

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“ESTIMACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD MEDIANTE
MÓDULOS DINÁMICOS PARA LA MADERA *GUAZUMA CRINITA*
MARTIUS PROCEDENTE DE LORETO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

LYS PAMELA MENDOZA LESCANO

LIMA – PERÚ

2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“ESTIMACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD MEDIANTE
MÓDULOS DINÁMICOS PARA LA MADERA *GUAZUMA*
CRINITA MARTIUS PROCEDENTE DE LORETO”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL
LYS PAMELA MENDOZA LESCANO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Julio Cesar Canchucaya Rojas
Presidente

Dr. Manuel Chavesta Custodio
Miembro

Dr. Florencio Teodoro Trujillo Cuellar
Miembro

Dr. Luis Shuseki Yoza Yoza
Asesor

Mg.Sc. Moises Pascual Acevedo Mallque
Co Asesor

DEDICATORIA

A mi madre, padre y hermana por su apoyo y paciencia incondicional en este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento

A mi co-asesor, el profesor Mg. Sc. Moisés Acevedo Mallque, por su apoyo incondicional, paciencia y las enseñanzas brindadas.

A mi asesor, el profesor Mg. Sc. Luis Yoza Yoza, por su disposición a resolver mis inquietudes durante todo el proceso.

A Liana Torres quien estuvo siempre dispuesta a brindarme su ayuda en todo momento y por compartir sus enseñanzas.

A Álvaro, por su apoyo en la elaboración de probetas y orientación en el programa de AutoCAD.

A Sandra, por su apoyo y disposición en los ensayos.

A Jhonatan, por su ayuda incondicional y sus palabras de aliento desde el inicio. Gracias por tu comprensión y apoyo.

A Leonardo Covarrubias y José Cipra , por su orientación y consejos en el análisis estadístico, gracias por su apoyo y paciencia.

A mi mamá y papá, por ser mi apoyo y aliento en todo momento. Por siempre darme lo mejor y enseñarme a ser cada día mejor.

Y a todas aquellas personas que hicieron posible la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABS TRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Clasificación de la especie.....	2
2.1.1 Taxonomía.....	2
2.1.2 Descripción de la especie.....	2
2.1.3 Silvicultura.....	3
2.1.4 Distribución geográfica y hábitat.....	3
2.2 Descripción de la madera de bolaina.....	3
2.2.1 Usos.....	5
2.3 Propiedad mecánica: Flexión estática.....	6
2.4 Comportamiento elástico en la madera.....	6
2.5 Módulo de elasticidad.....	7
2.5.1 Módulo de Elasticidad Estático.....	8
2.5.2 Módulo de Elasticidad dinámico.....	9

2.6 Técnicas no destructivas para cuantificar el módulo de elasticidad dinámico	9
2.6.1 Método Acústico-Prueba de Onda de Esfuerzo(velocidad de propagación de onda)	11
2.6.2 Método Acústico-Ensayo de Resonancia.....	13
2.7 Factores que influyen en la velocidad acústica ye en el módulo de elasticidad dinámico	16
2.8 Relación entre el módulo de elasticidad no destructivo y módulo de elasticidad estático	18
2.9 Relación entre el módulo de elasticidad no destructivo y módulo de ruptura.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Lugar de ejecución de ensayo	19
3.2 Especie	19
3.3 Materiales y equipo	19
3.4 Metodología	21
3.4.1 Descripción de la zona de estudio.....	21
3.4.2 Selección y colección de muestras.....	22
3.4.3 Transformación y selección de listones.....	22
3.4.4 Preparación de muestras de probetas y pesado.....	24
3.4.5 Ensayos no destructivos y cálculo del módulo de elasticidad dinámico	25
3.4.6 Ensayo destrcutivo y cálcuo del módulo de leasticidad estático.....	28
3.4.7 Evaluación de resultados	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Evaluación de las propiedades físicas y flexión estática de Guazuma crinita.....	21
4.1.1 Análiss de la densida básica vs módulo de elasticidad estático	33
4.1.2 Análisis de la densidad básica vs módulo de ruptura	34

4.2 Evaluacion del modulo de elasticidad dinámico	35
4.2.1 Módulo de elasticidad dinámico	35
4.2.2 Dterminación del Coeficiente de Perason	37
4.3 Módulo de elasticidad dinámico , estático y módulo de ruptura	39
4.3.1 Análisis de Regresión entre MOE_d y MOE_e	40
4.3.2 Regresión entre velocidad de onda de esfuerzo vs Moe estático	44
4.3.3 Regresión Moe dinámico-MOR	45
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. BIBLIOGRAFÍA	49
VIII. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Página

TABLA 1	PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i> MARTIUS SEGÚN DIFERENTES AUTORES	4
TABLA 2	VALORES PROMEDIOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE RALEO DE <i>GUAZUMA CRINITA</i> DE DIFERENTES EDADES	5
TABLA 3	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS ÁRBOLES EXTRAÍDOS	22
TABLA 4	LISTA TOTAL DE LISTONES SELECCIONADOS	23
TABLA 5	VALORES PROMEDIOS Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	32
TABLA 6	PROMEDIO, MEDIANA, RANGO E INTERVALO DE CONFIANZA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	33
TABLA 7	VALORES PROMEDIOS Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO DE LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	36
TABLA 8	PROMEDIO, MEDIANA, RANGO E INTERVALO DE CONFIANZA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO DE LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	37
TABLA 9	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIOS PARÁMETROS.....	38
TABLA 10	VALORES PROMEDIOS DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DINÁMICO EN LA MADERA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	39
TABLA 11	REGRESIÓN ENTRE MOE DINÁMICO Y ESTÁTICO EN LA ESPECIE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	40
TABLA 12	COEFICIENTES DE CORRELACIÓN, DETERMINACIÓN Y REGRESIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE ONDA Y RESONANCIA DE ONDAS LONGITUDINALES CON EL MOE ESTÁTICO	44

TABLA 13 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN, DETERMINACIÓN Y REGRESIÓN ENTRE EL MOE DINÁMICO Y MÓDULO DE RUPTURA.....	45
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 APARATO Y DISPOSICIÓN DE LA PROBETA PARA ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA.....	8
FIGURA 2 MICROSECOND TIMER FAKOPP PARA LAS PRUEBAS DE ONDAS DE ESFUERZO	12
FIGURA 3 DETALLE DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA LONGITUDINAL DE RESONANCIA.....	15
FIGURA 4 UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE <i>GUAZUMA CRINITA</i> MARTIUS	21
FIGURA 5 MÉTODO DE CORTE PARA LAS TROZAS Y MARCADO DE LISTONES	23
FIGURA 6 TAMAÑO DE CORTE DE LOS LISTONES A PROBETAS	24
FIGURA 7 SATURACIÓN DE LAS PROBETAS DE FLEXIÓN	24
FIGURA 8 PROBETAS DE FLEXIÓN EN CONDICIÓN SATURADA.....	25
FIGURA 9 A-MEDICIÓN DE LONGITUD (IZQUIERDA) ,B- ANCHO Y ESPESOR (DERECHA) DE LAS PROBETAS PARA FLEXIÓN.....	26
FIGURA 10 LECTURA DE TIEMPO DE PROPAGACIÓN DE ONDA EN EL MICROSECOND TIMER	26
FIGURA 11 A- COLOCACIÓN DE LOS SENSORES A 45° (IZQUIERDA) Y B-COLOCACIÓN DE LOS SENSORES A 0° (DERECHA).....	27
FIGURA 12 DISPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS Y PROBETA PARA LA EVALUACIÓN DEL ENSAYO FFT	27
FIGURA 13 DISPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS Y PROBETAS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA.....	28

FIGURA 14	PROBETAS DE DENSIDAD Y PESADO PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD BÁSICA.....	29
FIGURA 15	ECUACIÓN DE REGRESIÓN DB- MOE ESTÁTICO DE MADERA MADURA <i>GUAZUMA CRINITA</i>	34
FIGURA 16	ECUACIÓN DE REGRESIÓN DB-MOR DE MADERA MADURA DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	35
FIGURA 17	DIAGRAMA COMPARATIVO DEL PROMEDIO DEL MODULO DE ELASTICIDAD DINAMICO	36
FIGURA 18	REGRESIÓN ENTRE MOE ESTÁTICO VS MOE DINÁMICO LONGITUDINAL PARA SENSORES EN ÁNGULO DE 0° CON LA DIRECCIÓN DE LAS FIBRAS...	42
FIGURA 19	REGRESIÓN ENTRE MOE ESTÁTICO VS MOE DINÁMICO LONGITUDINAL PARA SENSORES EN ANGULO DE 45° CON LA DIRECCIÓN DE LAS FIBRA.....	42
FIGURA 20	REGRESIÓN ENTRE MOE ESTÁTICO VS MOE DINÁMICO LONGITUDINAL- FFT ANALYZER	43
FIGURA 21	REGRESIÓN ENTRE MOE ESTÁTICO VS MOE DINÁMICO TRANSVERSAL – FFT ANALYZER VS.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 01 ESQUEMA DE LOS CORTES DE LOS 3 ÁRBOLES DE GUAZUMA CRINITA	56
ANEXO 02 EXCENTRICIDAD DE LOS ÁRBOLES DE GUAZUMA CRINITA	57
ANEXO 03 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO FAKOPP MICROSECOND TIMER	59
ANEXO 04 ANÁLISIS DE DE VARIANCIA ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICA	60
ANEXO 05 ANÁLISIS DE DE VARIANCIA ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA Y MÓDULO DE RUPTURA	61
ANEXO 06 ANÁLISIS DE VARIANCIA ENTRE MOE ESTÁTICO Y MOE DINÁMICO ..	62
ANEXO 07 ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL 0° VS MOE	65
ANEXO 08 ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL 45° VS MOE	66
ANEXO 09 ANOVA ENTRE MOE TRANSVERSAL-FFT VS MOE	67
ANEXO 10 ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL -FFT VS MOE.....	68
ANEXO 11 ANÁLISIS DE VARIANCIA ENTRE LA VELOCIDAD DE ONDA VS MOE ESTÁTICO	69
ANEXO 12 CONTENIDO DE HUMEDAD , DENSIDAD BASICA Y DENSIDAD AL CH%	72

ANEXO 13	RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL 0°-MICROSECOND TIMER	76
ANEXO 14	RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL 45°-MICROSECOND TIMER	83
ANEXO 15	RESULTADOS DE MOE TRANSVERSAL-FFT ANALYZER.....	90
ANEXO 16	RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL -FFT ANALYZER.....	95
ANEXO 17	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL MOE ESTÁTICO	99
ANEXO 18	RESULTADOS DE VELOCIDAD DE ONDA Y FRECUENCIAS	104

RESUMEN

Se trabajó con la especie *Guazuma crinita* en condición saturada para evaluar las variables de módulo de elasticidad dinámico (MOE_d); así como el módulo de elasticidad estático (MOE_e) y módulo de ruptura (MOR) en flexión estática de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas 251.017:2004 , “MADERA. Método para determinar la flexión estática” con el fin de estimar el MOE_e y MOR mediante el MOE_d .

En la determinación del MOE_d , se utilizó el Microsecond timer en dos posiciones a 0° y 45° en sección longitudinal de la probeta y FFT Analyzer en la sección transversal y longitudinal. En ambas técnicas no destructivas no se encontraron diferencias estadísticas; sin embargo se muestra mejor estimación del MOE estático con la técnica de resonancia longitudinal.

La regresión lineal que mejor estima el MOE_e es : $MOE = 4743,3 + 0,7356 * MOE_{Long}$.
por el método de resonancia con FFT Analyzer.

Palabras clave: MOE dinámico, MOE estático, velocidad, resonancia, propagación de onda, *Guazuma crinita*.

ABSTRACT

We worked with the species *Guazuma crinita* in saturated condition to evaluate the variables of dynamic modulus of elasticity (MOE_d); as well as the static modulus of elasticity (MOE_e) and modulus of rupture (MOR) in static bending according to Peruvian Technical Standards 251.017:2004, "WOOD. Method to determine the static bending" in order to estimate the MOE_e and MOR by means of the MOE_d .

In the determination of the MOE_d , the Microsecond timer was used in two positions at 0° and 45° in the longitudinal section of the specimen and the FFT Analyzer in the transverse and longitudinal section. In both non-destructive techniques no statistical differences were found; however, a better estimate of the static MOE is shown with the longitudinal resonance technique.

The linear regression that best estimates the MOE_e is: $MOE = 4743,3 + 0,7356 * MOE_{Long}$, by the resonance method with FFT Analyzer.

Keywords: dynamic MOE, static MOE, velocity, resonance, wave propagation, *Guazuma crinita*.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de optimizar recursos en los procesos industriales y de elaborar productos maderables de excelente calidad implican garantizar materias primas de calidad. En el caso de la madera es necesario realizar evaluaciones de calidad mediante estudios de las propiedades tecnológicas durante su crecimiento y según uso final, sin pérdida de material, de tiempo y con certeza; tanto a nivel de árbol en pie, como de madera aserrada y producto final.

Una alternativa para esta evaluación, es la técnica no destructiva que estiman las propiedades físico-mecánicas de la madera, en especial del módulo de elasticidad(MOE) que se usa como un criterio de calidad y clasificación para madera estructural (Navia, 2006).

En el caso concreto de la *Guazuma crinita* Martius, se carece de una línea de base en árboles de bosques secundarios y de mayor edad que sirva como referencia en la aplicación de ésta técnica no destructiva, que permita la evaluación y evolución en el tiempo de las propiedades de la madera provenientes de plantaciones.

El presente estudio evaluó la factibilidad de estimar el módulos de elasticidad estático mediante el módulo de elasticidad dinámico estimado mediante técnicas no destructivas de resonancia y propagación de la onda de esfuerzo para la madera *Guazuma crinita* Martius, en condición saturada procedente de Loreto - Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Clasificación de la especie

2.1.1 Taxonomía

Reino: Plantae

Subreino: Fanerógamas

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Nombre Científico: *Guazuma crinita* Martius

Nombre Común: “Bolaina”, “Bolaina blanca” (Reynel et al., 2016).

2.1.2 Descripción de la especie

La *Guazuma crinita* es un árbol de 25-80 cm. de diámetro y 15-30 m. de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta. Presenta corteza externa finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo; corteza interna fibrosa, amarillenta, conformando un tejido finamente reticulado (Reynel et al., 2016).

2.1.3 Silvicultura

Reynel et al. (2003), indican que la germinación puede llegar a 90% con semilla fresca, mientras que Alvarez y Ríos (2007) afirman que con abundante agua y luz, el porcentaje de germinación puede ser de 60 a 70 % entre los 5 a 9 días. Añade Flores (2007), que la germinación no requieren de ningún tratamiento previo.

La *Guazuma crinita* presenta mejor crecimiento promedio (altura y diámetro) con el mayor ingreso de luz (fajas de 30 m), suelo aluvial y relieve plano (Alvarez y Ríos,2007).

Es una especie que rebrota vigorosamente después del aprovechamiento del fuste principal, por lo tanto es viable producir más cosechas de madera sin necesidad de replantar el terreno (IIAP, 2009).

