaciones se encuentran en el Anexo 9.

**Cuadro 21** Coeficientes de correlación significativos entre la densidad básica y las propiedades mecánicas a nivel longitudinal.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Coef. Correlación (R)</i>
<b><i>Flexión estática</i></b>	
MOR	0,74
MOE x 1000	0,82
<b><i>Compresión paralela</i></b>	
ELP	0,64
RM	0,71
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>	
ELP	0,83
<b><i>Dureza</i></b>	
Extremos	0,84
Lados	0,94
<b><i>Extracción de clavos</i></b>	
Extremos	0,83
Lados	0,86

**Cuadro 22** Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de mejor ajuste para las propiedades mecánicas a nivel longitudinal.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Ecuación de Regresión</i>	<i>Coef. Determinación (<math>R^2\%</math>)</i>
<b><i>Flexión estática</i></b>		
MOR	$MOR = 152,7 + 1050DB$	54,1
MOE x 1000	$MOE \times 1000 = -3174 + 23789DB - 57940DB^2 + 47172DB^3$	74,2
<b><i>Compresión paralela</i></b>		
ELP	$ELP = 94,66 + 432,5DB$	41,3
RM	$RM = -1501 + 8412DB - 9733DB^2$	77,0
MOE x 1000	$MOE \times 1000 = -432,8 + 2497DB - 2947DB^2$	15,5
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>		
ELP	$ELP = 12092 - 91216DB + 228517DB^2 - 189548DB^3$	78,9
<b><i>Dureza</i></b>		
Extremos (EXT)	$EXT = -139257 + 1028916DB - 2527919DB^2 + 2070717DB^3$	80,3
Lados (LAD)	$LAD = -523,8 + 2064DB$	88,7
<b><i>Extracción de clavos</i></b>		
Extremos (EXT)	$EXT = -64,10 + 345,9DB$	69,6
Lados (LAD)	$LAD = -99,25 + 468,8DB$	73,1

*B) A NIVEL TRANSVERSAL*

Considerando a la densidad básica como variable independiente para predecir los valores de resistencia mecánica se presentan los coeficientes de correlación obtenidos en el Cuadro 23. En él se observa que los valores de R fluctúan entre 0,70 y 0,96. La prueba estadística correspondiente indica que solamente para compresión paralela en MOE son no significativas.

Las mejores ecuaciones de regresión para la estimación a partir de la densidad básica de las propiedades mecánicas se muestran en el Cuadro 24. Se nota que esta relación es más consistente para estimar la dureza. Los detalles de todas las ecuaciones se muestran en el Anexo 9.

**Cuadro 23** Coeficientes de correlación altamente significativos entre la densidad básica y las propiedades mecánicas a nivel transversal

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Coef. Correlación (R)</b>
<b>Flexión estática</b>	
ELP	0,71
MOR	0,76
MOE x 1000	0,81
<b>Compresión paralela</b>	
ELP	0,70
RM	0,81
<b>Compresión perpendicular</b>	
ELP	0,85
<b>Dureza</b>	
Extremos	0,93
Lados	0,96
<b>Extracción de clavos</b>	
Extremos	0,87
Lados	0,93

**Cuadro 24** Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de mejor ajuste para las propiedades mecánicas a nivel transversal.

<i>Propiedad Mecánica</i>	<i>Ecuación de Regresión</i>	<i>Coef. Determinación (<math>R^2</math>%)</i>
<b><i>Flexión estática</i></b>		
ELP	$ELP = 4204 - 30805DB + 78380DB^2 - 64021DB^3$	54,0
MOR	$MOR = 12015 - 93138DB + 246108DB^2 - 211920DB^3$	72,0
MOE x 1000	$MOE \times 1000 = 177,9 - 647,3DB + 1034DB^2$	72,9
<b><i>Compresión paralela</i></b>		
ELP	$ELP = 46,35 + 527,0DB$	48,0
RM	$RM = 46,51 + 597,7DB$	65,8
MOE x 1000	$MOE \times 1000 = -54,74 + 593,0DB - 581DB^2$	18,2
<b><i>Compresión perpendicular</i></b>		
ELP	$ELP = 520,7 - 4146DB + 11163DB^2 - 9451DB^3$	73,3
<b><i>Dureza</i></b>		
Extremos (EXT)	$EXT = -3382 + 26839DB - 66107DB^2 + 56003DB^3$	86,6
Lados (LAD)	$LAD = -154,1 + 1141DB$	92,7
<b><i>Extracción de clavos</i></b>		
Extremos (EXT)	$EXT = -61,72 + 332,4DB$	76,3
Lados (LAD)	$LAD = -111,0 + 491,7DB$	86,0

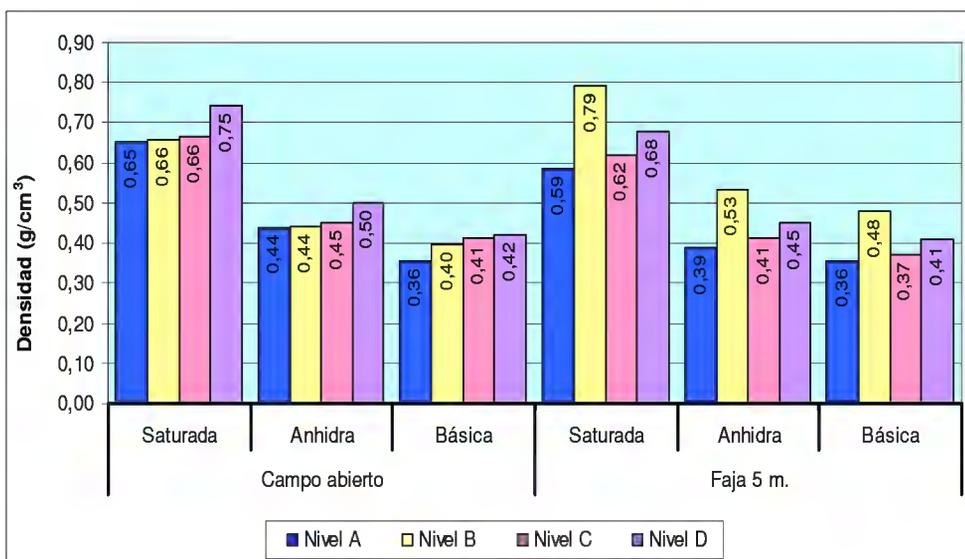
## 5. *DISCUSIONES*

### 5.1 *PROPIEDADES FÍSICAS*

#### 5.1.1 *ANÁLISIS A NIVEL LONGITUDINAL*

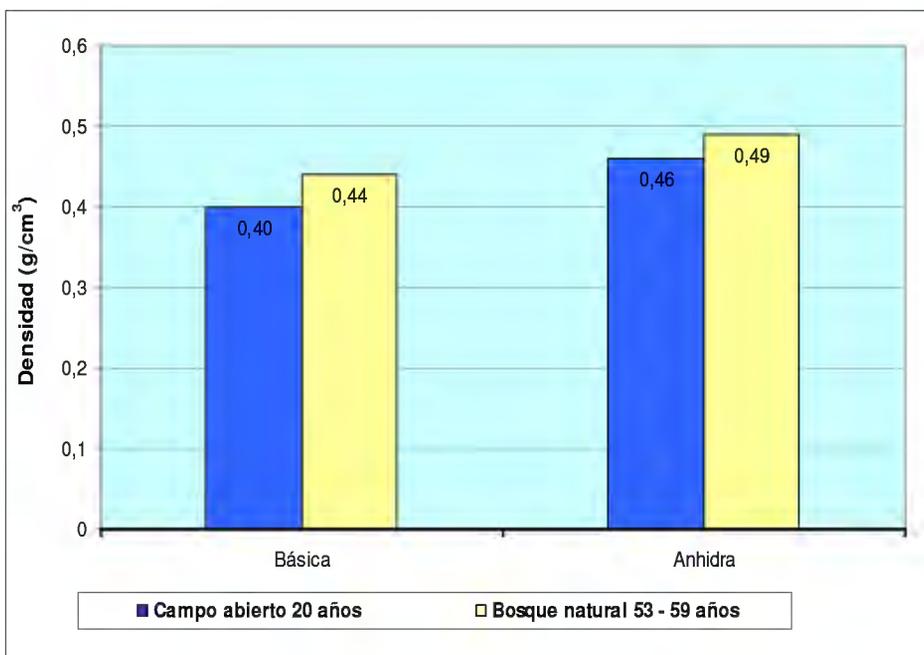
##### *A) DENSIDAD*

El análisis comparativo entre la madera estudiada proveniente de la EEA<sub>v</sub>H con tratamientos silviculturales a campo abierto de 20 años y en fajas de enriquecimiento de 5 m de 22 años, muestra la tendencia creciente en el primer tipo de plantación; y en el segundo se observa un alza en el nivel B para luego disminuir. Nótese en la Figura 14 que la plantación de menor edad presenta mayores valores promedio para densidad básica. Sin embargo, la prueba de t de Student, indica que no existen diferencias entre los tipos de plantaciones para densidad anhidra y densidad básica. La diferencia significativa en densidad saturada se explica por el mayor valor obtenido en el nivel B, probablemente por consideraciones de su estructura anatómica y composición química.



**Figura 14** Promedios de densidad saturada, anhidra y básica para tornillo en campo abierto (20 años) y faja de 5m (22 años).

El análisis comparativo de la madera de plantación a campo abierto con la del bosque natural, ambas provenientes del Bosque Nacional Alexander von Humboldt muestra que esta última presenta valores promedio superiores. La Figura 15 muestra la comparación entre la madera de bosque natural con edades promedio de 53 – 59 años (Herrera, 1987), y los valores promedios obtenidos a campo abierto de 20 años. Las diferencias entre estos valores se deben probablemente al tipo de procedencia y a la edad. Se aprecia además que el valor promedio de densidad básica de 20 años a campo abierto representa el 91% del valor del bosque natural, siendo para densidad anhidra un porcentaje de 94%.



**Figura 15** Valores promedio de densidad básica y anhidra entre plantación a campo abierto de 20 años y bosque natural de entre 53 y 59 años.

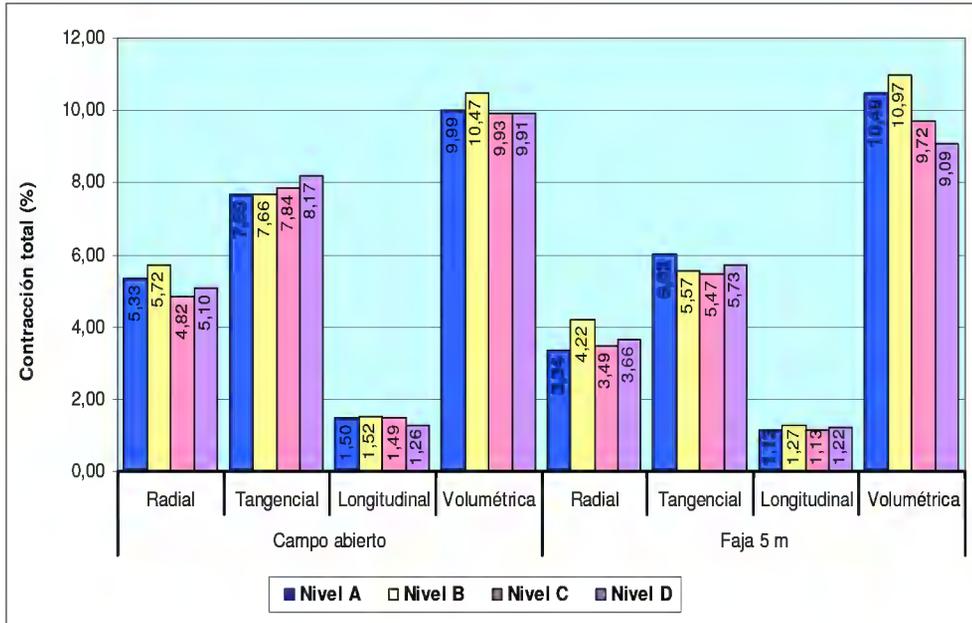
### B) CONTRACCIÓN

En relación al cambio dimensional la madera estudiada no presenta diferencias significativas, lo que indica un comportamiento homogéneo. Es importante destacar los valores promedios y coeficientes de variación elevados que se presentan en contracción longitudinal; la causa probable es la presencia de madera juvenil.

Los promedios son mayores a campo abierto de 20 años que en fajas de enriquecimiento de 5 m de 22 años para contracción radial, tangencial y longitudinal. La comparación entre ambos sistemas de plantación mencionados se observa en la Figura 16.

La prueba t de Student indica que la contracción radial y tangencial son significativas para los dos sistemas de plantación, no así la contracción longitudinal y volumétrica.

Los valores mayores de contracción a campo abierto confirman la regla general de que a mayor densidad básica se presenta mayor cambio dimensional.



**Figura 16** Comparación de promedios de contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica para tornillo a campo abierto (20 años) y faja de 5m (22 años).

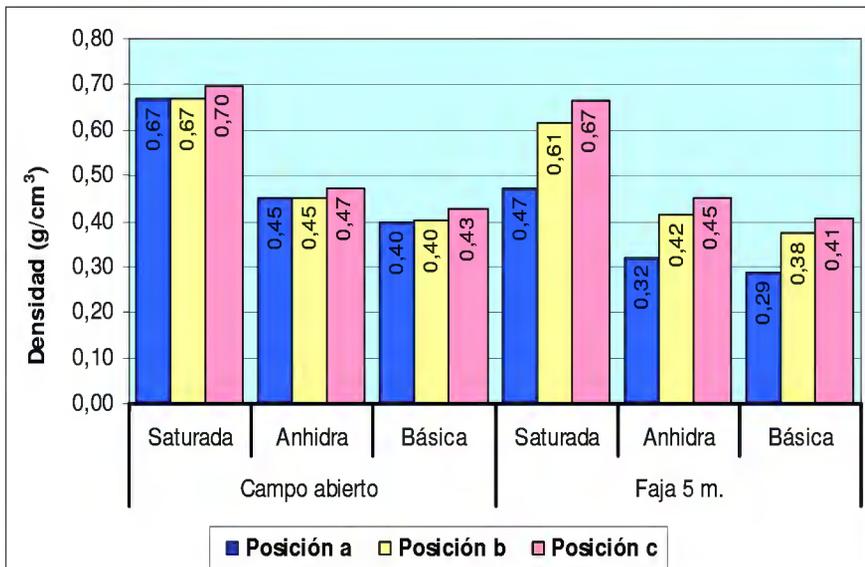
### 5.1.2 ANÁLISIS A NIVEL TRANSVERSAL

#### A) DENSIDAD

La tendencia es creciente de médula a corteza sin embargo, la prueba de Tukey no encontró diferencias significativas entre las tres posiciones, lo cual nos muestra que la madera tiene un comportamiento similar.

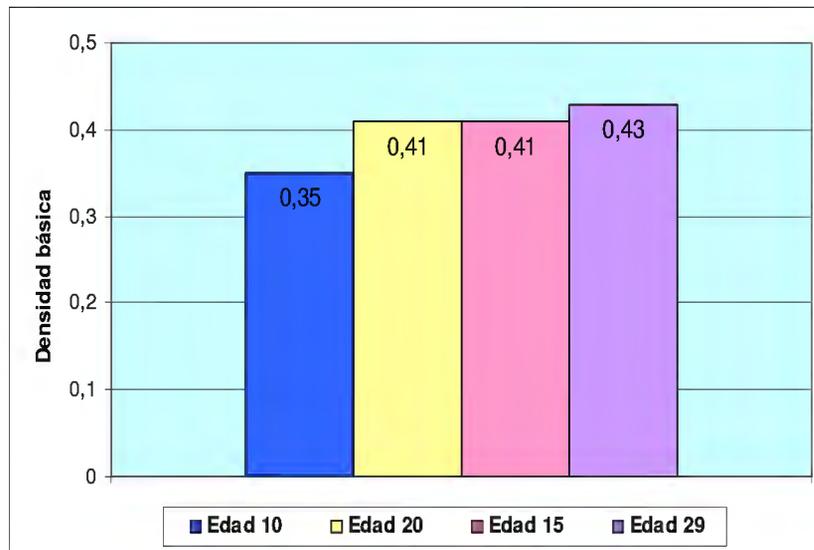
Los valores promedio de las plantaciones a campo abierto de 20 años y en faja de enriquecimiento de 5 m de 22 años para las propiedades de densidad se presentan en la Figura 17. Obsérvese que los promedios de densidad básica son mayores a campo abierto, siendo esta diferencia significativa entre ambas plantaciones. Estudios de Soudre (2004), para las mismas plantaciones de 10 y 12 años señala que esta diferencia se explica probablemente a las condiciones de crecimiento más apropiadas para esta propiedad: suelo acrisol, fisiografía plana y tipo de regeneración a campo abierto. Esta tendencia se mantiene para las densidades anhidra y saturada tal como lo comprueba la prueba t de Student.

Se aprecia también que ambos tipos de plantación muestran la tendencia creciente de la médula (nivel a) hacia la corteza (nivel c), que es similar a lo encontrado por Traywick (1959) quien realizó su investigación con tornillo de Huánuco. Sin embargo, Herrera (1987) encontró en madera del Bosque Nacional Alexander von Humboldt con muestras de 53 – 59 años una tendencia levemente decreciente en densidad anhidra y básica. Las razones que sustentaban esta diferencia podían ser las diferentes condiciones de crecimiento (clima, suelo, etc).



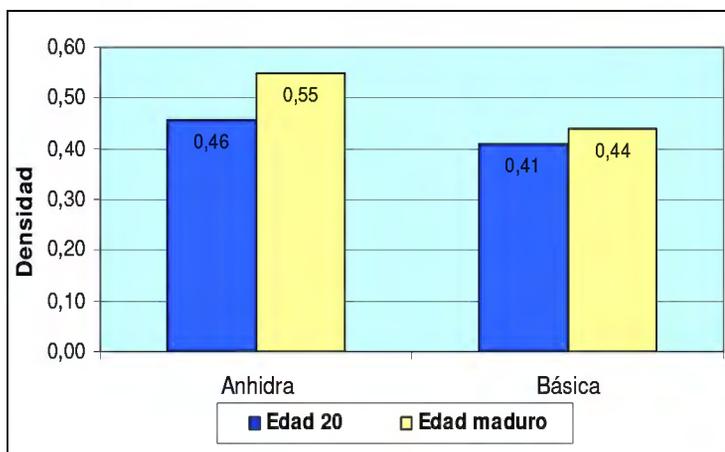
**Figura 17** Comparación de los valores promedio de densidad entre campo abierto de 20 años y faja de enriquecimiento de cinco m de 22 años.

Asimismo, una comparación en densidad básica a campo abierto de 4 edades diferentes, las edades de 10 y 20 años proceden de la EEA VH, y las de 15 y 29 años del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH), muestran una tendencia creciente con la edad, lo que se aprecia en la Figura 18. Nótese que las edades de 15 y 20 años tienen igual promedio, probablemente debido al lugar de procedencia, a pesar de tener algunas características similares como suelos ácidos y de textura franco-arenoso.



**Figura 18** Densidad básica promedio para 4 edades diferentes provenientes de plantaciones a campo abierto de Tornillo.

La comparación entre valores de bosque natural y a campo abierto de 20 años se aprecia en la Figura 19. Se observa que la densidad anhidra de 20 años a campo abierto representa aproximadamente el 84% del valor de bosque natural; y para densidad básica la plantación representa el 93%.



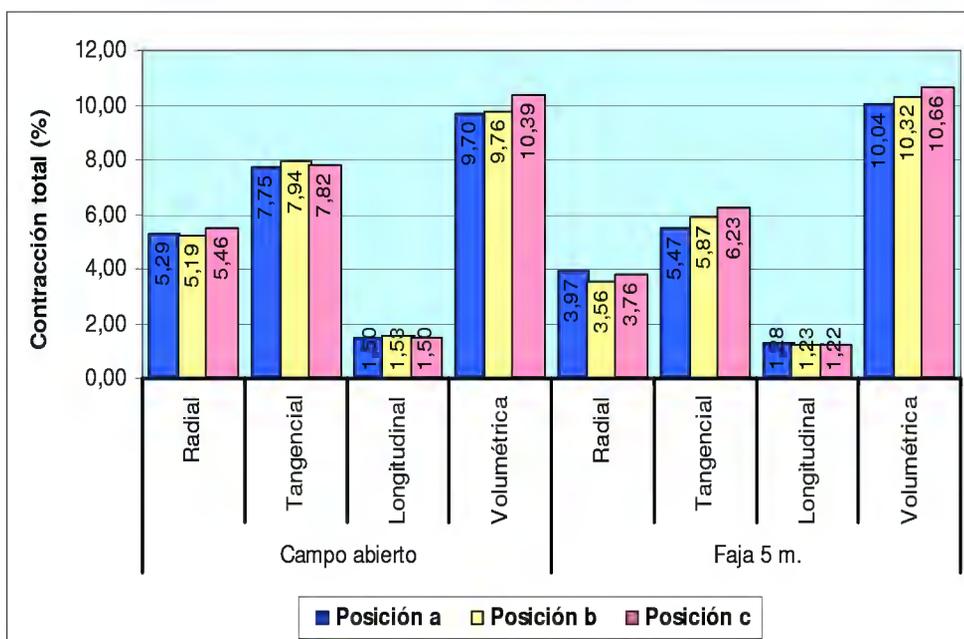
**Figura 19** Valores promedio de densidad anhidra y básica para plantación a campo abierto de 20 años y tornillo de bosque natural maduro.

### B) CONTRACCIÓN

En las contracciones de la madera en estudio no hay una tendencia definida y el análisis correspondiente no encontró diferencias significativas.

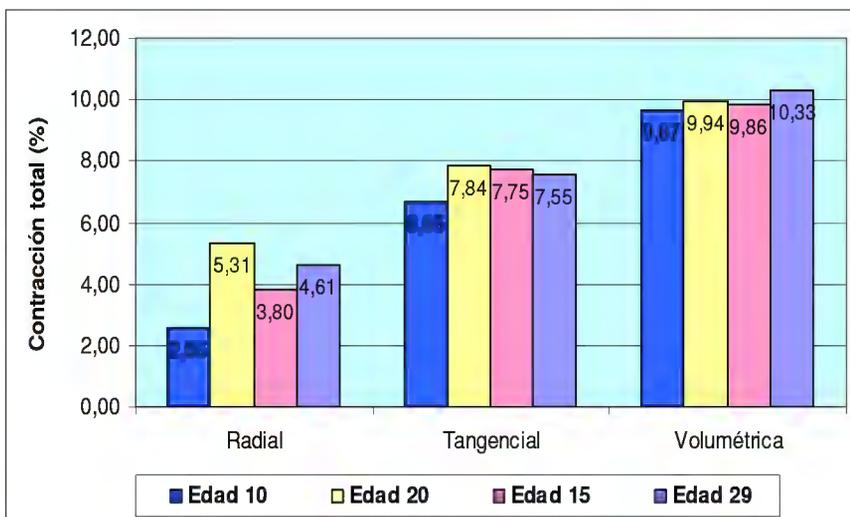
Comparando los valores a campo abierto de 20 años y de faja de enriquecimiento de 5 m de 22 años se puede apreciar que las contracciones radial, tangencial y longitudinal a campo abierto son mayores y estadísticamente significativas; mientras que la contracción volumétrica en ambos casos los promedios son similares y no significativos. Estos valores se ilustran en la Figura 20.

Soudre (2004) menciona que los menores valores de contracción radial y tangencial se presentan a campo abierto, fisiografía plana y suelo acrisol; sin embargo los resultados a los 20 años indica lo contrario. Un factor que podría explicar esta mayor inestabilidad es la edad de la plantación y los cambios ocurridos en el periodo de 10 años. En contracción volumétrica sí es menor a campo abierto, lo que coincide con los hallazgos de la autora aludida



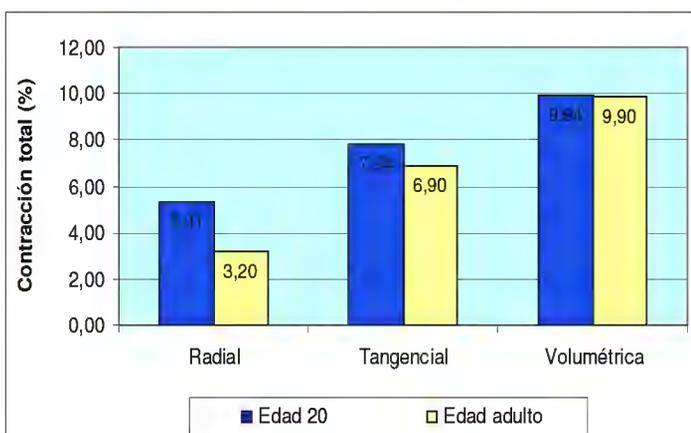
**Figura 20** Valores de contracción para campo abierto de 20 años y faja de enriquecimiento de 5 m. de 22 años.

Contrastando los valores de contracción total para 4 edades de tornillo de diferentes procedencias, las de 10 y 20 años procedentes de la EEA vH, y las de 15 y 29 años del CIJH; se nota (Figura 21) que en contracción radial la edad 10 tiene el menor valor seguido de la edad 15, edad 29 y edad 20; mientras que en contracción tangencial el menor valor corresponde a la edad 10 luego a la edad 29, la edad 15 y edad 20; y en contracción volumétrica el menor valor se presenta en la edad 10 seguido de la edad 15, la edad 20 y la edad 29. Se aprecia que la edad de 20 años tiene los mayores valores para contracción radial, tangencial y longitudinal.



**Figura 21** Contracciones promedio para 3 edades diferentes provenientes de plantaciones a campo abierto de tornillo.

En relación al comportamiento de la madera en estudio con la madera de bosque natural (Figura 22) se observa que para campo abierto de 20 años los valores promedio son mayores; si consideramos que como señala Herrera (1987) que la edad estimada para un bosque maduro es de 53 – 59 años, entonces podemos asumir que la madera de la plantación aún presenta madera juvenil.



**Figura 22** Contracciones totales para tornillo procedente de plantación a campo abierto de 20 años y del bosque natural.

## 5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

### 5.2.1 ANÁLISIS A NIVEL LONGITUDINAL

En vista que las comparaciones de campo abierto de 20 años y faja de enriquecimiento de 5 m de 22 años, a nivel longitudinal las pruebas estadísticas han demostrado que no son significativas, analizar los resultados promedios entre ambos tratamientos silviculturales no aportaría información adicional.

### 5.2.2 ANÁLISIS A NIVEL TRANSVERSAL

Para la madera estudiada es probable que el menor valor de la posición “a” con respecto a las posiciones “b” y “c” se explique por su condición de albura.

El análisis comparativo entre la madera proveniente de plantación a campo abierto de 20 años y faja de enriquecimiento de 5 m de 22 años para las propiedades mecánicas ajustados a un contenido de humedad de 14%, presentan diferencias significativas para flexión estática y compresión paralela, se aprecia que la plantación en faja presenta menores valores que a campo abierto. Tendencia que se mantiene después de una década transcurrida la evaluación realizada por Durán (2003) quien indica que para las propiedades de ELP y MOR en flexión estática, RM en compresión paralela, compresión perpendicular, dureza y cizallamiento las condiciones de la plantación a campo abierto (fisiografía plana, suelo acrisol y plantación a campo abierto) son mayores que las de la faja de enriquecimiento de 5 m (fisiografía ondulada, suelo gleysol y plantación en faja de 5 m) a la edad de 10 y 12 años respectivamente. La Figura 23 ilustra estas comparaciones.

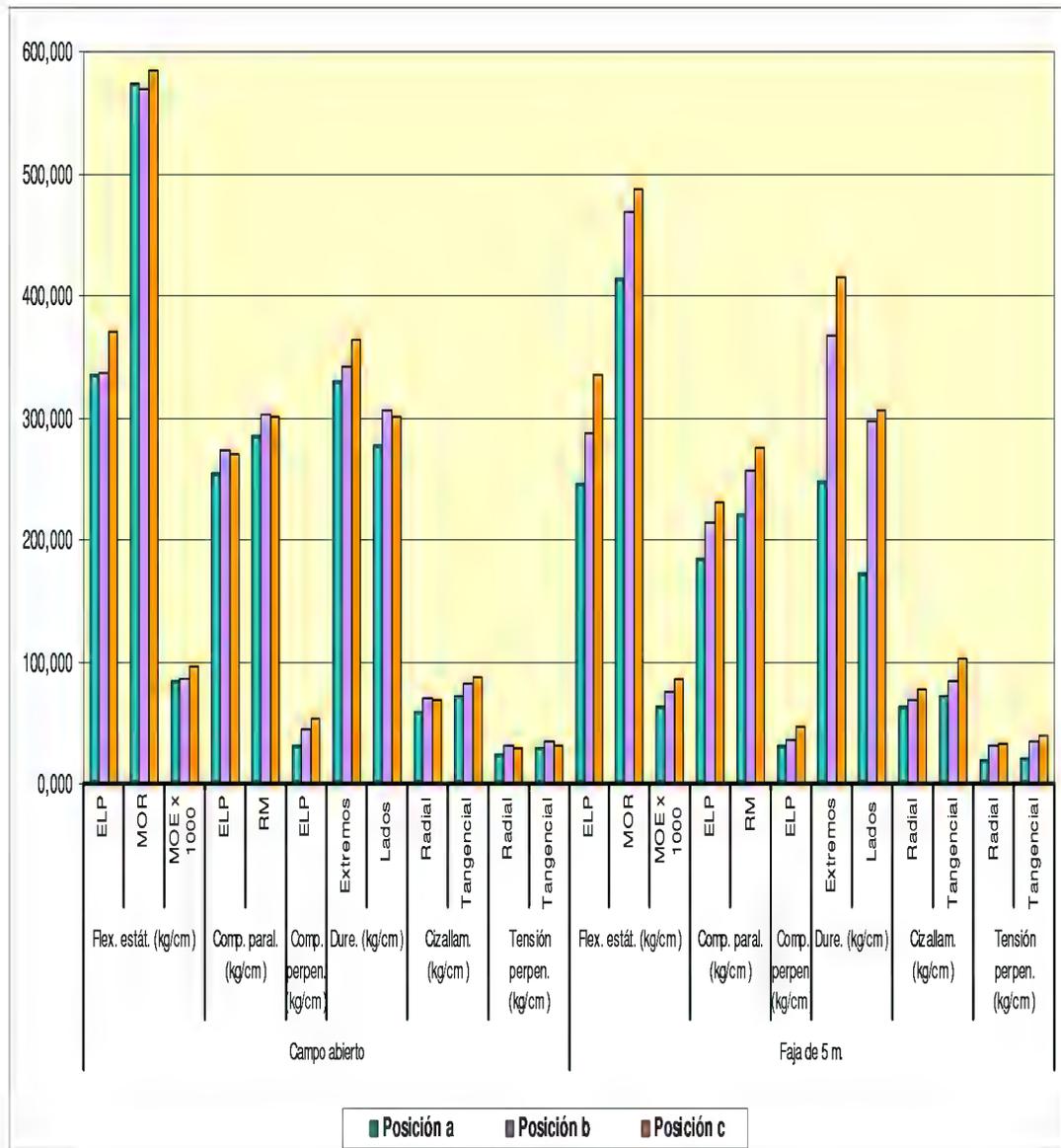
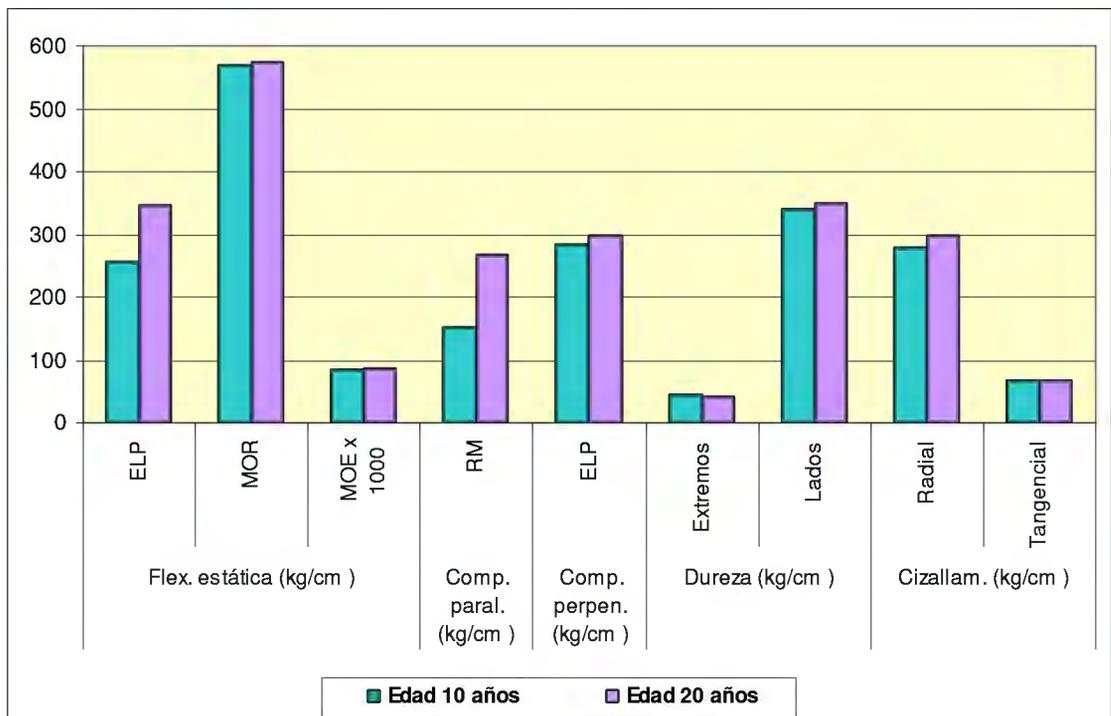


Figura 23 Valores promedio de las propiedades mecánicas de la plantación a campo abierto de 20 años y de faja de enriquecimiento de 5 m de 22 años a nivel transversal.

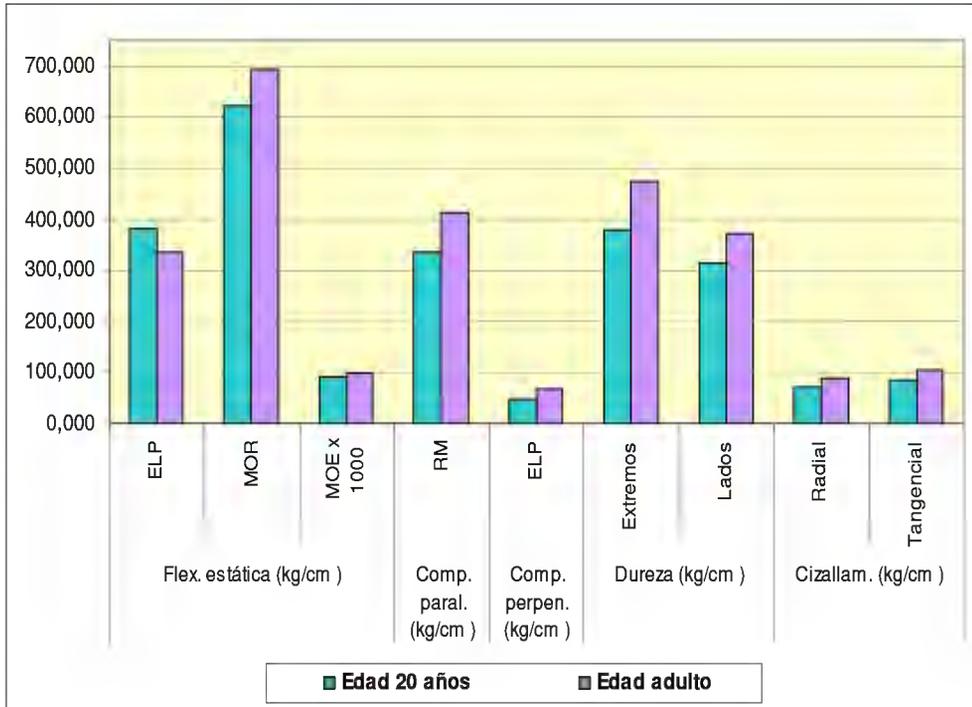
Evaluando el factor edad para la misma plantación a campo abierto de 10 años (Durán 2003) con la de 20 años, con promedios ajustados a 14% de humedad, se aprecia que después de una década los mayores valores corresponden a la de mayor edad; sin embargo la diferencia entre ellas es cercana debido probablemente a no realizar raleos después de los 12 – 13 años, lo cual cambio la dinámica de competencia entre los individuos. La Figura 24 ilustra estos resultados.



**Figura 24** Comparación de plantación a campo abierto de la EEA-VH de 10 y 20 años

La comparación de maderas procedente del bosque natural con la de plantación a campo abierto de 20 años, cuyos valores han sido ajustados a 12%, muestran que en flexión estática para ELP el valor de la plantación representa el 114% del valor maduro, para MOR es el 90% y para MOE es el 92%; en compresión paralela para RM es 81%; en compresión perpendicular para ELP es 71%; en dureza para extremos es 80% y lados 84%; y en cizallamiento para radial es 82% y para tangencial es 83%. Estos resultados pueden indicarnos que la plantación esta

alcanzando valores de resistencia mecánica muy próximos a la madera madura. La Figura 25 ilustra estos valores.



**Figura 25** Valores promedio de plantación de 20 años con los de bosque natural maduro

En consideración a los resultados físicos y mecánicos obtenidos esta madera presenta densidad básica media, contracción volumétrica baja y baja resistencia mecánica. En consecuencia puede clasificarse como madera del grupo II (Arostegui, 1982). En el Cuadro 25 se ilustran estos valores.

**Cuadro 25** Clasificación de Tornillo según sus propiedades físicas y mecánicas

<b>Propiedades físicas y mecánicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Densidad</b>			
Dens. Básica	----	0,41	Media*
<b>Contracción</b>			
Contr. Volumétrica	%	9,94	Baja*
<b>Flexión estática</b>			
MOR	Kg/cm <sup>2</sup>	621,26	Baja**
MOE		91,03	Baja**
<b>Compresión paralela</b>			
RM	Kg/cm <sup>2</sup>	335,33	Baja**
<b>Compresión perpendicular</b>			
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	46,99	Baja**
<b>Dureza</b>			
Lados	Kg/cm <sup>2</sup>	313,68	Baja**
Extremos		377,38	Baja**
<b>Cizallamiento</b>			
Radial	Kg/cm <sup>2</sup>	71,51	Baja**
Tangencial	Kg/cm <sup>2</sup>	85,85	Baja**

Donde: \* Aróstegui (1982)

\*\* Dávalos y Bárcenas (1999)

### 5.3 APTITUD DE USO

De acuerdo al grupo asignado para esta madera, Arostegui (1982) sugiere las siguientes aptitudes de uso: cajonería liviana, moldurado, revestimiento y laminado. Villa (2009) señala que los usos recomendados para la madera de plantación de tornillo en faja de enriquecimiento de 5 m., en suelo gleysol y fisiografía ondulada de 22 años; son: carpintería de obra no estructural, cajonería liviana, mueblería, revestimiento y molduras.

Para la evaluación comparativa con fines de determinar la aptitud de uso se ha optado por la selección de especies comerciales en base a la densidad básica similar así como la madera de

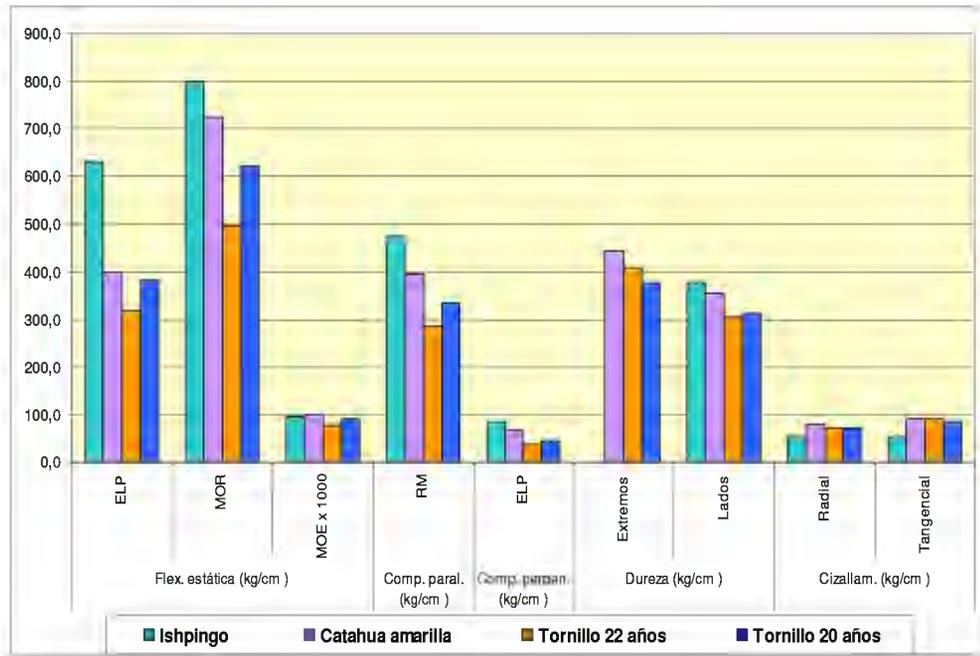
tornillo proveniente de plantaciones de 22 años en faja de enriquecimiento de 5 m de la misma procedencia de la madera en estudio.

Se nota que los valores promedios de propiedades mecánicas de la especie en estudio con respecto al tornillo de 22 años en faja de enriquecimiento de 5 m de la misma procedencia, presenta mejores propiedades físico – mecánicas; pero son menores a los de las otras especies. El Cuadro 26 y la Figura 26 ilustran esta comparación

Complementando dichos resultados con los requisitos de uso, la madera en estudio tiene las siguientes aptitudes: para mueblería, carpintería de obra no estructural, cajonería liviana, molduras y revestimiento.

**Cuadro 26** Valores comparativos del Tornillo de 22 años en faja de enriquecimiento con tornillo de 20 años a campo abierto con otras especies provenientes de bosque natural ajustados al 12% de humedad

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ishpingo (Amburana cearensis)</b>	<b>Catahua amarilla (Hura crepitans)</b>	<b>Tornillo de 22 años en faja de enriq de 5 m</b>	<b>Tornillo de 20 años a campo abierto 3 x 3</b>
<b>Densidad básica</b>	----	0,43	0,41	0,36	0,41
<b>Contracción volumétrica</b>	%	7,60	4,00	10,34	9,94
<b>Flexión estática</b>	Kg/cm <sup>2</sup>				
ELP		629,53	398,00	318,70	381,53
MOR		799,30	725,00	496,86	621,26
MOE x 1000		97,80	101,00	78,27	91,03
<b>Compresión paralela</b>	Kg/cm <sup>2</sup>				
RM		473,04	397,00	286,11	335,33
<b>Compresión perpendicular</b>					
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	86,82	68,00	38,83	46,99
<b>Dureza</b>	Kg/cm <sup>2</sup>				
Extremos			445,00	409,09	377,38
Lados		376,12	356,00	305,62	313,68
<b>Cizallamiento</b>	Kg/cm <sup>2</sup>				
Radial		55,17	80,00	72,73	71,51
Tangencial		55,17	91,00	90,83	85,85



**Figura 26** Comparación de tornillo de 20 años de plantación a campo abieto con Ishpingo y Catahua amarilla, así como con tornillo de 22 años de faja de enriquecimiento de 5 m.

## 5.4 ANÁLISIS DE REGRESIONES Y CORRELACIONES

### 5.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS

En el presente estudio no se encontraron correlaciones significativas entre la densidad básica y las propiedades físicas a diferencia de Soudre (2004) que solamente encontró correlación significativa negativa para contracción tangencial, no así para contracción radial y volumétrica en plantaciones en edades entre 9 a 14 años (Cuadro 27).

**Cuadro 27** Coeficientes de correlación y significancia para las propiedades físicas en plantaciones entre 9 a 14 años, y 20 años.

<b>Propiedad Física</b>	<b>9 a 14 años(1)</b>		<b>20 años</b>	
	<b>R</b>	<b>Significancia</b>	<b>R</b>	<b>Significancia</b>
Contracción Radial	0,214	N.S.	0,073	N.S.
Contracción Tangencial	-0,353	*	0,227	N.S.
Contracción Volumétrica	-0,049	N.S.	0,158	N.S.

Donde: \* : Significativo N.S.: No significativo

*Fuente: (1) Soudre (2004) del área Experimental de la Estación Alexander von Humboldt (Ucayali)*

#### 5.4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Las correlaciones entre las propiedades mecánicas y la densidad básica son muy altas, por lo que la densidad básica es un buen estimador de la resistencia de la madera, habiéndose encontrado diferencias altamente significativas, lo que corrobora lo encontrado por Durán (2003) para edades que fluctúan entre los 9 a 14 años (Cuadro 28).

**Cuadro 28** Coeficientes de correlación y significancia para las propiedades mecánicas en plantaciones entre 9 a 14 años, y 20 años.

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>9 a 14 años(1)</b>		<b>20 años</b>	
	<b>R</b>	<b>Significancia</b>	<b>R</b>	<b>Significancia</b>
<b>Flexión estática</b>				
ELP	0,780	**	0,713	**
MOR	0,900	**	0,756	**
MOE x 1000	0,840	**	0,815	**
<b>Compresión paralela</b>				
ELP	0,540	**	0,963	**
RM	0,950	**	0,811	**
<b>Compresión perpendicular</b>				
ELP	0,890	**	0,845	**
<b>Dureza</b>				
Extremos	0,940	**	0,926	**
Lados	0,920	**	0,963	**

Donde: \*\* : Altamente significativo

Fuente: (1) Durán (2003) del área Experimental de la Estación Alexander von Humboldt (Ucayali)

## 6. *CONCLUSIONES*

1. A nivel longitudinal las propiedades físicas de la madera presenta diferencias significativas para densidad, pero no para cambio dimensional; mientras que en el nivel transversal no se encontró diferencias significativas en ambas propiedades.
2. Para las propiedades mecánicas, a nivel longitudinal se encontraron sólo diferencias significativas para MOR en flexión estática y RM en compresión paralela; mientras que a nivel transversal las diferencias son significativas para MOE en compresión paralela; ELP en compresión perpendicular; extracción de clavos (extremos y lados); cizallamiento (radial y tangencial); y radial en tenacidad.
3. La densidad básica no es un buen estimador de las propiedades físicas a nivel longitudinal ni transversal; sin embargo sí lo es para los valores de resistencia en ambas orientaciones.
4. La madera estudiada se puede clasificar como una especie del grupo de baja densidad básica, contracción volumétrica baja y baja resistencia mecánica. Comparativamente con la plantación en faja de enriquecimiento de 5 m. de 20 años presenta mayores valores en sus propiedades físico – mecánicas.
5. Las propiedades físicas y mecánicas de la madera evaluada permiten asignarle los siguientes usos: para mueblería, carpintería de obra no estructural, cajonería liviana, molduras y revestimiento.

## 7. **RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios anatómicos que permitan identificar la presencia de madera de tensión, y proporcionar mayor información para corroborar los resultados obtenidos. Asimismo estudios dendrocronológicos, mediante la aplicación de la densitometría de rayos X, para determinar con mayor exactitud las zonas de madera juvenil, transición y madura.
2. Elaborar productos con diseños apropiados de acuerdo a la aptitud de uso de la madera estudiada.
3. Comparar los resultados obtenidos con madera de tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) (Ducke) Ducke procedente de plantaciones de faja de enriquecimiento de 30 m.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO, M.; CONDORI, C. 2003. Propiedades físico – mecánicas de cinco especies maderables provenientes de bosques secundarios de Tarapoto. Lima, PE, UNALM. 67p.
2. ACEVEDO, M.; KIKATA, Y. 1994. Atlas de maderas del Perú. Lima, PE, UNALM – Universidad de Nagoya Japón. 202p.
3. ALVAREZ, L.; RIOS, S. 2007. Evaluación económica de plantación de tornillo “*Cedrelinga catenaeformis*”, en el departamento de Loreto (Documento de Trabajo). Programa de Ordenamiento Ambiental – Poa, Evaluación Económica Opciones Productivas Amazonía Peruana. Iquitos, PE. 35p.
4. ARÓSTEGUI, A. 1974. Estudio tecnológico de maderas del Perú (Zona Pucallpa): características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país. Lima, PE, UNALM. v.1, 483p.
5. ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima, PE, PNUD/FAO/PER/71/511. 57 p. (Documento de trabajo N°2)
6. ARROYO, J. 1983. Propiedades físico-mecánicas de la madera. Mérida, VE, Universidad de los Andes. 186p.
7. ARÓSTEGUI A. Y DIAZ, M. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Loreto, PE, IIAP. 119 p.
8. ARÓSTEGUI, A.; SIEGFRIED, D. 1965. Descripción de propiedades y usos de las maderas comerciales del Perú. Lima, PE. 52p.
9. ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). 2004. Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties, designation: D 5536 – 94 (Reapproved 2004). Philadelphia, US. 9p.
10. ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). 2000. Standard test methods for small clear specimens of timber, designation: D 143 – 94 (Reapproved 2000). Philadelphia, US. 31p.

11. BOESE, E. 1992. Actividades agroforestales y silviculturales en la región amazónica ecuatoriana. Quito, EC, Red agroforestal ecuatoriana. 138p.
12. BRAKO L., ZARICCHI L. 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Missouri botanical garden. 1286p.
13. CLAUSSI, A; MARMILLOD, D; BLASER J. 1992. Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera. Iquitos, PE, IIAP. 334 p.
14. CONDORI, C. 2007. Propiedades mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) proveniente de dos tipos de plantaciones y diferentes edades del Centro de Investigación Jenaro Herrera-Loreto. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, UNALM. 127p.
15. DÁVALOS, R.; BÁRCENAS, G. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición “seca” (en línea). Madera y Bosques 5 (1): 61-60. Consultado 21 Diciembre 2009. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/617/61750107.pdf>
16. DURÁN, P. 2003. Evaluación de las propiedades mecánicas de la madera de *Credelina Cateniformis* (Ducke) Ducke (Tornillo) proveniente de plantaciones, con respecto a la influencia de cuatro factores de crecimiento. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 105p.
17. EL CASTAÑERO. 1998. El Tornillo. N°2 – Abril. Puerto Maldonado, PE. 27p.
18. FIGUEIREDO, M.; PALMEIRA, V. 2006. Aspectos morfológicos de frutos, semillas, germinação e plântulas de duas espécies florestais da amazonia. I. *Dinizia excelsa* Ducke (Angelim-Pedra). II *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Cedrorana) - Leguminosae: Mimosoideae. Revista Brasileira de Sementes 28: 54-62.
19. FLORES, Y. 2002. Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque Alexander von Humboldt, amazonía peruana. Tesis (Mag. Sc.). Turrialba, CR, CATIE. 87 p.
20. FREITAS, M., MEDEIROS, L. Y DE LIMA, A. 1992. Leguminosas de la Amázonía brasileira – II *Cedrelinga* Ducke (Leg. Mimos.) Bot. Mus. Para. Emilio Goeldi. Ser. Bot. 8(1): 143-156.

21. HAYGREEN, J.; BOWYER, J. 1982. Forest products and wood science. An introduction. Iowa, US, The Iowa State University. 495p.
22. HERRERA, Z. 1987. Interrelación entre la densidad básica y las características anatómicas en Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) y Pumaquiro (*Aspidorperma macrocarpon* Mart.). Tesis (Mag. Sc.). Lima, PE, UNALM. 221p.
23. INFANTE, S; ZARATE DE LARA, G. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. 2ª ed. ME. Trillas 1990 (reimp. 2005) 643p.
24. JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA). 198. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies de Perú. Lima, PE. 40p. 102
25. KOLLMAN, F. 1984. Principles of wood science and technology. Volume I: Solid wood. US. 592p.
26. LÓPEZ, J. 1970. Estudio Silvicultural de la especie *Cedrelinga catenaeformis* Ducke. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 89p.
27. MONTGOMERY, D. 2007. Diseño y análisis de experimentos. 2ª ed. ME, Limusa Wiley. 700 p.
28. MOSTACEDO, B. 2007. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas – Mara macho, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke Leguminosae - Mimosaceae. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, BO, Instituto Boliviano de Investigación Forestal Primera edición. 28p.
29. NTP (NORMA TÉCNICA PERUANA). Método para determinar el contenido de humedad. NTP 251.010:2004.
30. NTP (NORMA TÉCNICA PERUANA). Método de determinación de la densidad. NTP 251.011:2004.
31. NTP (NORMA TÉCNICA PERUANA). Método de determinación de la contracción. NTP 251.012:2004.
32. PANSHIN A.; DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of wood technology. 4 th. Ed. New York, US, Mc Graw-Hill. 722p.

33. REYNEL C.; PENNINGTON R. T.; PENNINGTON T. D.; FLORES C.; DAZA A.; 2003. Árboles útiles de la amazonia peruana y sus usos. Lima, PE, Darwin initiative – ICRAF. 509p.
34. SCHWYZER, A. 1981. El tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke). Boletín Técnico N° 15. Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera. Iquitos, PE. 34p.
35. SILVA, Z. 2005. Características anatómicas y propiedades físicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. (Tornillo) de diferentes edades, proveniente de plantaciones de Jenaro Herrera. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 105p.
36. SOUDRE, K. 2004. Influencia de cuatro factores de crecimiento en la variación de las propiedades físicas en la madera de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo), de las plantaciones establecidas en el bosque Alexander von Humboldt, Ucayali. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 110p.
37. TRAYWICK, J.D. 1959. Mechanical and related properties of tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke). Thesis (Mag. Sc.) North Carolina State University, Raleigh, N.C., US. 106p.
38. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1955. Wood handbook: basic information on wood as a material of construction with data for its use in design and specifications. Washington, US. 528 p.
39. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1974. Wood handbook: wood as an engineering material. US. 454 p.
40. VIDAURRE, H. 1991. Diseminación de semillas de “Tornillo”. Temas forestales N° 4. Proyecto de Capacitación, Extensión y Divulgación Forestal. COTESU/INTERCOOPERATION/DGFF. Ucayali, PE. 43 p.
41. VIDAURRE, H. 1992. Tecnologías para el manejo de los bosques tropicales (II). Proyecto suelos tropicales. Boletín técnico N° 4. INIA, PE. 29 p.
42. VIDAURRE, H. 1997. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la región de Pucallpa, amazonía peruana. Documento Técnico N°25. IIAP. Iquitos, PE. 97 p.

43. VIGNOTE, S. JIMÉNEZ, F. 1996, Tecnología de la madera. Madrid, ES, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 602 p.
44. VILLA, B. 2009. Propiedades físico mecánicas de la especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke proveniente de plantaciones instaladas en la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. UNALM. 64 p.

# ANEXO 1

## IMÁGENES DE LOS ENSAYOS

### A) ENSAYOS FÍSICOS



- A. Pesaje de probeta, B. Obtención de volumen por el metodo de desplazamiento de agua,  
C. Probetas codificadas y marcadas, D. Saturación de probetas en agua.



E. Medición con micrómetro digital de lados, F. Medición con micrometro digital de longitud.

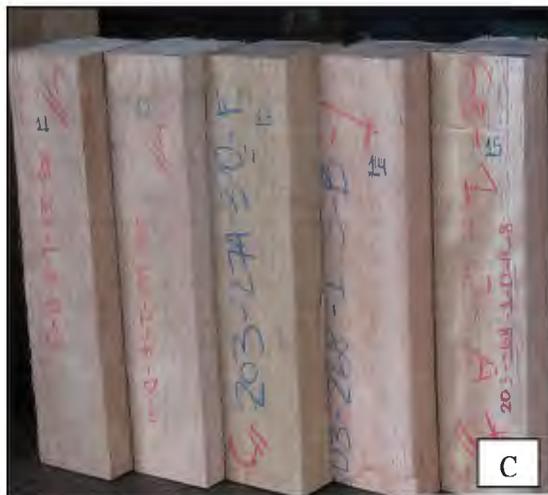
*B) ENSAYOS MECÁNICOS*

Ensayo de flexión estática



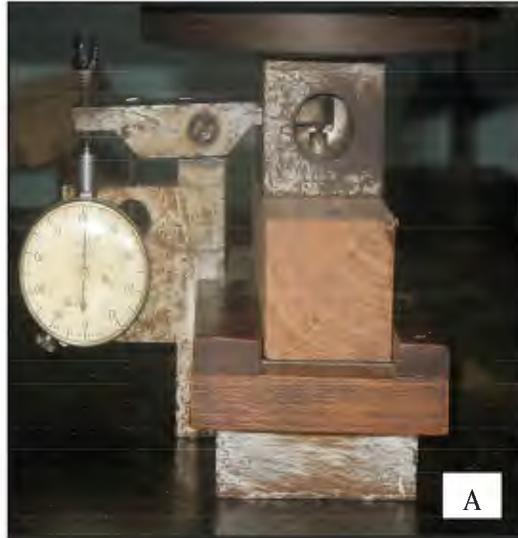
A. Ensayo de flexión estática, B. Probeta a punto de fallar, C. Probeta con falla astilladura, D. Probeta con falla quebradura.

## Ensayo de compresión paralela



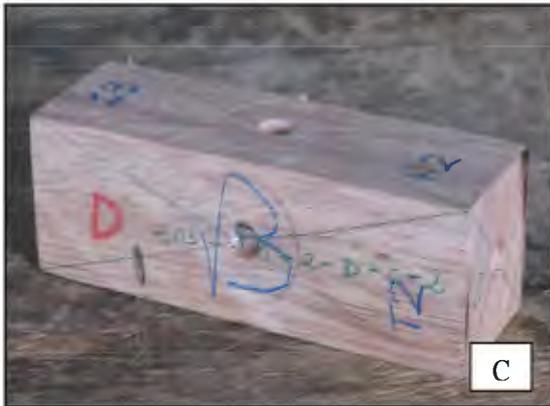
A. Probeta en ensayo de compresión paralela, B. Probeta ensayada con falla, C. Serie de probetas con falla.

Ensayo de compresión perpendicular



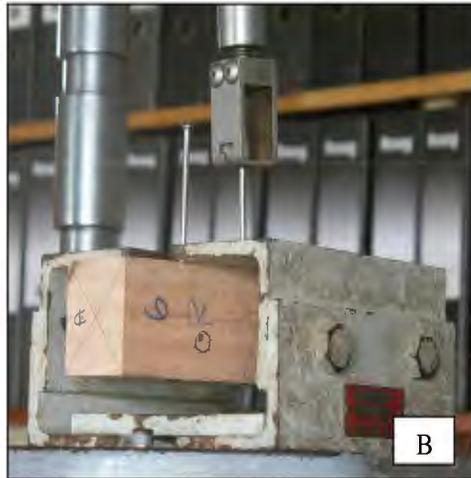
A. Probeta en ensayo, B. Serie de probetas ensayadas.

## Ensayo de dureza



A. Probeta ensayada en sección tangencial, B. Probeta ensayada en extremos, C. Probeta ya ensayada en todas sus secciones, D. Serie de probetas ensayadas.

## Ensayo de extracción de clavos



A. Probeta con clavos en posición para ser ensayada, B. Extracción de clavos en sección tangencial, C. Serie de probetas ensayadas en secciones radial y tangencial.

## Ensayo de cizallamiento



A. Probeta en ensayo de cizallamiento, B. Serie de probetas ensayadas y falladas, C. Visualización de las fallas en las probetas.

## Ensayo de clivaje



A y B. Probeta en ensayo de clivaje, C. Serie de probetas con falla, D. Visualización de las fallas en las probetas.

Ensayo de tensión perpendicular



A. Probeta en ensayo, B. Probetas con falla en sección radial y tangencial para un mismo código.

## Ensayo de tenacidad



A: Probetas codificadas y orientadas para ensayo. B. Probeta lista para ensayo. C. Resultado de la probeta fallada, D. Probetas con falla astilladura para un solo código, E. Probetas con falla quebradura con falla quebradura para un solo código.