2.1.4 Distribución geográfica y hábitat

La *Guazuma crinita* se distribuye desde Centroamérica, hasta el Sur de Brasil y Bolivia (Ushiñahua, 2016) y en la Amazonía peruana, Reynel et al. (2016), mencionan que esta especie es frecuente en Selva baja y Ceja de selva, hasta los 1500 msnm, en bosques secundarios; principalmente en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali en los bosques inundables, no inundables, en la ribera de los ríos y quebradas (Reynel et al, 2007).

Según Ushiñahua (2016) la *Guazuma crinita* se establece mejor en suelos fértiles de tipo, franco –arcilloso o arcilloso y con un buen drenaje e inundable temporalmente. Tolera suelos con pH 5,56-7,73 y no tolera la inundación, sobre todo cuando es una plántula.

2.2 Descripción de la madera de bolaina

Acevedo y Kikata (1994), señalan que la madera, en condición seca al aire no hay diferencia entre albura y duramen de color blanco cremoso. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma regular. Grano recto, textura media y brillo medio. Veteado, arcos

superpuestos ligeramente definidos y jaspeados. Porosidad difusa con poros visibles a simple vista, solitarios de forma oval y múltiples radiales de 2-4; con 2 a 7 poros/mm². Parénquima ligeramente visible con lupa 10x, apotraqueal difuso en agregado y paratraqueal vasicentrico. Radios visibles a simple vista, con 5 a 6/mm, no estratificados.

Respecto a las propiedades físicas, Aróstegui y Sato (1970), evaluaron la madera de *Guazuma crinita* procedente del bosque secundario de Tingo María, libre de defectos con edad no especificada y diámetros de troza entre 35 a 45 cm. Asimismo, en madera de plantaciones, son importantes los estudios realizados por Weber y Sotelo (2007) en árboles de tres años y de Chavesta et al (2019) con árboles de 5 y 8 años. En la Tabla 1 se presentan los resultados.

Tabla 1: Propiedades físicas de la madera de *Guazuma crinita* Martius según diferentes autores

Propiedad	Unidades	Procedencia			
		Bosque ^{1/} secundario	Plantaciones (años)		
			3 ^{2/}	5 ^{3/}	8 ^{3/}
1. Densidad básica			0,42	0,36	0,40
		0,41			
2. Contracciones					
	g/ cm ³				
2.1. Radial				2,78	3,09
	%	3,5			
2.2. Tangencial				5,26	5,59
		5,5			
2.3. Volumétrica				7,93	8,67

Fuente : ^{1/} Aróstegui y Sato (1970) ^{2/} Weber y Sotelo (2007) ^{3/} Chavesta et al (2019)

Estudios de Aróstegui y Sato (1970), indican módulos de elasticidad (MOE) y de ruptura (MOR) en flexión estática, de 97,8 t/cm² y 507,8 kg/cm² respectivamente. Valores que la sitúan como una madera de baja a mediana resistencia. Asimismo, en la Tabla 2 se presentan los valores de flexión estática para la madera de raleo de plantaciones de 4, 5 y 6 años de edad.

Tabla 2: Valores Promedios de Flexión Estática de la Madera de raleo de *Guazuma crinita* de diferentes edades

Propiedad	Unidades	Plantaciones (años)		
		4	5	6
1. Contenido de humedad	%	13,80	13,80	13,00
2. Flexión estática				
2.1 Módulo de elasticidad	t/cm ²	69,20	66,20	66,30
2.2. Módulo de ruptura	kg/cm ²	486,60	458,70	393,40

Fuente: Sueros (2017)

2.2.1 Usos

La *Guazuma crinita* es usada para la fabricación de puertas sólidas, mediante la aplicación de tecnologías industriales tipo tablero de listones, para los cuales requieren que tengan un adecuado proceso de secado y calidad en el cepillado, así como aditivos y pegamentos de Acetato de polivinilo (Soudre,2006). También como madera redonda para la construcción de viviendas en la producción de tablillas; así como, en revestimiento de viviendas y en cielo raso, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos, cajonería, juguetería, artesanía y crecientemente en la industria de los tableros contrachapados (Ushiñahua , 2016).

2.3 Propiedad mecánica: Flexión estática

Díaz (2005) señala que el ensayo de flexión estática mide la resistencia que opone una viga a una carga puntual aplicada en la cara tangencial de la probeta y el centro de la luz o distancia entre apoyos. Por otro lado, Aróstegui (1982) refiere que la flexión estática depende de muchos factores tales como: los defectos de crecimiento (nudos, desviaciones de las fibras), densidad, contenido de humedad, entre otros. Agrega que se tienen 3 índices en esta propiedad: Módulo de elasticidad (MOE) , módulo de ruptura (MOR) y esfuerzo al límite proporcional (ELP). Destaca Hermoso (2001), que entre las propiedades más importantes y necesarias para la clasificación de la resistencia de la madera son: resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y densidad.

2.4 Comportamiento elástico en la madera

La elasticidad corresponde a la capacidad de un material de retornar a su forma original luego de ser deformado por una fuerza debajo de su límite proporcional, que es definido como el esfuerzo por unidad de superficie, en donde la deformación es proporcional a la carga que se aplica. Sin embargo, cuando el material se carga sobre el límite proporcional, entra a la zona de deformación plástica; y si continua la carga , se produce la ruptura del material (Muñoz, 2012). Por ello, cuando la madera es sometida a cargas tiene un comportamiento denominado visco-elástico, ya que primero la madera se comporta de manera elástica porque se deforma ante ciertas cargas que recibe, pero también como plástico al incrementarse la deformación por la acción del tiempo de carga (Vignote y Martínez, 2006).

Sotomayor (2015) agrega que este comportamiento elástico de la madera puede ser modificado por la densidad, contenido de humedad, temperatura y velocidad de carga. El parámetro densidad es directamente proporcional a la elasticidad de la madera según Guitard y El Amri (1987); todo lo contrario al contenido de humedad, que a partir del punto de saturación de la fibras, el fenómeno de elasticidad se minimiza y permanece constante; mientras que si la temperatura aumenta la madera se hace más elástica.

Respecto a las velocidades de carga y el carácter visco-elástico, dicha característica aumenta proporcionalmente con la velocidad de carga. Así, cuando la velocidad de carga es lenta, la respuesta de la madera puede considerarse casi estática; y cuando la velocidad de carga es rápida, el comportamiento visco-elástico de la madera se modela para condiciones dinámicas. Dicha carga dinámica puede ser provocada por vibraciones de impacto o vibraciones forzadas que pueden ser de tipo transversal o longitudinal, las cuales ocurren en ensayos no destructivos (Sotomayor, 2015).

El mismo autor agrega que el estudio de elasticidad puede ser cuantificado a través del módulo de elasticidad dinámico (MOE_d) con los ensayos no destructivos, y el módulo de elasticidad estático (MOE_e) con ensayos destructivos.

2.5 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad (MOE) es aquella propiedad mecánica que permite estimar la capacidad de resistir una fuerza que tiende a cambiar la forma o volumen y que cuando dicha fuerza deja de actuar recupera su forma o volumen original. Es menester resaltar que el módulo de elasticidad solo se aplica a condiciones dentro del límite de proporcionalidad (Cuevas, 2003). Al principio la deformación es proporcional a la fuerza que lo produce, lo que hace que exista una relación lineal entre las tensiones y las deformaciones (Vignote y Martínez, 2006).

El módulo de elasticidad es una característica intrínseca del material y su valor no debe variar según el método de ensayo utilizado para su determinación; sin embargo, en experimentos su determinación en la madera, denota diferentes valores si la velocidad de carga varía. Esta diferencia en los resultados, puede ser explicada por su carácter visco-elástico como lo citan Sotomayor (2006) y Rocha (2012).

2.5.1 Módulo de Elasticidad Estático (MOE_e)

El MOE estático mide la resistencia de la madera a la deflexión bajo cargas. Este MOE se usa como un criterio de calidad y clasificación para madera estructural; es de suma importancia ya que nos permite determinar el valor real del MOE (Navia, 2006).

Sotomayor (2016), agrega que si bien para fines prácticos, las regresiones simples a partir de módulos dinámicos permite predecir el módulo de elasticidad estático con una precisión razonable; sin embargo, para fines de cálculo y diseño estructural, es recomendable considerar la influencia de la variación de los valores de las características físicas entre especies de madera, el efecto de las dimensiones y de calidad entre las probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos de crecimiento y la posible diferencia de los valores correspondientes a elementos estructurales.

El MOE estático de una pieza de madera, puede medirse en un aparato que evalúe la flexión estática, como la máquina universal de ensayos, registrando la deflexión y carga para el cálculo de su valor (Fig. 1). Las desventajas de esta técnica es que es lenta e involucra equipos caros que no son portátiles; sin embargo, muchos investigadores han demostrado que con el módulo de elasticidad dinámico existe una buena correlación (Carter et al., 2005).

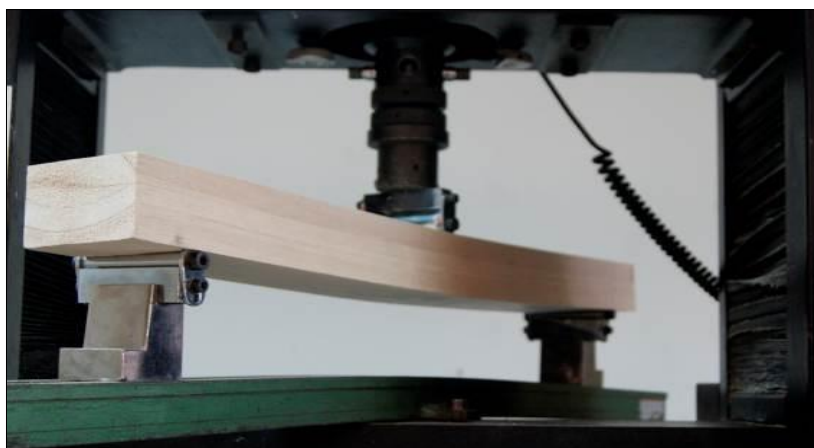


Fig. 1: Aparato y disposición de la probeta para ensayo de flexión estática

Según la Norma Técnica Peruana 251.017 (2014) "Método de ensayo de flexión", el cálculo del MOE_e se determina de la siguiente manera:

$$MOE_e = \frac{(P \times L^3)}{(4ae^3y)} \quad (1)$$

Dónde:

P= Carga al límite proporcional (kg)

L= Luz de la probeta (cm)

a= Ancho de la probeta (cm)

e= Espesor de la probeta (cm)

y = Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional (cm)

2.5.2 Módulo de Elasticidad Dinámico (MOE_d)

El MOE dinámico, mide la resistencia de la madera mediante el empleo de equipos de tecnología acústica, donde la onda es generada mediante un esfuerzo manual y se obtiene midiendo la velocidad de propagación de una onda acústica a través del material (Carter *et al.*, 2005). Agregan, Hayes y Chen (2003), que la mejor predicción del MOE estático depende de la precisión con que se realice los golpes a la probeta para generar medidas mas exactas para el cálculo de la velocidad de onda.

2.6. Técnicas no destructivas para cuantificar el módulo de elasticidad dinámico

Los métodos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, entre otros, que permitan evaluar una determinada propiedad del material. La estimación de las propiedades de la madera: Densidad, módulo de elasticidad y tensión de rotura, se puede realizar mediante la utilización de diferentes técnicas no destructivas (Gonzalez *et al.*, 2007).

Ross y Pellerin (1994), define las pruebas no destructivas como una técnica para identificar las propiedades físicas y mecánicas de materiales sin alterar su capacidad de tener un uso

final y emplear esta información para la toma de decisiones con respecto a las aplicaciones adecuadas.

Jayne (1959), propuso la hipótesis fundamental de las técnicas no destructivas, afirmaba que la madera así como otros productos derivados de ella, se caracterizan por la posibilidad de almacenar y disipar energía. La propiedad de almacenar energía es manifestada por la velocidad a la cual una onda mecánica viaja a través de la madera y la capacidad de la madera para atenuar una onda mecánica denota su capacidad para disipar energía, por lo cual, mediante relaciones matemáticas útiles entre estas propiedades y el comportamiento elástico (MOE) y de resistencia (MOR) pueden ser predecibles a través de métodos de análisis de regresión estadística.

Bucur, citado por Toro (2005), manifiesta que las técnicas de evaluación no destructivas utilizan la propagación del sonido generado (onda) en un material bajo condiciones de esfuerzo inducido. Entre los parámetros importantes en la aplicación de estas técnicas, se mencionan la velocidad de la transmisión del sonido, así como la atenuación de la onda sonora producto de las características del material.

Marín (2013), señala que el ensayo por ondas sonoras acústicas se realiza mediante vibraciones mecánicas que se propagan a través del material. Su propagación es distinta según el lugar por el cual se transmiten (longitudinalmente, transversalmente y superficialmente). Asimismo, que la propagación de las ondas acústicas a través de los materiales está íntimamente relacionada con su microestructura que en el caso de la madera, dada la influencia de su carácter anisótropo, provoca una elevada atenuación. Por ello, se opta por trabajar con ondas de baja frecuencia para considerarla como un material homogéneo con simetría ortotrópica. Con respecto a los ultrasonidos, ondas mecánicas longitudinales con frecuencia por encima de 20 kHz, señalan que es una de las técnicas de inspección no destructiva más potentes y versátiles que existen; ya que permite localizar y cuantificar el tamaño de los defectos internos para diferentes geometrías y evaluar propiedades físicas, mecánicas o estructurales del material examinado.

Carnero (2007), señala que las técnicas no destructivas presentan ventajas en relación a las técnicas convencionales destructivas para la caracterización de la madera, como son: posibilidad de evaluar la integridad estructural de una pieza, mayor rapidez y versatilidad para adecuarse dentro de una rutina estandarizada en una línea de producción.

2.6.1 Método Acústico – Prueba de Onda de Esfuerzo (velocidad de propagación de onda)

La propagación de las ondas de sonido en la madera es un proceso dinámico que está internamente relacionado con las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Hay diferentes tipos de ondas que pueden propagarse, las ondas longitudinales, transversales y superficiales. Se considera a la primera como las que se desplazan más rápidamente y es la más comúnmente usadas para la evaluación de las propiedades de la madera (Ross y Pellerin , 1994). Asimismo, Rocha (2012) menciona dos tipos de herramientas acústicas disponibles: la de vibración usada en la evaluación de trozas, y las de ondas de esfuerzo utilizadas tanto para árboles en pie como trozas.