## ANEXO 2

### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS

Ensayo de Densidad

Nº	Probeta						Peso (g)			CH (%)	Dens sat. (g/cm <sup>3</sup> )	Dens anh. (g/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )			Cont. Vol.
							Sat.	Aire	Anhi.				Sat.	Aire	Anh.	
1	203	274	3	E	F	3	254.22	188.74	163.38	13.44	0.64	0.46	395.08	376.88	357.16	9.60
2	203	274	3	O	E	5	304.12	216.84	187.56	13.50	0.75	0.52	404.05	382.54	360.02	10.90
3	203	268	3	O		3	288.25	218.57	190.04	13.05	0.71	0.52	405.85	386.76	367.60	9.42
4	203	274	3	N	F	2	268.18	199.58	173.71	12.96	0.68	0.49	394.97	374.29	356.74	9.68
5	203	268	2	E	D	6	328.97	218.27	188.32	13.72	0.83	0.53	395.15	372.90	357.02	9.65
6	203	289	2	E	D	6	258.05	183.69	158.97	13.46	0.72	0.49	356.85	339.82	325.41	8.81
7	203	268	2	O	D	4	274.84	201.37	174.98	13.11	0.67	0.47	409.58	392.48	370.61	9.51
8	203	268	1	S	A	3	234.52	167.71	145.94	12.98	0.63	0.43	369.83	352.63	337.14	8.84
9	203	14	2	E	D	6	248.74	173.03	149.60	13.54	0.63	0.42	393.85	375.10	354.85	9.90
10	203	14	2	N	D	4	238.96	164.15	141.97	13.51	0.62	0.41	383.89	366.05	347.02	9.60
11	203	930	2	E	C	5	300.16	218.42	188.09	13.89	0.75	0.51	399.15	385.87	366.15	8.27
12	203	14	2	E	C	4	232.02	144.94	125.46	13.44	0.58	0.35	402.15	378.87	361.55	10.10
13	203	14	2	S	D	2	237.87	159.97	138.60	13.36	0.61	0.39	393.17	371.44	354.03	9.95
14	203	930	2	S	D	3	275.10	201.58	174.44	13.46	0.71	0.50	387.39	370.57	351.56	9.25
15	203	289	2	O	D	4	261.82	194.36	168.78	13.16	0.65	0.46	404.90	383.30	363.21	10.30
16	203	930	2	O	D	6	284.38	209.72	181.02	13.68	0.73	0.51	390.13	373.91	353.54	9.38
17	203	268	2	N	C	4	259.24	187.01	161.92	13.42	0.66	0.46	394.83	374.19	355.42	9.98
18	203	268	2	N	C	6	299.08	185.71	160.51	13.57	0.73	0.45	409.02	389.90	359.64	12.07

Ensayo de Densidad (continuación)

Nº	Probeta						Peso (g)			CH (%)	Dens sat. (g/cm <sup>3</sup> )	Dens anh. (g/cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )			Cont. Vol.
							Sat.	Aire	Anhi.				Sat.	Aire	Anh.	
19	203	268	1	S	B	1	248.74	170.82	148.23	13.22	0.64	0.43	387.39	366.56	346.20	10.63
20	203	268	2	S	D	1	276.28	203.77	176.03	13.61	0.69	0.49	397.78	379.24	358.54	9.86
21	203	930	2	N	D	2	246.36	152.81	132.84	13.07	0.62	0.37	394.84	373.68	357.42	9.48
22	203	268	1	E	A	3	257.43	188.26	163.30	13.26	0.65	0.46	396.11	373.45	355.14	10.34
23	203	274	3	N	F	1	292.54	225.43	195.16	13.43	0.74	0.55	394.31	378.31	354.90	9.99
24	203	930	2	S	C	4	255.27	179.68	155.03	13.72	0.63	0.43	404.29	379.61	360.40	10.86
25	203	930	2	E	D	3	271.17	205.51	177.00	13.87	0.69	0.50	392.47	376.20	354.87	9.58
26	203	289	2	E	C	4	245.81	174.13	151.15	13.20	0.64	0.44	384.84	364.02	347.25	9.77
27	203	289	2	N	C	3	262.52	184.74	159.88	13.46	0.68	0.46	386.81	377.66	349.02	9.77
28	203	268	1	N	B	4	256.70	185.32	160.29	13.51	0.68	0.48	374.86	355.51	336.66	10.19
29	203	268	1	O	B	7	291.09	176.66	152.40	13.73	0.73	0.42	400.72	381.53	358.70	10.49
30	203	289	2	S	D	3	245.61	174.86	151.70	13.24	0.66	0.45	369.55	356.59	334.91	9.37
31	203	268	1	O	A	4	246.21	175.22	151.58	13.49	0.61	0.41	404.22	384.75	365.63	9.55
32	203	14	2	O	C	5	270.20	176.2	152.66	13.36	0.68	0.43	398.31	374.91	356.25	10.56
33	203	268	2	E	D	4	276.65	209.24	181.68	13.17	0.69	0.51	400.71	379.66	358.32	10.58
34	203	268	3	E	E	4	302.22	220.67	191.67	13.14	0.76	0.54	397.63	373.35	358.22	9.91
35	203	14	2	N	C	5	247.21	165.81	143.44	13.49	0.60	0.39	411.63	389.33	371.80	9.68
36	203	274	3	S	E	3	259.26	191.66	166.42	13.17	0.65	0.46	398.67	377.20	360.56	9.56
37	203	289	2	N	D	1	250.00	171.75	149.56	12.92	0.64	0.42	387.86	372.08	355.02	8.47
38	203	274	3	E	E	4	253.82	189.84	163.90	13.66	0.62	0.45	409.05	385.34	363.91	11.04
PROMEDIO										13.39	0.67	0.46				9.87

Ensayo de Contracción

Nº	Probeta						Peso (g)		Volumen (cm <sup>3</sup> )		Dimensiones (cm)						Con. Vol.	Contracción Total			Dens. Bás.
							Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.	Radial		Tangencial		Longitudinal			Radial	Tang.	Long.	
											Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.					
1	203	274	3	S	E	3	61.14	34.14	97.86	88.66	31.34	29.37	31.48	29.28	100.75	98.96	9.40	6.26	7.00	1.78	0.35
2	203	289	2	E	D	6	79.82	43.02	96.36	86.95	31.38	29.56	31.07	29.54	100.48	98.86	9.77	5.79	4.93	1.62	0.45
3	203	289	2	N	D	5	85.01	47.06	99.61	87.17	31.07	29.36	32.18	29.29	100.80	99.57	12.49	5.50	8.99	1.23	0.47
4	203	268	2	O	D	6	70.32	42.03	97.63	87.80	31.06	29.46	31.93	29.12	100.67	98.97	10.07	5.15	8.80	1.69	0.43
5	203	14	2	O	C	5	64.66	37.95	98.80	89.15	31.21	29.62	31.89	29.34	100.88	99.79	9.77	5.11	7.98	1.08	0.38
6	203	268	3	E	E	4	77.59	47.23	97.78	87.87	31.00	29.37	31.86	29.32	100.67	99.06	10.13	5.25	7.99	1.60	0.48
7	203	14	2	O	C	4	60.16	33.34	99.07	88.83	30.98	29.62	31.90	29.34	100.81	99.03	10.34	4.39	8.03	1.77	0.34
8	203	14	2	S	D	2	65.95	36.37	97.20	87.52	31.25	29.46	31.38	29.03	100.73	98.86	9.96	5.74	7.52	1.86	0.37
9	203	274	3	N	F	2	67.18	41.11	97.00	87.80	31.11	29.50	31.71	29.18	100.54	98.58	9.48	5.17	7.97	1.95	0.42
10	203	930	2	E	C	5	76.05	45.69	97.13	88.15	30.93	29.51	31.66	29.22	100.65	98.70	9.25	4.61	7.70	1.94	0.47
11	203	930	2	S	D	3	72.79	44.34	97.92	88.87	31.14	29.56	31.69	29.36	100.53	99.27	9.24	5.06	7.35	1.25	0.45
12	203	268	1	E	B	6	68.87	38.95	99.20	88.87	31.36	29.61	31.90	29.33	100.66	98.69	10.41	5.60	8.06	1.96	0.39
13	203	14	2	O	C	4	60.95	32.90	99.60	89.45	31.31	29.70	32.40	29.56	100.69	99.57	10.19	5.14	8.76	1.11	0.33
14	203	268	1	E	B	6	68.97	38.95	99.21	88.92	31.29	29.88	32.04	29.36	100.86	99.69	10.37	4.52	8.37	1.16	0.39
15	203	930	2	E	C	5	82.84	45.20	95.76	87.15	30.86	29.24	31.74	29.40	100.61	99.24	8.99	5.25	7.38	1.37	0.47
16	203	274	3	E	F	3	64.97	38.50	98.71	89.21	31.27	29.67	31.89	29.40	100.58	99.57	9.62	5.12	7.79	1.00	0.39
17	203	289	2	N	C	3	71.21	39.39	98.63	88.85	31.32	29.71	31.99	29.45	100.71	99.16	9.92	5.13	7.95	1.54	0.40
18	203	268	2	O	D	6	70.62	40.84	98.58	88.95	31.26	29.62	31.75	29.38	100.69	99.13	9.77	5.22	7.47	1.56	0.41
19	203	274	3	S	E	3	60.80	33.75	97.98	88.93	31.25	29.48	31.67	29.33	100.83	99.13	9.24	5.67	7.41	1.69	0.34
20	203	268	2	S	D	1	74.78	44.41	98.31	88.20	31.21	29.57	31.79	29.15	100.65	99.57	10.28	5.27	8.31	1.07	0.45

Ensayo de Contracción (continuación)

Nº	Probeta						Peso (g)		Volumen (cm <sup>3</sup> )		Dimensiones (cm)						Con. Vol.	Contracción Total			Dens. Bás.
							Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.	Radial		Tangencial		Longitudinal			Radial	Tang.	Long.	
											Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.					
21	203	274	3	O	E	5	83.32	45.58	99.15	88.05	31.38	29.52	32.08	29.40	100.65	98.97	11.20	5.94	8.36	1.67	0.46
22	203	268	1	S	A	6	73.48	38.41	99.56	89.42	31.77	29.55	31.91	29.29	100.55	97.98	10.18	6.99	8.22	2.55	0.39
23	203	268	2	S	C	2	69.33	37.19	99.23	89.55	31.46	29.92	31.82	29.42	100.67	98.70	9.76	4.90	7.54	1.96	0.37
24	203	289	2	O	D	4	66.00	39.41	97.40	88.01	31.11	29.43	31.83	29.25	100.67	98.59	9.64	5.39	8.09	2.07	0.40
25	203	268	1	O	B	7	74.80	39.56	98.04	87.70	30.89	28.91	31.77	29.51	100.61	99.13	10.55	6.38	7.11	1.48	0.40
26	203	930	2	S	D	2	72.82	43.13	98.13	88.85	31.24	29.51	32.01	29.23	100.62	99.58	9.46	5.51	8.68	1.04	0.44
27	203	268	2	N	C	6	73.03	39.10	97.20	87.41	31.04	29.57	31.50	28.95	100.63	99.26	10.07	4.72	8.10	1.36	0.40
28	203	268	2	N	D	1	67.15	38.84	98.29	88.92	31.24	29.73	31.82	29.26	100.68	99.60	9.53	4.84	8.05	1.07	0.40
29	203	930	2	S	D	2	74.18	43.65	98.27	89.20	31.36	29.52	31.50	29.34	100.41	98.72	9.23	5.88	6.86	1.69	0.44
30	203	930	2	N	D	2	68.95	31.98	98.35	89.25	31.45	29.73	31.56	29.26	100.74	98.70	9.25	5.45	7.28	2.03	0.33
31	203	14	2	S	D	2	67.44	37.27	98.34	88.41	31.36	29.84	31.81	29.24	100.78	99.03	10.10	4.85	8.09	1.74	0.38
32	203	274	3	O	F	4	70.56	43.81	98.54	88.73	31.27	29.65	31.81	29.26	100.72	99.03	9.96	5.18	8.02	1.68	0.44
33	203	268	1	O	A	4	63.35	35.33	98.67	88.66	31.57	29.73	31.84	29.51	100.42	99.27	10.14	5.83	7.34	1.14	0.36
34	203	274	3	O	F	4	70.43	40.88	99.44	89.12	31.26	29.66	32.29	29.30	101.03	98.79	10.38	5.13	9.26	2.22	0.41
35	203	930	2	E	C	5	77.62	46.79	97.51	86.90	31.01	29.51	31.72	29.09	100.52	98.99	10.88	4.84	8.28	1.52	0.48
36	203	268	1	O	A	5	64.19	35.12	98.34	88.60	31.12	29.69	31.58	29.13	100.78	98.93	9.90	4.61	7.76	1.83	0.36
37	203	268	1	S	A	6	66.09	34.70	97.12	87.85	30.83	29.43	31.20	28.83	100.65	99.27	9.54	4.56	7.57	1.37	0.36
38	203	14	2	E	D	6	66.67	34.78	99.35	89.22	31.71	29.64	31.78	29.17	100.58	98.76	10.20	6.53	8.23	1.81	0.35
39	203	289	2	N	D	1	65.05	34.85	98.27	88.52	31.48	29.70	31.37	29.09	100.80	99.69	9.92	5.66	7.25	1.10	0.35
40	203	268	2	S	C	2	74.89	44.81	95.84	86.43	30.52	29.01	31.46	29.07	100.91	99.64	9.82	4.94	7.62	1.26	0.47
41	203	14	2	E	C	4	66.97	37.26	98.62	89.26	31.28	29.77	31.80	29.23	100.74	99.58	9.49	4.85	8.08	1.15	0.38
42	203	268	1	N	A	2	63.98	33.66	98.78	88.87	31.09	29.51	31.88	29.39	100.65	99.59	10.03	5.11	7.79	1.05	0.34

## ANEXO 3

### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

Ensayo de Flexión estática

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Peso (g)		Vol (cm <sup>3</sup> )		CH (%)	Dens. Bás.	P (Kg)	P' (kg)	Y' (cm)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.								
1	203	274	3	E	F	3	5.098	5.057	59.94	34.34	85.47	77.41	13.76	0.40	673.14	369.62	0.58	297.68	542.14	82800.94
2	203	274	3	O	E	5	4.987	5.164	72.39	40.81	88.07	78.05	13.70	0.46	853.68	560.74	0.62	442.73	674.02	112530.16
3	203	268	3	O		3	5.070	5.145	69.66	40.07	85.26	77.02	14.03	0.47	761.14	520.92	0.72	407.55	595.49	90210.95
4	203	274	3	N	F	2	5.007	5.028	64.78	37.68	84.04	75.53	13.58	0.45	826.46	529.12	0.69	438.91	685.56	103179.85
5	203	268	2	N	D	1	4.889	5.181	59.87	33.22	84.57	76.19	13.85	0.39	825.10	535.24	0.85	428.24	660.16	79518.85
6	203	14	2	N	C	4	5.024	5.043	51.45	25.37	84.66	76.25	13.32	0.30	609.64	364.78	0.68	299.77	501.00	71858.93
7	203	268	2	E	D	6	4.967	5.124	72.92	39.23	86.51	76.90	14.44	0.45	806.50	464.43	0.56	373.94	649.35	106757.65
8	203	289	2	E	D	6	4.842	4.988	62.82	35.57	80.24	72.09	14.08	0.44	700.36	463.65	0.74	404.11	610.42	89950.77
9	203	930	2	S	D	2	4.962	4.980	63.88	35.53	83.26	75.47	14.53	0.43	708.52	424.98	0.64	362.61	604.54	92638.62
10	203	268	2	O	D	4	5.122	5.168	65.92	38.14	90.73	81.10	14.35	0.42	870.00	584.85	0.82	448.90	667.77	86802.82
11	203	268	1	S	A	3	4.901	4.894	58.57	32.98	82.07	74.10	14.20	0.40	673.60	440.28	0.77	393.83	602.53	84981.02
12	203	268	2	E	D	3	5.109	5.045	68.85	41.85	87.97	78.55	14.17	0.48	688.56	437.30	0.53	353.11	556.00	107377.40
13	203	14	2	E	D	6	5.036	4.959	58.25	31.70	82.27	74.12	14.02	0.39	658.63	396.51	0.68	336.18	558.41	81137.10
14	203	14	2	N	D	4	5.063	4.915	60.16	32.11	85.62	76.97	14.19	0.38	552.48	382.81	0.74	328.64	474.30	74207.30
15	203	274	3	S	E	3	5.103	5.027	56.48	30.80	86.08	77.97	13.73	0.36	661.35	417.31	0.99	339.79	538.49	55743.86
16	203	268	1	S	A	6	5.102	5.204	62.53	32.52	89.87	80.81	14.06	0.36	664.98	464.76	0.71	353.18	505.34	78472.63
17	203	930	2	E	C	5	5.055	5.154	72.10	41.65	87.85	79.71	14.69	0.47	731.20	505.36	0.76	395.17	571.76	82669.59

Ensayo de Flexión estática (continuación)

Nº	Probeta					Anch. (cm)	Espe. (cm)	Peso (g)		Vol (cm <sup>3</sup> )		CH (%)	Dens. Bás.	P (Kg)	P' (kg)	Y' (cm)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (Kg/cm <sup>2</sup> )	
								Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.									
18	203	289	2	O	C	5	5.038	5.019	81.87	43.61	87.57	78.02	14.37	0.50	591.49	473.01	0.57	391.35	489.38	112528.74
19	203	14	2	O	C	4	5.150	5.153	62.20	32.63	90.93	81.35	14.29	0.36	674.05	410.21	0.56	314.97	517.55	89193.38
20	203	268	2	S	C	2	5.056	5.095	62.24	34.96	88.01	78.35	13.55	0.40	707.62	406.47	0.63	325.18	566.10	83218.61
21	203	274	3	O	F	4	5.091	5.164	64.31	37.32	87.09	77.85	13.85	0.43	741.18	428.22	0.63	331.19	573.24	83125.73
22	203	14	2	E	C	4	5.127	4.965	53.24	26.99	84.92	77.99	14.26	0.32	543.41	322.18	0.57	267.66	451.46	76688.94
23	203	14	2	S	D	2	4.895	5.037	58.56	29.78	87.30	78.66	14.40	0.34	539.78	303.63	0.56	256.70	456.37	74349.37
24	203	930	2	S	D	3	4.987	5.118	69.38	38.63	86.16	78.45	14.55	0.45	794.71	512.89	0.71	412.26	638.79	92624.11
25	203	289	2	O	D	4	5.109	5.168	66.18	37.29	88.35	79.35	14.26	0.42	655.00	427.36	0.60	328.86	504.02	86099.25
26	203	289	2	N	D	5	5.092	5.369	82.00	44.29	91.92	81.71	14.71	0.48	799.24	482.13	0.51	344.89	571.73	102444.70
27	203	930	2	O	D	6	4.984	5.169	68.16	38.98	85.59	77.11	14.50	0.46	752.98	524.67	0.71	413.70	593.72	92110.30
28	203	268	1	O	A	5	5.113	5.097	58.75	32.70	87.43	78.54	13.70	0.37	753.88	407.82	0.57	322.37	595.92	91228.68
29	203	268	1	E	B	6	5.148	5.115	68.31	38.42	93.14	83.21	13.90	0.41	750.25	504.72	0.67	393.47	584.88	93409.91
30	203	268	2	O	D	6	5.121	5.171	69.57	40.24	95.57	85.88	14.35	0.42	824.64	455.62	0.58	349.37	632.34	94883.51
31	203	268	2	N	C	4	5.089	5.014	61.79	35.62	88.54	79.83	14.04	0.40	710.34	442.16	0.60	362.88	582.98	99062.93
32	203	268	2	N	C	6	5.139	5.209	72.52	34.58	90.91	82.80	14.21	0.38	663.16	414.20	0.55	311.90	499.37	88723.52
33	203	268	1	S	B	1	4.925	5.128	61.72	33.93	87.71	78.60	14.23	0.39	632.32	345.28	0.49	279.94	512.65	90508.48
34	203	268	2	S	D	1	5.097	5.143	67.83	40.44	89.29	80.13	14.39	0.45	785.64	445.74	0.61	347.16	611.87	89958.82
35	203	289	2	S	C	1	5.002	5.023	64.65	35.07	90.34	82.02	14.36	0.39	593.31	296.91	0.61	247.03	493.63	65822.05
36	203	14	2	S	C	4	5.043	5.109	60.27	31.39	90.02	80.84	14.23	0.35	643.20	400.48	0.62	319.45	513.07	81862.94
37	203	930	2	N	D	2	4.966	5.135	64.69	28.93	87.66	79.92	13.98	0.33	551.58	255.07	0.53	204.53	442.29	61210.11
38	203	268	1	E	A	3	4.913	5.222	66.12	38.89	91.29	82.30	14.53	0.43	688.56	391.12	0.59	306.53	539.65	81929.60
39	203	274	3	N	F	1	5.075	5.027	70.37	42.27	89.13	80.02	14.00	0.47	860.03	574.18	0.74	470.09	704.12	103142.63
40	203	930	2	S	C	4	5.063	5.104	63.17	35.21	87.56	79.24	14.31	0.40	702.17	375.89	0.60	299.24	558.99	79812.32

Ensayo de Flexión estática (continuación)

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Peso (g)		Vol (cm³)		CH (%)	Dens. Bás.	P (Kg)	P' (kg)	Y' (cm)	ELP (Kg/cm²)	MOR (Kg/cm²)	MOE (Kg/cm²)
									Sat.	Anhi.	Sat.	Anhi.								
41	203	930	2	E	D	3	4.972	5.033	64.87	37.29	82.50	75.46	14.69	0.45	780.19	403.08	0.56	336.04	650.44	97589.00
42	203	289	2	E	C	4	4.869	5.043	60.59	33.10	85.52	77.31	13.53	0.39	702.17	334.94	0.51	284.01	595.41	89525.77
43	203	289	2	N	C	3	5.034	5.008	63.29	34.78	85.30	76.73	14.33	0.41	743.90	375.22	0.60	312.06	618.68	84988.32
44	203	268	1	N	B	4	4.972	4.990	60.62	35.46	84.01	75.09	14.14	0.42	743.90	359.49	0.53	304.89	630.92	94907.35
45	203	268	1	O	B	7	4.999	5.276	69.31	34.91	88.86	79.94	14.33	0.39	649.56	368.89	0.49	278.35	490.13	87056.79
46	203	289	2	S	D	3	4.911	4.952	60.54	34.49	83.66	75.61	14.65	0.41	687.66	356.37	0.64	310.71	599.56	79864.64
47	203	268	1	O	A	4	5.187	4.954	61.58	33.32	91.34	82.11	14.08	0.36	678.59	363.35	0.54	299.70	559.71	91265.46
48	203	14	2	O	C	5	5.042	5.185	66.68	34.67	90.96	81.49	14.54	0.38	694.92	411.22	0.56	318.54	538.30	90026.68
49	203	268	2	E	D	4	5.023	5.124	67.45	40.41	88.62	78.53	14.15	0.46	787.45	440.26	0.60	350.53	626.95	93508.53
50	203	268	3	E	E	4	5.005	5.082	75.69	45.08	93.35	84.09	14.13	0.48	833.72	509.55	0.65	413.90	677.23	102127.96
51	203	268	1	N	A	2	4.954	5.045	58.42	30.55	89.70	80.97	14.40	0.34	624.15	417.66	0.82	347.80	519.76	68624.80
52	203	14	2	N	C	5	5.023	5.165	62.23	32.22	92.00	82.95	14.47	0.35	671.33	377.10	0.58	295.49	526.04	80694.57
53	203	274	3	S	E	3	5.109	5.097	59.03	34.17	82.49	78.87	14.04	0.41	671.33	399.93	0.61	316.38	531.08	83098.58
54	203	289	2	N	D	1	5.138	4.735	60.89	33.85	87.06	78.41	14.28	0.39	544.32	272.55	0.57	248.43	496.15	74616.13
55	203	274	3	E	E	4	5.026	5.232	63.61	36.81	90.37	81.74	14.18	0.41	824.64	544.44	0.72	415.51	629.36	89555.58
PROMEDIO												14.18	0.41				342.50	569.47	87313.22	

Ensayo de Compresión paralela

Nº	Probeta						Anc. (cm)	Esp. (cm)	Peso (g)		Vol (cm <sup>3</sup> )		CH (%)	Dens. Bás.	Y' (cm)	P' (kg)	P (Kg)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	RM (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Anh.	Sat.	Anh.								
1	203	268	1	S	B	4	5.0	5.1	64.3	36.9	91.6	82.3	13.64	0.40	0.06	8171.23	8300.88	320.10	325.17	78912.56
2	203	268	2	S	D	5	5.2	5.1	73.3	40.5	92.9	83.2	14.62	0.44	0.05	7129.70	8300.88	268.27	312.33	76933.15
3	203	268	2	S	D	1	5.1	5.0	66.2	37.6	90.0	80.1	13.89	0.42	0.04	6724.89	8096.76	261.05	314.30	99440.71
4	203	268	1	E	A	3	5.0	5.2	62.3	36.3	88.7	79.4	14.80	0.41	0.02	4111.07	6962.76	158.92	269.15	100953.66
5	203	930	2	E	C	5	5.2	5.0	75.8	41.4	88.7	80.3	15.42	0.47	0.04	4990.39	5715.36	190.12	217.74	79029.06
6	203	14	2	O	C	4	5.2	5.0	58.0	30.5	87.8	78.9	14.86	0.35	0.03	5205.87	5670.00	201.98	219.99	88244.02
7	203	274	3	E	E	4	5.2	5.1	67.7	40.1	92.2	82.9	14.29	0.44	0.04	6781.44	8867.88	251.98	329.51	103120.90
8	203	289	2	S	D	3	4.9	5.0	62.1	35.3	83.5	75.6	14.70	0.42	0.05	6185.19	7688.52	254.03	315.77	84198.32
9	203	268	1	N	B	5	5.1	5.1	66.8	35.1	90.9	71.7	14.69	0.39	0.03	4755.84	6758.64	180.19	256.07	104511.89
10	203	268	2	N	C	2	5.1	5.1	60.1	33.5	88.8	80.1	14.90	0.38	0.04	6014.57	7575.12	229.30	288.80	96288.55
11	203	268	1	E	B	3	5.1	5.2	68.4	38.9	95.5	85.5	14.38	0.41	0.04	7017.62	8323.56	262.21	311.00	109270.38
12	203	268	2	E	D	4	5.1	5.1	67.3	39.4	90.1	80.7	14.46	0.44	0.05	7809.23	8414.28	300.06	323.31	98580.08
13	203	274	3	O	F	3	5.1	5.1	67.4	39.6	93.0	83.9	14.24	0.43	0.03	5421.45	8368.92	207.42	320.19	104316.24
14	203	268	1	S	B	1	5.2	4.9	60.1	31.8	91.0	81.9	14.27	0.35	0.04	5515.06	6100.92	219.09	242.36	83777.11
15	203	268	1	O	A	8	5.2	5.2	72.1	37.7	100.9	91.6	14.21	0.37	0.05	7167.86	7405.02	262.05	270.72	82388.65
16	203	268	1	O	B	6	5.1	5.0	59.7	33.0	89.8	80.8	13.77	0.37	0.05	6853.85	7166.88	264.93	277.03	82881.00
17	203	268	1	E	A	5	5.1	5.1	64.0	37.0	91.1	81.6	14.31	0.41	0.04	7513.36	7801.92	287.74	298.80	96050.36
18	203	274	3	S	E	1	5.1	5.1	56.7	29.9	87.4	79.6	13.97	0.34	0.06	6815.68	6951.42	263.29	268.53	67133.52
19	203	274	3	N	E	1	5.2	5.1	57.4	29.9	91.2	82.5	14.30	0.33	0.05	5461.54	5760.72	206.45	217.76	58464.16
20	203	268	2	E	D	5	5.1	5.0	75.2	40.3	89.5	80.1	14.74	0.45	0.05	6718.27	7076.16	263.52	277.56	83192.68
21	203	14	2	S	D	3	5.0	5.0	65.3	37.5	91.6	81.4	14.37	0.41	0.05	5452.22	5828.76	218.22	233.29	62150.46
22	203	268	1	N	A	2	5.1	5.1	59.8	33.1	86.5	77.6	14.77	0.38	0.03	6349.70	7268.94	247.46	283.29	106688.69

Ensayo de Compresión paralela (continuación)

Nº	Probeta						Anc. (cm)	Esp. (cm)	Peso (g)		Vol (cm <sup>3</sup> )		CH (%)	Dens. Bás.	Y' (cm)	P' (kg)	P (Kg)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	RM (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Anh.	Sat.	Anh.								
23	203	274	3	O	F	4	5.1	5.0	69.1	40.2	90.8	81.2	14.43	0.44	0.04	7532.37	8278.20	291.61	320.48	121718.08
24	203	268	1	E	B	6	5.2	5.0	67.5	38.7	92.0	82.2	14.17	0.42	0.05	7672.65	7779.24	295.78	299.89	92200.84
25	203	268	2	S	D	4	5.1	5.1	65.0	38.4	86.9	78.5	15.02	0.44	0.05	7203.74	8074.08	277.23	310.73	78744.46
26	203	289	2	N	C	2	5.1	5.0	63.3	35.3	86.4	77.7	14.82	0.41	0.06	7206.66	7393.68	285.79	293.20	74766.48
27	203	274	3	E	E	5	5.0	5.1	75.3	38.9	90.2	81.8	14.74	0.43	0.04	6106.14	7144.20	240.54	281.43	83407.99
28	203	14	2	N	C	5	5.2	5.1	61.5	31.5	91.4	81.7	15.02	0.34	0.03	4964.17	6078.24	185.56	227.21	80516.01
29	203	930	2	E	D	3	5.2	5.1	70.7	41.8	89.0	80.4	15.08	0.47	0.06	8536.10	8754.48	326.63	334.98	85103.14
30	203	289	2	O	D	4	5.0	5.0	63.0	35.7	86.8	78.3	14.49	0.41	0.04	6706.00	7461.72	267.60	297.75	102831.43
31	203	274	3	O	E	4	5.1	5.1	66.5	37.8	94.1	84.9	14.25	0.40	0.06	7807.75	8051.40	301.31	310.71	77975.76
32	203	289	2	O	C	3	5.1	5.1	67.9	38.6	94.4	84.1	14.02	0.41	0.05	7200.04	7733.88	274.72	295.09	77736.44
33	203	274	3	S	E	3	5.0	5.1	65.3	37.2	87.2	78.9	14.18	0.43	0.04	7949.88	8142.12	309.48	316.96	110989.09
34	203	274	3	E	F	3	5.0	5.0	61.9	36.0	87.1	78.2	14.26	0.41	0.05	7542.49	8187.48	304.99	331.07	88702.70
35	203	289	2	N	C	3	5.0	5.1	65.1	35.1	86.7	77.9	14.99	0.41	0.04	5832.66	6146.28	229.37	241.70	83445.37
36	203	289	2	O	C	5	5.0	5.2	79.4	42.9	89.4	79.9	15.39	0.48	0.04	6916.82	7280.28	265.48	279.43	101501.26
37	203	268	2	O	C	6	5.1	5.1	65.3	38.2	87.3	78.5	14.21	0.44	0.05	7583.15	7858.62	288.77	299.26	90392.05
38	203	289	2	E	D	6	4.9	5.0	66.9	35.9	79.9	71.9	15.22	0.45	0.04	5524.65	7053.48	227.01	289.83	94018.87
39	203	268	2	E	D	6	5.0	5.2	81.1	41.9	91.5	82.2	15.28	0.46	0.05	8008.70	8323.56	306.19	318.22	84525.03
40	203	268	2	E	C	6	5.2	5.2	70.7	41.4	93.1	83.1	14.07	0.44	0.04	7219.26	8731.80	269.78	326.30	107658.06
41	203	268	1	O	A	4	5.1	5.1	62.8	34.6	92.3	83.1	14.40	0.37	0.05	7036.67	7586.46	267.80	288.73	85367.30
42	203	274	3	S	E	4	5.1	5.1	64.9	38.1	88.6	80.2	14.05	0.43	0.05	7938.00	8232.84	308.63	320.10	96222.02
43	203	14	2	N	C	4	5.0	5.1	53.5	25.9	88.9	80.0	13.92	0.29	0.04	5313.38	5499.90	208.53	215.85	79925.10
44	203	268	1	N	B	1	4.9	5.1	59.5	32.7	89.2	80.6	13.94	0.37	0.04	6180.25	7405.02	245.21	293.80	85182.40

Ensayo de compresión paralela (continuación)

Nº	Probeta						Anc. (cm)	Esp. (cm)	Peso (g)		Vol (cm <sup>3</sup> )		CH (%)	Dens. Bás.	Y' (cm)	P' (kg)	P (Kg)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	RM (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Anh.	Sat.	Anh.								
45	203	930	2	O	D	6	5.0	5.1	71.7	41.6	89.3	80.8	15.17	0.47	0.05	8006.46	8255.52	310.63	320.30	98766.70
46	203	14	2	S	D	2	5.1	4.9	66.8	39.5	86.2	77.5	14.76	0.46	0.05	6405.20	7087.50	257.73	285.19	80251.45
47	203	274	3	E	F	4	5.1	5.1	63.8	36.6	89.4	80.2	14.36	0.41	0.05	7584.03	8198.82	287.96	311.30	94858.01
48	203	268	1	N	B	4	5.0	4.9	63.7	37.6	81.9	74.6	14.87	0.46	0.04	6977.17	7212.24	286.29	295.93	102987.46
49	203	268	3	E	E	3	5.2	5.2	73.2	43.0	89.0	80.3	13.81	0.48	0.07	8816.52	9412.20	329.53	351.80	75287.34
50	203	268	3	E	E	4	5.1	5.1	68.9	39.1	85.2	76.7	13.76	0.46	0.04	7925.01	9412.20	303.63	360.60	114459.12
51	203	274	3	O	E	5	5.2	5.1	74.2	41.4	88.1	78.4	14.44	0.47	0.04	7651.28	8618.40	290.28	326.98	120371.57
52	203	14	2	N	C	6	5.1	5.2	61.1	32.8	95.0	85.7	14.17	0.35	0.05	7032.81	7098.84	261.98	264.44	75112.54
53	203	14	2	O	D	4	5.0	4.9	59.0	32.2	85.9	77.4	14.29	0.37	0.04	6450.67	6804.00	260.70	274.98	100272.23
54	203	930	2	N	D	2	5.1	5.0	60.8	29.1	89.2	81.4	14.72	0.33	0.05	5749.09	6010.20	223.00	233.13	72788.92
55	203	268	2	N	D	4	5.2	5.2	67.2	39.6	91.1	81.7	13.86	0.43	0.05	8884.47	9412.20	332.84	352.61	109680.44
56	203	930	2	O	C	4	5.1	5.1	62.6	33.6	86.8	79.1	14.47	0.39	0.03	4970.91	6724.62	189.78	256.73	103288.58
57	203	268	2	O	D	6	5.2	5.2	66.8	38.7	90.0	81.0	14.89	0.43	0.05	7837.50	8323.56	293.56	311.77	86578.85
58	203	14	2	O	D	3	5.1	5.0	57.8	31.3	81.1	72.1	13.73	0.39	0.04	6659.65	7280.28	258.13	282.19	103318.41
59	203	289	2	E	C	4	5.0	4.9	56.6	30.6	79.7	71.9	13.43	0.38	0.06	6398.01	6781.32	261.59	277.27	70989.09
60	203	268	2	N	D	1	5.1	5.0	61.3	34.5	88.0	79.5	14.64	0.39	0.05	6953.02	7938.00	274.93	313.87	86400.66
61	203	289	2	E	C	5	5.1	5.1	67.2	38.0	90.3	81.1	13.98	0.42	0.05	6704.13	7280.28	258.12	280.30	83170.07
62	203	268	1	N	A	3	5.1	5.1	65.5	39.8	91.1	81.6	14.63	0.44	0.04	7944.81	8028.72	303.13	306.33	108362.02
63	203	289	2	N	D	4	5.1	5.0	66.2	37.4	90.5	81.3	14.12	0.41	0.05	6679.88	7030.80	264.15	278.03	85675.65
64	203	930	2	S	D	2	5.1	4.9	68.1	38.6	88.6	80.6	15.21	0.44	0.05	7124.79	7575.12	286.28	304.37	90041.46
65	203	930	2	S	D	5	5.1	5.1	76.4	44.7	90.0	81.5	15.14	0.50	0.06	8429.76	8867.88	321.76	338.48	84373.95
66	203	268	3	O		4	5.1	5.2	73.3	42.1	92.4	83.3	14.04	0.46	0.05	7814.12	8754.48	293.09	328.36	86941.13

Ensayo de compresión paralela (continuación)

Nº	Probeta						Anc. (cm)	Esp. (cm)	Peso (g)		Vol (cm³)		CH (%)	Dens. Bás.	Y' (cm)	P' (kg)	P (Kg)	ELP (Kg/cm²)	RM (Kg/cm²)	MOE (Kg/cm²)
									Sat.	Anh.	Sat.	Anh.								
67	203	268	2	E	D	3	5.2	5.1	69.7	41.9	90.7	80.6	14.59	0.46	0.04	7843.97	8187.48	299.48	312.60	100238.20
68	203	268	2	N	C	6	5.3	5.1	69.2	36.5	90.7	82.0	14.72	0.40	0.04	7528.06	8198.82	283.29	308.53	95977.42
69	203	14	2	O	C	5	5.2	5.1	66.9	32.6	84.4	76.2	14.87	0.39	0.04	6245.85	7053.48	234.77	265.13	94411.76
70	203	268	2	E	C	3	5.2	5.1	66.7	39.9	90.6	81.8	13.83	0.44	0.04	6821.75	8709.12	255.55	326.25	87931.79
71	203	268	1	S	A	3	5.0	4.9	61.8	35.2	86.0	77.0	14.74	0.41	0.04	7308.99	7688.52	293.92	309.19	99918.01
72	203	930	2	O	D	3	5.2	5.0	66.3	38.2	89.4	81.2	15.16	0.43	0.05	7442.47	7733.88	291.04	302.44	93520.86
73	203	268	1	O	B	3	5.2	5.1	66.1	38.4	91.4	81.6	13.46	0.42	0.04	6809.91	8527.68	258.47	323.67	109669.56
74	203	930	2	N	C	4	5.1	5.1	63.7	37.4	88.1	80.1	14.86	0.42	0.05	7944.20	8028.72	306.88	310.15	94075.86
75	203	930	2	S	C	1	5.1	5.1	71.6	43.0	87.8	79.2	14.30	0.49	0.05	7050.44	7903.98	274.34	307.55	82642.00
76	203	268	1	S	A	6	5.3	5.1	68.0	35.1	88.9	80.2	14.83	0.39	0.04	5924.60	7234.92	220.36	269.10	88539.54
77	203	289	2	N	D	1	5.2	4.8	64.2	36.4	89.4	80.8	14.58	0.41	0.05	6108.55	6554.52	247.80	265.89	75610.15
78	203	268	1	O	B	7	5.3	5.1	74.2	36.7	91.5	82.7	14.34	0.40	0.05	7565.08	7733.88	280.67	286.93	77473.81
79	203	930	2	E	C	4	5.2	5.0	66.0	36.9	86.0	77.8	14.26	0.43	0.04	7348.74	8822.52	281.75	338.25	110916.74
80	203	289	2	E	D	3	5.1	5.1	69.2	39.7	91.6	82.8	14.72	0.43	0.02	5290.41	7268.94	200.36	275.30	122036.99
81	203	14	2	S	C	4	5.2	5.1	61.4	32.2	93.2	83.9	14.95	0.34	0.04	5949.85	6123.60	226.05	232.65	81473.91
82	203	268	2	N	C	4	5.0	5.0	64.7	38.9	84.7	75.8	14.38	0.46	0.05	7359.28	7847.28	294.67	314.21	92374.58
83	203	268	2	S	C	4	5.2	5.0	68.5	40.5	90.9	81.7	13.61	0.44	0.06	6922.12	7915.32	269.20	307.82	64016.76
84	203	930	2	S	D	3	5.1	4.9	67.2	38.9	82.7	75.1	14.47	0.47	0.04	7535.93	8028.72	303.03	322.85	107834.94
85	203	14	2	N	C	1	5.1	5.0	61.6	33.3	91.1	82.0	14.59	0.36	0.03	5296.36	6055.56	207.32	237.04	101898.25
86	203	268	3	O		3	5.1	5.1	70.0	40.5	87.2	79.2	14.68	0.46	0.06	8047.84	8867.88	309.11	340.61	84196.00
87	203	274	3	N	F	2	5.0	4.9	66.7	39.5	84.2	75.9	14.30	0.47	0.05	7986.81	8164.80	324.07	331.29	94723.39
88	203	289	2	S	C	1	4.9	4.9	56.8	30.2	79.8	71.9	14.34	0.38	0.05	5834.65	6237.00	241.28	257.92	72841.63



Ensayo de Compresión perpendicular

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Peso (g)			CH (%)	Volumen (cm <sup>3</sup> )			Dens. Bás.	P' (kg)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Aire	Anhi.		Sat.	Aire	Anhi.			
1	203	268	2	E	D	6	5	5.175	60.70	40.63	35.20	13.36	84.83	80.30	76.25	0.41	1372.906	53.059
2	203	268	2	E	D	3	5	5.066	63.61	43.16	37.37	13.42	83.06	79.11	75.02	0.45	1235.152	48.762
3	203	14	2	S	D	2	5	5.092	58.83	39.53	34.12	13.69	80.70	75.90	72.18	0.42	870.365	34.186
4	203	930	2	E	C	5	5	5.203	74.97	48.31	41.32	14.47	85.57	81.98	77.42	0.48	1142.075	43.901
5	203	14	2	O	C	4	5	5.051	56.27	33.61	29.06	13.54	85.46	80.49	77.41	0.34	875.515	34.667
6	203	268	1	O	B	7	5	5.268	78.24	42.13	36.53	13.29	88.25	83.45	79.45	0.41	928.325	35.244
7	203	274	3	S	E	2	5	5.131	53.42	32.65	28.36	13.14	81.32	76.86	73.29	0.35	869.358	33.886
8	203	274	3	N	F	1	5	5.009	65.30	44.23	38.17	13.70	81.93	77.80	73.90	0.47	776.262	30.995
9	203	268	1	O	A	5	5	5.081	57.67	37.28	32.19	13.65	84.49	79.81	76.01	0.38	625.131	24.607
10	203	289	2	O	D	4	5	5.101	61.10	38.61	33.45	13.36	81.09	77.37	73.31	0.41	618.896	24.266
11	203	268	2	N	C	4	5	5.024	60.03	41.06	35.61	13.27	81.44	76.85	72.62	0.44	1322.964	52.666
12	203	268	3	O		3	5	5.133	68.94	46.05	39.78	13.62	83.49	79.56	75.30	0.48	1656.731	64.552
13	203	289	2	S	D	3	5	4.945	59.16	38.59	33.32	13.66	78.23	74.32	70.71	0.43	1316.745	53.256
14	203	14	2	N	C	4	5	5.105	51.06	28.48	24.78	12.99	85.02	79.50	75.87	0.29	692.644	27.136
15	203	289	2	N	D	5	5	4.975	62.97	40.68	35.13	13.64	83.37	78.13	74.67	0.42	1439.959	57.888

Ensayo de compresión perpendicular (continuación)

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Peso (g)			CH (%)	Volumen (cm <sup>3</sup> )			Dens. Bás.	P' (kg)	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )
									Sat.	Aire	Anhi.		Sat.	Aire	Anhi.			
16	203	268	1	N	B	4	5	4.976	61.07	41.07	35.46	13.66	80.52	76.51	72.56	0.44	1200.327	48.245
17	203	268	2	S	C	2	5	5.084	54.85	33.72	29.30	13.11	80.78	76.37	72.89	0.36	670.086	26.361
18	203	14	2	N	D	4	5	5.041	54.47	33.36	28.71	13.94	83.29	78.98	75.05	0.34	859.763	34.111
19	203	268	1	S	A	3	5	4.937	59.16	40.33	34.93	13.39	85.08	80.43	76.25	0.41	1223.159	49.551
20	203	274	3	O	F	4	5	5.075	63.95	42.42	36.06	14.99	82.81	81.11	73.79	0.44	1264.332	49.826
21	203	268	1	E	A	3	5	5.131	59.42	41.09	35.41	13.82	81.22	77.10	73.31	0.44	1275.154	49.704
22	203	14	2	E	C	4	5	5.136	54.71	32.62	28.15	13.70	87.63	82.10	78.52	0.32	648.980	25.272
23	203	930	2	N	D	2	5	5.103	56.42	30.77	26.68	13.29	82.10	80.46	75.10	0.32	637.005	24.966
24	203	289	2	E	D	6	5	4.995	70.72	42.10	36.04	14.39	79.83	75.75	71.78	0.45	1432.867	57.372
25	203	930	2	E	D	3	5	5.166	68.05	45.73	39.34	13.97	84.68	80.98	76.75	0.46	1723.680	66.732
26	203	930	2	S	C	4	5	5.13	67.93	47.50	41.03	13.62	83.14	79.18	75.30	0.49	1631.804	63.618
27	203	274	3	E	F	3	5	5.03	57.21	37.23	32.31	13.22	80.84	76.92	73.45	0.40	1142.965	45.446
28	203	930	2	S	C	4	5	5.143	62.17	39.53	34.19	13.51	84.21	80.04	76.14	0.41	1553.813	60.424
29	203	289	2	N	D	1	5	5.115	59.59	39.27	33.86	13.78	80.85	76.87	73.14	0.42	1104.034	43.168
PROMEDIO												13.63				0.41	1107.276	43.582

## Ensayo de Dureza

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Extre. (Kg)	Radial (kg.)	Tang. (Kg.)	Lados (Kg.)	Peso (g)		CH (%)	Vol. (cm <sup>3</sup> )		Dens. Bás.
													Sat.	Anhi.		Sat.	Anhi.	
1	203	268	2	O	D	6	5.163	5.173	408.240	349.272	360.612	354.942	66.46	38.55	12.43	90.59	81.61	0.43
2	203	274	3	E	E	4	5.159	5.283	344.736	301.644	333.396	317.520	63.97	36.45	12.88	88.42	79.41	0.41
3	203	289	2	N	C	3	4.996	5.095	376.488	326.592	317.520	322.056	62.92	34.71	12.39	80.99	73.36	0.43
4	203	14	2	S	C	4	5.117	5.120	269.892	201.852	229.068	215.460	8.95	30.34	12.41	92.58	83.75	0.33
5	203	268	2	E	D	4	5.022	5.150	394.632	340.200	410.508	375.354	62.65	37.20	11.97	85.88	77.36	0.43
6	203	268	1	S	A	6	5.134	5.252	347.004	297.108	299.376	298.242	67.58	34.74	12.67	89.14	80.21	0.39
7	203	268	2	S	D	4	5.113	5.114	410.508	353.808	322.056	337.932	63.13	36.76	12.41	85.92	77.54	0.43
8	203	930	2	O	C	4	5.145	5.148	353.808	340.200	308.448	324.324	63.09	34.58	12.30	84.77	77.09	0.41
9	203	268	2	N	D	1	5.103	5.120	335.664	258.552	251.748	255.150	59.64	32.96	12.13	87.04	78.99	0.38
10	203	268	1	O	A	4	5.133	5.148	349.272	317.520	254.016	285.768	60.55	34.37	12.34	85.12	76.90	0.40
11	203	14	2	E	D	6	5.013	5.049	351.540	319.788	274.428	297.108	55.67	30.36	12.08	80.58	72.82	0.38
12	203	268	1	E	B	6	5.051	5.171	356.076	299.376	408.240	353.808	61.12	34.96	12.45	83.99	75.00	0.42
13	203	930	2	S	D	2	4.983	5.069	358.344	322.056	374.220	348.138	67.49	38.05	12.12	86.56	78.41	0.44
14	203	289	2	O	C	5	5.052	5.255	453.600	328.860	367.416	348.138	72.45	39.38	12.43	83.43	74.31	0.47
15	203	274	3	O	E	5	5.063	5.208	415.044	374.220	322.056	348.138	76.86	42.80	11.97	93.06	83.30	0.46
16	203	268	2	N	C	6	5.089	5.251	390.096	274.428	349.272	311.850	66.51	36.32	11.95	91.12	82.04	0.40
17	203	268	1	S	B	1	4.871	5.153	276.696	163.296	308.448	235.872	55.94	30.13	11.75	80.53	72.28	0.37

Ensayo de Dureza (continuación)

Nº	Probeta						Anch. (cm)	Espe. (cm)	Extre. (Kg)	Radial (kg.)	Tang. (Kg.)	Lados (Kg.)	Peso (g)		CH (%)	Vol. (cm <sup>3</sup> )		Dens. Bás.
													Sat.	Anhi.		Sat.	Anhi.	
18	203	268	1	N	A	2	5.036	5.052	367.416	278.964	342.468	310.716	58.09	32.74	12.37	81.32	73.23	0.40
19	203	930	2	O	D	6	5.082	5.088	478.548	403.704	337.932	370.818	65.76	37.84	12.61	82.21	74.43	0.46
20	203	289	2	E	C	4	4.987	5.057	333.396	283.500	269.892	276.696	57.88	31.82	11.73	85.03	76.89	0.37
21	203	930	2	S	D	3	4.901	5.125	435.910	335.664	381.024	358.344	64.60	36.72	12.53	80.64	73.05	0.46
22	203	14	2	N	C	5	5.098	5.250	313.438	249.480	213.192	231.336	63.31	32.95	12.62	96.17	86.42	0.34
23	203	274	3	S	E	3	5.035	5.104	371.952	342.468	333.396	337.932	65.47	37.69	12.27	88.17	79.70	0.43
24	203	274	3	N	F	2	4.966	5.026	406.879	421.848	324.324	373.086	67.07	39.40	12.27	86.06	77.67	0.46
25	203	14	2	O	C	5	5.076	5.152	314.345	278.964	235.872	257.418	66.80	32.52	12.32	87.44	78.50	0.37
26	203	289	2	S	C	1	4.910	4.970	324.324	165.564	199.584	182.574	54.99	28.80	11.93	84.65	76.28	0.34
27	203	268	3	E	E	4	5.131	5.135	439.992	487.620	415.044	451.332	68.18	40.37	12.22	85.51	77.28	0.47
PROMEDIO									369.550	311.724	316.428	314.076			12.28			0.41

## Ensayo de Extracción de clavos

Nº	Probeta						Extre. (Kg)	Radial (kg.)	Tang. (Kg.)	Lados (Kg.)	Peso (g)		CH (%)	Vol. (cm <sup>3</sup> )		Dens. Bás.
											Sat.	Anhi.		Sat.	Anhi.	
1	203	930	2	E	C	4	66.23	95.03	88.91	91.97	58.14	33.20	12.45	79.1	71.93	0.42
2	203	289	2	E	C	5	80.11	112.95	97.52	105.24	60.10	33.90	12.56	80.41	72.60	0.42
3	203	268	2	N	C	2	65.77	86.64	78.25	82.44	55.60	30.40	12.16	79.88	72.24	0.38
4	203	268	2	S	C	4	69.74	126.21	137.44	131.83	60.79	36.93	12.38	76.33	67.74	0.48
5	203	268	2	E	D	5	93.78	97.52	81.08	89.30	67.01	34.22	13.1	78.78	70.64	0.43
6	203	268	3	E	E	3	85.28	155.70	118.50	137.10	65.46	38.33	12.73	82.65	74.68	0.46
7	203	930	2	N	C	3	89.81	97.52	105.24	101.38	59.50	34.33	12.98	80.47	72.99	0.43
8	203	930	2	S	D	5	105.12	168.51	131.77	150.14	67.64	40.01	13.42	79.52	71.82	0.50
9	203	289	2	E	D	3	65.89	86.98	77.34	82.16	57.98	32.44	12.44	79.64	72.10	0.41
10	203	930	2	O	C	5	77.91	134.49	95.03	114.76	59.78	34.89	12.58	78.56	71.52	0.44
11	203	268	1	N	B	5	55.34	75.41	66.34	70.88	58.08	30.56	12.44	81.58	73.61	0.37
12	203	289	2	N	C	2	73.94	98.20	96.05	97.13	59.10	33.59	13.14	75.33	67.62	0.45
13	203	289	2	S	D	1	61.58	55.45	71.44	63.45	51.88	27.50	12.73	77.92	70.98	0.35
14	203	268	2	O	C	3	76.20	106.48	85.84	96.16	58.70	32.79	12.89	79.56	71.50	0.41
15	203	268	1	S	B	4	74.05	108.52	98.43	103.48	57.66	32.91	12.75	77.97	69.89	0.42
16	203	14	2	S	D	3	61.35	93.67	62.37	78.02	54.76	29.44	12.62	79.85	71.82	0.37
17	203	14	2	E	C	6	64.98	73.14	79.61	76.37	53.97	28.95	12.51	79.64	71.74	0.36

Ensayo de Extracción de clavos (continuación)

Nº	Probeta							Extre. (Kg)	Radial (kg.)	Tang. (Kg.)	Lados (Kg.)	Peso (g)		CH (%)	Vol. (cm <sup>3</sup> )		Dens. Bás.
												Sat.	Anhi.		Sat.	Anhi.	
18	203	268	2	S	D	1	74.62	70.99	65.43	68.21	56.43	30.98	12.14	78.51	71.10	0.39	
19	203	930	2	N	C	4	75.18	130.18	92.65	111.42	58.80	33.49	13.42	78.16	71.20	0.43	
20	203	274	3	E	F	4	75.41	78.36	67.81	73.09	54.33	29.93	13.15	75.1	67.59	0.40	
21	203	268	2	N	D	4	74.84	107.05	102.63	104.84	57.50	33.45	12.48	78.54	70.79	0.43	
22	203	274	3	E	E	5	95.60	76.55	81.53	79.04	63.77	32.72	13.16	77.39	70.54	0.42	
23	203	268	1	O	B	3	76.55	123.27	79.72	101.49	58.29	33.84	12.31	83.74	75.44	0.40	
24	203	268	2	O	C	6	84.26	93.67	96.16	94.92	58.90	33.97	12.65	78.87	70.97	0.43	
25	203	268	2	E	C	3	78.81	116.24	105.24	110.74	58.42	34.56	12.11	78.87	71.19	0.44	
26	203	274	3	S	E	4	70.88	111.70	92.76	102.23	59.60	35.34	12.74	80.73	73.00	0.44	
27	203	274	3	O	F	3	83.46	112.83	113.17	113.00	59.86	36.46	12.63	79.13	71.22	0.46	
28	203	274	3	N	E	4	104.10	114.53	109.43	111.98	57.90	34.29	12.70	76.12	68.84	0.45	
29	203	930	2	O	D	3	72.58	97.41	92.42	94.92	59.82	34.26	12.85	79.43	72.26	0.43	
30	203	14	2	N	C	1	41.96	36.40	31.75	34.08	47.70	23.87	12.21	78.84	70.33	0.30	
31	203	289	2	N	D	4	82.44	96.84	96.05	96.45	58.12	34.44	12.12	78.48	70.83	0.44	
32	203	274	3	N	E	1	54.09	47.97	65.21	56.59	55.19	30.11	12.09	83.4	75.58	0.36	
33	203	268	1	E	A	5	84.71	98.77	90.95	94.86	60.75	35.25	12.60	83.97	75.91	0.42	
34	203	268	1	O	B	6	42.53	93.67	73.82	83.75	53.31	29.41	12.52	80.27	72.53	0.37	
35	203	289	2	O	D	6	93.67	112.61	90.15	101.38	71.10	37.04	13.40	82.32	72.69	0.45	
36	203	268	2	E	C	6	66.57	90.49	83.69	87.09	61.64	32.52	12.84	83.27	75.19	0.39	
37	203	289	2	S	D	4	106.82	107.28	107.73	107.50	58.17	33.67	12.73	79.85	72.39	0.42	

Ensayo de Extracción de clavos (continuación)

Nº	Probeta						Extre. (Kg)	Radial (kg.)	Tang. (Kg.)	Lados (Kg.)	Peso (g)		CH (%)	Vol. (cm <sup>3</sup> )		Dens. Bás.
											Sat.	Anhi.		Sat.	Anhi.	
38	203	268	1	O	A	8	69.17	112.15	79.04	95.60	61.56	31.21	12.77	83.11	75.05	0.38
39	203	14	2	P	D	4	60.33	66.68	85.62	76.15	50.24	27.80	12.41	76.44	69.12	0.36
40	203	930	2	S	C	1	158.19	145.61	168.40	157.00	63.41	38.03	13.03	79.37	72.15	0.48
41	203	14	2	N	C	6	62.82	85.05	81.65	83.35	57.30	29.94	12.69	83.78	75.29	0.36
42	203	268	1	E	B	3	81.99	77.11	77.11	77.11	55.58	32.19	12.65	81.35	73.47	0.40
43	203	268	2	S	D	5	93.10	99.45	95.60	97.52	63.70	34.00	13.20	79.56	71.72	0.43
44	203	268	3	O		4	93.67	103.53	93.21	98.37	67.32	40.46	12.61	83.35	75.10	0.49
45	203	14	2	E	D	3	76.20	65.77	67.81	66.79	52.59	26.53	12.33	84.63	76.40	0.31
46	203	268	1	S	A	2	51.94	48.08	55.34	51.71	50.47	26.36	12.31	77.76	70.02	0.34
47	203	14	2	O	D	3	56.93	66.34	64.86	65.60	53.02	29.05	12.71	80.26	72.14	0.36
48	203	14	2	S	C	1	45.81	54.55	52.62	53.58	49.59	26.02	12.27	79.46	71.79	0.33
49	203	268	1	N	A	3	79.95	96.62	91.51	94.07	52.94	30.13	12.72	77.02	69.48	0.39
50	203	268	1	N	B	1	62.14	66.11	57.49	61.80	53.96	29.49	12.67	81.19	73.31	0.36
51	203	274	3	S	E	1	30.05	39.69	42.53	41.11	52.36	26.58	12.39	81.44	73.61	0.33
52	203	274	3	O	E	4	78.47	521.87	66.11	293.99	58.41	34.22	12.79	82.22	74.05	0.42
53	203	289	2	O	C	3	60.56	89.70	68.27	78.98	62.29	36.55	12.54	82.71	74.82	0.44
PROMEDIO							74.86	102.41	85.97	94.19			12.66			0.41

## Ensayo de Cizallamiento

Nº	Probeta						Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Rad
							Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial			
															Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
1	203	274	3	E	E	5	5.044	5.186	4930	85.489	5.124	5.041	4000	70.244	24.290	21.16	22.14	19.31	12.78	12.89
2	203	274	3	S	E	1	5.080	5.125	3750	65.335	5.084	5.099	2820	49.344	18.070	15.85	18.99	16.65	12.32	12.29
3	203	274	3	O	E	4	5.085	5.064	4360	76.802	5.105	5.034	4510	79.605	20.430	17.83	25.17	22.03	12.48	12.73
4	203	274	3	O	F	3	5.100	5.061	4130	72.580	5.141	5.088	4070	70.579	25.83	22.64	22.05	19.32	12.38	12.35
5	203	274	3	E	F	4	5.091	4.984	4600	82.234	5.168	5.152	4320	73.597	23.70	20.74	20.90	18.25	12.68	12.49
6	203	274	3	N	E	1	5.120	5.088	3610	62.858	5.136	5.144	3020	51.851	19.11	16.71	18.36	16.06	12.53	12.56
7	203	274	3	N	E	4	4.941	4.954	5420	100.439	5.142	5.111	4620	79.740	24.01	21.07	23.91	20.99	12.21	12.24
8	203	274	3	S	E	4	5.089	4.955	4670	84.007	5.181	5.034	4340	75.481	25.48	22.39	22.51	19.75	12.26	12.13
9	203	930	2	O	D	3	5.115	5.109	5410	93.905	5.127	5.215	3720	63.110	26.10	22.79	23.80	20.86	12.35	12.68
10	203	930	2	S	C	1	5.060	5.013	5380	96.207	5.155	5.060	4590	79.819	23.95	20.94	26.33	23.02	12.57	12.57
11	203	930	2	N	C	4	5.100	5.080	4980	87.190	5.165	5.038	4080	71.122	23.16	20.19	22.60	19.73	12.70	12.82
12	203	930	2	N	C	3	5.106	5.030	5250	92.722	5.120	5.027	4740	83.536	22.70	19.81	23.63	20.64	12.65	12.73
13	203	930	2	E	C	4	5.130	5.091	4560	79.199	5.102	4.998	3610	64.216	26.75	23.35	21.80	19.09	12.43	12.71
14	203	930	2	O	C	5	5.053	4.872	6710	123.634	5.151	4.863	4020	72.795	24.50	21.50	17.95	15.78	12.09	12.24
15	203	930	2	S	D	5	5.048	5.172	6000	104.243	5.150	5.157	5370	91.716	28.12	24.54	28.39	24.81	12.61	12.73
16	203	289	2	S	D	4	5.143	5.014	4820	84.785	5.084	5.020	3700	65.761	20.98	18.38	19.59	17.20	12.20	12.39

Ensayo de Cizallamiento (continuación)

Nº	Probeta						Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Rad
							Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial			
															Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
17	203	289	2	O	C	3	5.166	5.035	4890	85.276	5.083	5.093	4120	72.190	22.49	19.84	21.74	19.24	11.50	11.78
18	203	289	2	E	C	5	5.114	4.979	3880	69.120	5.087	5.124	4220	73.437	23.64	20.78	24.00	21.13	11.96	12.10
19	203	289	2	N	D	4	5.110	5.035	5310	93.615	5.100	4.912	4110	74.419	22.44	19.86	22.27	19.71	11.50	11.50
20	203	289	2	S	D	1	5.087	4.929	3890	70.372	5.151	5.084	3610	62.529	18.33	16.25	18.56	16.43	11.48	11.35
21	203	289	2	O	D	6	5.056	5.086	5740	101.252	5.140	5.234	4040	68.117	26.56	23.46	25.81	22.78	11.74	11.67
22	203	289	2	E	D	3	5.097	5.056	4760	83.783	5.026	5.036	4440	79.570	23.55	20.84	22.47	19.88	11.53	11.51
23	203	289	2	N	C	2	5.079	5.071	4340	76.435	5.112	4.998	4240	75.275	21.94	19.40	21.73	19.21	11.60	11.58
24	203	14	2	N	C	6	5.153	5.165	4510	76.863	5.118	5.198	3670	62.575	21.06	18.53	22.62	19.96	11.76	12.01
25	203	14	2	N	C	1	5.029	5.023	3760	67.517	5.037	5.003	3360	60.480	15.29	13.59	16.46	14.60	11.30	11.12
26	203	14	2	S	C	1	5.041	5.042	4390	78.346	5.085	5.128	3070	53.404	17.53	15.53	16.60	14.72	11.33	11.41
27	203	14	2	O	D	4	5.134	4.991	5630	99.664	5.085	4.868	3960	72.565	19.26	17.08	17.77	15.77	11.25	11.32
28	203	14	2	S	D	3	5.019	4.909	4340	79.901	5.056	4.906	4910	89.788	23.89	21.04	21.51	18.90	12.13	11.93
29	203	14	2	E	D	3	5.013	5.037	5060	90.898	5.160	5.053	3550	61.759	20.41	17.84	22.06	19.41	12.01	12.59
30	203	14	2	E	C	5	5.093	4.979	4730	84.609	5.062	5.187	3790	65.475	20.48	17.97	19.33	16.99	12.11	12.26
31	203	14	2	O	D	3	5.217	5.023	5030	87.068	5.026	5.003	3490	62.957	20.83	18.38	20.01	17.63	11.89	11.76
32	203	268	3	O		4	5.048	5.131	5820	101.924	5.027	5.089	4140	73.406	26.40	23.38	23.52	20.76	11.73	11.44
33	203	268	3	E	E	3	5.061	5.111	5150	90.310	5.057	5.102	4630	81.399	24.98	22.14	27.07	24.01	11.30	11.37
34	203	268	2	E	D	5	5.169	4.994	3810	66.949	5.134	5.037	3930	68.935	22.16	19.53	18.79	16.49	12.24	11.87
35	203	268	2	O	C	3	5.116	5.074	4470	78.109	5.075	5.019	5520	98.301	22.64	19.98	23.73	20.95	11.72	11.75
36	203	268	2	S	C	4	5.086	4.951	5460	98.355	5.160	5.102	4580	78.913	24.79	21.85	7.37	6.54	11.26	11.86
37	203	268	2	E	C	3	5.029	5.125	5070	89.229	5.041	5.213	4210	72.669	23.74	21.00	21.18	18.70	11.71	11.54

Ensayo de Cizallamiento (continuación)

Nº	Probeta	Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Rad
		Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Ciza. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial			
										Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
38	203 268 2 N D 4	5.102	5.067	5010	87.906	5.076	5.069	4110	72.455	24.86	21.94	20.24	18.00	11.07	11.75
39	203 268 2 O C 6	5.084	5.053	6240	110.180	5.098	5.047	4270	75.278	24.82	21.95	18.90	16.76	11.32	11.56
40	203 268 2 N C 2	5.158	5.080	4450	77.035	5.113	5.096	3480	60.582	20.16	17.80	21.61	19.15	11.38	11.71
41	203 268 2 S D 1	5.138	4.961	5240	93.248	5.159	5.107	4000	68.865	22.12	19.54	21.17	18.72	11.57	11.66
42	203 268 2 S D 5	5.116	5.013	5430	96.038	5.089	5.199	4300	73.721	26.15	23.06	20.59	18.11	12.04	11.82
43	203 268 2 E C 6	5.123	5.132	5250	90.578	5.055	5.163	4760	82.729	27.49	24.34	22.05	19.44	11.84	11.46
44	203 268 1 O B 3	5.070	5.020	4190	74.675	5.135	5.142	4400	75.588	23.30	20.67	19.11	17.02	10.94	11.29
45	203 268 1 O B 6	5.072	5.144	5070	88.146	5.150	4.992	3230	56.989	20.39	18.11	18.55	16.49	11.11	11.18
46	203 268 1 N B 5	5.098	5.144	4730	81.815	5.158	5.165	3190	54.314	20.13	17.86	19.09	16.86	11.68	11.28
47	203 268 1 S B 4	5.152	4.942	4960	88.364	5.143	5.080	4130	71.704	20.08	17.81	23.52	20.89	11.18	11.30
48	203 268 1 E A 5	5.094	5.064	4700	82.645	5.079	5.098	4710	82.512	22.84	20.20	22.62	20.16	10.88	11.56
49	203 268 1 O A 8	5.127	5.182	4690	80.073	5.050	5.220	3930	67.624	21.43	19.01	20.32	18.03	11.27	11.29
50	203 268 1 N B 1	5.139	4.708	3800	71.243	5.104	5.090	3730	65.126	19.19	17.04	16.53	14.71	11.01	11.20
51	203 268 1 N A 3	5.095	5.008	4790	85.153	5.109	4.992	3880	69.007	20.48	18.20	18.21	16.18	11.15	11.13
52	203 268 1 S A 2	5.155	4.915	2610	46.726	5.047	5.031	3790	67.706	18.10	16.08	15.55	13.84	11.00	11.16
53	203 268 1 E B 3	5.121	5.060	4760	83.325	5.084	5.094	3900	68.308	20.80	18.58	20.71	18.38	11.25	10.67
	PROMEDIO				84.875				71.004					11.79	11.85

Ensayo de Clivaje

Nº	Probeta						Cara Tangencial			Cara Radial			Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial
							Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Ancho (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Tangencial		Radial			
													Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
1	203	14	2	E	D	3	4.995	505.0	45.859	5.068	405.5	36.293	26.97	23.83	24.93	22.02	11.64	11.67
2	203	14	2	N	C	1	5.042	323.0	29.058	4.990	422.5	38.406	19.76	17.41	22.80	20.16	11.89	11.58
3	203	14	2	O	D	4	4.875	583.0	54.246	4.941	412.0	37.823	34.67	30.56	24.71	21.88	11.85	11.45
4	203	14	2	S	D	3	4.969	487.0	44.456	4.969	335.0	30.581	36.09	31.80	20.84	18.39	11.89	11.76
5	203	14	2	N	C	6	5.097	504.5	44.897	5.191	329.0	28.749	45.56	40.27	18.45	16.34	11.61	11.44
6	203	14	2	S	C	1	4.973	373.0	34.022	5.082	401.0	35.792	21.97	19.43	24.11	21.32	11.56	11.57
7	203	14	2	O	D	3	5.006	434.5	39.371	5.118	421.5	37.357	24.52	21.64	25.77	22.74	11.75	11.76
8	203	14	2	E	C	6	---	---	---	5.110	248.0	22.014	---	---	19.52	17.39	---	10.91
9	203	274	3	E	F	4	4.915	558.0	51.497	5.037	485.0	43.676	48.80	43.92	38.13	33.49	10.00	12.17
10	203	274	3	S	E	1	5.115	375.5	33.299	4.998	363.0	32.945	32.67	28.90	26.62	23.56	11.54	11.50
11	203	274	3	S	E	4	5.035	509.0	45.855	5.124	439.0	38.862	38.88	34.10	24.65	21.77	12.29	11.68
12	203	274	3	N	E	1	5.016	329.5	29.797	5.152	286.0	25.180	37.08	32.63	22.00	19.35	12.00	12.05
13	203	274	3	O	F	3	5.060	559.5	50.156	5.100	597.0	53.098	42.88	37.98	39.33	34.83	11.43	11.44
14	203	274	3	O	E	4	4.953	568.0	52.018	5.073	535.0	47.837	48.18	41.47	27.82	24.45	13.93	12.11
15	203	274	3	E	E	5	5.167	323.0	28.355	4.920	397.5	36.648	40.74	35.79	45.13	39.54	12.15	12.39
16	203	274	3	N	E	4	4.874	474.0	44.113	5.072	554.0	49.545	36.35	32.04	43.14	38.15	11.86	11.57