Sotomayor (2018), señala que las pruebas de ondas de esfuerzo consisten en medir el tiempo de propagación de onda a través de la longitud de la probeta, mediciones que permiten calcular la velocidad de onda. Dicho autor menciona que para medir el tiempo de propagación se puede utilizar el microsecond timer (Fakopp®, 45 kHz) (Fig. 2). Ponderando este parámetro con la densidad aparente de la madera es posible determinar el MOE dinámico (Pellerin y Ross, 2002). Las ecuaciones que a continuación se mencionan, ilustran su cálculo:

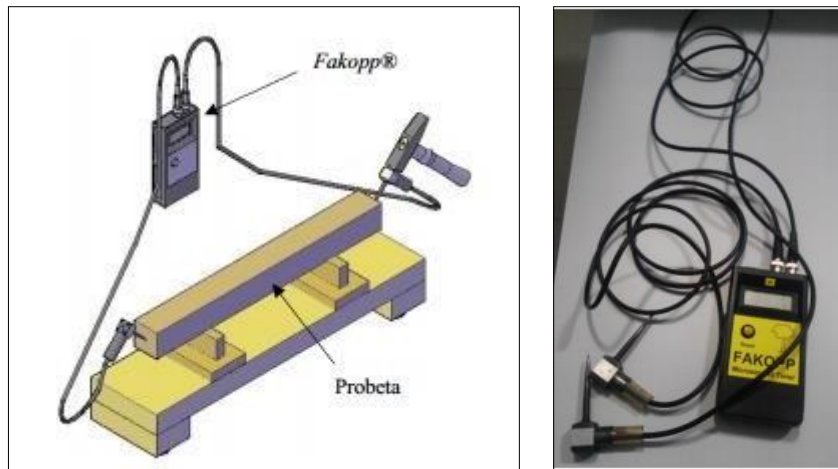


Fig. 2: Microsecond timer Fakopp para las pruebas de ondas de esfuerzo

La velocidad de onda (V_{oe}) empleando la formula propuesta por Del Menezzi et al. (2010):

$$V_{oe} = \frac{L}{t} \quad (2)$$

Donde:

V_{oe} =Velocidad de onda, (m /s)

L= Longitud de la probeta, (m)

t = Tiempo (s)

El módulo de elasticidad dinámico (MOE_d) por ondas de esfuerzo por la fórmula propuesta por Dackermann *et al.* (2014):

$$MOE_d = V_{oe}^2 \times \rho_{CH} \quad (3)$$

Dónde:

MOE_d = MOE dinámico (N / m^2)

V_{oe} = Velocidad de las ondas de esfuerzo, (m/s)

ρ_{CH} = Densidad aparente de la madera (kg/ m^3)

Sakai et al., citado por Fernández (2016), mencionan que por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF), la velocidad de las ondas ultrasónicas en dirección paralela a la fibra disminuye drásticamente con el aumento del contenido de humedad, sin embargo, por encima del punto de saturación de las fibras esta variación es despreciable. Según Rocha (2012) la velocidad de propagación disminuya un 0,4 % por cada 1 % de contenido de humedad que aumente la madera, mientras que en el análisis por vibración es de 0,55 %.

Sotomayor (2018), señala que al evaluar las correlaciones entre el módulo de elasticidad dinámico con la densidad aparente, ésta última es una buena predictora del módulo de elasticidad dinámico, pues tiende a incrementarse a medida que la densidad aparente aumenta; en cambio, demostro que no existe correlación entre la densidad aparente y la velocidad de onda.

2.6.2 Método Acústico-Ensayo de Resonancia

Las técnicas de resonancia se utilizan para determinar la condición física de un material o estructura. La teoría general se basa en que todos los materiales tienen una frecuencia natural de vibración (Rocha, 2012) y a partir de ella, estimar sus propiedades resistentes (Sotomayor et al., 2019).

Para una pieza de determinadas dimensiones que esta vibrando, la frecuencia natural asociada a su vibración está principalmente relacionada con su densidad y módulo de elasticidad (González et al., 2007). Asimismo, estudios de Domínguez et al. (s.f) concluyen que en los ensayos de resonancia, las variables que influyen en la variación de los resultados son la densidad de la madera, las frecuencias de resonante y las dimensiones de la probeta.

González et al. (2007), señalan que la relación matemática entre estas variables, suponen que se trata de medios sólidos: homogéneos, isotrópicos y perfectamente elásticos; sin embargo, puede aplicarse también a sistemas heterogéneos (anisotropicos), como la madera, teniendo en consideracion lo mencionado por Marín et al. (2013).

Tonosaki y Hainesi, citado en González et al, (2007), mencionan que la resonancia son de dos tipos: de vibración longitudinal y transversal, siendo la primera la de más frecuente, debido a que las ondas se propagan en forma paralela a las fibras, a diferencia de las transversales, en las que las ondas se propagan perpendicularmente a ellas;

En la vibración longitudinal el golpe se aplica en la testa y la resonancia originada es generada por una propagación de ondas planas longitudinales. Rocha (2012), indica el cálculo para el MOE dinámico en resonancia longitudinal a partir de la siguiente ecuación:

$$MOE_d = (2 \times L \times f)^2 \times \rho_{CH} \quad (4)$$

Donde:

MOE_d = MOE dinámico, en kg/cm^2

L = Longitud total de la probeta, en m

f = Frecuencia natural de vibración longitudinal, en Hz

ρ_{CH} = Densidad aparente del material, en kg/m^3

Si, por el contrario, el golpe fuera transversal a la pieza, el modo de resonancia que resulta más marcado mide la frecuencia natural en flexión (Gonzalez *et al.*, 2007), y el cálculo del MOE dinámico es a partir de la ecuación de Euler:

$$MOE_d = \left(\frac{2 \times f_n}{\gamma_n \times \pi} \right)^2 \times \frac{m \times L^3}{I} \quad (5)$$

Dónde:

MOE_d = MOE dinámico en flexión (kg/cm^2)

f_n = Frecuencia de vibración en flexión (Hz),

n = Número del modo dependiendo de la condición de soporte (n=1)

$\gamma_n = (n + 0.5)^2$

m = Masa de la probeta (kg)

L = Longitud de la probeta (m)

I = Momento de inercia, en nuestro caso: $I = ab^3/12$ donde a es el ancho (m) y b el espesor (m)

Por la complejidad que presentan las señales de las resonancia, es necesario convertirlas en señales más sencillas para facilitar su análisis e interpretación a través de la Transformada Rápida de Fourier (FFT). que captura la señal en el tiempo, la transforma en una serie de señales sinusoidales y finalmente las conduce al dominio de la frecuencia (Olarte et al., 2010). Las ventajas de este método frente al de vibraciones forzadas, es la mayor rapidez de ejecución del ensayo y la posibilidad de estudiar piezas de muy diferentes dimensiones (Fig 3).

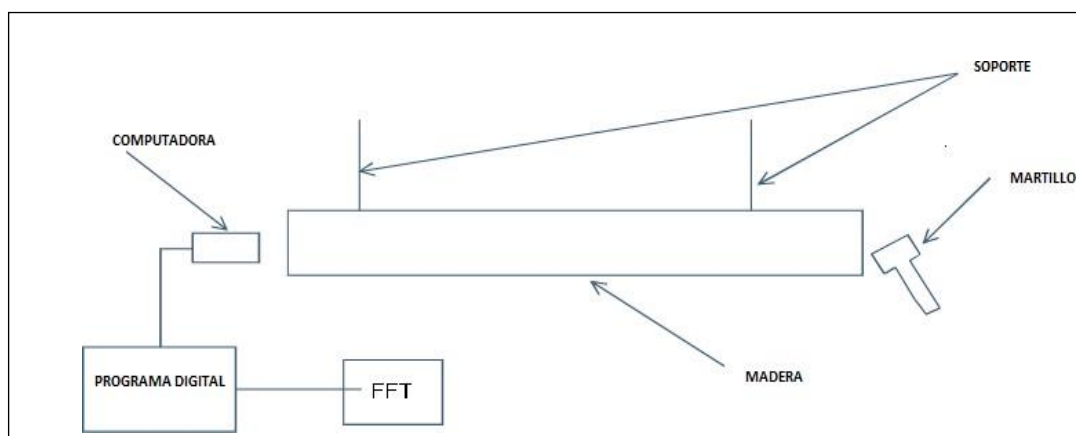


Fig. 3: Detalle de medición de la frecuencia longitudinal de resonancia

Júnior y Miná (2006) en el estudio de 326 piezas estructurales de madera de la especie Southern pine (*Pinus spp*), encontraron una alta correlación entre los MOE dinámico y estático a partir de pruebas de flexión estática y de vibración transversal que indican la eficiencia del método de vibración transversal para la determinación del MOE y la clasificación de piezas estructurales de la madera. El coeficiente de correlación obtenido (r) fue de 0,98.

Sotomayor (2006) menciona que los métodos de flexión en vibración transversal y flexión estática se han utilizado con éxito para determinar el MOE estático de la madera, y que el valor dinámico es generalmente mayor.

2.7 Factores que influyen en la velocidad acústica y en el módulo de elasticidad dinámico

Los principales factores que influyen en la transmisión de ondas de esfuerzo en la madera son la variabilidad natural entre especies, la heterogeneidad y anisotropía propias del material, contenido de humedad y temperatura (Dackermann et al., 2014). Gonzalez (2018) precisa que son dos los principales factores que pueden incidir en la medición: temperatura y el contenido de humedad presente en la madera. Este último afecta la medición cuando está por debajo del punto de saturación de fibras, y la velocidad de onda no cambia significativamente por encima de ella; puesto que las fibras son responsables de la propagación de la onda. Urbina (2017), también afirma que el contenido de humedad influye en la resistencia y elasticidad de la madera por debajo del punto de saturación de las fibras de manera inversa y Vignote y Martinez (2006), señalan que cuando el contenido de humedad aumentaba en 1%, la resistencia disminuía en 1,5% a 2%.

Kollman, citado en Silva (2008), señala que la densidad de una madera es uno de los datos más importantes para su clasificación técnica, ya que existe una relación constante entre densidad y resistencia mecánica. Las maderas más pesadas son por lo general más resistentes. Asimismo PADT-REFORT (2000), considera la densidad básica como un indicador estable para una especie determinada. Por otro lado, Chave citado en González, (2018) considera que la densidad básica es una importante propiedad física que está asociada con la mayoría de las características mecánicas y químicas de la madera. Sánchez (2015) menciona que el estudio “relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras” realizado por Borges, se encontró que la densidad tiene altas relaciones funcionales con la flexión estática, permitiendo la obtención de ecuaciones satisfactorias para estimar las propiedades físicas y mecánicas de la madera..

Pedini (1992) precisa que la tasa de crecimiento influye en el ángulo microfibrilar de dos maneras: Primero, los árboles de crecimiento rápido tienen mayor ángulo microfibrilar en madera juvenil y madera madura, y segundo, los anillos de crecimiento más angostos se forman en algunos árboles que son suprimidos por competencia y estos tienden a tener mayores ángulos microfibrilares. Bucur (1995) agrega que la curvatura de los anillos presentes en la madera influyen en la propagación de ondas transversales sólo en dirección

tangencial, más no en la dirección de radios. Asimismo, Treacey, citado en Bustamante (2019), indica que si el ángulo microfibrilar de la madera aumenta, el módulo de elasticidad disminuye y Lindstrom et al. (2004) que ésta correlación con el módulo de elasticidad dinámico es alta ($r = 0,78$).

De la Mata (2011) menciona que un factor que a veces influye en el comportamiento de la onda es el estado de la madera. Si se trata de una madera sana la onda viaja más rápido y emite sonidos de mayor frecuencia; mientras que en madera deterioradas o podridas la onda viaja más lenta y solo transmiten los de baja frecuencia; situación que puede indicar la presencia de un defecto en la madera.

Llana et al. (2020), agregan que el posicionamiento del sensor, el ángulo de grano y acoplamiento del sensor a la madera puede influir en los resultados de los ensayos no destructivos, por ello Olarte et al. (2010) recomiendan que con el fin de que los datos obtenidos se puedan comparar entre sí, es importante verificar que la toma de medidas deban ejecutarse manteniendo iguales las condiciones de operación de la máquina, la ubicación de los sensores y el tiempo entre una medición.

Zobel y Talbert, citado en Rocha (2012) señalan que en una misma especie, la velocidad de onda puede estar influenciada por los diferentes ambientes en los que están creciendo; las diferencias genéticas entre los árboles y las interacciones entre el genotipo. El mismo autor, agrega que la calibración frecuente del instrumento antes y durante las mediciones ayuda a controlar los efectos ambientales.

2.8. Relación entre el módulo de elasticidad no destructivo y módulo de elasticidad estático

Divós y Tanaka (2005) señalan que algunos investigadores encontraron buena correlación entre el MOE estática con el MOE dinámico, observaron que el MOE dinámico presentaba valores más altos que el MOE estático y que estas diferencias se debía al carácter viscoelástico de la madera pues el MOE dinámico usualmente no toma en cuenta la deformación de fluencia.

Navia (2006) en estudios realizados con *Eucalyptus grandis*, encontraron una alta correlación ($r=0,855$) entre el módulo de elasticidad dinámico en árboles en pie usando el método de velocidad de ondas y el método destructivo del ensayo de flexión estática .

Por otro lado, en una investigación de clones de pino radiata encontraron una fuerte correlación ($r=0,96$) entre el módulo de elasticidad dinámica y el módulo de elasticidad estático en individuos de 11 años (Lasserre et al, citado en Navia 2006).

2.9 Relación entre el módulo de elasticidad no destructivo y módulo de ruptura

Sandoz (2000), en el análisis entre el MOE dinámico y la velocidad del abeto, realizados en 32 vigas, halló una correlación $r = 0,583$; y mientras que $0,25$ entre MOR (módulo de ruptura) y la velocidad un $r = 0,25$. McDonald (1990), señala que es más difícil relacionar el MOR con MOE dinámico a partir de técnicas acústicas, pues la presencia de defectos y la inclinación de las fibras tienen efecto más significativo en el MOR.

Halabe et al., citado por Oliveira (2003), obtuvieron bajos coeficientes de determinación para regresiones entre MOR y MOE dinámico en Southern pine. Los bajos valores de R^2 ocurren porque la tensión inducida en la madera durante los ensayos dinámicos es muy pequeña; es decir, las mediciones dinámicas están basadas en el límite elástico; en cambio en el módulo de ruptura (MOR) ocurren después del límite elástico, en la zona plástica, resultando pobre la correlación con los parámetros de los ensayos no destructivos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución de ensayo

Los ensayos por método destructivo y no destructivo se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2 Especie

Las muestras de madera corresponden a la especie *Guazuma crinita* Martius (Bolaina), proveniente de un bosque secundario, ubicada en la comunidad nativa Vencedor del distrito de Contamana, provincia de Ucayali, departamento de Loreto.

3.3 Materiales y equipo

3.3.1 Habilitación de probetas

- Motosierra marca STIHL 660.
- Sierra circular de banco marca SKILL
- Flexómetro
- Escuadra
- Máquina de Ensayos “Tinius Olsen” de capacidad 60 000lb y accesorios

- Hornos eléctricos “Memmet” a $103 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Vernier digital “Mitutoyo” de precisión 0,01 mm.
- Balanza KERN PCB de Precisión, 0,01 g.
- Campanas desecadoras de humedad provistas de silicagel.
- Laptop portátil ASUS
- Formatos diseñados para la toma de datos
- Pinzas
- Lápices de cera
- 1 Regla

3.3.2. Ejecución de Ensayos no Destructivos

- Equipo Microsecond Timer FAKOPP
- Balanza de Precisión KERN PCB de precisión 0,01g
- Martillo de prueba
- Base de soporte
- Cámara digital Sonic

3.3.3 Otros materiales

- 2 recipientes para agua de 50 litros
- 1 cuaderno de apuntes

3.4 Metodología

3.4.1 Descripción de la zona de estudio

La especie estudiada fue la *Guazuma crinita* Martius proveniente de un bosque secundario (“purma”), ubicada cerca al Río Písqui a una altitud entre 133 m.s.n.m y 154 m.s.n.m. Geográficamente pertenece a la cuenca del Río Amazonas conforme a la Fig. 4.