Ensayo de Clivaje (continuación)

Nº	Probeta						Cara Tangencial			Cara Radial			Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial
							Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Ancho (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Tangencial		Radial			
													Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
17	203	289	2	O	D	6	4.996	423.0	38.405	5.185	502.0	43.917	37.97	33.37	47.43	41.65	12.11	12.19
18	203	289	2	S	D	4	5.015	553.5	50.063	5.046	437.0	39.283	32.86	28.93	28.89	25.52	11.96	11.66
19	203	289	2	O	C	3	4.978	434.5	39.592	5.060	576.0	51.635	33.57	29.81	36.58	32.59	11.20	10.91
20	203	289	2	N	D	4	4.996	536.0	48.665	4.973	449.0	40.954	46.56	41.17	31.75	28.11	11.58	11.46
21	203	289	2	N	C	2	4.821	567.0	53.348	5.018	445.0	40.226	32.60	28.78	28.48	25.13	11.72	11.76
22	203	289	2	E	C	5	4.880	569.5	52.935	5.138	404.0	35.666	54.49	48.30	29.11	25.71	11.36	11.68
23	203	289	2	S	D	1	4.901	395.5	36.605	5.046	350.0	31.463	26.76	23.76	26.95	24.01	11.21	10.91
24	203	289	2	E	D	3	5.081	471.0	42.048	4.963	430.0	39.300	23.70	21.11	27.26	24.09	10.93	11.63
25	203	930	2	O	D	3	5.086	562.0	50.123	5.223	437.5	37.995	53.31	47.07	48.57	42.85	11.71	11.78
26	203	930	2	O	C	5	4.779	476.0	45.180	5.139	405.5	35.792	47.22	41.77	26.71	23.67	11.54	11.38
27	203	930	2	S	D	5	5.130	555.5	49.118	5.151	580.0	51.075	37.66	33.11	49.76	43.82	12.08	11.94
28	203	930	2	E	C	4	5.066	513.0	45.933	5.076	439.5	39.274	23.89	21.17	27.51	24.26	11.39	11.81
29	203	930	2	N	C	4	5.044	498.5	44.829	5.022	452.0	40.826	39.60	34.82	33.92	29.94	12.07	11.73
30	203	930	2	S	C	1	4.906	610.0	56.400	5.093	504.0	44.888	41.73	36.81	50.56	44.47	11.79	12.05
31	203	930	2	N	C	3	4.972	551.0	50.268	5.029	481.0	43.385	38.82	34.30	48.47	42.91	11.64	11.47
32	203	268	1	N	B	1	4.722	419.0	40.250	5.022	448.0	40.465	31.24	27.79	42.53	37.80	11.04	11.12
33	203	268	1	E	B	3	5.063	458.0	41.033	5.106	438.0	38.910	41.06	36.51	27.79	24.76	11.08	10.90
34	203	268	1	S	A	2	4.956	254.0	23.247	4.862	298.0	27.802	16.57	14.66	19.96	17.68	11.53	11.42
35	203	268	1	S	B	4	4.906	416.0	38.463	5.032	374.0	33.714	32.70	28.94	28.82	25.62	11.50	11.10

Ensayo de Clivaje (continuación)

Nº	Probeta						Cara Tangencial			Cara Radial			Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial
							Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Ancho (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Resis. Cliv. (Kg/cm)	Tangencial		Radial			
													Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
36	203	268	1	O	B	6	5.107	394.0	34.995	5.000	361.0	32.750	39.13	34.67	37.49	33.23	11.40	11.36
37	203	268	1	O	B	3	4.964	399.0	36.460	5.037	350.0	31.519	33.06	29.30	29.19	25.80	11.37	11.61
38	203	268	1	O	A	8	5.063	306.0	27.415	5.196	422.0	36.840	45.47	39.88	33.46	29.43	12.29	12.04
39	203	268	1	N	A	3	4.946	494.0	45.305	4.918	444.0	40.951	29.00	25.59	30.97	27.39	11.76	11.56
40	203	268	1	E	A	5	5.068	454.0	40.634	5.041	460.0	41.392	38.12	33.79	50.01	44.25	11.36	11.52
41	203	268	1	N	B	5	5.141	397.0	35.028	5.131	364.0	32.179	33.54	29.58	23.67	20.92	11.81	11.62
42	203	268	2	O	C	6	5.012	524.0	47.423	4.979	588.0	53.568	37.16	32.74	59.70	52.72	11.89	11.69
43	203	268	2	E	C	6	5.106	514.0	45.662	5.200	431.0	37.596	48.82	43.22	39.53	34.92	11.47	11.66
44	203	268	2	E	D	5	5.005	497.0	45.043	5.165	574.0	50.410	28.08	24.73	44.57	39.21	11.93	12.03
45	203	268	2	N	D	4	5.048	479.0	43.042	5.088	432.0	38.513	58.03	51.36	91.17	80.76	11.49	11.42
46	203	268	2	S	D	5	5.068	466.0	41.708	5.131	562.0	49.683	41.10	35.97	47.20	41.67	12.48	11.72
47	203	268	2	S	C	4	4.888	542.0	50.297	5.091	526.0	46.866	41.08	36.22	55.86	49.35	11.83	11.65
48	203	268	2	E	C	3	5.114	436.0	38.672	5.024	546.0	49.296	29.67	26.16	42.41	37.62	11.83	11.29
49	203	268	2	S	D	1	4.995	451.0	40.956	4.142	297.0	32.525	33.03	29.21	51.46	45.58	11.57	11.43
50	203	268	2	O	C	3	5.063	441.0	39.510	5.028	483.0	43.574	32.25	28.55	24.95	22.01	11.47	11.78
51	203	268	2	N	C	2	5.010	444.0	40.199	5.124	386.0	34.170	32.17	28.26	28.08	24.83	12.15	11.57
52	203	268	3	O		4	5.146	488.0	43.015	5.061	569.0	50.998	30.57	26.99	41.06	36.46	11.71	11.20
53	203	268	3	E	E	3	5.077	549.0	49.050	5.121	427.0	37.822	37.45	33.12	41.16	36.56	11.56	11.18
PROMEDIO									42.652		39.472						11.70	11.59

Ensayo de Tension perpendicular

Nº	Probeta						Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial
							Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial			
															Aire	Anhi.	Aire	Anhi.		
1	203	14	2	E	D	3	2.407	4.978	1000	37.857	2.339	5.003	676	26.203	14.74	13.01	13.68	12.09	11.62	11.74
2	203	14	2	N	C	1	2.437	4.941	526	19.815	2.676	5.010	500	16.917	9.31	8.24	13.31	11.74	11.80	11.49
3	203	14	2	O	D	4	Anulad	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	203	14	2	S	D	3	2.448	4.913	920	34.698	2.552	4.918	672	24.287	18.01	15.88	16.00	14.13	11.69	11.83
5	203	14	2	N	C	6	2.705	5.117	918	30.084	2.632	5.104	888	29.984	19.12	16.83	25.58	22.61	11.61	11.98
6	203	14	2	S	C	1	2.545	4.935	1080	39.005	2.569	5.024	501	17.607	14.12	12.51	13.98	12.31	11.95	11.40
7	203	14	2	O	D	3	2.581	4.992	1006	35.417	2.662	4.995	931	31.760	17.86	15.82	19.99	17.64	11.76	11.42
8	203	14	2	E	C	6	2.418	4.915	1240	47.328	2.324	5.101	810	30.993	22.92	20.24	23.20	20.47	11.77	11.69
9	203	274	3	E	F	4	2.329	4.926	828	32.737	2.546	5.046	712	25.139	25.08	22.06	20.89	18.37	12.06	12.04
10	203	274	3	S	E	1	2.444	5.066	890	32.606	2.327	4.975	399	15.634	16.18	14.27	19.12	16.90	11.61	11.80
11	203	274	3	S	E	4	2.665	5.133	1084	35.945	2.372	5.123	1099	41.023	21.79	19.19	24.54	21.63	11.86	11.93
12	203	274	3	N	E	1	2.468	5.089	20	0.722	2.230	5.099	692	27.605	24.97	22.03	11.47	10.07	12.21	11.77
13	203	274	3	O	F	3	2.911	5.030	1045	32.373	2.521	5.038	1131	40.393	29.12	25.77	25.30	22.38	11.54	11.50
14	203	274	3	O	E	4	2.364	4.932	819	31.863	2.532	5.134	760	26.520	25.17	22.25	23.49	20.78	11.54	11.60
15	203	274	3	E	E	5	2.815	5.106	704	22.217	2.481	4.892	812	30.347	18.62	16.34	29.91	26.27	12.17	12.24
16	203	274	3	N	E	4	2.468	5.046	1259	45.857	2.466	4.759	870	33.627	21.23	18.68	17.98	15.88	11.68	12.01

Ensayo de Tension perpendicular (continuación)

Nº	Probeta						Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial	
							Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial				
															Aire	Anhi.	Aire	Anhi.			
17	203	289	2	O	D	6	2.466	5.190	1078	38.206	2.405	4.958	825	31.384	29.38	25.79	31.05	27.26	12.21	12.22	
18	203	289	2	S	D	4	2.528	5.052	1237	43.934	2.943	4.984	864	26.719	21.87	19.35	20.34	18.00	11.50	11.52	
19	203	289	2	O	C	3	2.591	4.993	1094	38.358	2.520	5.004	844	30.360	18.96	16.85	20.28	17.94	11.54	11.13	
20	203	289	2	N	D	4	Anulad	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
21	203	289	2	N	C	2	2.697	5.048	608	20.257	2.783	4.674	668	23.294	9.50	8.36	15.01	13.30	11.39	12.00	
22	203	289	2	E	C	5	Anulad	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
23	203	289	2	S	D	1	2.369	4.863	689	27.128	2.761	5.051	855	27.810	15.75	13.90	19.69	17.45	11.38	11.75	
24	203	289	2	E	D	3	2.249	5.117	898	35.395	2.741	5.069	862	28.142	27.62	24.46	23.38	20.67	11.59	11.44	
25	203	930	2	O	D	3	5.585	5.099	880	14.017	2.807	5.156	956	29.962	17.26	15.20	21.32	18.73	12.15	11.94	
26	203	930	2	O	C	5	2.700	5.085	802	26.497	2.308	4.847	1212	49.144	23.14	20.33	28.17	24.75	12.14	12.14	
27	203	930	2	S	D	5	2.619	5.106	842	28.561	2.538	5.121	1236	43.137	22.10	19.41	25.49	22.30	12.51	12.17	
28	203	930	2	E	C	4	2.666	5.036	1012	34.191	2.829	5.016	938	29.984	22.39	19.64	25.71	22.56	12.25	12.28	
29	203	930	2	N	C	4	2.307	5.048	1228	47.830	2.534	5.024	932	33.207	21.84	19.17	22.13	19.44	12.16	12.23	
30	203	930	2	S	C	1	2.141	5.018	1138	48.047	2.292	4.858	1121	45.667	14.77	12.98	21.79	19.13	12.21	12.12	
31	203	930	2	N	C	3	2.485	5.017	851	30.962	2.939	4.959	680	21.164	18.69	16.45	20.08	17.65	12.10	11.99	
32	203	268	1	N	B	1	2.680	4.778	684	24.230	2.489	5.030	636	23.043	15.06	13.32	18.91	16.78	11.26	11.55	
33	203	268	1	E	B	3	2.089	5.106	1214	51.626	2.305	5.100	898	34.650	24.82	21.90	26.41	23.31	11.74	11.76	
34	203	268	1	S	A	2	2.707	4.843	638	22.075	2.501	4.913	538	19.861	13.23	11.70	22.91	20.20	11.83	11.56	
35	203	268	1	S	B	4	2.323	5.072	1096	42.194	2.428	4.896	655	24.993	22.85	20.14	16.51	14.56	11.81	11.86	

Ensayo de Tensión perpendicular (continuación)

Nº	Probeta						Cara Tangencial				Cara Radial				Peso (g)				CH (%) Tang.	CH (%) Radial	
							Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espe. (cm)	Anch. (cm)	Carg. máx. (Lbs.)	Esf. Unit. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tangencial		Radial				
															Aire	Anhi.	Aire	Anhi.			
36	203	268	1	O	B	6	2.378	5.037	419	15.867	2.413	5.091	606	22.376	16.93	14.95	13.93	12.29	11.77	11.70	
37	203	268	1	O	B	3	2.544	5.074	664	23.333	2.586	5.010	586	20.517	24.46	21.65	17.62	15.53	11.86	11.49	
38	203	268	1	O	A	8	2.399	5.172	1268	46.356	2.648	5.104	728	24.433	17.68	15.58	13.25	11.66	12.00	11.88	
39	203	268	1	N	A	3	2.710	4.877	662	22.720	2.531	4.866	561	20.662	20.09	17.76	18.92	16.65	12.00	11.60	
40	203	268	1	E	A	5	2.408	5.044	1238	46.234	2.714	5.088	1050	34.491	26.18	23.15	29.08	25.61	11.93	11.57	
41	203	268	1	N	B	5	2.348	5.117	772	29.146	2.541	5.080	584	20.522	26.13	22.98	15.87	13.96	12.04	12.06	
42	203	268	2	O	C	6	2.900	4.950	740	23.383	2.481	4.956	760	28.037	19.09	16.88	20.46	18.01	11.97	11.58	
43	203	268	2	E	C	6	2.330	5.250	1062	39.381	2.465	5.054	755	27.490	25.60	22.59	18.42	16.23	11.89	11.76	
44	203	268	2	E	D	5	2.394	5.188	1004	36.668	2.692	4.951	464	15.791	26.67	23.42	25.93	22.78	12.15	12.19	
45	203	268	2	N	D	4	2.613	5.122	568	19.251	2.095	4.975	826	35.948	15.02	13.26	27.42	24.12	12.04	11.72	
46	203	268	2	S	D	5	2.849	5.068	646	20.294	2.444	4.981	524	19.525	25.86	22.80	25.04	22.02	12.06	11.83	
47	203	268	2	S	C	4	2.479	5.079	978	35.234	2.484	4.830	856	32.363	21.22	18.74	24.76	21.88	11.63	11.69	
48	203	268	2	E	C	3	2.743	5.126	1040	33.551	2.385	5.072	851	31.911	23.81	21.04	31.92	28.06	12.09	11.63	
49	203	268	2	S	D	1	Anulad	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
50	203	268	2	O	C	3	2.465	5.049	1152	41.986	2.434	5.026	1142	42.344	28.28	24.89	27.02	23.80	11.92	11.99	
51	203	268	2	N	C	2	2.438	5.109	740	26.949	2.619	5.027	619	21.326	17.05	15.06	21.81	19.31	11.46	11.67	
52	203	268	3	O		4	2.587	5.067	889	30.763	2.656	5.101	992	33.212	20.74	18.31	28.97	25.62	11.56	11.72	
53	203	268	3	E	E	3	2.613	5.123	1282	43.441	2.570	5.031	884	31.013	23.74	21.02	24.78	21.87	11.74	11.46	
PROMEDIO							33.014				28.734								11.86	11.78	

## Ensayo de Tenacidad

Nº	Probeta						Áng ini	Pos ini	Ensayo	Sección Tangencial					Ensayo	Sección Radial				
										Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)		Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
												Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
1	203	268	1	O	A	5	60º	3º	A	55.6	0.789	5.66	5.01	11.48	B	56.2	0.683	5.49	4.86	11.48
							60º	3º	C	54.2	1.032	5.90	5.23	11.36	D	56.0	0.719	5.98	5.28	11.71
2	203	268	1	O	A	4	60º	3º	A	58.4	0.291	5.48	4.84	11.68	B	59.0	0.182	6.17	5.50	10.86
							60º	3º	C	60.7	0.328	6.09	5.38	11.6	D	65.3	0.146	5.37	4.71	12.29
3	203	268	2	O	D	6	60º	3º	A	51.9	1.419	6.49	5.75	11.40	B	53.8	1.099	6.31	5.58	11.57
							60º	3º	C	54.0	1.065	6.76	5.98	11.54	D	55.0	0.892	6.97	6.17	11.48
4	203	268	1	O	B	7	60º	3º	A	55.6	0.789	6.49	5.70	12.17	B	56.5	0.630	6.48	5.70	12.04
							60º	3º	C	56.4	0.647	6.21	5.50	11.43	D	56.3	0.665	6.38	5.64	11.60
5	203	289	2	N	D	1	60º	3º	A	59.5	0.091	8.01	7.12	11.11	B	63.6	0.018	6.29	5.56	11.61
							60º	3º	C	63.6	0.109	5.32	4.74	10.90	D	63.6	0.037	5.74	5.09	11.32
6	203	274	3	O	E	5	60º	3º	A	53.5	1.150	7.17	6.35	11.44	B	50.3	1.684	7.85	6.98	11.08
							60º	3º	C	44.7	2.558	7.41	6.54	11.74	D	56.3	0.665	7.17	6.35	11.44
7	203	268	2	E	D	3	60º	3º	A	45.4	2.453	7.39	6.54	11.50	B	42.5	2.878	7.39	6.49	12.18
							60º	3º	C	45.4	2.453	8.12	7.16	11.82	D	53.3	1.185	7.72	6.82	11.66
8	203	268	1	S	A	3	60º	3º	A	53.3	1.185	6.24	5.53	11.38	B	50.1	1.716	6.40	5.64	11.88
							60º	3º	C	51.0	1.569	6.14	5.43	11.56	D	47.5	2.130	6.49	5.73	11.71
9	203	289	2	O	C	5	60º	3º	A	52.6	1.305	7.85	6.96	11.34	B	57.5	0.452	7.31	6.44	11.90
							60º	3º	C	52.5	1.320	7.59	6.66	12.25	D	54.3	1.013	7.33	6.45	12.01
							60º	3º	E	55.3	0.841	8.36	7.35	12.08	F	55.8	0.753	7.74	6.81	12.02
							60º	3º	G	52.4	1.335	7.76	6.90	11.08	H	56.6	0.613	11.86	10.49	11.55

Ensayo de Tenacidad (continuación)

Nº	Probeta							Áng ini	Pos ini	Ensayo	Sección Tangencial					Ensayo	Sección Radial				
											Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)		Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
													Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
10	203	14	2	E	C	4	60º	3º	A	58.3	0.309	5.74	5.04	12.20	B	58.2	0.328	5.10	4.50	11.76	
							60º	3º	C	58.7	0.237	4.95	4.39	11.31	D	59.4	0.109	4.84	4.27	11.78	
11	203	930	2	S	C	4	60º	3º	A	53.3	1.185	6.56	5.81	11.43	B	47.9	2.068	7.92	6.98	11.87	
							60º	3º	C	53.7	1.117	6.89	6.09	11.61	D	45.6	2.423	7.81	6.92	11.40	
12	203	268	2	S	D	1	60º	3º	A	49.3	1.846	7.22	6.40	11.36	B	55.5	0.805	7.91	7.00	11.50	
							60º	3º	C	54.1	1.048	8.15	7.21	11.53	D	57.1	0.524	8.65	7.64	11.68	
							60º	3º	E	49.6	1.796	7.66	6.74	12.01	F	50.0	1.732	8.26	7.31	11.50	
							60º	3º	G	48.7	1.941	6.92	6.16	10.98	H	48.5	1.972	8.26	7.38	10.65	
13	203	268	2	E	D	6	60º	3º	A	40.9	3.105	8.16	7.21	11.64	B	55.5	0.805	6.63	5.87	11.46	
							60º	3º	C	48.8	1.925	9.97	8.77	12.04	D	58.5	0.273	7.36	6.52	11.41	
14	203	289	2	N	D	5	60º	3º	A	54.7	0.945	7.66	6.77	11.62	B	53.1	1.218	7.44	6.59	11.42	
							60º	3º	C	56.1	0.700	7.75	6.80	12.26	D	53.3	1.185	8.26	7.29	11.74	
15	203	268	1	N	A	2	60º	3º	A	59.1	0.163	5.82	5.15	11.51	B	58.0	0.362	6.20	5.51	11.13	
							60º	3º	C	58.5	0.273	5.54	4.93	11.01	D	55.2	0.858	6.36	5.64	11.32	
16	203	268	1	E	A	3	60º	3º	A	41.0	3.090	7.01	6.18	11.84	B	52.5	1.320	7.00	6.18	11.71	
							60º	3º	C	49.2	1.861	6.81	6.04	11.31	D	53.5	1.150	6.42	5.68	11.53	
17	203	930	2	S	D	3	60º	3º	A	49.0	1.894	2.92	2.60	10.96	B	43.3	2.763	7.64	6.77	11.39	
							60º	3º	C	45.4	2.453	7.09	6.26	11.71	D	48.5	1.972	7.32	6.48	11.48	
18	203	274	3	S	E	3	60º	3º	A	63.7	0.000	5.62	5.01	10.85	B	64.6	0.000	6.24	5.55	11.06	
							60º	3º	C	64.5	0.000	5.58	4.95	11.29	D	64.4	0.000	5.96	5.26	11.74	

Ensayo de Tenacidad (continuación)

Nº	Probeta						Áng ini	Pos ini	Ensayo	Sección Tangencial					Ensayo	Sección Radial				
										Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)		Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
												Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
19	203	268	1	S	A	6	60º	3º	A	57.3	0.488	6.18	5.48	11.33	B	54.8	0.927	6.55	5.79	11.60
							60º	3º	C	51.4	1.503	5.33	4.72	11.44	D	55.5	0.805	5.67	5.03	11.29
20	203	14	2	O	C	5	60º	3º	A	54.5	0.979	6.07	5.37	11.53	B	54.2	1.032	6.02	5.32	11.63
							60º	3º	C	47.4	2.146	6.74	5.96	11.57	D	46.5	2.285	6.81	6.03	11.45
21	203	930	2	S	D	2	60º	3º	A	53.3	1.185	6.57	5.78	12.02	B	55.8	0.753	7.53	6.62	12.08
							60º	3º	C	51.6	1.470	8.23	7.23	12.15	D	59.4	0.109	6.78	5.95	12.24
22	203	268	2	E	D	4	60º	3º	A	53.3	1.185	7.41	6.54	11.74	B	51.7	1.454	8.13	7.21	11.32
							60º	3º	C	45.3	2.468	7.45	6.60	11.41	D	45.8	2.392	8.09	7.16	11.50
23	203	268	1	E	B	6	60º	3º	A	55.5	0.805	7.26	6.41	11.71	B	54.0	1.065	7.00	6.19	11.57
							60º	3º	C	54.2	1.032	8.81	7.81	11.35	D	53.0	1.235	7.06	6.27	11.19
24	203	14	2	S	C	4	60º	3º	A	55.0	0.892	5.46	4.81	11.90	B	58.4	0.291	5.56	4.91	11.69
							60º	3º	C	53.7	1.117	6.04	5.33	11.75	D	50.2	1.700	7.12	6.27	11.94
25	203	268	2	N	C	4	60º	3º	A	46.7	2.254	6.78	5.96	12.09	B	52.4	1.335	6.04	5.35	11.42
							60º	3º	C	51.5	1.486	7.40	6.52	11.89	D	45.1	2.498	7.73	6.82	11.77
26	203	268	2	N	C	6	60º	3º	A	58.2	0.328	6.82	5.98	12.32	B	57.9	0.381	6.29	5.52	12.24
							60º	3º	C	59.0	0.182	6.05	5.36	11.40	D	56.8	0.577	6.30	5.59	11.27
27	203	14	2	N	C	4	60º	3º	A	61.3	0.000	5.07	4.49	11.44	B	61.6	0.000	4.47	3.96	11.41
							60º	3º	C	59.5	0.091	5.28	4.64	12.12	D	57.6	0.435	5.41	4.77	11.83
							60º	3º	E	58.9	0.200	4.84	4.28	11.57	F	57.5	0.452	5.36	4.74	11.57
							60º	3º	G	60.7	0.054	4.62	4.07	11.90	H	59.8	0.037	4.49	3.95	12.03

Ensayo de Tenacidad (continuación)

Nº	Probeta						Áng ini	Pos Ini	Ensayo	Sección Tangencial					Ensayo	Sección Radial				
										Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)		Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
												Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
28	203	289	2	E	C	4	60º	3º	A	48.8	1.925	7.92	6.99	11.74	B	58.2	0.328	6.11	5.37	12.11
							60º	3º	C	54.3	1.013	6.64	5.85	11.90	D	63.3	0.182	7.56	6.64	12.17
29	203	274	3	N	F	2	60º	3º	A	48.0	2.052	8.70	7.67	11.84	B	53.3	1.185	7.91	6.94	12.26
							60º	3º	C	51.4	1.503	8.04	7.10	11.69	D	55.3	0.841	7.34	6.51	11.31
30	203	268	1	S	B	1	60º	3º	A	52.5	1.320	6.08	5.40	11.18	B	63.0	0.841	6.35	5.64	11.18
							60º	3º	C	57.4	0.470	7.61	6.75	11.30	D	55.1	0.875	7.37	6.51	11.67
31	203	289	2	E	D	6	60º	3º	A	51.3	1.519	8.10	7.18	11.36	B	48.6	1.957	7.06	6.27	11.19
							60º	3º	C	48.2	2.019	6.43	5.67	11.82	D	45.0	2.513	6.74	5.95	11.72
32	203	930	2	O	D	6	60º	3º	A	45.7	2.407	10.59	9.33	11.90	B	50.4	1.666	8.55	7.52	12.05
							60º	3º	C	47.1	1.157	7.19	6.35	11.68	D	49.6	1.796	7.81	6.86	12.16
33	203	14	2	N	C	5	60º	3º	A	53.4	1.167	5.98	5.27	11.87	B	51.4	1.503	5.98	5.28	11.71
							60º	3º	C	53.7	1.117	6.80	6.03	11.32	D	55.3	0.841	6.12	5.37	12.25
34	203	289	2	O	D	4	60º	3º	A	56.3	0.665	6.40	5.67	11.41	B	52.2	1.370	7.73	6.85	11.38
							60º	3º	C	54.6	0.963	7.73	6.85	11.38	D	55.2	0.858	7.34	6.51	11.31
35	203	289	2	S	C	1	60º	3º	A	53.9	1.082	7.06	6.27	11.19	B	63.2	0.146	8.09	7.17	11.37
							60º	3º	C	63.7	0.000	6.01	5.31	11.65	D	63.6	0.000	5.29	4.68	11.53
							60º	3º	E	56.0	0.719	7.81	6.95	11.01	F	63.8	0.000	5.31	4.73	10.92
							60º	3º	G	63.2	0.000	6.19	5.50	11.15						
36	203	268	1	N	B	4	60º	3º	A	47.4	2.146	7.69	6.80	11.57	B	55.9	0.735	8.04	7.11	11.57
							60º	3º	C	46.8	2.238	6.48	5.73	11.57	D	52.4	1.335	7.44	6.57	11.69

Ensayo de Tenacidad (cotinuación)

Nº	Probeta						Áng ini	Pos ini	Ensayo	Sección Tangencial				Ensayo	Sección Radial					
										Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)			CH (%)	Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
												Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
37	203	268	3	O		3	60º	3º	A	61.6	0.000	7.67	6.81	11.21	B	63.3	0.000	7.89	6.99	11.41
							60º	3º	C	51.5	1.486	9.33	8.24	11.68	D	61.2	0.091	8.00	7.05	11.88
38	203	289	2	N	C	3	60º	3º	A	57.5	0.452	6.80	6.00	11.76	B	59.4	0.109	6.12	5.40	11.76
							60º	3º	C	55.0	0.892	6.20	5.53	10.81	D	54.5	0.979	8.33	7.37	11.52
39	203	274	3	O	F	4	60º	3º	A	60.4	0.000	6.66	5.90	11.41	B	52.1	0.000	8.25	7.27	11.88
							60º	3º	C	51.3	1.519	7.66	6.74	12.01	D	51.5	1.486	11.16	9.84	11.83
40	203	274	3	S	E	3	60º	3º	A	47.8	2.083	7.94	7.01	11.71	B	52.6	1.305	7.50	6.62	11.73
							60º	3º	C	56.7	0.595	6.74	5.95	11.72	D	62.7	1.320	6.67	5.88	11.84
41	203	268	2	N	D	1	60º	3º	A	58.4	0.291	7.52	6.66	11.44	B	62.0	0.182	6.88	6.10	11.34
							60º	3º	C	59.0	0.182	6.30	5.58	11.43	D	63.0	0.091	6.89	6.10	11.47
42	203	274	3	E	F	3	60º	3º	A	56.2	0.683	7.14	6.29	11.90	B	60.2	1.700	7.82	6.85	12.40
							60º	3º	C	53.6	1.133	7.84	6.86	12.50	D	49.9	1.748	7.51	6.62	11.85
43	203	14	2	E	D	6	60º	3º	A	56.9	0.559	6.12	5.41	11.60	B	55.0	0.892	6.12	5.44	11.11
							60º	3º	C	59.9	0.018	6.27	5.53	11.80	D	65.0	0.805	6.41	5.66	11.70
44	203	274	3	N	F	1	60º	3º	A	56.8	0.577	7.33	6.45	12.01	B	53.3	1.185	8.74	7.60	13.04
							60º	3º	C	55.1	0.875	7.50	6.60	12.00	D	56.6	0.613	7.69	6.80	11.57
45	203	268	2	O	D	4	60º	3º	A	52.3	1.352	7.09	6.26	11.71	B	53.1	1.218	7.28	6.44	11.54
							60º	3º	C	46.3	2.316	7.15	6.29	12.03	D	49.4	1.830	7.72	6.85	11.27
46	203	14	2	O	C	4	60º	3º	A	56.6	0.613	5.45	4.78	12.29	B	52.3	1.352	6.45	5.71	11.47
							60º	3º	C	53.0	1.235	7.54	6.60	12.47	D	43.0	2.807	6.57	5.81	11.57
47	203	930	2	E	D	3	60º	3º	A	51.0	1.569	6.44	5.68	11.80	B	52.6	1.305	7.43	6.51	12.38
							60º	3º	C	44.8	2.543	8.55	7.47	12.63	D	47.8	2.083	7.94	6.98	12.09

Ensayo de Tenacidad (continuación)