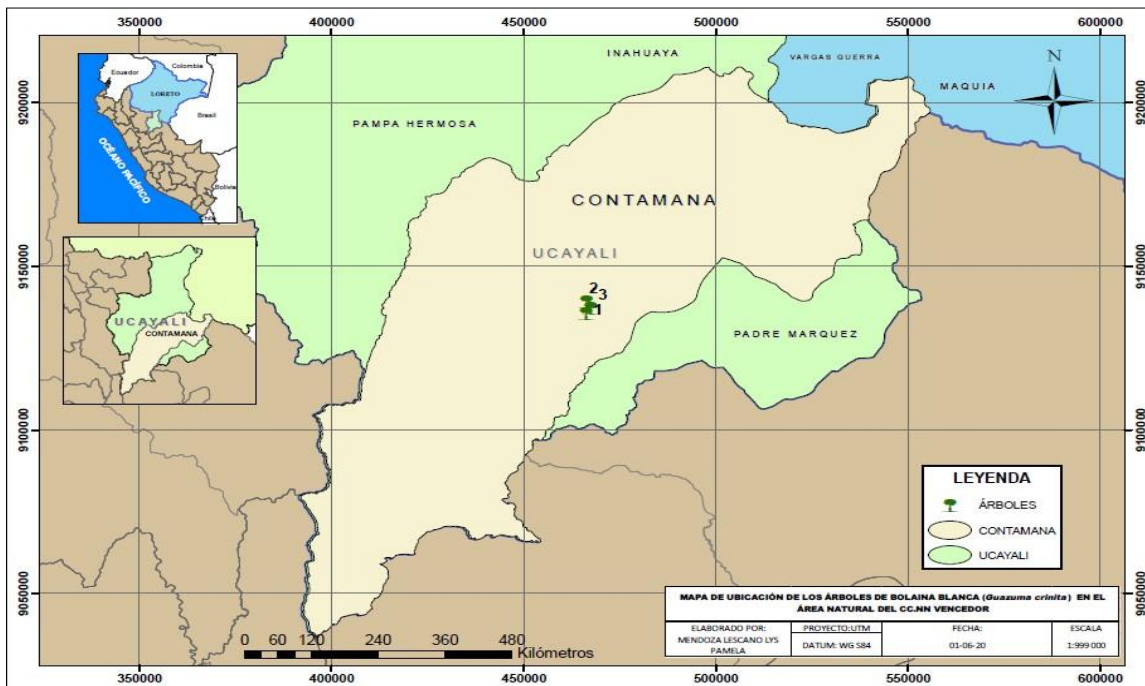


Fig. 4: Ubicación de los árboles de *Guazuma crinita* Martius

Según Senahmi (2020), la estación meteorológica automática de Contamana, ubicada a 62 km. del lugar de estudio, la temperatura promedio durante todo el año en, es de 27,12°C; con una máxima de 35,3°C y mínima de 21,6°C respectivamente; y la humedad relativa promedio de 81,2 %.

3.4.2 Selección y colección de muestras

Se tumbaron 3 árboles y seleccionaron trozas de un metro de longitud por encima de las aletas en cada árbol, con el fin de evitar su influencia. Del árbol uno la troza de un metro se obtuvo a los 2,95 m. de la base, del segundo árbol a 2,65 m. y del tercer árbol a 1,55 m. (Anexo 1) . En la Tabla 3 se presentan las características morfológicas de los árboles extraídos

Tabla 3: Características morfológicas de los árboles extraídos

Árbol	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Altitud (m.s.n.m)	Sección del fuste (*)	Presencia de nudos
1	67,00	32,00	19,50	154,00	circular	Pocos
2	57,00	30,00	16,50	148,00	circular	Pocos
3	46,70	23,00	12,00	133,00	circular	Pocos

*Sección del fuste del árbol en el DAP

Para facilitar su transporte por río, a la ciudad de Pucallpa, se cortó por mitad cada troza. Se aserró en tablas, se parafinó los extremos para evitar la pérdida de humedad y se apiló para su secado al aire con el fin de evitar la formación de mancha azul. Posteriormente se transportó a Lima.

3.4.3 Transformación y selección de listones

El listoneado se realizó de acuerdo a la norma (ASTM) Designación: D5536 – 94 (2004) “American Society for Testing and Material” como se observa en la Fig. 5. Se reordenaron y se seleccionaron los listones para cada nivel de orientación (Norte: N; Sur: S; Este: E; Oeste; O), debido a que cada troza presentaba excentricidades diferentes (Anexo 2). Los listones seleccionados fueron aquellos que no presentaban rajaduras, hongos, aristas faltantes que

tuvieran mejor grano recto y sin médula. La Tabla 4 incluye el total de listones seleccionados.

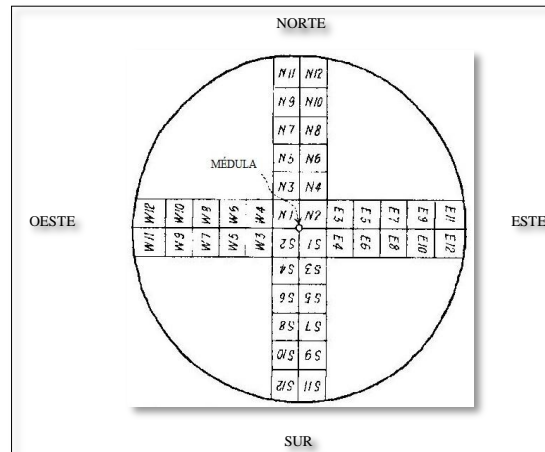


Fig. 5: Método de corte para las trozas y marcado de listones

Tabla 4: Lista total de listones seleccionados

Árbol base	Número de listones seleccionados por orientación				Total
	N	S	E	O	
1	18	22	16	14	70
2	15	16	10	12	53
3	8	26	9	15	58
TOTAL					181

3.4.4 Preparación de muestras de probetas y pesado

La preparación de las probetas se realizó en el Laboratorio de Preservación de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la UNALM, de acuerdo a lo estipulado en la NTP, 251.017:2014 “MADERA. Método para determinar la flexión estática” (Fig. 6).

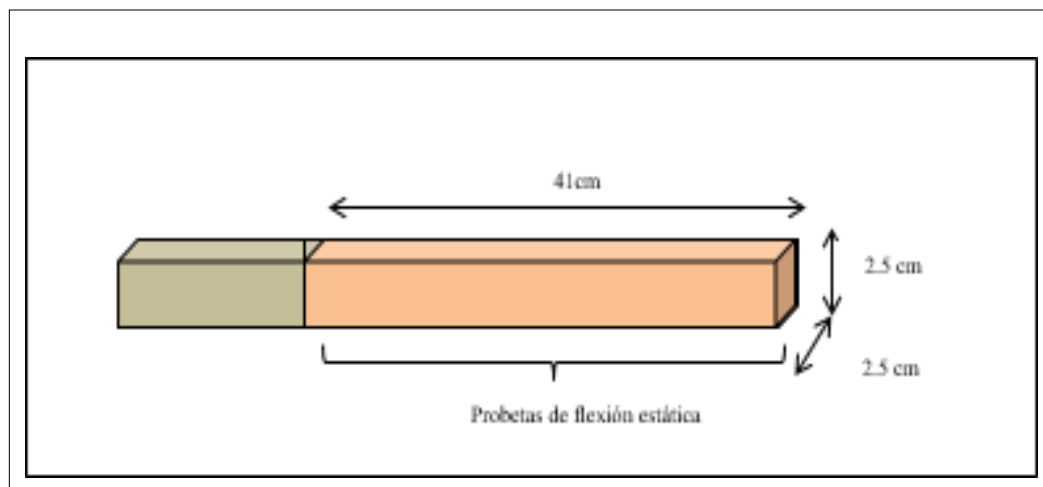


Fig. 6: Tamaño de corte de los listones a probetas

Las probetas se saturaron por 3 semanas en recipientes de 50 litros. Se tuvo cuidado que el agua cubriera todas las probetas (Fig. 7).



Fig. 7: Saturación de las probetas de flexión

3.4.5 Ensayos No Destructivos y Cálculo del Módulo de Elasticidad Dinámico

Los ensayos no destructivos se realizaron en condición saturadas, previamente se orearon antes de realizar el pesado y posteriormente ensayo (Fig. 8).



Fig. 8: Probetas de flexión en condición saturada

a. Cálculo del Módulo de elasticidad dinámico mediante pruebas de ondas de esfuerzo con Microsecond Timer

Previo a los ensayos, se midió y pesó cada probeta, se calibró el equipo FAKOPP Microsecond Timer (Anexo 3) y luego se colocaron los sensores a un cm. en cada extremo de la probeta (Fig 9). Se golpeo uno de los sensores para generar la onda acústica y se registro el tiempo de propagación, en microsegundos. En cada probeta se realizaron tres lecturas (Fig. 10).



Fig. 9: Medición de ancho y espesor (izquierda) , longitud (derecha) de las probetas para flexión



Fig. 10: Lectura de tiempo de propagación de onda en el Microsecond Timer

Para el cálculo del Módulo de Elasticidad dinámico por onda de esfuerzo, se colocó los sensores con un ángulo de inclinación de 45° y después a 0° en la dirección al grano (Fig. 11). Se determinó la velocidad de onda con la fórmula propuesta por Del Menezzi et al. (2010) y el módulo de elasticidad dinámico (MOE_d), mediante la fórmula propuesta por de Dackermann *et al.* (2014). Tomar en cuenta la fórmula 2 y 3 de la revisión bibliográfica.

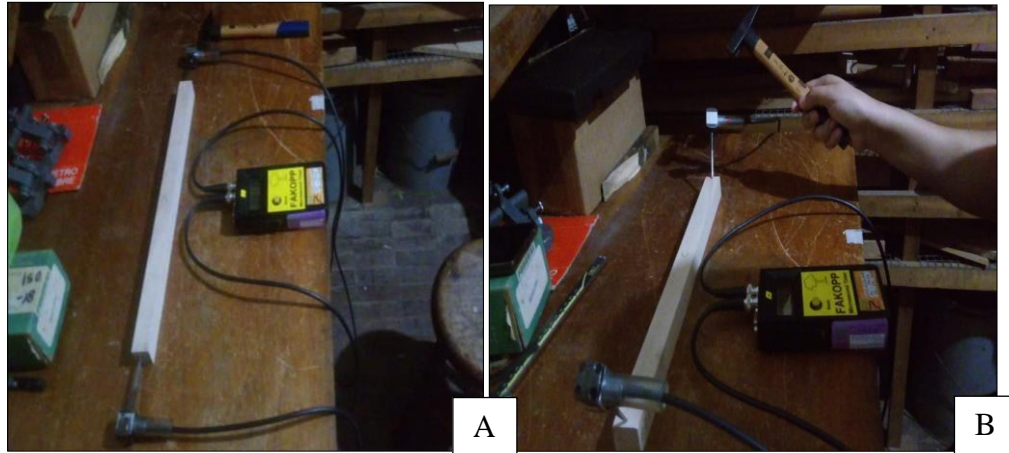


Fig. 11 A- Posición de los sensores a 45° (izquierda) y B- a 0° (derecha) con respecto al grano

b. Cálculo del Módulo de elasticidad dinámico por resonancia con FFT (Fast Fourier Transformation) Analyzer

Se usó el programa Fast Fourier Transformation (FFT) para pruebas de resonancia, previamente se midió y pesó cada probeta luego se colocó la probeta y el micrófono en el equipo, midiéndose luego las vibraciones en dirección longitudinal y transversal. (Fig.12).

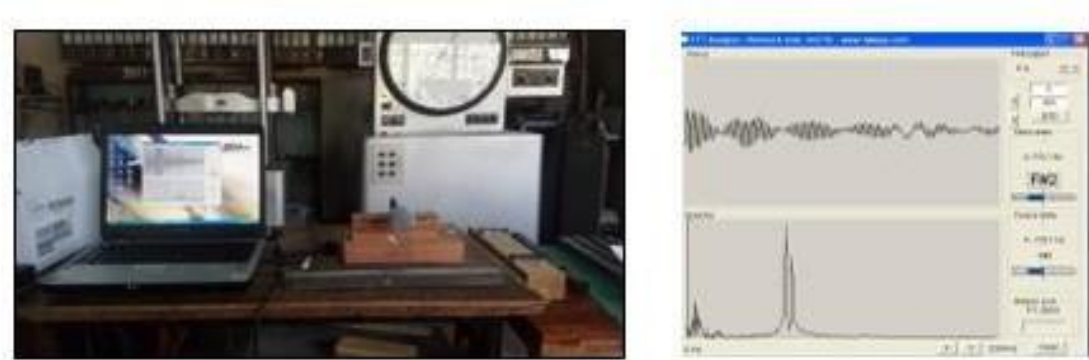


Fig. 12: Disposición de los equipos y probeta para la evaluación del ensayo FFT

Para la vibración longitudinal se golpeó 3 veces en uno de los extremos de la madera y el promedio de las frecuencias expresado en Hertz se consideró para el cálculo del MOE

dinámico longitudinal mediante la ecuación propuesta por Rocha (2012). Tomar en cuenta la fórmula 4 de la revisión bibliográfica.

Para la vibración transversal, el golpe se da en el centro geométrico de la probeta, apoyado sobre dos soportes rígidos de modo simple ($n=1$), a una distancia nodal de $0,224 L$, donde “ L ” es el largo de la probeta. El ensayo dinámico en cada probeta fue repetido tres veces y el promedio de las frecuencias expresado en Hertz se consideró para el cálculo del MOE dinámico transversal mediante la ecuación de Euler. Tomar en cuenta la fórmula 5 de la revisión bibliográfica.

3.4.6 Ensayo Destructivo y Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

a. Cálculo del Módulo de Elasticidad estático

Los ensayos destructivos se realizaron según lo estipulado mediante la NTP 251.017 (2014) “MADERA. Método para determinar la Flexión estática” en probetas con dimensiones de $2,5 \times 2,5 \times 41$ cm. (Fig. 13) . Tomar en cuenta la fórmula 1 de la revisión bibliográfica.

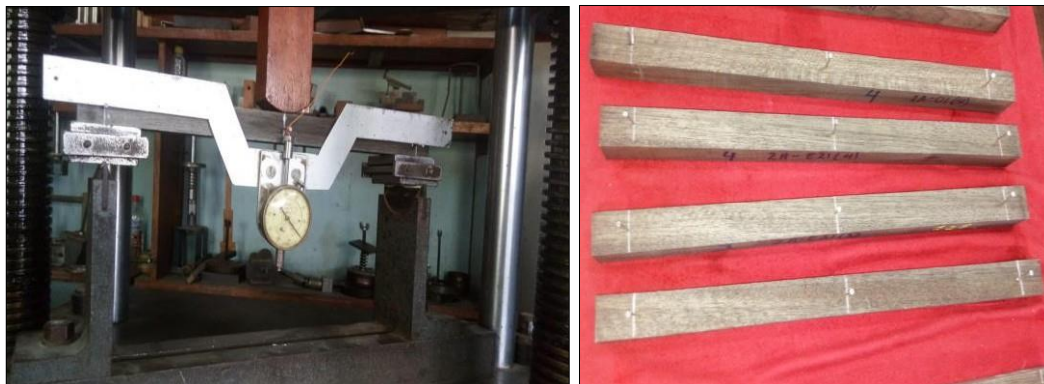


Fig. 13: Disposición de los equipos y probetas para el ensayo de flexión estática

Finalmente de cada probeta evaluada se extrajo una muestra de $2,5 \times 2,5 \times 1$ cm, lo más cerca a la falla para el cálculo de la densidad aparente y básica según la NTP 251.011 (2014), “MADERA. Método para determinar la densidad”, así como el contenido de humedad

según NTP 251.010 (2014) “MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad (Fig. 14).