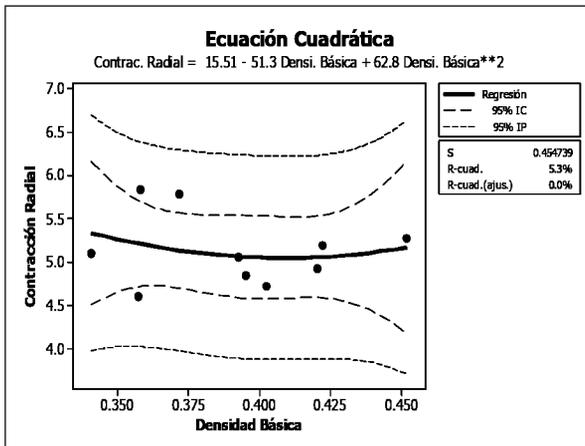
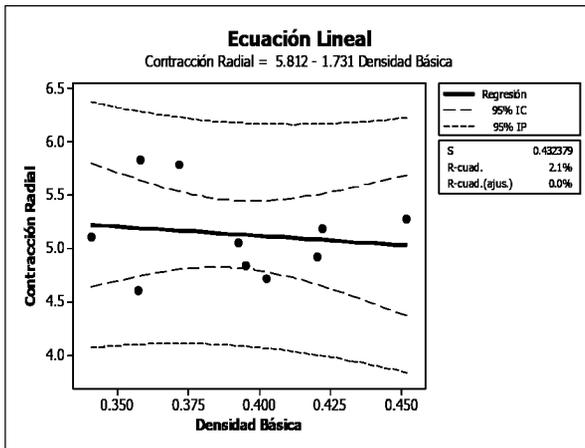
Nº	Probeta						Áng ini	Pos ini	Ensayo	Sección Tangencial					Ensayo	Sección Radial				
										Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)		Lec. Ver.	Tenac. (Kg-m)	Peso (g)		CH (%)
												Aire	Anhi.					Aire	Anhi.	
48	203	14	2	N	D	4	60º	3º	A	53.9	1.082	7.23	6.38	11.76	B	54.2	1.032	6.71	5.96	11.18
							60º	3º	C	52.0	1.404	6.05	5.36	11.40	D	55.8	0.753	6.13	5.39	12.07
49	203	274	3	E	E	4	60º	3º	A	54.8	0.927	6.07	5.33	12.19	B	50.2	1.700	8.17	7.17	12.24
							60º	3º	C	58.2	0.328	8.52	7.55	11.38	D	62.0	1.404	6.83	6.03	11.71
50	203	268	3	E	E	4	60º	3º	A	54.0	1.065	7.84	6.95	11.35	B	52.5	1.320	9.80	8.64	11.84
							60º	3º	C	52.3	1.352	7.32	6.50	11.20	D	50.7	1.618	7.47	6.58	11.91
51	203	268	2	S	C	2	60º	3º	A	61.4	0.000	7.55	6.70	11.26	B	61.3	0.000	9.05	7.98	11.82
							60º	3º	C	58.1	0.345	7.78	6.90	11.31	D	52.4	1.335	7.93	6.97	12.11
52	203	930	2	N	D	2	60º	3º	A	64.0	0.000	4.43	3.91	11.74	B	63.0	0.000	4.68	4.13	11.75
							60º	3º	C	64.5	0.000	5.39	4.77	11.50	D	64.1	0.000	5.67	5.01	11.64
53	203	289	2	S	D	3	60º	3º	A	57.2	0.506	6.30	5.59	11.27	B	57.9	0.381	6.49	5.73	11.71
							60º	3º	C	56.5	0.630	6.25	5.55	11.20	D	54.9	0.910	7.69	6.76	12.09

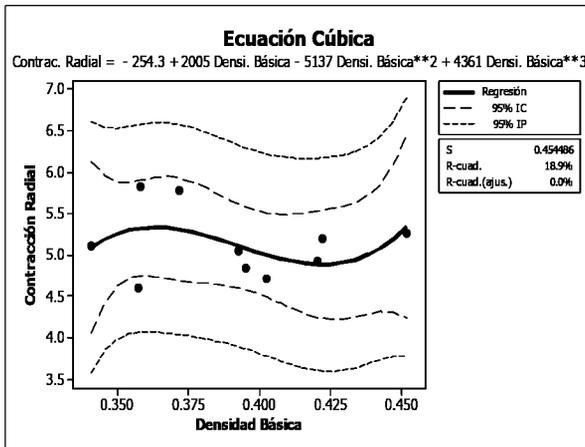
# ANEXO 4

## REGRESIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS

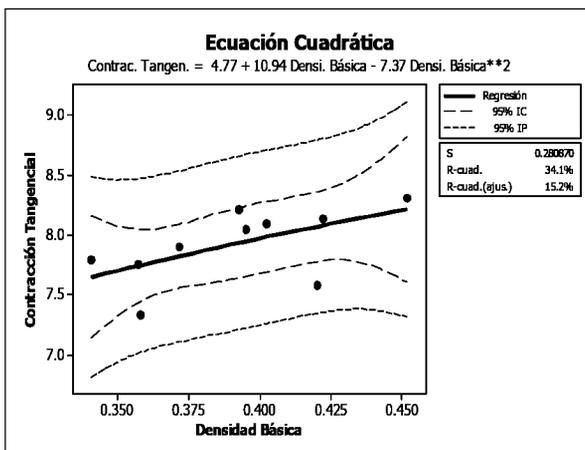
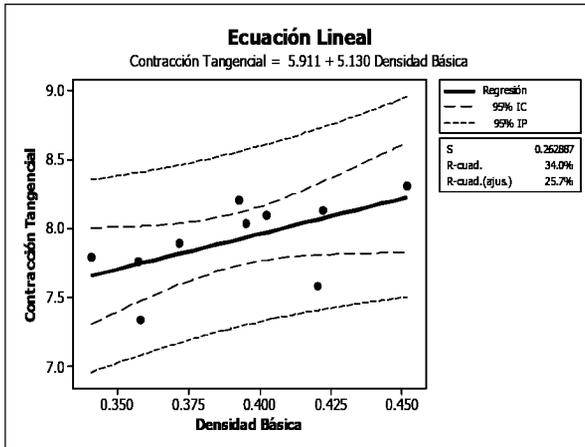
### 1. A NIVEL LONGITUDINAL

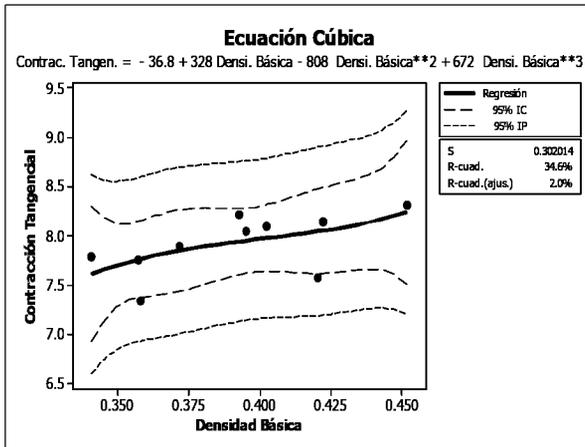
#### A) CONTRACCIÓN RADIAL



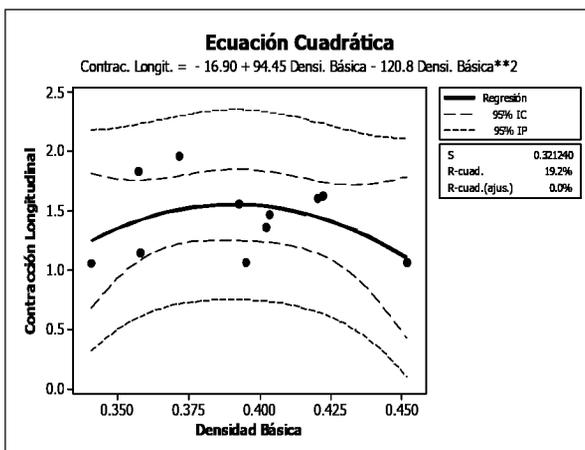
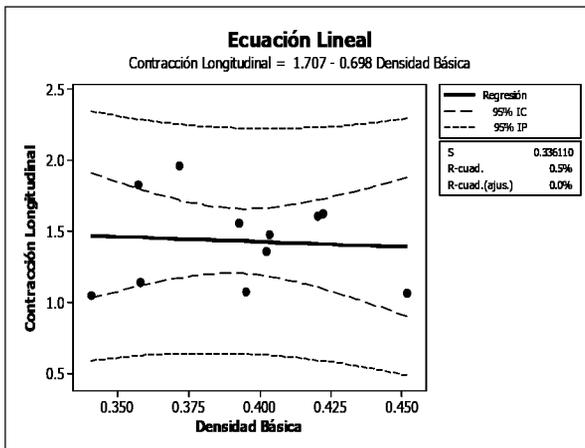


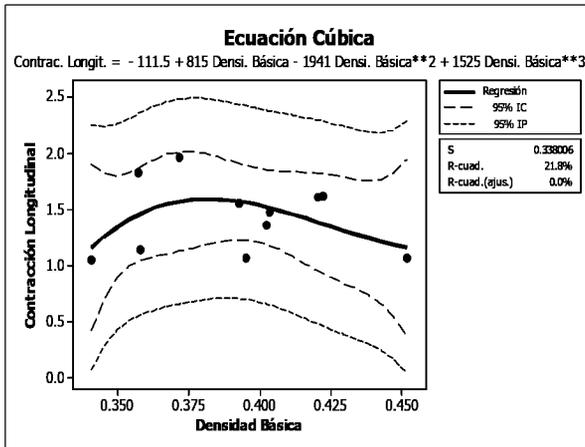
## B) CONTRACCION TANGENCIAL



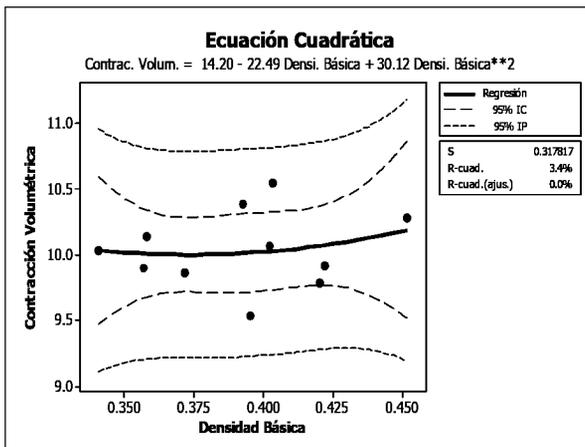
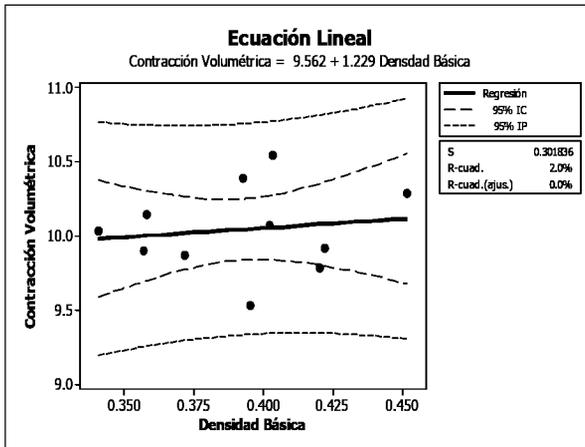


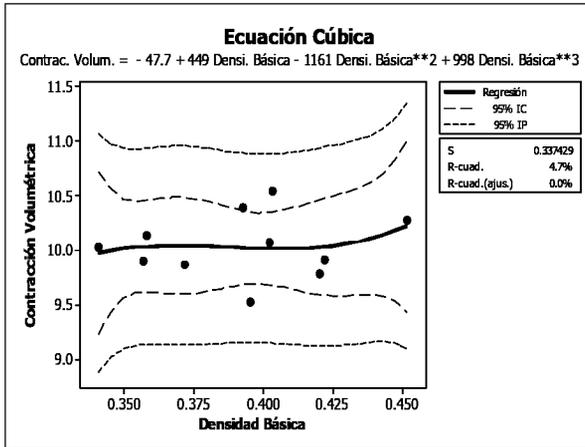
## C) CONTRACCION LONGITUDINAL





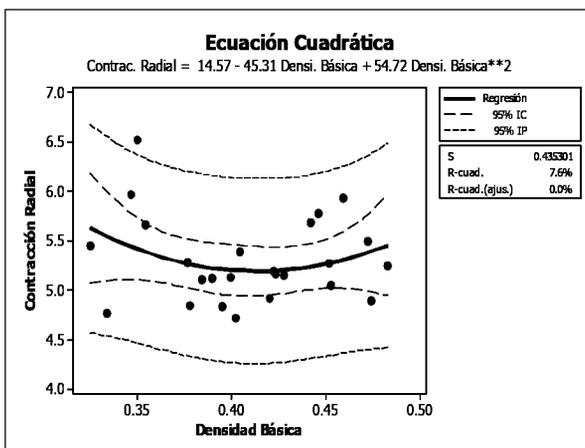
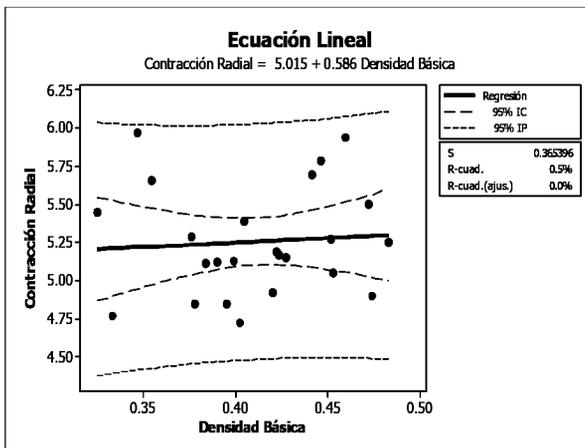
## D) CONTRACCION VOLUMÉTRICA

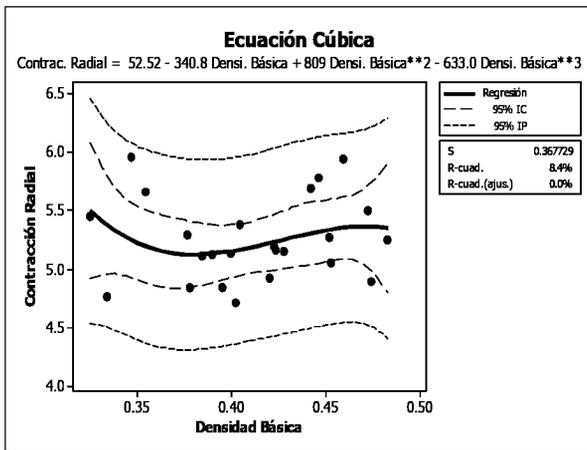




## 2. A NIVEL TRANSVERSAL

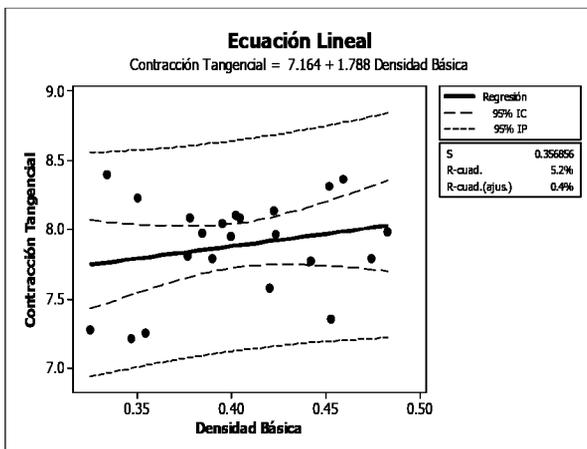
### A) CONTRACCIÓN RADIAL



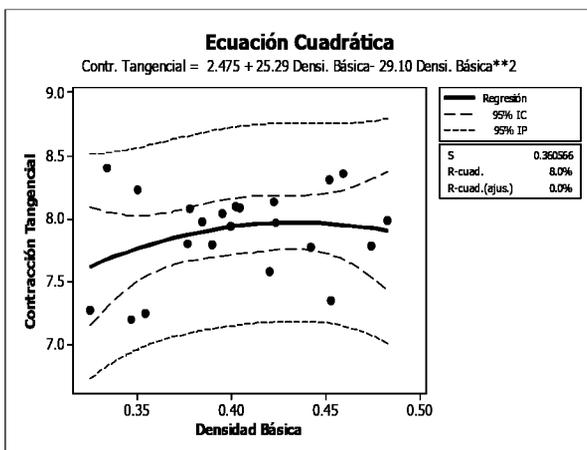


## B) CONTRACCIÓN TANGENCIAL

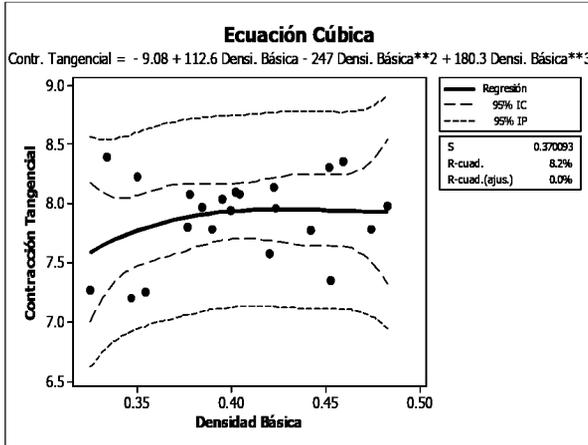
Ecuación lineal



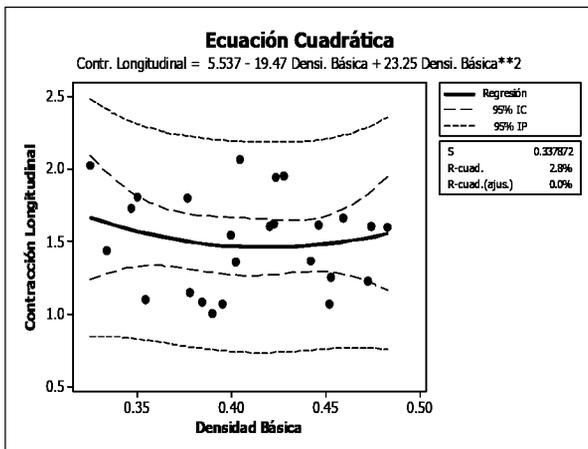
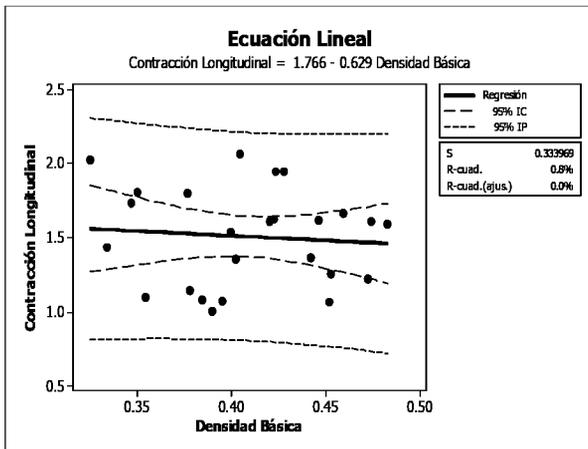
Ecuación cuadrática

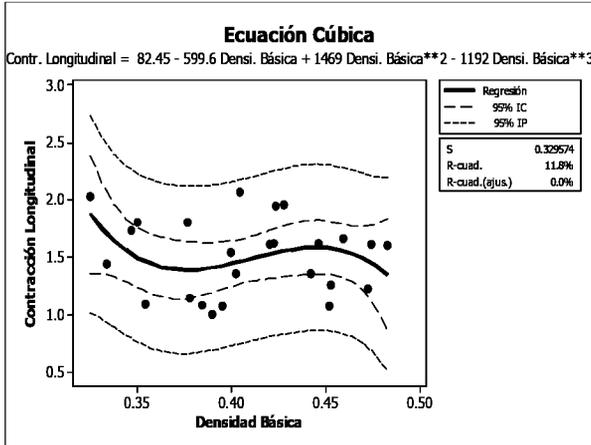


Ecuación cúbica

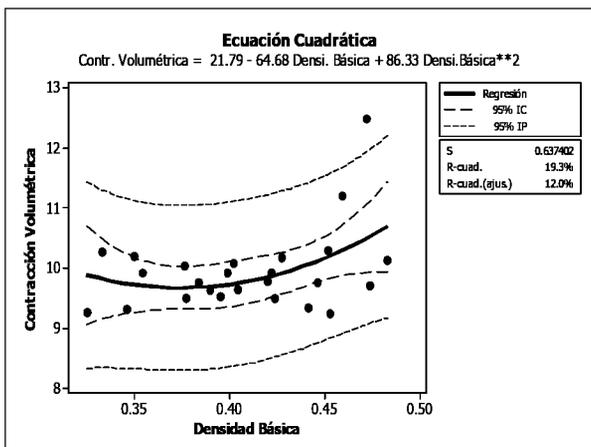
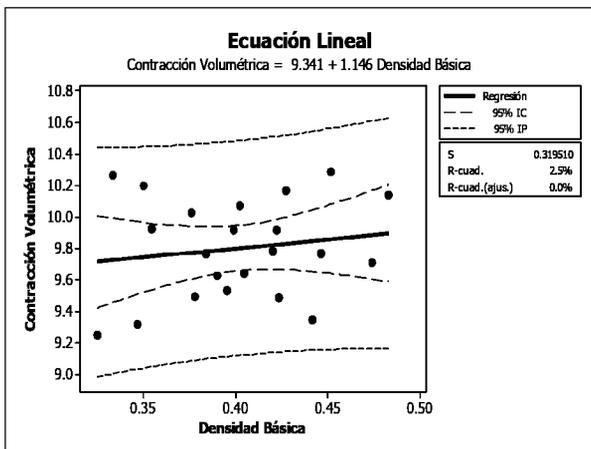


**C) CONTRACCIÓN LONGITUDINAL**



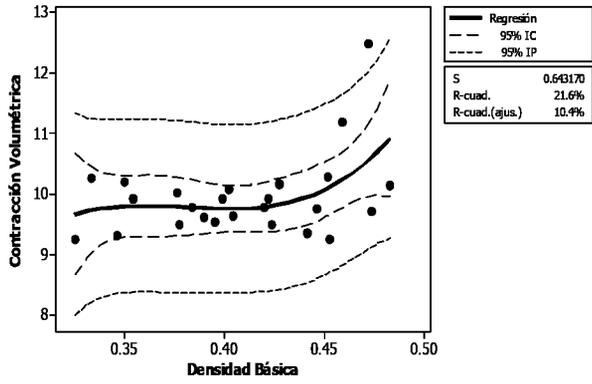


## D) CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA



### Ecuación Cúbica

$$\text{Contr. Volumétrica} = -58.5 + 540.9 \text{ Densi.Básica} - 1423 \text{ Densi.Básica}^{**2} + 1244 \text{ Densi.Básica}^{**3}$$



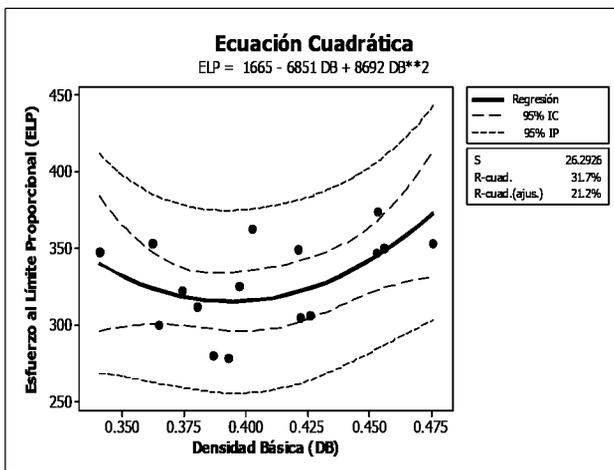
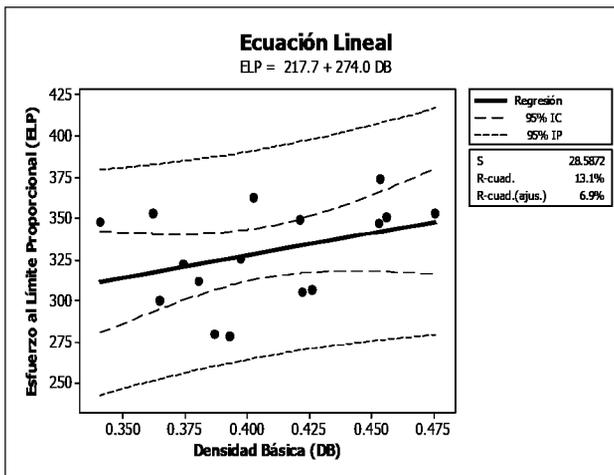
# ANEXO 5

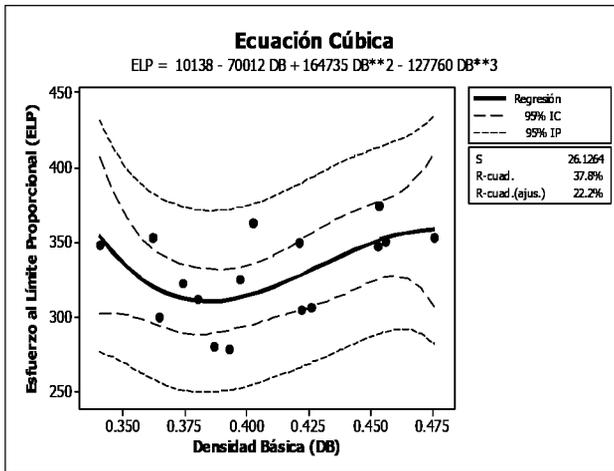
## REGRESIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS

### 1. A NIVEL LONGITUDINAL:

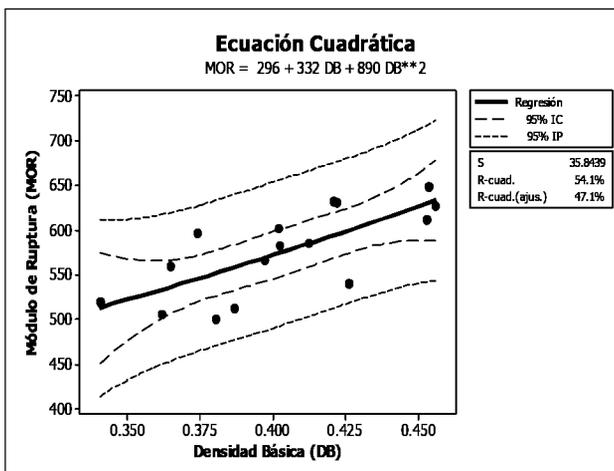
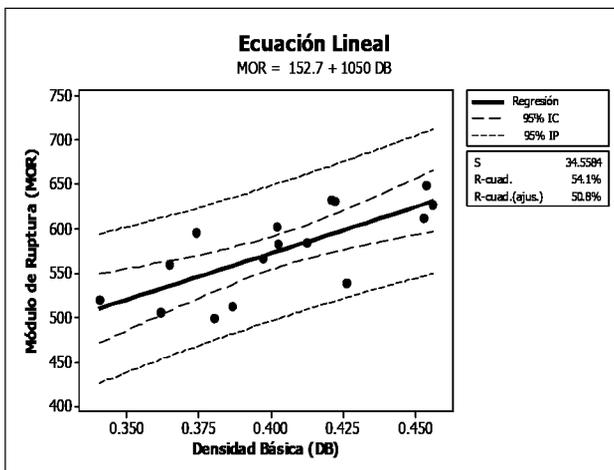
#### A) FLEXION ESTÁTICA

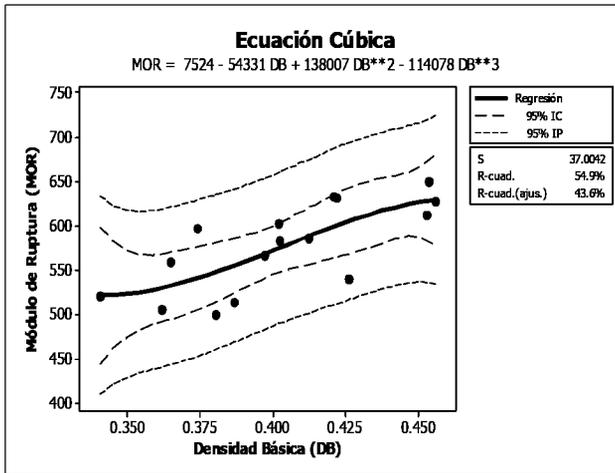
#### ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP) VS DENSIDAD BÁSICA (DB)



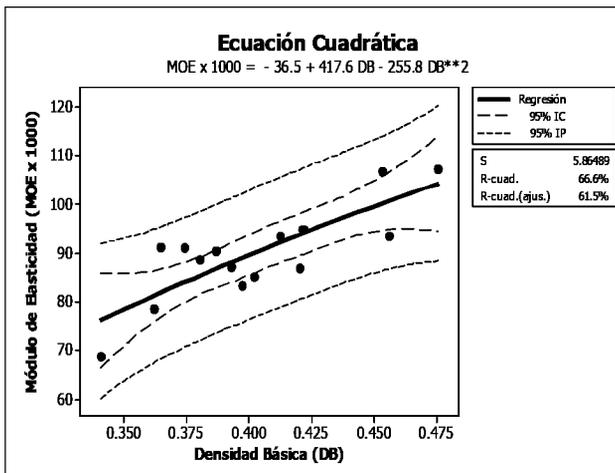
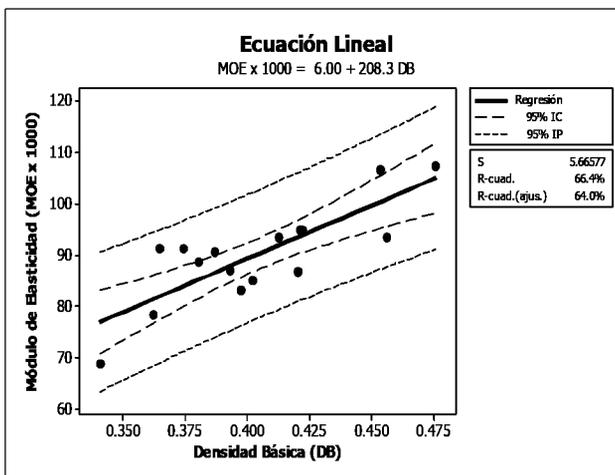


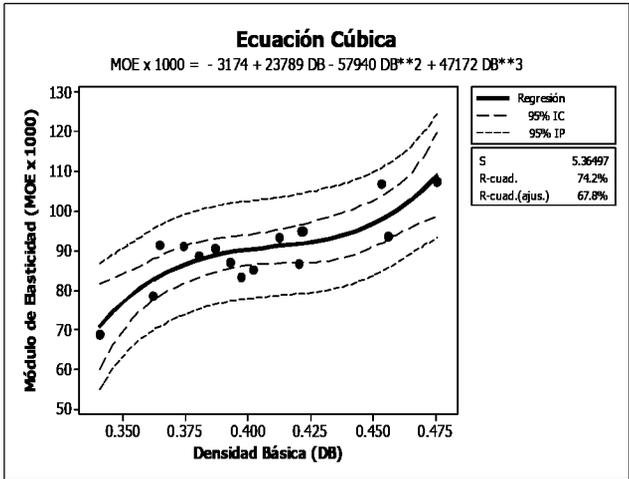
## MÓDULO DE RUPTURA (MOR) VS DENSIDAD BA ICA (DB)





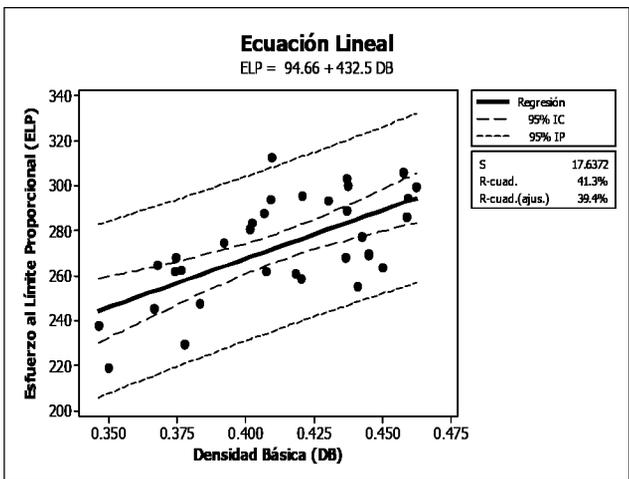
## MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE X 1000) VS DENSIDAD BASICA (DB)

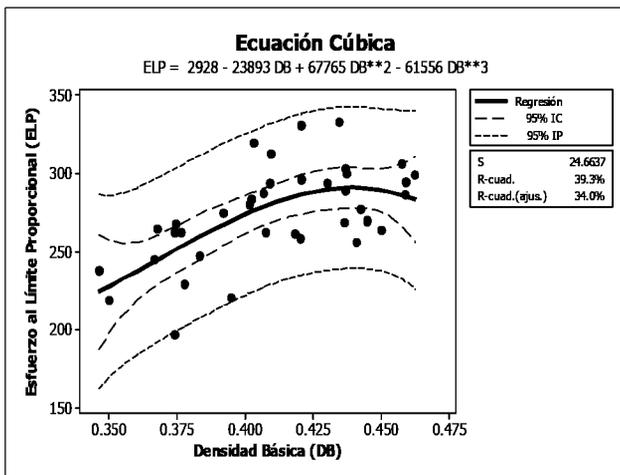
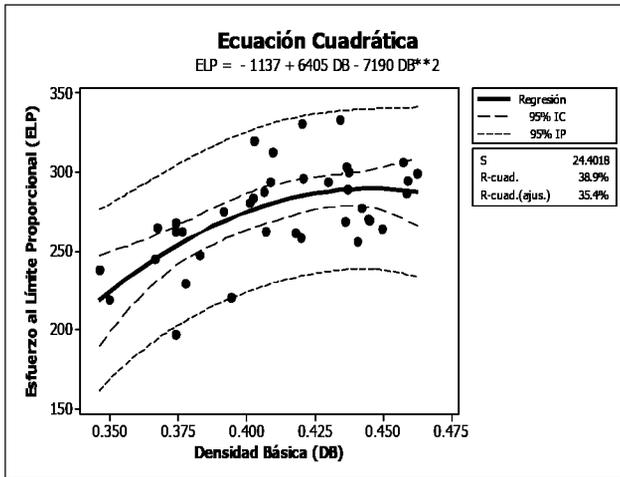




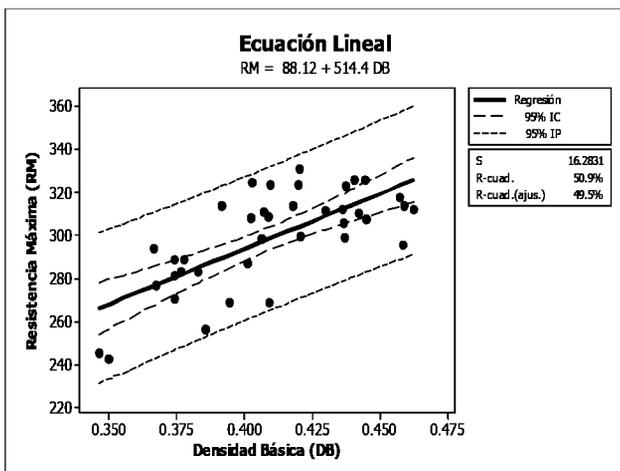
**B) COMPRESION PARALELA**

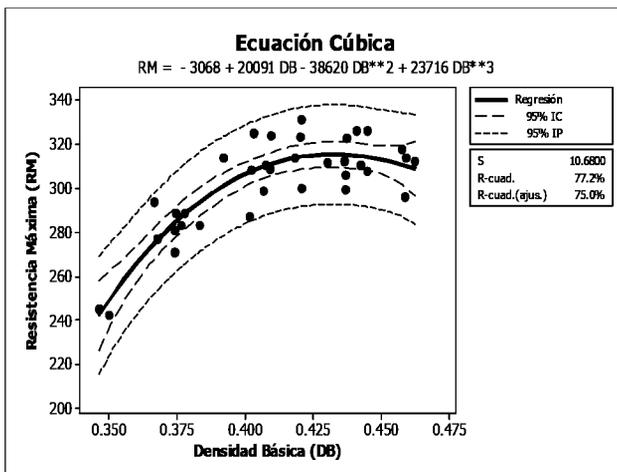
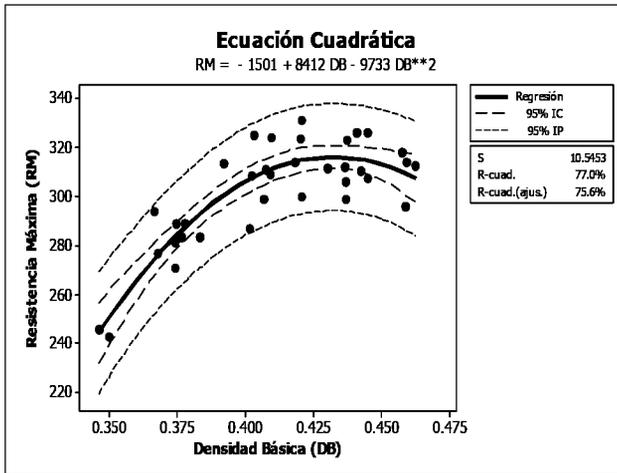
**ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP) VS DENSIDAD BASICA (DB)**



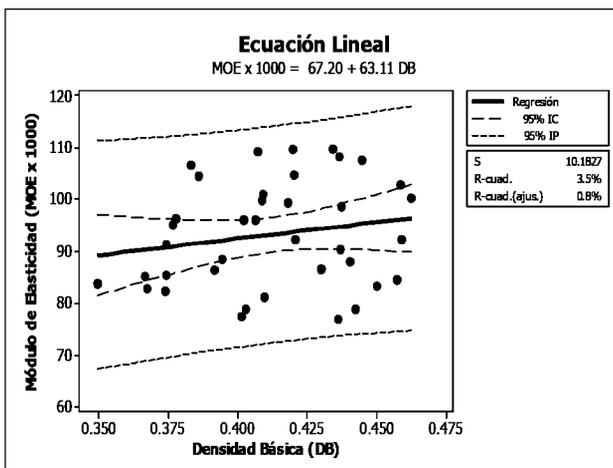


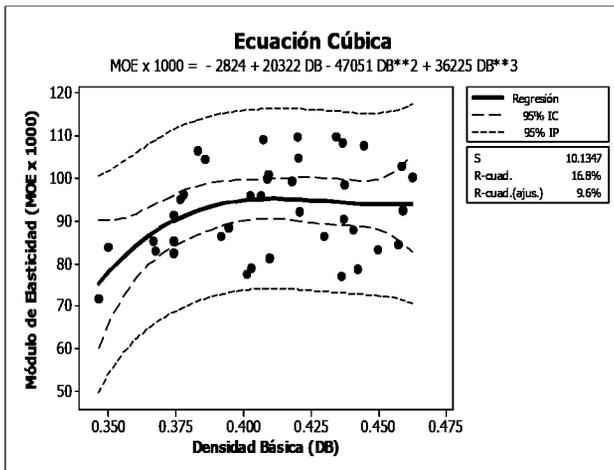
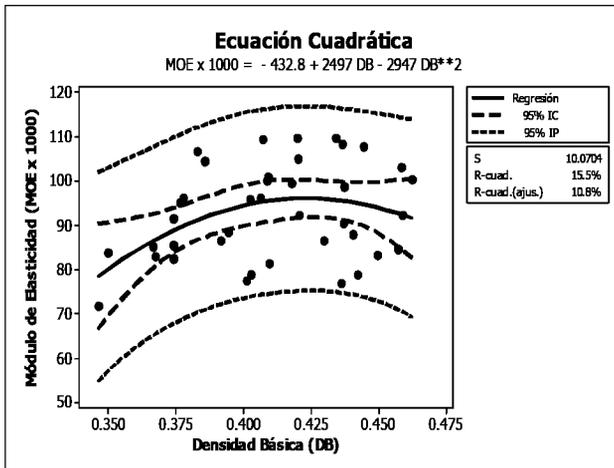
## RESISTENCIA MÁXIMA (RM) VS DENSIDAD BASICA (DB)





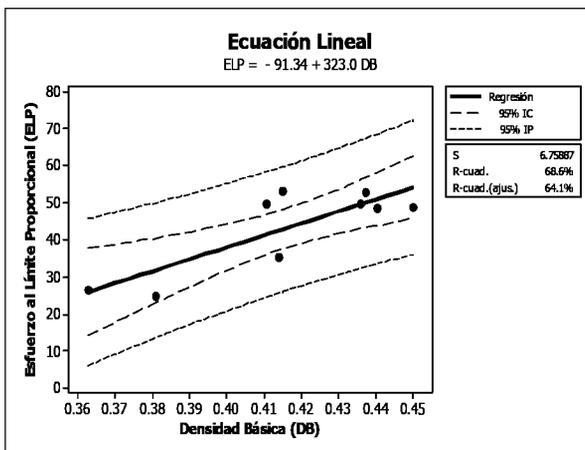
## MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE X 1000) VS DENSIDAD BASICA (DB)

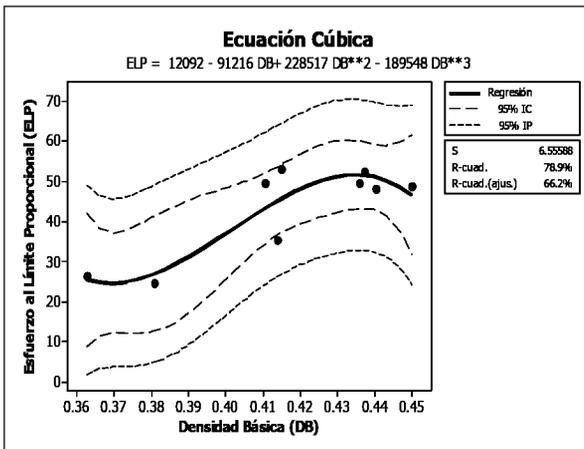
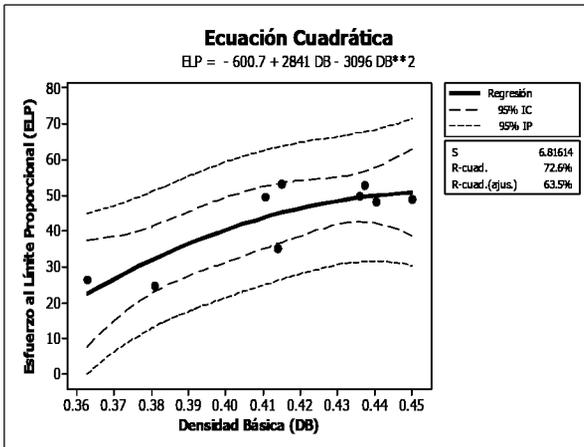




### C) COMPRESION PERPENDICULAR

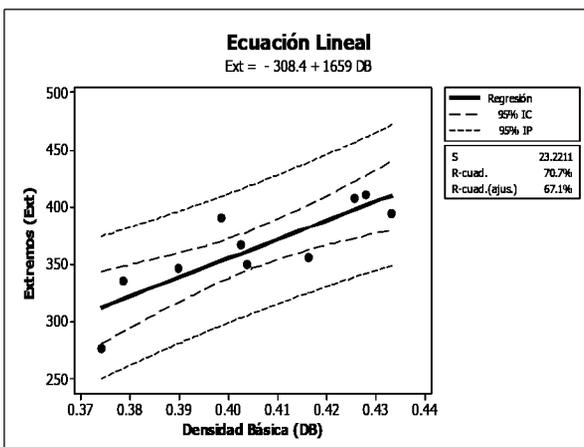
### ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP) VS DENSIDAD BASICA (DB)

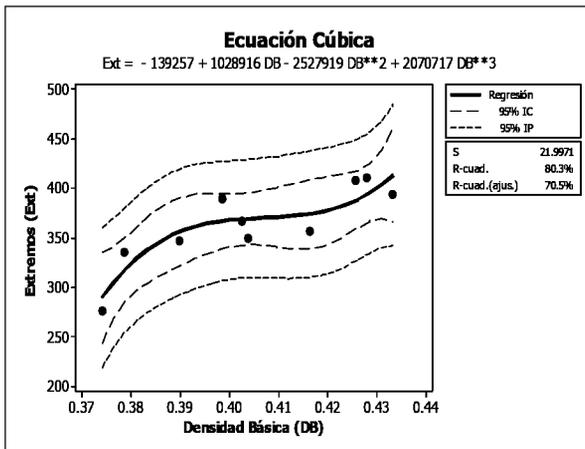
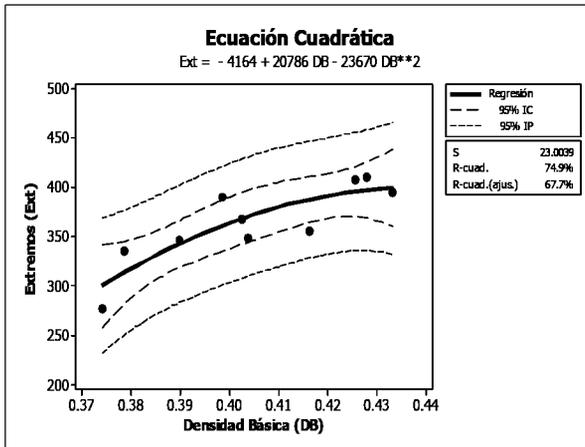




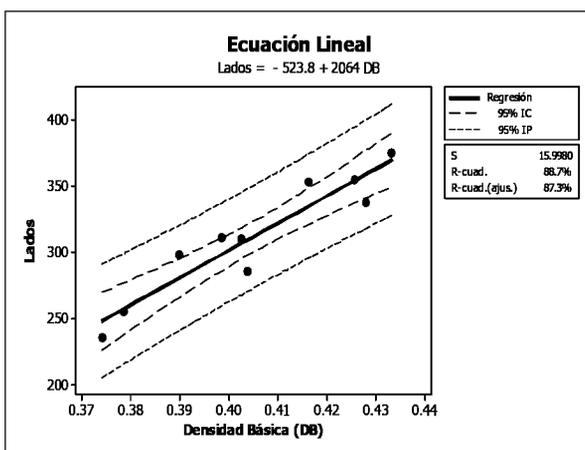
**D) DUREZA**

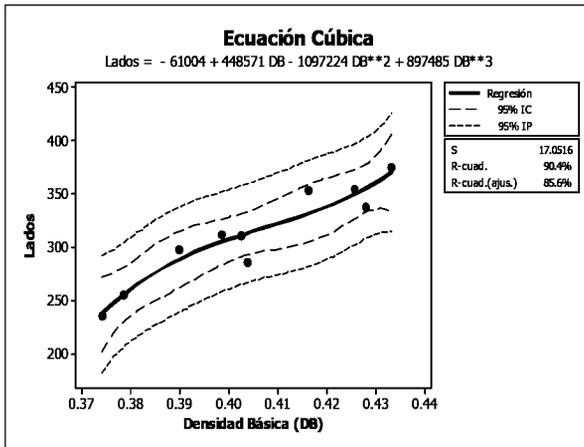
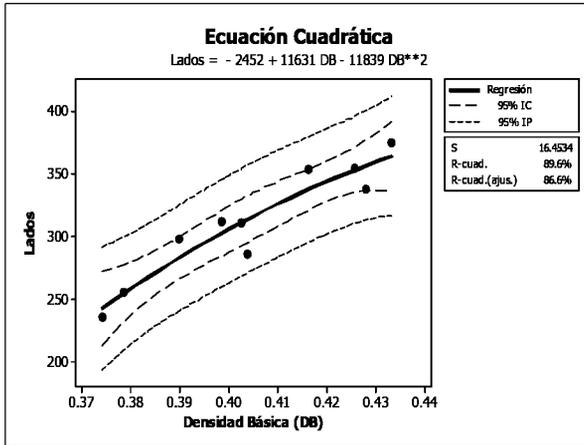
**EXTREMOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)**





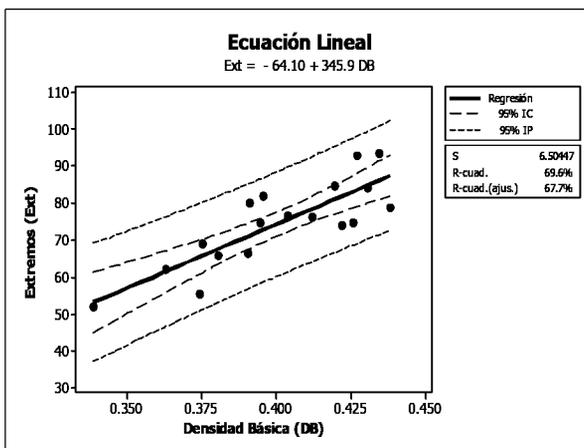
## LADOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)

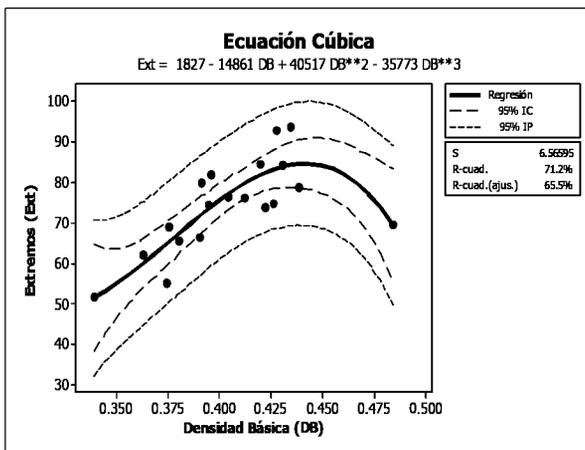
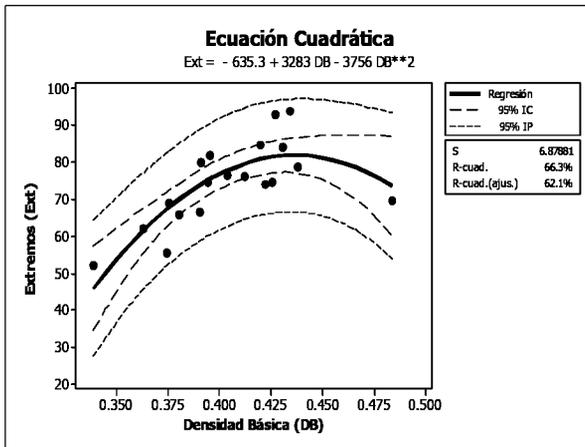




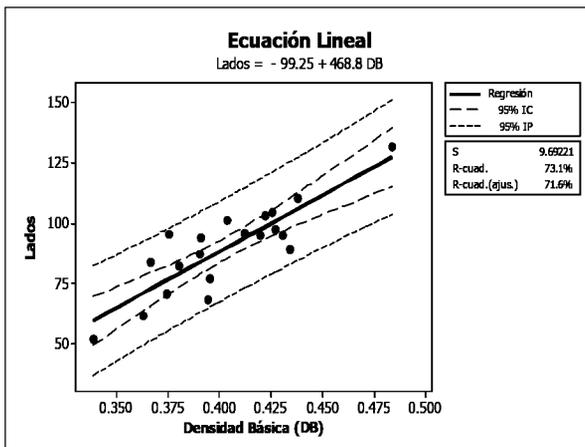
**E) EXTRACCION DE CLAVOS**

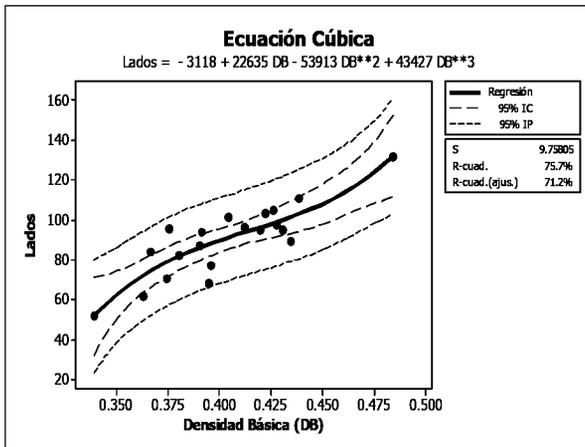
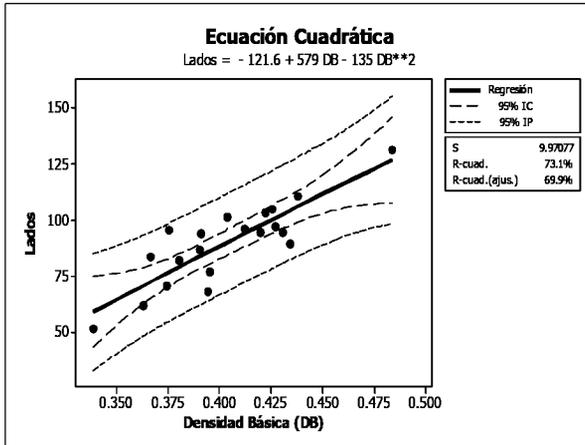
**EXTREMOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)**





## LADOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)

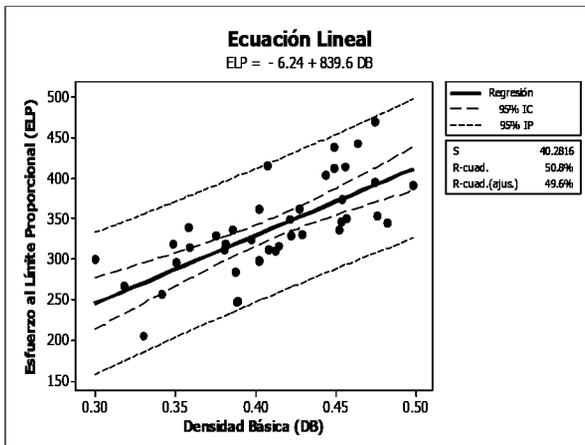


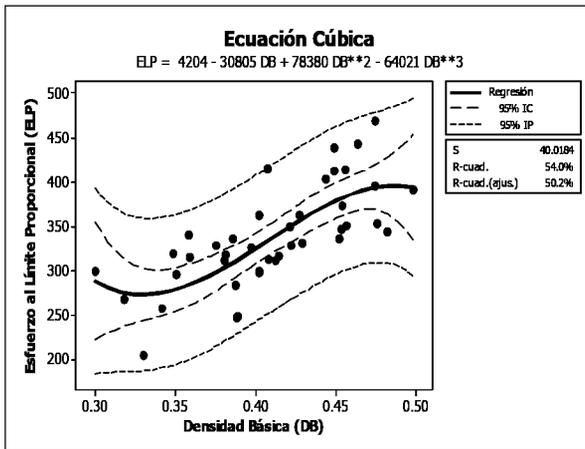
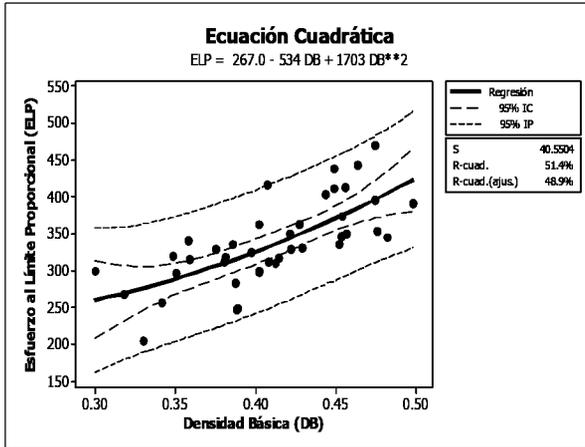


## 2. A NIVEL TRANSVERSAL

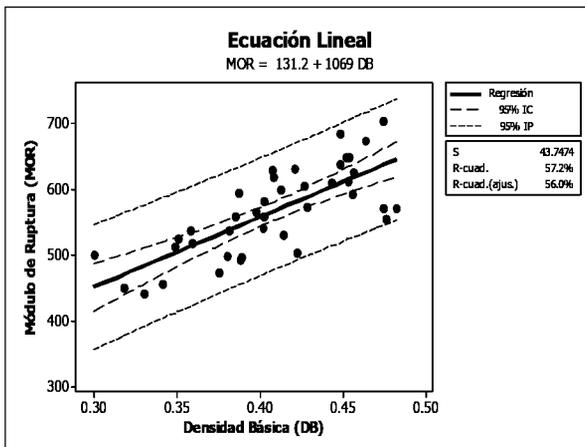
### A) FLEXION ESTATICA

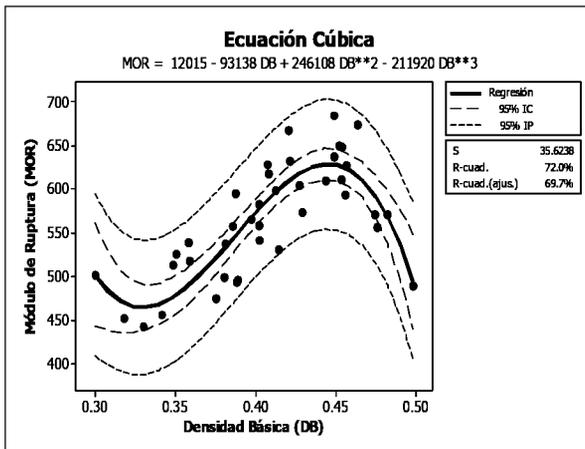
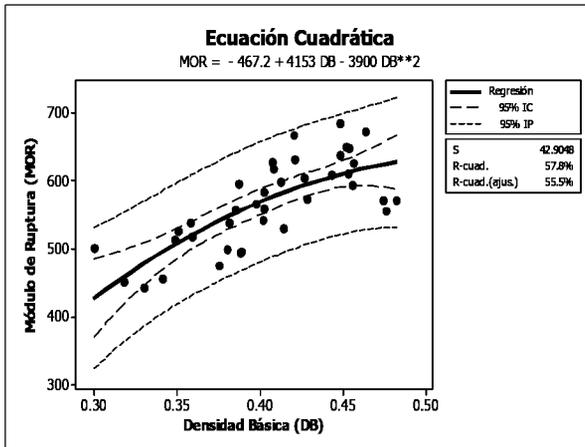
### ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP) VS DENSIDAD BASICA (DB)



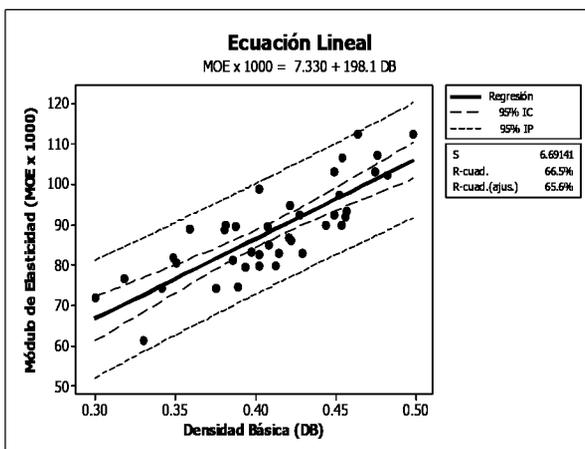


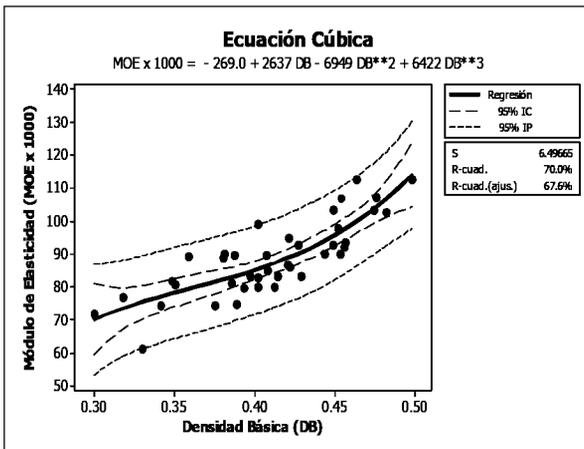
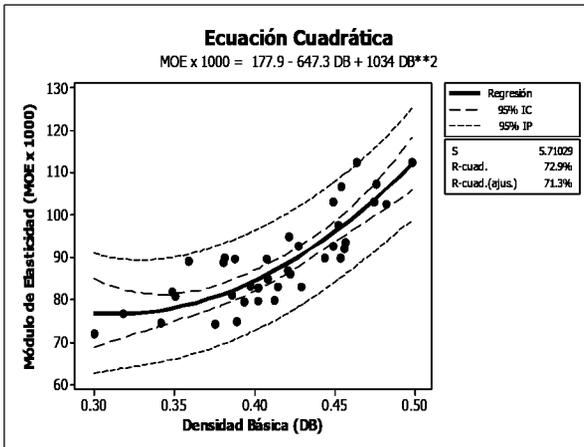
## MÓDULO DE RUPTURA (MOR) VS DENSIDAD BASICA (DB)





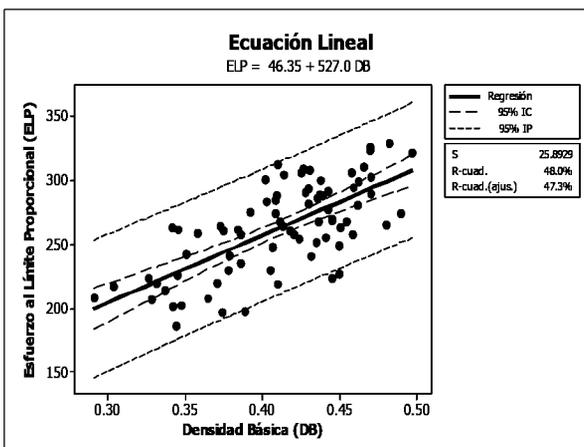
**MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE X 1000) VS DENSIDAD BASICA (DB)**

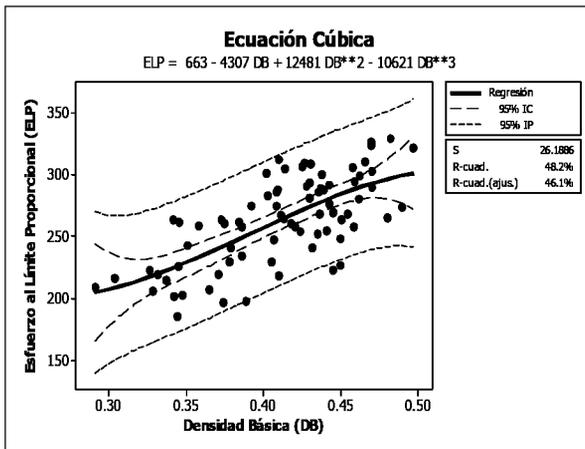
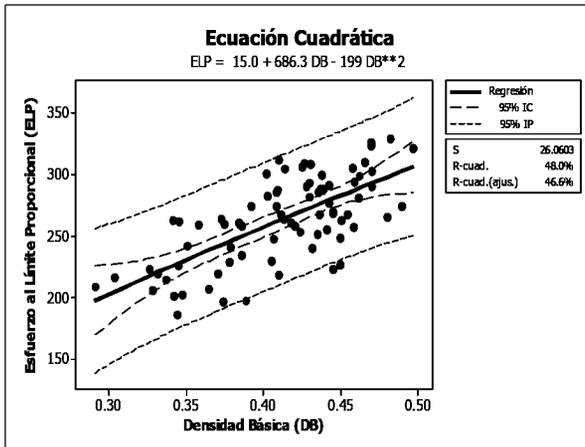




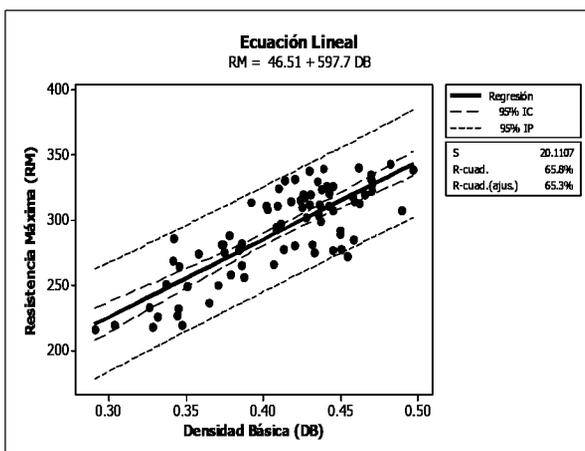
**B) COMPRESION PARALELA**

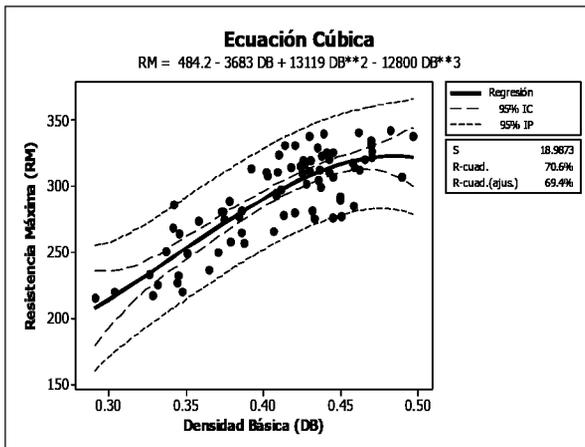
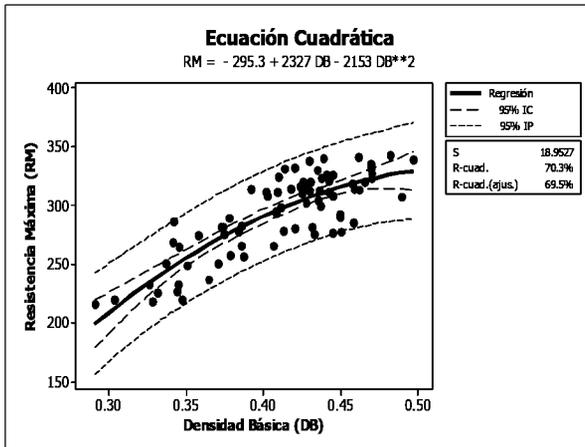
**ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP) VS DENSIDAD BASICA (DB)**