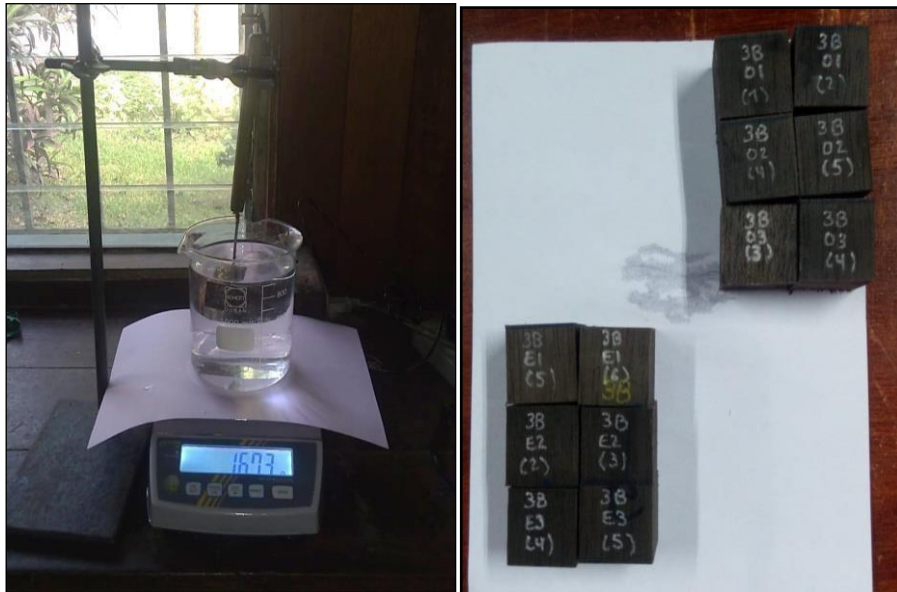


Fig. 14: Probetas de densidad y pesado para el cálculo de la densidad básica

3.4.7 Evaluación de resultados

En primer lugar, se realizó un análisis básico de los datos que consistió en la elaboración de gráficos y tablas; así mismo la obtención de estadísticos descriptivos : medias, valores máximos y mínimos, intervalos de confianza al 95% y coeficientes de variación para los valores experimentales.

El programa R studio se utilizó para el análisis estadístico de los resultados:

- Análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los métodos no destructivos y destructivo y la prueba de Tukey para obtener mayor información detallada sobre las diferencias entre medias específicas.
- La prueba de Shapiro - Wilk para comprobar que las muestras extraídas presenten distribución normal y los supuestos de homogeneidad de varianzas.

- Análisis de regresión y correlación para estimar la influencia de los métodos no destructivos en la determinación del MOE , teniendo como variable independiente el método no destructivo y variable dependiente al método destructivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos destructivos

4.1. Evaluación de las propiedades físicas y flexión estática de *Guazuma crinita*

El valor promedio y coeficiente de variación de la densidad saturada y básica, así como del módulo de elasticidad estático de la madera *Guazuma crinita* se detallan en la Tabla 5. Nótese que la densidad básica promedio de la especie de estudio es $0,43 \text{ g/cm}^3$, que de acuerdo a la clasificación de Souza et al. (2002) es considerada como madera de baja densidad,. Este valor promedio, es cercano al obtenido por Aróstegui y Sato (1970) en madera procedente de bosque secundario; y con los resultados de Weber y Sotelo (2008), que obtuvieron un valor de $0,42 \text{ g/cm}^3$ en plantaciones de 32 meses de edad. Mientras que los resultados de Chavesta et al (2019) son inferiores e indican valores promedios de $0,36 \text{ g/cm}^3$ y $0,40 \text{ g/cm}^3$ para la madera de árboles de plantaciones de 5 y 8 años, respectivamente.

Tabla 5: Valores promedios y coeficiente de variación de las propiedades físicas y flexión estática de la madera de *Guazuma crinita*

Propiedad	Unidad	Árboles			Promedio	Coeficiente de Variación (%)	
		1	2	3			
	Humedad	%	114,8	129,9	150,0	131,60	–
Física	Densidad básica	g/cm ³	0,46	0,42	0,41	0,43	10,70 ¹ (5,3) ²
	Densidad saturada	g/cm ³	0,97	0,94	1,02	0,98	5,70 (4,1)
	Módulo de rotura	Kg/cm ²	580,90	535,90	490,80	535,8	17,00 (8,4)
.Flexión estática	Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	96793,60	95260,5	79913,40	90655,8	17,00 (10,3)

¹. Valores que corresponden al coeficiente de variación dentro de los árboles.

². Valores entre paréntesis corresponden al coeficiente de variación entre los árboles.

El comportamiento de la densidad saturada es lo esperado, pues a mayor contenido de humedad mayor es su valor. Los promedios del módulo de rotura y elasticidad muestran la misma tendencia que la densidad básica y están influenciados por el comportamiento de la madera de la troza 1, pues su mayor excentricidad es un índice de la posible presencia de madera de tensión de crecimiento.

Con respecto a los coeficientes de variación, los resultados muestran mayor coeficiente de variación dentro de árboles. Esta variabilidad si bien es cierto es baja, la influencia de la troza del árbol 3 es notoria.

En la Tabla 6 se presentan los promedios totales, mediana, valores mínimos y máximos e intervalos de confianza.

Tabla 6: Promedio, mediana, rango e intervalo de confianza de las propiedades físicas y flexión estática de la madera de *Guazuma crinita*

Propiedad	Unidades	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo	Intervalo de Confianza		
						Límite Inferior	Límite Superior	
	Humedad	%	130,60	125,24	81,46	208,03	127,01	134,18
Física	Densidad básica	g/cm ³	0,43	0,43	0,32	0,59	0,42	0,44
	Densidad saturada	g/cm ³	0,98	0,99	0,68	1,19	0,84	0,86
Flexión estática	Módulo de rotura	kg/cm ²	538,55	538,96	325,72	805,32	524,46	552,64
	Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	90874,96	90261,61	47804,67	138898,00	88416,90	93333,10

4.1.1 Análisis de la densidad básica vs módulo de elasticidad estático

El análisis de variancia, regresión y correlación (Anexo 4 y Fig. 15), muestran que los coeficientes de regresión son significativos (prueba F), sin embargo el bajo coeficiente de determinación (r^2) de 0,42 indica que la densidad básica no es apropiada para predecir los valores del módulo de elasticidad estático. Probablemente, la presencia de madera de tensión

de crecimiento, evidente por la excentricidad de la médula, sea uno de los factores que la influencia.

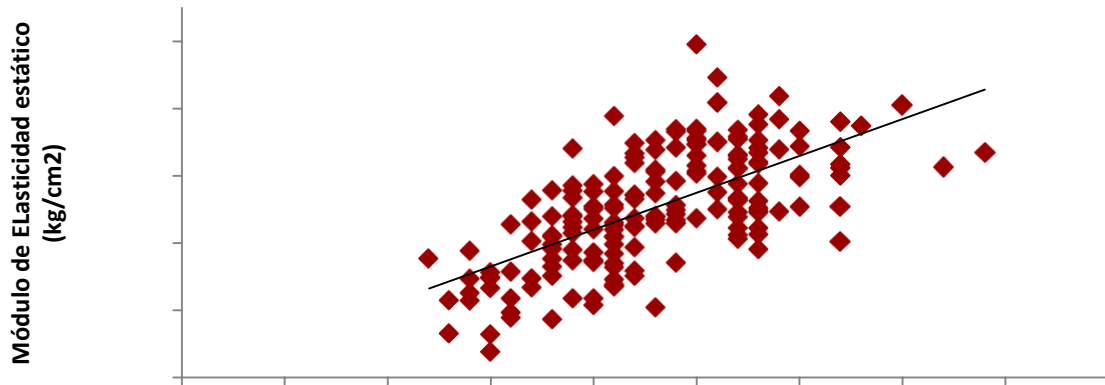


Fig. 15: Ecuación de regresión DB- MOE estático de madera *Guazuma crinita*

4.1.2 Análisis de la densidad básica vs módulo de ruptura

El análisis de variancia, regresión y correlación (Anexo 5 y Fig. 16), muestran que los coeficientes de regresión son significativos (prueba F), el coeficiente de determinación (r^2) de 0,69; indica que la densidad básica es un buen estimador del módulo de ruptura; y para dicho propósito es suficiente utilizar una regresión lineal simple. Probablemente, la presencia de la capa gelatinosa en madera de tensión de crecimiento tenga menor influencia en el comportamiento a la rotura en flexión.

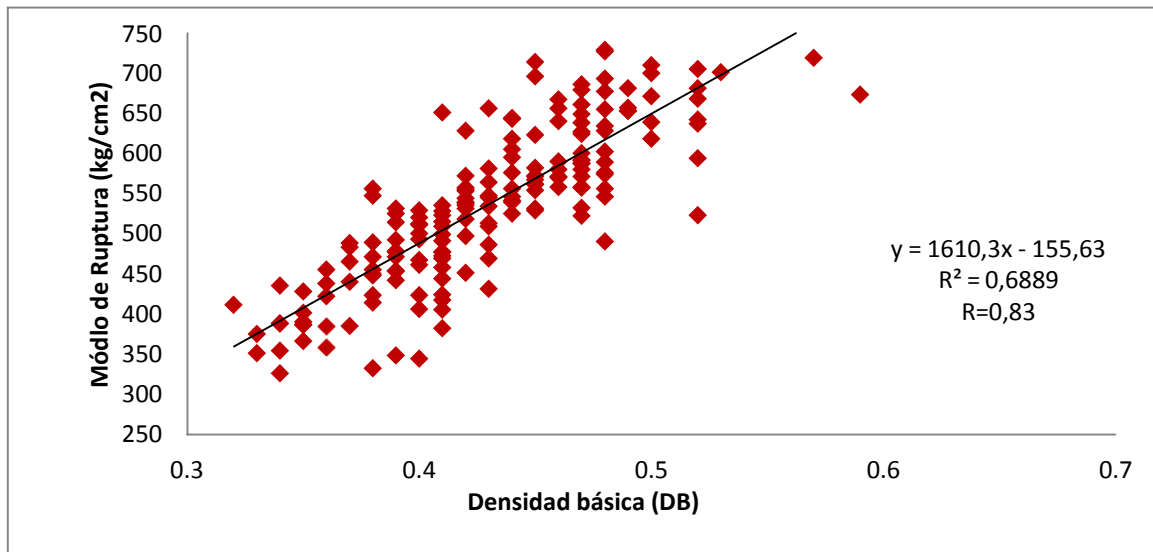


Fig. 16 : Ecuación de regresión DB - MOR de madera *Guazuma crinita*

Ensayos no destructivos

4.2 Evaluacion del módulo de elasticidad dinámico

4.2.1. Módulo de elasticidad dinámico

La Tabla 7 presenta los promedios y coeficiente de variación por árbol para los módulos de elasticidad dinámico tanto por onda de esfuerzo como de resonancia (FFT analyzer). Se observa que la propagacion longitudinal con el sensor en ángulos de 0°, independiente del método, presentan valores mayores a los determinados con ángulo de 45°. Mientras que en resonancia la diferencia es notoria entre la longitudinal y transversal. Esto se aprecia mejor en el diagrama de barras (Fig. 17). La explicación de los valores altos en el módulo de elasticidad longitudinal se debe porque el cálculo depende de la masa presente en la madera en condición saturada por lo cual influye en su valor final; a diferencia de la transversal que no emplea dicha variable para su cálculo.

Tabla 7: Valores promedios y coeficiente de variación del módulo de elasticidad dinámico de la madera de *Guazuma crinita*

Método		Árboles			Promedio (kg/cm ²)	Coeficiente de Variación (%)
		1	2	3		
1.Propagacion de la onda de esfuerzo	0° ^{1/}	123173,40	128716,30	111454,50	121114,70	12,78 ^{2/} (7,35) ^{3/} 13,14
	45° ^{1/}	113052,30	115459,80	103656,80	110723,00	(7,51) 15,83
2.Resonancia	Transversal	103017,60	104741,40	87344,40	98367,80	(9,40) 15,17
	Longitudinal	122823,70	126389,40	101924,20	117045,80	(11,29)

^{1/}Angulo que forma el sensor con el grano de la probeta

^{2/}Valores de coeficiente de variación dentro de los árboles.

^{3/}Valores entre paréntesis de coeficiente de variación entre los árboles

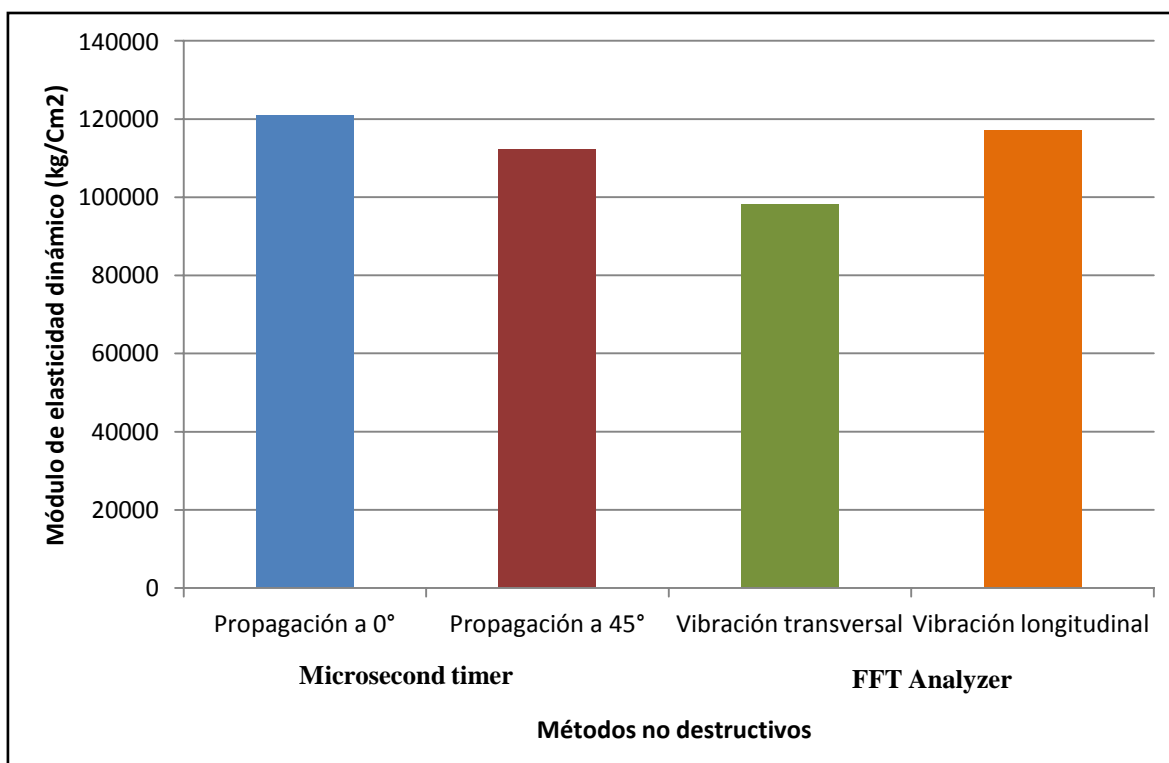


Fig. 17: Diagrama comparativo del promedio del módulo de elasticidad dinámico

En la Tabla 8 se presenta los estadísticos descriptivos de los métodos no destructivos para la determinación del MOE dinámico.