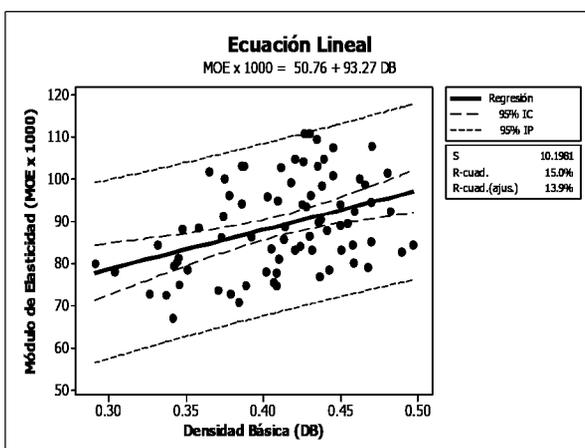


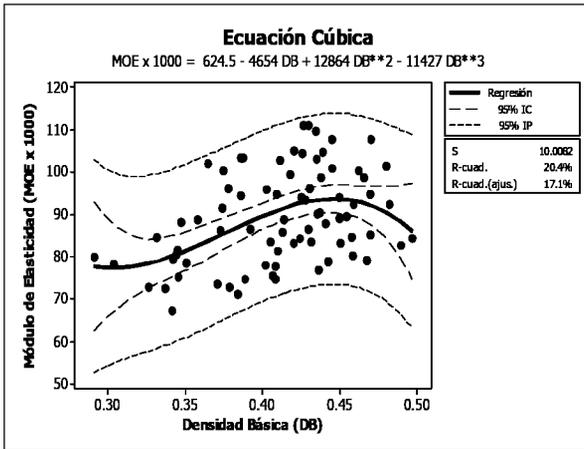
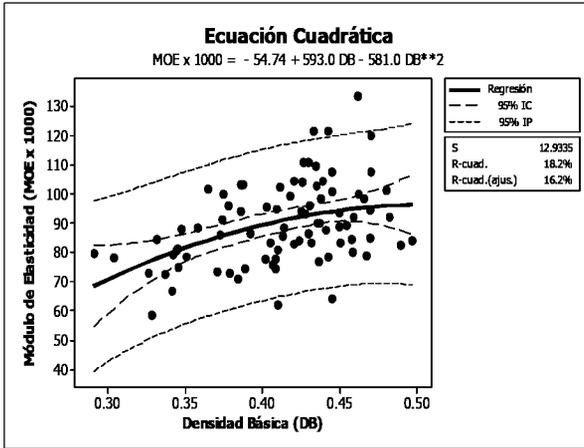
**RESISTENCIA MÁXIMA (RM) VS DENSIDAD BASICA (DB)**





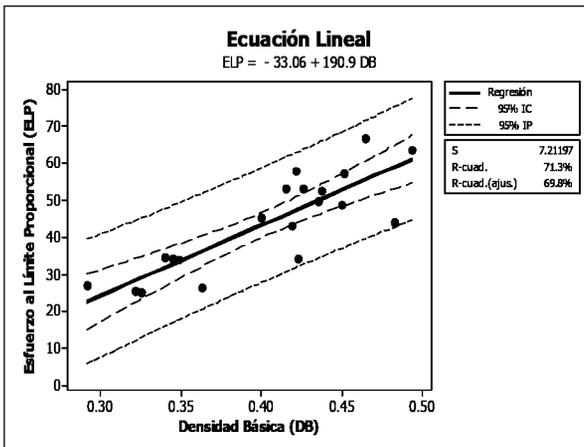
**MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE X 1000) VS DENSIDAD BASICA (DB)**

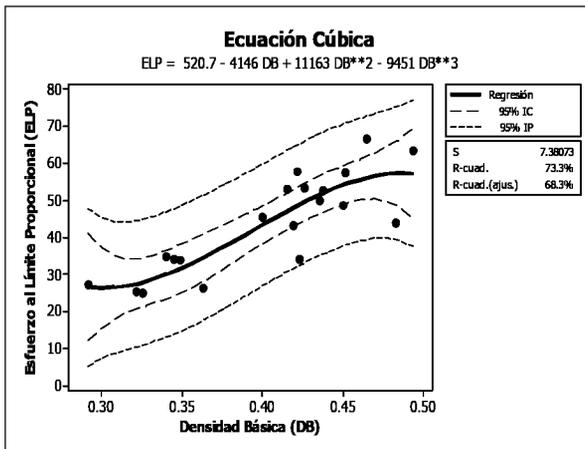
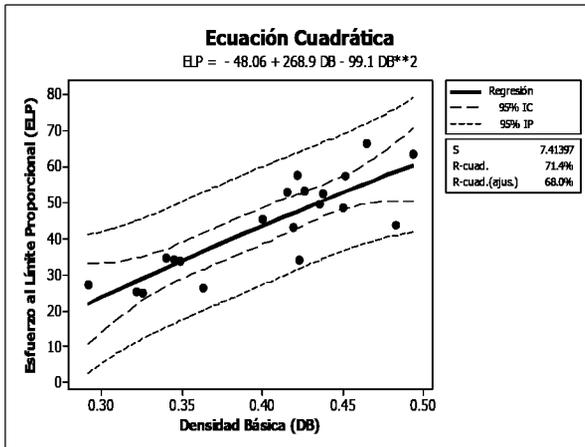




### C) COMPRESION PERPENDICULAR

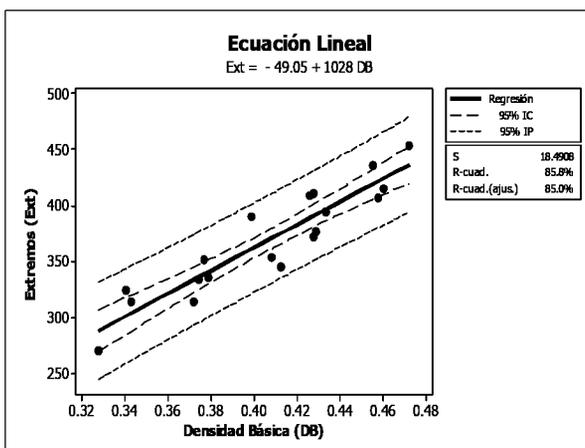
#### MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE X 1000) VS DENSIDAD BASICA (DB)

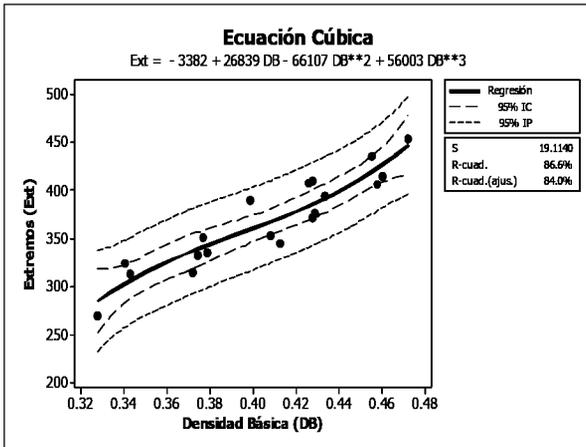
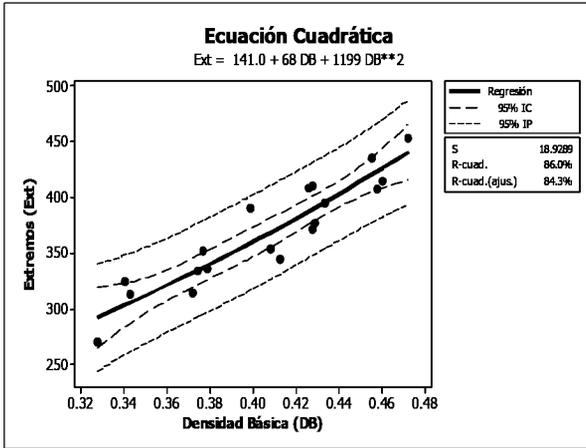




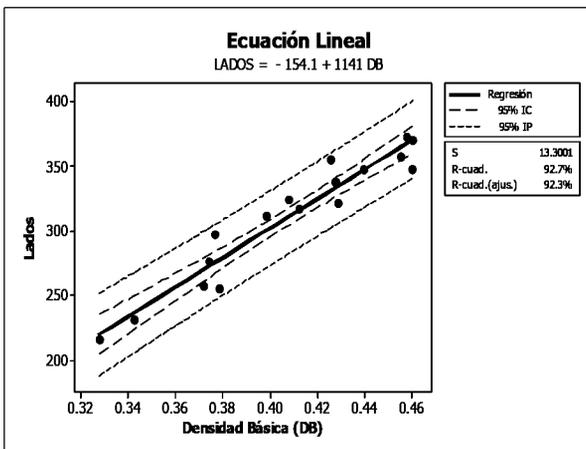
## D) DUREZA

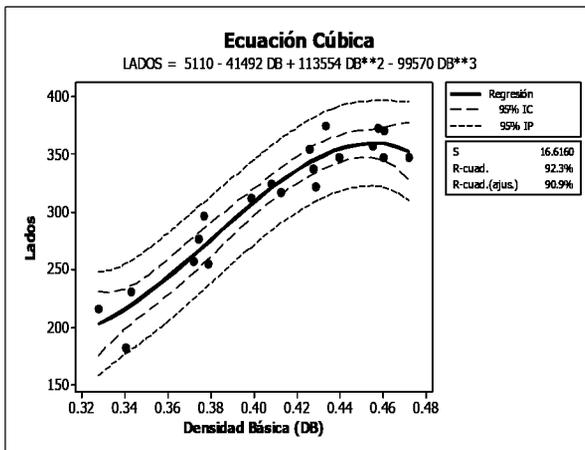
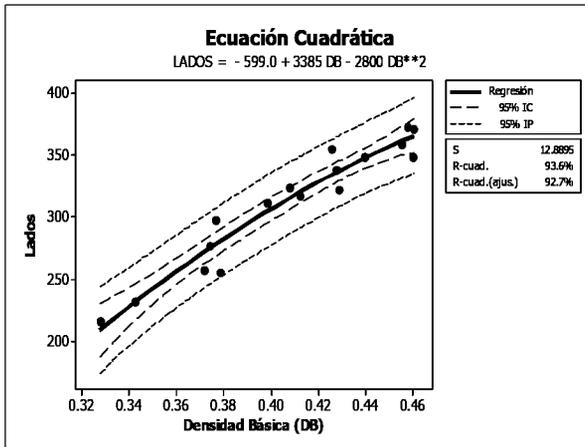
### EXTREMOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)





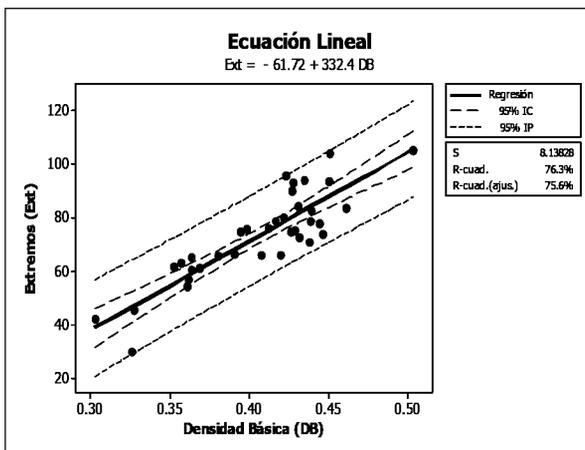
## LADOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)

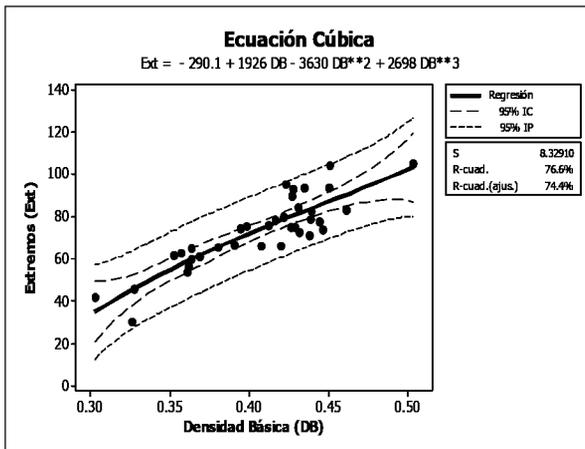
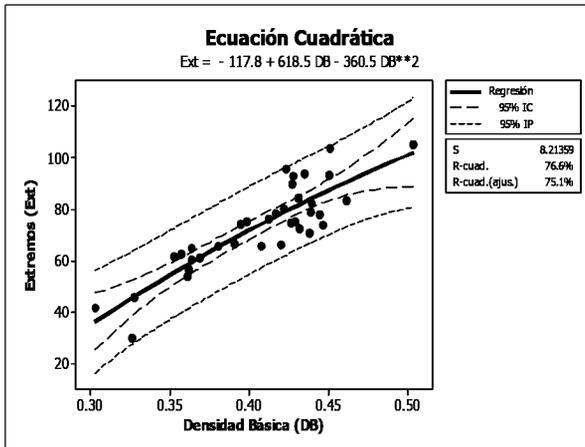




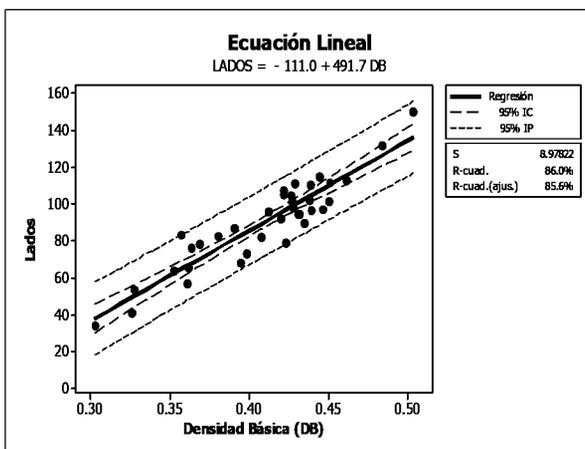
## E) EXTRACCION DE CLAVOS

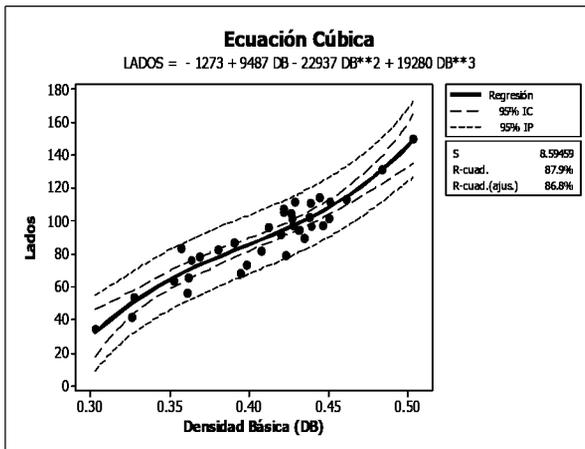
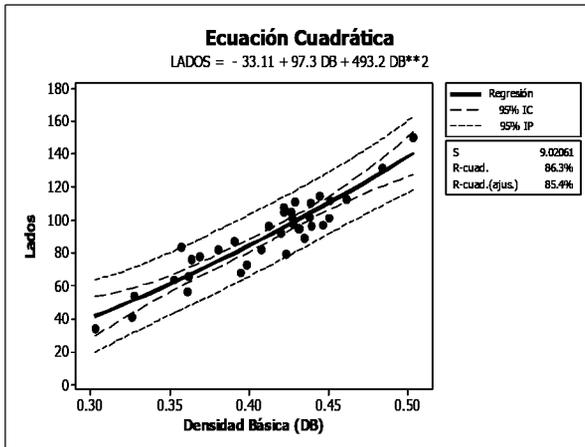
### EXTREMOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)





## LADOS VS DENSIDAD BÁSICA (DB)





# ANEXO 6

## CORRELACIONES PARA PROPIEDADES FÍSICAS

### 1. A NIVEL LONGITUDINAL

#### A) CONTRACCIÓN RADIAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Radial (CR)**

Correlación Pearson de DB y CR = -0.146  
P-Valor = 0.688

#### B) CONTRACCIÓN TANGENCIAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Tangencial (CT)**

Correlación Pearson de DB y CT = 0.583  
P-Valor = 0.077

#### C) CONTRACCIÓN LONGITUDINAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Longitudinal (CL)**

Correlación Pearson de DB y CL = -0.072  
P-Valor = 0.833

#### D) CONTRACCIÓN VOLUMETRICA

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Volumétrica (CV)**

Correlación Pearson de DB y CV = 0.141  
P-Valor = 0.680

### 2. A NIVEL TRANSVERSAL

#### A) CONTRACCIÓN RADIAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Radial (CR)**

Correlación Pearson de DB y CR = 0.073  
P-Valor = 0.733

#### B) CONTRACCIÓN TANGENCIAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Tangencial (CT)**

Correlación Pearson de DB y CT = 0.227  
P-Valor = 0.310

#### C) CONTRACCIÓN LONGITUDINAL

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Longitudinal (CL)**

Correlación Pearson de DB y CL = -0.087  
P-Valor = 0.678

#### D) CONTRACCIÓN VOLUMETRICA

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Contracción Volumétrica (CV)**

Correlación Pearson de DB y CV = 0.158  
P-Valor = 0.481

# ANEXO 7

## CORRELACIONES PARA PROPIEDADES MECÁNICAS

### 1. A NIVEL LONGITUDINAL

#### A) FLEXION ESTÁTICA

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.362

P-Valor = 0.169

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Ruptura (MOR)**

Correlación Pearson de DB y MOR = 0.735

P-Valor = 0.001

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Elasticidad (MOE x 1000)**

Correlación Pearson de DB and MOE x 1000 = 0.815

P-Valor = 0.000

#### B) COMPRESION PARALELA

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.643

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Resistencia Máxima (RM)**

Correlación Pearson de DB y RM = 0.713

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Elasticidad (MOE x 1000)**

Correlación Pearson de DB y MOE x 1000 = 0.187

P-Valor = 0.260

#### C) COMPRESION PERPENDICULAR

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.828

P-Valor = 0.006

#### D) DUREZA

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Extremos**

Correlación Pearson de DB y Extremos = 0.841

P-Valor = 0.002

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Lados**

Correlación Pearson de DB y Lados = 0.942

P-Valor = 0.000

#### E) EXTRACCION DE CLAVOS

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Extremos**

Correlación Pearson de DB y Extremos = 0.834

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Lados**

Correlación Pearson de DB y Lados = 0.855

P-Valor = 0.000

**2. A NIVEL TRANSVERSAL**

**A) FLEXION ESTATICA**

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.713

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Ruptura (MOR)**

Correlación Pearson de DB y MOR = 0.756

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Elasticidad (MOE x 1000)**

Correlación Pearson de DB y MOE x 1000 = 0.815

P-Valor = 0.000

**B) COMPRESION PARALELA**

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.693

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Resistencia Máxima (RM)**

Correlación Pearson de DB y RM = 0.811

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Módulo de Elasticidad (MOE x 1000)**

Correlación Pearson de DB y MOE x 1000 = 0.388

P-Valor = 0.000

**C) COMPRESION PERPENDICULAR**

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)**

Correlación Pearson de DB y ELP = 0.845

P-Valor = 0.000

**D) DUREZA**

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Extremos**

Correlación Pearson de DB y Extremos = 0.926

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Lados**

Correlación Pearson de DB y Lados = 0.963

P-Valor = 0.000

**E) EXTRACCION DE CLAVOS**

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Extremos**

Correlación Pearson de DB y Extremos = 0.873

P-Valor = 0.000

**Correlaciones: Densidad Básica (DB), Lados**

Correlación Pearson de DB y Lados = 0.927

P-Valor = 0.000

## ANEXO 8

### ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES FÍSICAS

#### 1. A NIVEL LONGITUDINAL

Propiedad Física	Ecuación de Regresión	Coef. Determinación (R <sup>2</sup> %)	R <sup>2</sup> ajustado %	Coef. Correlación (R)	p- valor	Observaciones
Contracción Radial (CR)	CR = 5,812 - 1,731DB	2,1	0,0	-0,146	0,688	
	CR = 15,51 - 51,3DB + 62,8DB <sup>2</sup>	5,3	0,0	----	0,827	
	CR = -254,3 + 2005DB - 5137DB <sup>2</sup> + 4361DB <sup>3</sup>	18,9	0,0	----	0,717	
Contracción Tangencial (CT)	CT = 5,911 + 5,130DB	34,0	25,7	0,583	0,077	NO NORMALES
	CT = 4,77 + 10,94DB - 7,37DB <sup>2</sup>	34,1	15,2	----	0,233	NO NORMALES
	CT = -36,8 + 328DB - 808DB <sup>2</sup> + 672DB <sup>3</sup>	34,6	2,0	----	0,433	NO NORMALES
Contracción Longitudinal (CL)	CL = 1,707 - 0,698DB	0,5	0,0	-0,072	0,833	
	CL = -16,90 + 94,45DB - 120,8DB <sup>2</sup>	19,2	0,0	----	0,426	
	CL = -111,5 + 815DB - 1941DB <sup>2</sup> + 1525DB <sup>3</sup>	21,8	0,0	----	0,608	
Contracción Volumétrica (CV)	CV = 9,562 + 1,229DB	2,0	0,0	0,141	0,680	
	CV = 14,20 - 22,49DB + 30,12DB <sup>2</sup>	3,4	0,0	----	0,871	
	CV = -47,7 + 449DB - 1161DB <sup>2</sup> + 998DB <sup>3</sup>	4,7	0,0	----	0,948	

## 2. A NIVEL TRANSVERSAL

Propiedad Física	Ecuación de Regresión	Coef. Determinación (R <sup>2</sup> %)	R <sup>2</sup> ajustado %	Coef. Correlación (R)	p- valor	Observaciones
Contracción Radial (CR)	$CR = 5,015 + 0,586DB$	0,5	0,0	0,073	0,733	
	$CR = 14,57 - 45,31DB + 54,72DB^2$	7,6	0,0	----	0,506	
	$CR = 52,52 - 340,8DB + 809DB^2 - 633,0DB^3$	8,4	0,0	----	0,614	
Contracción Tangencial (CT)	$CT = 7,164 + 1,788DB$	5,2	0,4	0,227	0,310	
	$CT = 2,475 + 25,29DB - 29,10DB^2$	8,0	0,0	----	0,452	
	$CT = -9,08 + 112,6DB - 247DB^2 + 180,3DB^3$	8,2	0,0	----	0,664	
Contracción Longitudinal (CL)	$CL = 1,766 - 0,629DB$	0,8	0,0	-0,087	0,678	
	$CL = 5,537 - 19,47DB + 23,25DB^2$	2,8	0,0	----	0,728	
	$CL = 82,45 - 599,6DB + 1469DB^2 - 1192DB^3$	11,8	0,0	----	0,442	
Contracción Volumétrica (CV)	$CV = 9,341 + 1,146DB$	2,5	0,0	0,158	0,481	
	$CV = 21,79 - 64,68DB + 86,33DB^2$	19,3	12,0	----	0,094	
	$CV = -58,5 + 540,9DB - 1423DB^2 + 1244DB^3$	21,6	10,4	----	0,156	

## ANEXO 9

### ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEALES, CUADRÁTICAS, Y CÚBICAS PARA PROPIEDADES MECÁNICAS

#### 1. A NIVEL LONGITUDINAL

Propiedad Mecánica	Ecuación de Regresión	Coef. Determinación (R <sup>2</sup> %)	R <sup>2</sup> ajustado %	Coef. Correlación (R)	p- valor	Observaciones
<b>Flexión estática</b>						
ELP	ELP = 217,7 + 274DB	13,1	6,9	0,362	0,169	
	ELP = 1665 - 6851DB + 8692DB <sup>2</sup>	31,7	21,2	----	0,084	
	ELP = 10138 - 70012DB + 164735DB <sup>2</sup> - 127760DB <sup>3</sup>	37,8	22,2	----	0,116	
MOR	MOR = 152,7 + 1050DB	54,1	50,8	0,735	0,001	
	MOR = 296 + 332DB + 890DB <sup>2</sup>	54,1	47,1	----	0,006	
	MOR = 7524 - 54331DB + 138007DB <sup>2</sup> + 114078DB <sup>3</sup>	54,9	43,6	----	0,019	
MOE x 1000	MOE x 1000 = 6,00 + 208,3DB	66,4	64	0,815	0,000	
	MOE x 1000 = -36,5 + 417,6DB - 255,8DB <sup>2</sup>	66,6	61,5	----	0,001	
	MOE x 1000 = -3174 + 23789DB - 57940DB <sup>2</sup> + 47172DB <sup>3</sup>	74,2	67,8	----	0,001	
<b>Compresión paralela</b>						
ELP	ELP = 94,66 + 432,5DB	41,3	39,4	0,643	0,000	
	ELP = -1137 + 6405DB - 7190DB <sup>2</sup>	38,9	35,4	----	0,000	
	ELP = 2928 - 23893DB + 67765DB <sup>2</sup> - 61556DB <sup>3</sup>	39,3	34	----	0,001	
RM	RM = 88,12 + 514,4DB	50,9	49,5	0,713	0,000	
	RM = -1501 + 8412DB - 9733DB <sup>2</sup>	77,0	75,6	----	0,000	
	RM = -3068 + 20091DB - 38620DB <sup>2</sup> + 23716DB <sup>3</sup>	77,2	75	----	0,000	
MOE x 1000	MOE x 1000 = 67,20 + 63,11DB	3,5	0,8	0,187	0,260	
	MOE x 1000 = -432,8 + 2497DB - 2947DB <sup>2</sup>	15,5	10,8	----	0,049	
	MOE x 1000 = -2824 + 20322DB - 47051DB <sup>2</sup> + 36225DB <sup>3</sup>	16,8	9,6	----	0,089	

Compresión perpendicular					
ELP	ELP = $-91,34 + 323,0DB$	68,6	64,1	0,828	0,006
	ELP = $-600,7 + 2841DB - 3096DB^2$	72,6	63,5	----	0,021
	ELP = $12092 - 91216DB + 228517DB^2 - 189548DB^3$	78,9	66,2	----	0,038
Dureza					
Extremos (EXT)	EXT = $-308,4 + 1659DB$	70,7	67,1	0,841	0,002
	EXT = $-4164 + 20786DB - 23670DB^2$	74,9	67,7	----	0,008
	EXT = $-139257 + 1028916DB - 2527919DB^2 + 2070717DB^3$	80,3	70,5	----	0,015
Lados (LAD)	LAD = $-523,8 + 2064DB$	88,7	87,3	0,942	0,000
	LAD = $-2452 + 11631DB - 11839DB^2$	89,6	86,6	----	0,000
	LAD = $-61004 + 448571DB - 1097224DB^2 + 897485DB^3$	90,4	85,6	----	0,002
Extracción de clavos					
Extremos (EXT)	EXT = $-64,10 + 345,9DB$	69,6	67,7	0,834	0,000
	EXT = $-635,3 + 3283DB - 3756DB^2$	66,3	62,1	----	0,000
	EXT = $1827 - 14861DB + 40517DB^2 - 35773DB^3$	71,2	65,5	----	0,000
Lados (LAD)	LAD = $-99,25 + 468,8DB$	73,1	71,6	0,855	0,000
	LAD = $-121,6 + 579DB - 135DB^2$	73,1	69,9	----	0,000
	LAD = $-3118 + 22635DB - 53913DB^2 + 43427DB^3$	75,7	71,2	----	0,000

## 2. A NIVEL TRANSVERSAL

Propiedad Mecánica	Ecuación de Regresión	Coef. Determinación (R <sup>2</sup> %)	R <sup>2</sup> ajustado %	Coef. Correlación (R)	p- valor	Observaciones
<b>Flexión estática</b>						
ELP	ELP = -6,24 + 839,6DB	50,8	49,6	0,713	0,000	
	ELP = 267,0 - 534DB + 1703DB <sup>2</sup>	51,4	48,9	----	0,000	
	ELP = 4204 - 30805DB + 78380DB <sup>2</sup> - 64021DB <sup>3</sup>	54,0	50,2	----	0,000	
MOR	MOR = 131,2 + 1069DB	57,2	56,0	0,756	0,000	
	MOR = -467,2 + 4153DB - 3900DB <sup>2</sup>	57,8	55,5	----	0,000	
	MOR = 12015 - 93138DB + 246108DB <sup>2</sup> - 211920DB <sup>3</sup>	72,0	69,7	----	0,000	
MOE x 1000	MOE x 1000 = 7,330 + 198,1DB	66,5	65,6	0,815	0,000	
	MOE x 1000 = 177,9 - 647,3DB + 1034DB <sup>2</sup>	72,9	71,3	----	0,000	
	MOE x 1000 = -269,0 + 2637DB - 6949DB <sup>2</sup> + 6422DB <sup>3</sup>	70,0	67,6	----	0,000	
<b>Compresión paralela</b>						
ELP	ELP = 46,35 + 527,0DB	48,0	47,3	0,693	0,000	
	ELP = 15,0 + 686,3DB - 199DB <sup>2</sup>	48,0	46,6	----	0,000	
	ELP = 663 - 4307DB + 12481DB <sup>2</sup> - 10621DB <sup>3</sup>	48,2	46,1	----	0,000	
RM	RM = 46,51 + 597,7DB	65,8	65,3	0,811	0,000	
	RM = -295,3 + 2327DB - 2153DB <sup>2</sup>	70,3	69,5	----	0,000	NO NORMALES
	RM = 484,2 - 3683DB + 13119DB <sup>2</sup> - 12800DB <sup>3</sup>	70,6	69,4	----	0,000	
MOE x 1000	MOE x 1000 = 50,76 + 93,27DB	15,0	13,9	0,388	0,000	NO NORMALES
	MOE x 1000 = -54,74 + 593,0DB - 581DB <sup>2</sup>	18,2	16,2	----	0,000	
	MOE x 1000 = 624,5 - 4654DB + 12864DB <sup>2</sup> - 11427DB <sup>3</sup>	20,4	17,1	----	0,001	

Compresión perpendicular						
ELP	$ELP = -33,06 + 190,9DB$	71,3	69,8	0,845	0,000	
	$ELP = -48,06 + 268,9DB - 99,1DB^2$	71,4	68,0	----	0,000	
	$ELP = 520,7 - 4146DB + 11163DB^2 - 9451DB^3$	73,3	68,3	----	0,000	
Dureza						
Extremos (EXT)	$EXT = -49,05 + 1028DB$	85,8	85,0	0,926	0,000	
	$EXT = 141,0 + 68DB + 1199DB^2$	86,0	84,3	----	0,000	
	$EXT = -3382 + 26839DB - 66107DB^2 + 56003DB^3$	86,6	84,0	----	0,000	
Lados (LAD)	$LAD = -154,1 + 1141DB$	92,7	92,3	0,963	0,000	
	$LAD = -599,0 + 3385DB - 2800DB^2$	93,6	92,7	----	0,000	
	$LAD = 5110 - 41492DB + 113554DB^2 - 99570DB^3$	92,3	90,9	----	0,000	
Extracción de clavos						
Extremos (EXT)	$EXT = -61,72 + 332,4DB$	76,3	75,6	0,873	0,000	
	$EXT = -117,8 + 618,5DB - 360,5DB^2$	76,6	75,1	----	0,000	
	$EXT = -290,1 + 1926DB - 3630DB^2 + 2698DB^3$	76,6	74,4	----	0,000	
Lados (LAD)	$LAD = -111,0 + 491,7DB$	86,0	85,6	0,927	0,000	
	$LAD = -33,11 + 97,3DB + 493,2DB^2$	86,3	85,4	----	0,000	
	$LAD = -1273 + 9487DB - 22937DB^2 + 19280DB^3$	87,9	86,8	----	0,000	