Tabla 8: Promedio, mediana, rango e intervalo de confianza del módulo de elasticidad dinámico de la madera de *Guazuma cinita*

MÉTODO	Unidad	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo	Intervalo de Confianza	
						Límite Inferior	Límite Superior
Onda de esfuerzo	0° ^{1/}	121114,70	121644,00	78801,00	156109,00	88416,90	123317,00
	45° ^{1/}	110723,00	112825,50	73608,00	147325,00	109839,50	114510,20
Resonancia	Transversal	98367,80	97678,50	60676,00	134481,00	95631,72	100561,80
	Longitudinal	117045,80	116787,50	65925,00	161979,00	114122,00	120051,90

^{1/}Angulo que forma el sensor con el grano de la probeta

4.2.2. Determinación del Coeficiente de Pearson

La correlación de Pearson entre varios parámetros agrupados se muestra en la Tabla 9, se observa que no hay una correlación significativa entre las velocidades acústicas (tanto por onda de esfuerzo y por resonancia) y la densidad de la madera en estado saturado. Esto implica que la densidad y la velocidad de sonido son dos parámetros independientes de la calidad de la madera, resultado similar al estudio de distintas especies con diferentes densidades de Burmester (citado por Niemz, Aguilera y Rolleri; 1994) quien reportó que en no existe una relación lineal entre la velocidad de sonido con la densidad.

Asimismo, en la Tabla 9, se observa que las velocidades de sonido (propagación de onda y resonancia) muestran una correlación positiva con ambos módulos de elasticidad (dinámico y estático) y que hay una mayor asociación cuando la velocidad de onda de esfuerzo es a 0° y con la resonancia longitudinal. La correlación de MOR con las velocidades de sonido también resultó positiva. Estudio realizado por Quil (2009), en madera de Aro

mo australiano, resultaron que la velocidad de sonido era un factor dominante para estimar el módulo de elasticidad dinámico, lo cual también se cumple en nuestro estudio. En otros estudios con madera juvenil de especies de madera blanda, se notó que la velocidad de ondas acústicas son mejor predictor de MOE dinámico que la densidad de la madera (Chauhan y Sethy, 2016).

Finalmente, los dos métodos no destructivos (propagación de onda y resonancia) exhibieron una correlación positiva muy fuerte con el MOE estático resultando tener $r=0,79$ y $r=0,87$ respectivamente; mientras que con el MOR obtuvieron un $0,74 < r \leq 0,80$.

Tabla 9: Coeficiente de correlación de Pearson entre varios parámetros

Parámetro	Densidad saturada (kg/m^3)	Velocidad por propagación de onda (m/s)		Velocidad por Resonancia (m/s) Long.	MOE dinámicos (kg/cm^2)				MOE estático (kg/cm^2)
		0° ^{1/}	45° _{1/}		0° ^{1/}	45° _{1/}	Trans.	Long	
Velocidad por propagación de onda (m/s)	0°	-0,33							
	45°	-0,37	0,74						
	Long	-0,34	0,96	0,76					
MOE dinámicos (kg/cm^2)	0°	0,23	0,77	0,55	0,72				
	45°	0,26	0,70	0,58	0,67	0,94			
	Trans.	0,16	0,77	0,59	0,79	0,80	0,80		
	Long	0,13	0,84	0,62	0,86	0,88	0,84	0,92	
MOE est.	0,11	0,76	0,61	0,77	0,80	0,79	0,86	0,89	
MOR	0,11	0,68	0,58	0,69	0,75	0,73	0,80	0,80	0,80

^{1/} Angulo que forma el sensor con el grano de la probeta

4.3 Módulo de Elasticidad Dinámico (MOE_d), Estático (MOE_e) y módulo de ruptura(MOR)

La Tabla 10 presenta los valores promedios de los módulo de elasticidad estático (MOE_e) y dinámico ($MOE_{long\ 0^\circ}$, $MOE_{long\ 45^\circ}$, MOE_{trans} , MOE_{long}). Los promedios con letras distintas presentan diferencias significativas en $p < 0,05$. Se observa que los valores del MOE_d son mayores que el MOE_e . Al respecto, Niemz , Aguilera y Rolleri (1994), afirman que los valores de elasticidad dinámicos calculados son aproximadamente hasta un 35% mas altos que los obtenidos por el método destructivo en probetas libres de defectos. Al respecto, Divós y Tanaka (2005), indican que la velocidad de carga en los métodos dinámicos es superior a la velocidad de carga en el método estático y por el comportamiento viscoelástico de la madera según lo comentado por Ashby (citado en Sotomayor, 2006).

Tabla 10: Valores promedios de los módulos de elasticidad estático y dinámico en la madera de *Guazuma crinita*.

	Método		MOE	Unidad	Promedio
No destructivo	1. Onda de esfuerzo	0° ^{1/}	$MOE_{long\ 0^\circ}$		120860,78 ^{ad}
		45° ^{1/}	$MOE_{long\ 45^\circ}$		112174,87 ^{ac}
	2. Resonancia	Transversal	MOE_{trans}	Kg/cm²	98096,78 ^a
		Longitudinal	MOE_{long}		117086,91 ^{ab}
Destructivo	Modulo de elasticidad estático (MOE)		MOE_e		90874,96 ^a

^{1/} Angulo que forma el sensor con el grano de la probeta.

En el Anexo 6 se muestra los resultados del análisis estadístico realizado entre los métodos no destructivos y destructivo.

La prueba de comparación de Tukey , muestra que lo métodos no destructivos (Propagacion de onda y Resonancia) para el cálculo del módulo de elasticidad dinámico (MOE_d) no

tienen diferencias significativas con el módulo de elasticidad estático (MOE_e), es decir que ambos métodos son similares.

4.3.1 Análisis de Regresión entre MOE_d y MOE_e

En la Tabla 11 se muestra la regresión, coeficiente de correlación y de determinación para predecir el MOE_e a partir del MOE dinámico. Se observa mayor coeficiente de correlación en el ensayo del MOE_{Long} por resonancia (FFT Analyzer) con 0,89 seguido por el MOE_{Trans} con 0,86.

Tabla 11: Regresión entre MOE dinámico y estático en la especie *Guazuma crinita*

Variable dependiente	Variable independiente	Coeficiente de correlación (R)	Coef. Determinación (R^2)	Ecuación Lineal
MOE	$MOE_{Long\ 0^\circ}$	0,80	0,65	$MOE = -6446,4 + 0,8052 * MOE_{Long\ 0^\circ}$
MOE	$MOE_{Long\ 45^\circ}$	0,79	0,63	$MOE = -2956,2 + 0,8365 * MOE_{Long\ 45^\circ}$
MOE	MOE_{Trans}	0,86	0,74	$MOE = 6990,7 + 0,8551 * MOE_{Trans}$
MOE	MOE_{Long}	0,89	0,79	$MOE = 4743,3 + 0,7356 * MOE_{Long}$

MOE_{Long-0° =Moe longitudinal a 0° Microsecond timer, $MOE_{Long-45^\circ}$ =Moe longitudinal a 45° Microsecond timer, MOE_{Trans} =Moe transversal FFT Analyzer, MOE_{Long} =Moe longitudinal FFT Analyzer.

En la Fig. 18 se presenta la regresión lineal entre el MOE estático y MOE longitudinal a 0° y en la Fig. 19 la regresión lineal entre el MOE estático y MOE longitudinal a 45° . Asimismo, en las Figs. 20 y 21 la regresión lineal entre el MOE estático y el MOE transversal y el MOE estático con el MOE longitudinal respectivamente.

Se puede notar en las Figs. 20 y 21 que la regresión en los ensayos de resonancia (FFT Analyzer) tanto longitudinal como transversal con el módulo de elasticidad estático, muestran una mejor asociación.

La prueba ANOVA de la resonancia longitudinal y el MOE estático con un F de 662,42 (p-valor = 0,00), indica que la regresión entre MOE estático vs MOE_{Long} es alta pues su coeficiente de correlación es 0,89 y el coeficiente de determinación de 0,79. Sin embargo resultado no coincide con lo expuesto por Junior y Miná (2006) que encontraron que el método de resonancia transversal presento una mayor eficiencia para la determinación del MOE estático. González et al. (2007) indican que los métodos de resonancia han demostrado tener éxito para la estimación del MOE estático, que se confirma en esta investigación. Los mencionados autores encontraron una alta correlación entre el MOE dinámico y el MOE estático con un R^2 de 0,83 con el método de vibración longitudinal. Las diferencias pueden explicarse por la especie de estudio y la condición en que se han realizado. La prueba de ANOVA de resonancia transversal (MOE_{Trans}) vs el MOE estático con un F de 497,45 y un coeficiente de correlación de 0,86; indican que también es un método que puede explicar al MOE estático (Anexo 09 y 10).

Cabe mencionar que en la prueba de Durbin Watson el MOE dinámico por resonancia longitudinal (FFT analyzer) obtuvo un valor de 1,68; a diferencia que el MOE dinámico por propagación de onda (Microsecond Timer) que tiene 1,47 y 1,46 en los ensayos longitudinales de 0° y 45° respectivamente, por lo cual se respalda nuevamente que la regresión lineal del MOE dinámico longitudinal es el mejor modelo que se adapta para predecir el MOE estático.

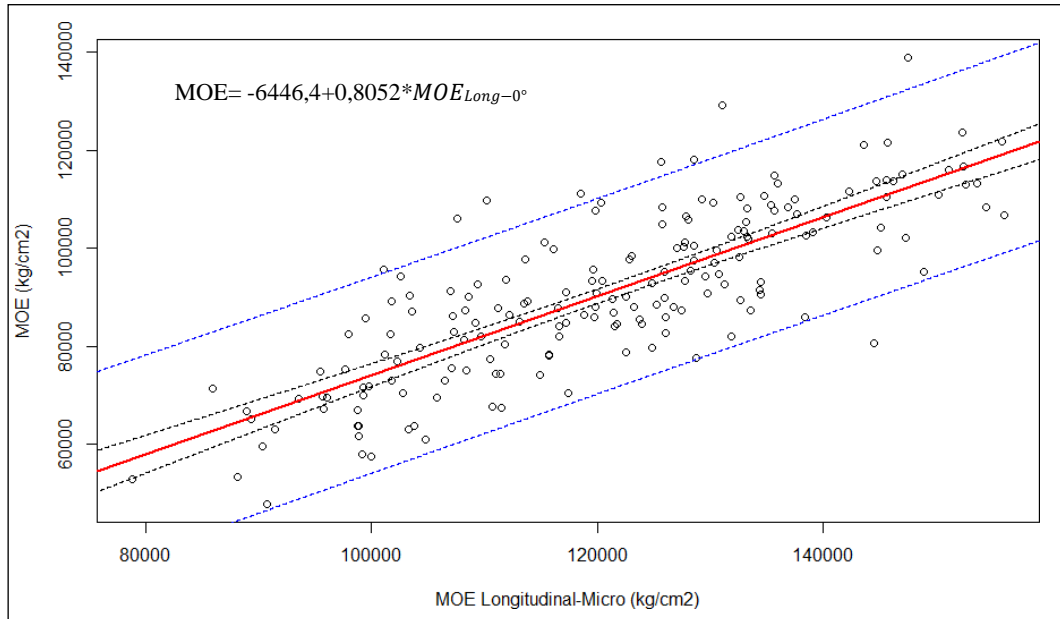


Fig. 18: Regresión entre MOE estático vs MOE dinámico longitudinal para sensores en ángulo de 0° con la dirección de las fibras

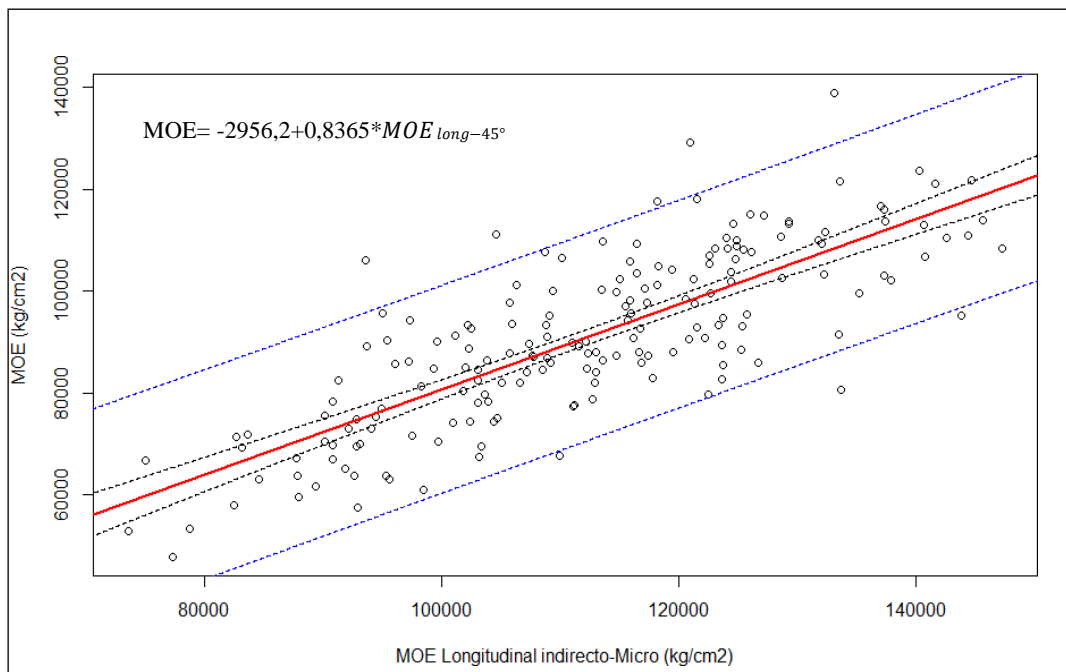


Fig. 19: Regresión entre MOE estático vs MOE dinámico longitudinal para sensores en ángulo de 45° con la dirección de las fibras

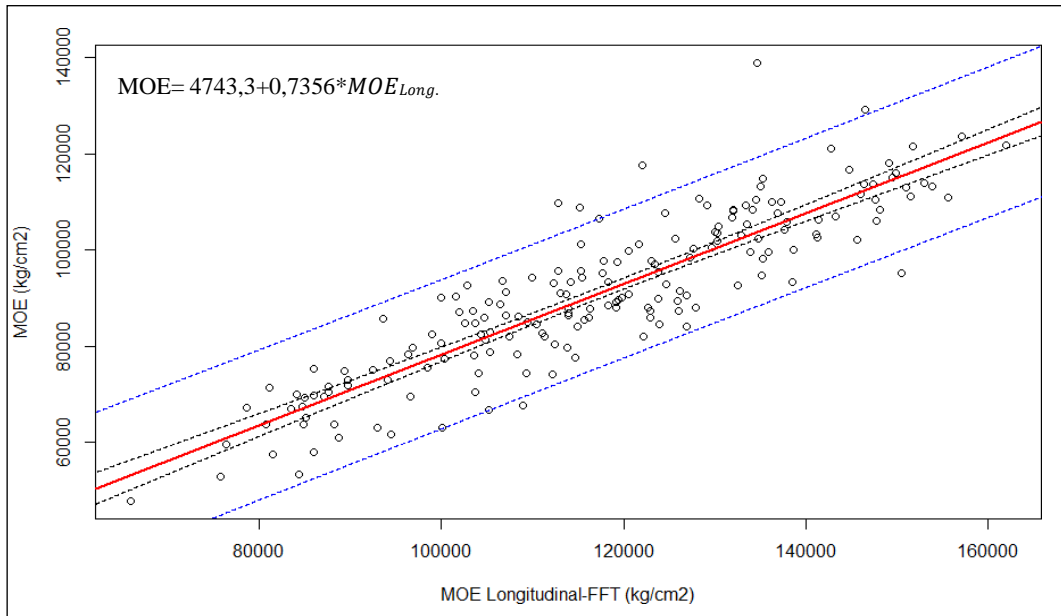


Fig. 20: Regresión entre MOE estático vs MOE dinámico longitudinal (FFT Analyzer)

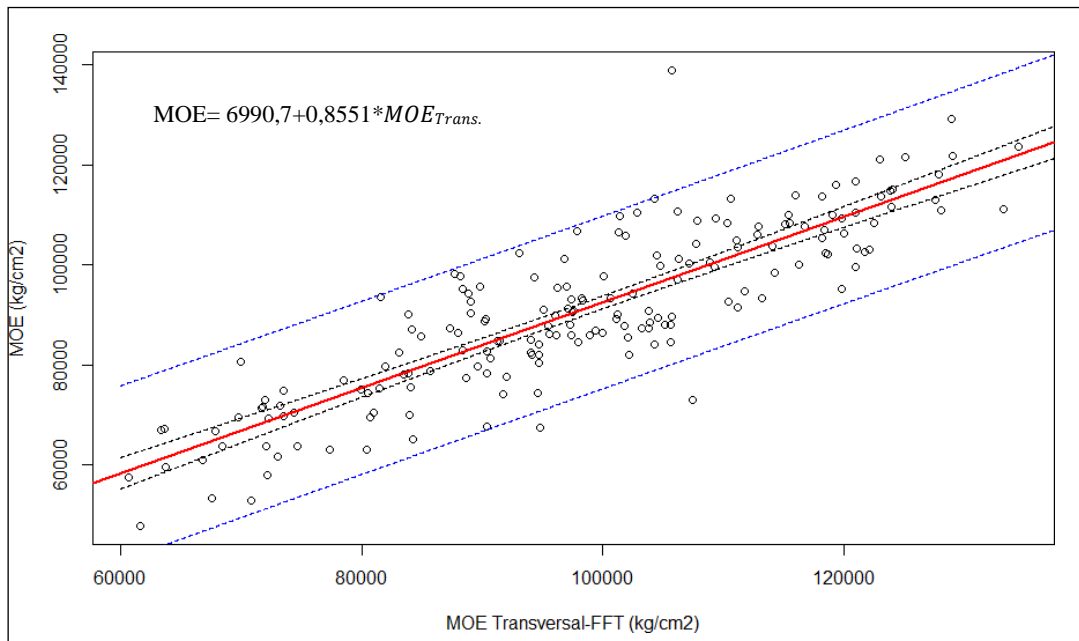


Fig. 21: Regresión entre MOE estático vs MOE dinámico dinámico transversal (FFT Analyzer)

4.3.2 Regresión entre velocidad de onda de esfuerzo vs MOE estático

En la Tabla 12 se muestran el coeficiente de correlación, de determinación y la ecuación de regresión, de la velocidad de onda y resonancia longitudinal con el MOE estático. El ANOVA indica que los valores son estadísticamente significativos. El valor de F fue mayor en la relación entre el MOE estático y la velocidad longitudinal (V_{Long}) por FFT analyzer que presenta un F de 260,67 seguido por la velocidad de onda longitudinal 0° ($V_{Long 0^\circ}$) y la velocidad de onda longitudinal 45° ($V_{Long 45^\circ}$) (Anexo 11).

Soliman (2013) encontró que existe una relación de $r=0,91$ entre la velocidad longitudinal por el método de resonancia y el MOE estático, valor superior al obtenido en este trabajo de 0,77. Esto muestra que el de resonancia longitudinal presenta mejor correlación que el de propagación de ondas.

Tabla 12: Coeficiente de correlación, determinación y regresión entre la velocidad de onda y resonancia de ondas longitudinales con el MOE estático

Variable respuesta	Variable regresora	Coef. Correlación (R)	Coef. Determinación (R^2)	Ecuación
Kg/cm^2	(m/s)			
MOE	$V_{Long 0^\circ}$	0,76	0,57	MOE= -88252+48,003 x $V_{Long 0^\circ}$
MOE	$V_{Long 45^\circ}$	0,61	0,37	MOE= -46311+38,344 x $V_{Long 45^\circ}$
MOE	V_{Long}	0,77	0,59	MOE= 54157+32,096 x V_{Long}

$V_{Long 0^\circ}$ = Velocidad de onda longitudinal directa 0° (Microsecond Timer), $V_{Long 45^\circ}$ = Velocidad de onda longitudinal indirecta a 45° (Microsecond Timer), V_{Long} =Velocidad longitudinal (FFT-analyzer)

4.3.3 Regresión MOE dinámico – MOR

La Tabla 13 muestran los valores de coeficientes de correlación, determinación y regresión entre el MOE dinámico ($MOE_{Long\ 0^\circ}$, $MOE_{Long\ 45^\circ}$, MOE_{Trans} , MOE_{Long}) y módulo de ruptura. Hay una correlación similar entre el MOR y el MOE_{Long} , y MOE_{Tran} por FFT analyzer ($r=0,80$); mientras que entre el MOR y el MOE dinámico longitudinal por propagacion de ondas presentan una correlación menor. Los valores obtenidos fueron de 0,75 para el $MOE_{Long\ 0^\circ}$ y 0,73 para $MOE_{Long\ 45^\circ}$. Las ecuaciones de regresion respectivas se incluyen en la mencionada tabla.

Cabe resaltar que se obtuvo una correlación mayor entre el MOE dinamico y el MOE estático que comparando MOE dinámico y MOR. Sin embargo, no se observa entre el MOE dinámico y el MOR una correlacion debil cómo se ve en otros estudios , sino que se muestra una correlación buena. La explicación probable es la influencia del contenido de humedad, saturada en las probetas de ensayo en nuestro estudio, a diferencia de los otros realizados en al 12% de humedad.

Tabla 13: Coeficientes de correlación, determinación y regresión entre el MOE dinámico y módulo de ruptura

Variable respuesta (Kg/cm ²)	Variable regresora (Kg/cm ²)	Coefficiente de correlación (R)	Coefficiente de determinación (R ²)	Ecuación
MOR	$MOE_{Long\ 0^\circ}$	0,75	0,56	$MOR = 18,036 + 0,0043 \times MOE_{Long\ 0^\circ}$
MOR	$MOE_{Long\ 45^\circ}$	0,73	0,53	$MOR = 47,454 + 0,0044 \times MOE_{Lon\ 45^\circ}$
MOR	$MOE_{Trans.}$	0,80	0,63	$MOR = 92,5 + 0,0045 \times MOE_{Trans}$
MOR	$MOE_{Long.}$	0,80	0,64	$MOR = 94,355 + 0,0038 \times MOE_{long}$

V. CONCLUSIONES

1. El módulo de elasticidad dinámico estima el módulo de elasticidad estático y módulo de ruptura.
2. El método no destructivo FFT analyzer con resonancia longitudinal estima mejor el modulo de elasticidad estático y el módulo de rotura.
3. La posición de los pines a 0° y 45° no influye en el cálculo del MOE dinámico.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para analizar la influencia del contenido de humedad en el módulo de elasticidad dinámico, módulo de ruptura y velocidad.
- Realizar estudios dendrocronológicos y la aplicación de la densitometría de rayos X en la madera de *Guazuma crinita* Martius para poder estimar la edad del árbol y delimitar las zonas de madera juvenil, transición y madura.
-

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M. ; Kikata, Y. (1994). *Atlas de maderas del Perú..* UNALM-Universidad de Nagoya Japón. Lima, Perú.
- Alvarez, L.;Ríos,S. (2007). Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca “Guazuma crinita” en el departamento de Ucayali (Documento de trabajo).Iquitos, Perú.
- Aróstegui, A. (1982). *Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas.*PNUD/FAO/PER/71/151 (Documento de trabajo N°2). Lima, Perú.
- Aróstegui, A.; Sato, A. (1970). *Estudiode las propiedades físico-mecánicas de la madera de 16 especies forestales del Perú.*Revista Forestal del Perú.Vol,4 (1-2):13-24.
- ASTM (American Society for Testing and Materials).(2004).*Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties, designation:D5536-94* (Reapproved 2004)-Secondary methods.Philadelphia,US.9p.
- Bucur, V. (1995).*Acoustics of wood..* CRC Press Incs. New York, Estados Unidos.
- Bustamente, E. (2019).*Validación de un método no destructivo para medir módulo de elasticidad en trozas de Calycophyllum spruceanum de una plantación en Ucayali-Perú.*(Tesis de Pregrado).Universidad Nacional Agraria La Molina,Lima,Perú.

- Carnero, P. (2007). *Determinación Preliminar del Módulo de Elasticidad Mediante el Empleo de Técnicas no Destructivas para Maderas Tropicales Peruanas*. (Tesis de Pre grado).Universidad Nacional Agraria La Molina,Lima,Perú.
- Carter,P.; Wang,X.; Ross,R,J, & Briggs,D. (2005). *NDE of logs and standing trees using new acoustic tools technical application and results*.University of Applied Sciences,Eberswalde, Germany.
- Cuevas, E. (2003). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera*, Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas.Universidad de Talca, Talca, Chile, 68p.
- Chavesta, M.; Montenegro, R.; Tomazello-Filho, M.; Carnerio M y Nisgoski S. (2019).*Propiedades físicas en Guazuma crinita por medios convencionales y espectroscopia infrarroja cercana, Madera, ciencia y tecnología* ,21(4) 521-530.
- Chauhan,S.; Sethy, A. (2016). *Differences in dynamic modulus of elasticity determined by three vibration methods and their relationship with static modulus of elasticity*. Maderas, Ciencia y Tecnología. 18(2) 373-382.
- Dackermann, U.; Crews, K., Kasal, B.; Li, J., Riggio, M.; Rinn, F.; & Tannert, T. (2014), *In situ assessment of structural timber using stress-wave measurements, Materials and Structures*, 47(5): 787-803, doi: 10.1617/s11527-013-0095-4
- De la Mata, J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas* (Tesis de Pre grado.Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Del Menezzi, C, E, S, Silveira, R, R., y De Souza, M, R (2010). *Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras Amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão, Acta Amazonica*. 40(2) 325- 332, Recuperado de : <http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n2/v40n2a11.pdf>

- Díaz, P. (2005). *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la Zona de Cauquenes*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Divos, F., Tanaka, T. (2005). *Relation Between Static and Dynamic Modulus of Elasticity of Wood*. Sopron, Hungría,1 (2005)105-110.
- Domínguez, G.; Gotelli, G. y Barradit, E. (s.f). *Estudios de los módulos de elasticidad determinados por ultrasonidos y vibraciones como alternativa al ensayo de flexión estática*. Universidad de Bio-Bio.
- Fernández, D. (2016). *Influencia de factores físicos y geométricos en la clasificación estructural de la madera mediante técnicas no destructivas*.(Tesis Doctoral). Escuela técnica superior de ingeniería de montes, forestal y del medio ambiente natural de Madrid, España.
- Flores, Y. (2007). *Bolaina blanca (Guazuma crinita Mart)*. Instituto Nacional de Investigación Agraria-Estación experimental Agraria Pucallpa. Pucallpa, Perú.
- Guitard, D.; El Amri, F. (1987). *Modèles prévisionnels de comportement élastique tridimensionnel pour les bois feuillus et les bois résineux, Annales des sciences forestières*.INRA/EDP Sciences. 1987. 44 (3)335-358.
- González, G.; Mariátegui, F.; y Herrero, M. (2007). *Los métodos de vibración como herramienta no destructiva para la estimación de las propiedades resistentes de la madera aserrada estructural*. Informe de la Construcción 256 (59)97-105.
- González, F. (2018). *Variación de la edad básica de la madera y módulo de elasticidad en plantaciones jóvenes de Nothofagus alpina*.(Tesis pregrado).Universidad Austral de Chile.Valdivia,Chile.
- Hayes, M. y J, Chen. (2003). *A portable stress wave measurement system for timber inspection*.Dept. of Electrical and Computer Engineering. University of Canterbury. Christchurch, New Zealand.

- Hermoso, E. (2001). *Caracterización Mecánica de la madera Estructural de Pinus sylvestris L.* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- IIAP. (2009). *Evaluación Económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de Bolaina Blanca, Guazuma crinita, en el departamento Ucayali- Avances económicos n°11.* Iquitos, Perú.
- Jayne, B.A. (1959). *Vibrational properties of wood as indices of quality.* Forest Products Journal. 9(11): 413-416.
- Júnior; A, J, S, Miná. (2006). *Vibração transversal: Um método eficiente para classificação de peças estruturais de madeira.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil 7 (2)1-7.
- Llana, D.; González,G.; Díez,M. y Arriaga,F. (2020). *Nondestructive used on timber in Spain a literature review.* Madera,Ciencia,Teconología 22(2).
- Lindström, H.; P. Harris.; C. Sorensson.; R. Evans. (2004). *Stiffness and wood variation of 3 year old Pinus radiata clones.* Wood Science and Technology 38: 579-597.
- Marín, R. (2013). *Estudio sobre técnicas de ensayo no destructivas y semi-destructivas con el objetivo de determinar algunas propiedades mecánicas de la madera.* Escola Politecnica Superior d'Edificació de Barcelona-Universidad Politecnica de Catalunya. España.
- McDonald,K. (1990). *Nondestructive testing of Wood products and Structure: State of the art and research needs.* Madison, W.L.: US. Department of Agriculture, Forest Service Forest Products Laboratory.
- Muñoz, F. (2012). *Determinación del módulo elástico de Young en tableros contrachapados de madera de Eucalyptus nitens (Deane & Maiden).* Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Cartago, Costa Rica 9(23)29-34.

- Navia, F. (2006). *Comportamiento del módulo de elasticidad en madera juvenil de Pinus radiata D, Don en tres condiciones de sitio*. (Tesis de pre grado).Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Niemz,P.; Aguilera,A.;Rolleri,A. (1994). *Velocidad de propagación del sonido en algunas especies creciendo en Chile y su relación con propiedades físicas*.Universidad Austral de Chile.Valdivia, Chile.
- Norma Técnica Peruana. (2014). *Madera. Método para determinar la flexión estática*. NTP 251.017.
- Norma Técnica Peruana. (2014). *Madera. Método para determinar la densidad*. NTP 251.011.
- NTP (Norma Técnica Peruana. (2014). *Madera. Método para determinar el contenido de humedad*. NTP 251.010.
- Olarte, W.; Botero, M. & Cañón, B. (2010). *Análisis de vibraciones: una herramienta clave en el mantenimiento predictivo*.Scientia et Technica 16(45)219-222.Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- Oliveira, F. (2003). *Avaliação de propriedades mecánicas de madeira por meio de ultra – som (en línea)*. Recuperado de [http:// aaende.org.ar /ingles/sitio/biblioteca /material /T-104 .pdf](http://aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/T-104.pdf)
- PADT-REFORT. (2000). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Junta del acuerdo de Cartagena, 591p.
- Pedini, M. (1992). *The variation in the microfibrillar angle within the juvenile wood of Sitka spruce*. IUFRO.13(3).
- Pellerin, R.;Ross, R. (2002). *Nondestructive Evaluation of Wood*. Peachtree Corners: Forest Products Society.

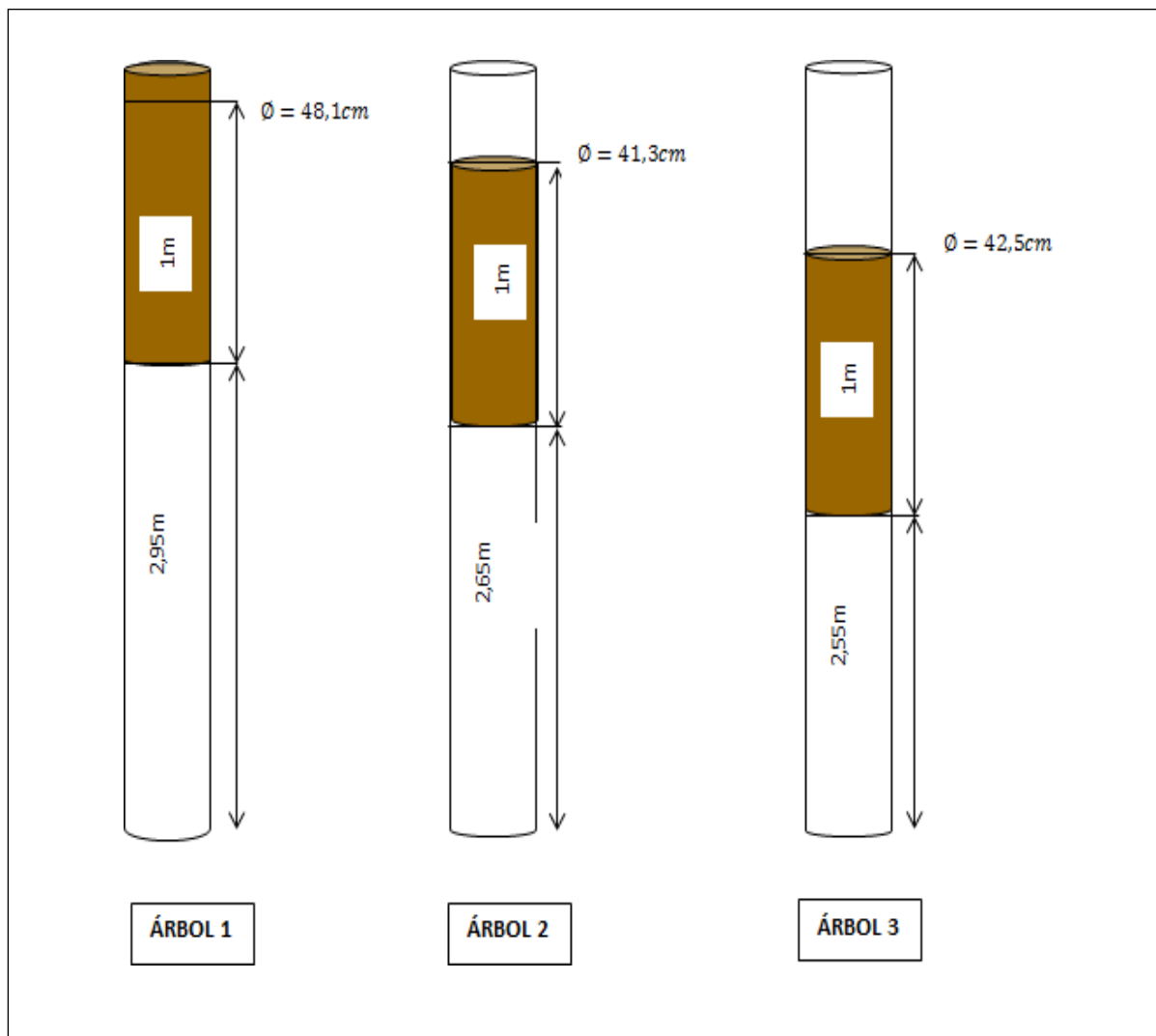
- Quil, C. (2009). *Estimación del módulo de elasticidad por medio de la velocidad de propagación del sonido en madera de Aromo australiano*. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Reynel, C.; Pennington T, D.; Pennington, R, T.; Flores, C., Daza, A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos, Manual de identificación ecológica y propagación de las especies*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Reynel, C.; Pennington, R.; Pennington, T.; Marcelo, J. y Daza, A. (2007). *“Árboles útiles del Ande Peruano: Una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques Montanos en el Perú”*. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. Royal Botanic Gardens Kew, Royal Botanic Gardens Edinburgh, APRODES. Lima, Perú.
- Reynel, C.; Pennington, T,D, & Pennington, R,T. (2016). *Árboles del Perú*, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Rocha, M. (2012). *Variabilidad del módulo de elasticidad de la madera de Pino radiata determinado acústicamente y su relación con características de crecimiento y forma*. (Tesis de pre-grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Ross, R,J.; Pellerin, R, F. (1994). *Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review (en línea)*. Recuperado de www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr70.pdf.
- Sánchez, D. (2015). *Correlación entre la densidad y la flexión estática para Eucalyptus globulus Labill, procedente de la Sabana Cundiboyacense*. Bogotá, Columbia.
- Sandoz, J,L. (2000). *Wood testing using Acousto-Ultrasonic*. Publication IBOIS 00:23. Institut de Statique et Structures IBOIS, Construction en bois. In Proceedings of the World Conference on Timber Engineering (WCTE2000). Whistler Resort, British Columbia, Canadá, 6 p.

- Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (2020). *Datos Hidrometeorológicos –Loreto*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=loreto&p=estaciones>
- Silva, S.J. (2008). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal Madero Negro (Tabebuia billbergi) o Guayacán*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. Recuperado de : <http://www.monografias.com/trabajos71/comparacion-caracteristicas-madera-maderonegro/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro.shtml#ixzz3ZDTo4m6D>
- Soliman,K. (2013). *Nondestructive evaluation of wood*. Mendel University in Brno-Faculty of Forestry and Wood Technology.
- Sotomayor, J.; Villaseñor, J. (2006). *Comportamiento viscoelástico de la madera de Prosopis sp*. Madera y Bosques 12(2) 3-15.
- Sotomayor, J. (2015). *Comportamiento elástico de la madera* (1°ed).Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia. Michoacán, México.
- Sotomayor, J. (2016). *Predicción del módulo de elasticidad estático de la madera empleando módulos dinámicos*. Fundación Ingeniería en Tecnología de la Madera.UMSNH.
- Sotomayor, J. (2018). *Módulo de elasticidad dinámico y factor de calidad de maderas mexicanas-Determinación por ondas de esfuerzo*. Revista académica de la Facultad de Ingeniería 22(1)50-51. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Sotomayor, J,R. & López, V. (2019).*Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera*. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 27(76)32-40.
- Soudre, M. (2006). *Transferencia tecnológica de plantaciones y manejo de bosques aluviales en Ucayali*. Informe final del Programa de Ecosistemas Terrestres. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.Pucallpa, Perú.

- Souza, M.; Magliano, M.; Camargos, J. (2002). *Madeiras tropicales brasileiras*. 2.ed. Brasilia: IBAMA, 152p.
- Sueros, C. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la madera de raleo de Guazuma crinita (bolaina blanca) de tres edades* .(Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.Lima,Perú.
- Toro, M. ; Velásquez, J.E. (2005). *Laboratorio Biotecnológico de Productos forestales*.Universidad Nacional Experimental de Guyana. Copérnico Revista Arbitrada Interdisciplinaria. 2(3)
- Urbina, L. (2017).*Propiedades Mecánicas de la madera de raleo procedente de plantaciones de cuatro años de Guazuma crinita Martius (Bolaina blanca)-Huánuco* (Tesis de pregrado) .Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Ushiñahua, D. (2016).*Comportamiento Fenológico Preliminar de Bolaina en la provincial de San Martín, Región San Martín* (Hoja divulgativa N°001). Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
- Vignote, S. ; Martínez, R. (2006).*Tecnología de la Madera (3° ed.)*. Madrid, España: Aedos.s.a. Recuperado de <https://tecnolodi.files.wordpress.com/2016/03/madera.pdf>
- Weber,J.;Sotelo,C. (2007). *Geographic variation in the tree growth and wood density of Guazuma crinita Mart in the Peruvian Amazon*.Lima, Perú.

VIII. ANEXOS

ANEXO 01. ESQUEMA DE LOS CORTES DE LOS 3 ÁRBOLES DE GUAZUMA CRINITA



**ANEXO 02.EXCENTRICIDADES DE LOS ÁRBOLES DE GUAZUMA
CRINITA**



Árbol 1



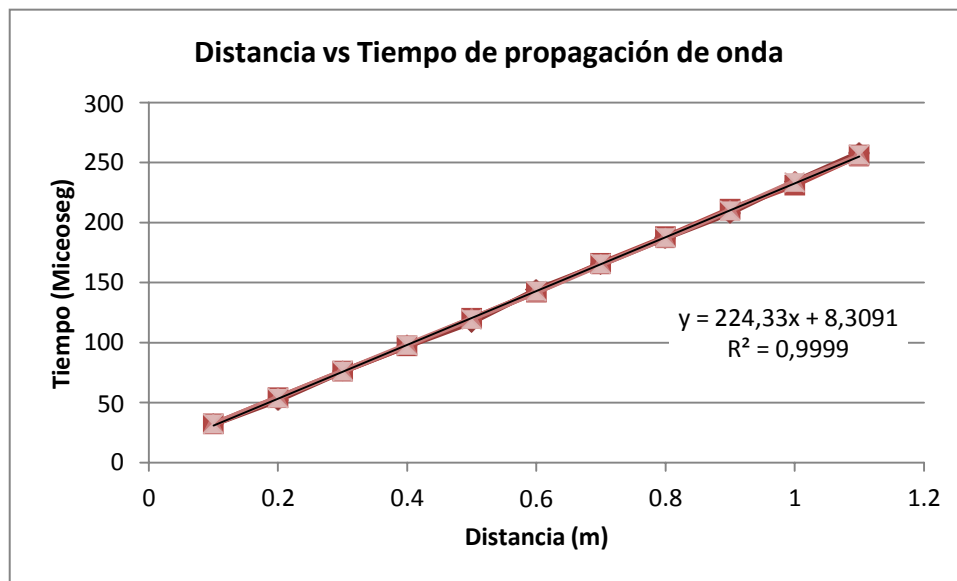
Árbol 2



Árbol 3

ANEXO 03.CALIBRACIÓN DEL EQUIPO FAKOPP MICROSECOD TIMER

Distancia entre transductores (m)	TIEMPO (MICROSEGUNDOS)			
	t1	t2	t1	tprom
1.1	258	256	255	256.3
1	234	231	234	233.0
0.9	208	211	210	209.7
0.8	187	188	187	187.3
0.7	165	166	165	165.3
0.6	144	142	142	142.7
0.5	117	120	120	119.0
0.4	97	97	98	97.3
0.3	76	76	76	76.0
0.2	52	54	54	53.3
0.1	32	32	32	32.0



Al tiempo mostrado en la pantalla del equipo (MICROSECOND TIMER) se le disminuirán 8,3091 microsegundos.

**ANEXO 04. ANÁLISIS DE DE VARIANCA ENTRE LA DENSIDAD BASICA
Y MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICA**

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor f	Valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	1	0.19015	0.190149	130.52	< 2.2e-16	*
	Residual	180	0.26223	0.001457			
	Total	181					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

- Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.97922	p-valor=0.008127

- Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 2.236403	Grados de Libertad= 1	p-valor=0.13479

**ANEXO 05. ANÁLISIS DE DE VARIANCIA ENTRE LA DENSIDAD BÁSICA
Y MÓDULO DE RUPTURA**

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	valor f	valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	1	0.31163	0.311633	398.55	<2.2e-16	*
	Residual	180	0.14075	0.000782			
	Total	181					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

- Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.98317	p-valor= 0.02736

- Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 2.301968	Grados de Libertad= 1	p-valor= 0.12921

ANEXO 06. ANÁLISIS DE VARIANCIAS ENTRE MOE ESTÁTICO Y MOE DINÁMICO

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	valor f	valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	4	1,1950e+11	2,9874e+10	97.317	<2,2e-16	*
	Residual	905	2,7782e+11	3,0698e+08			
	Total	180					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

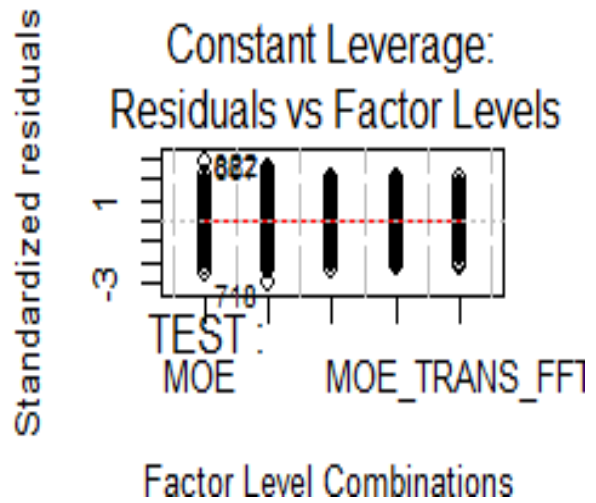
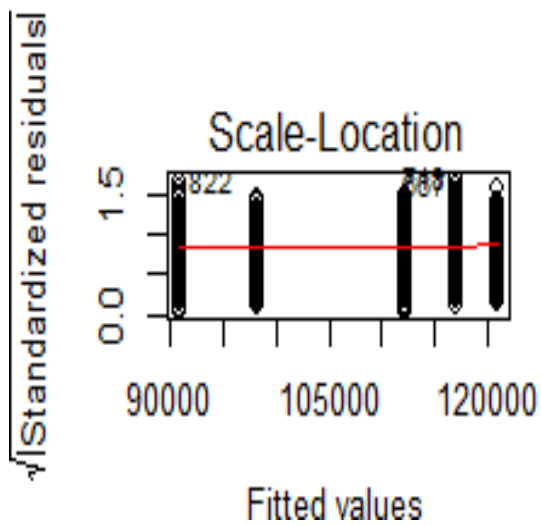
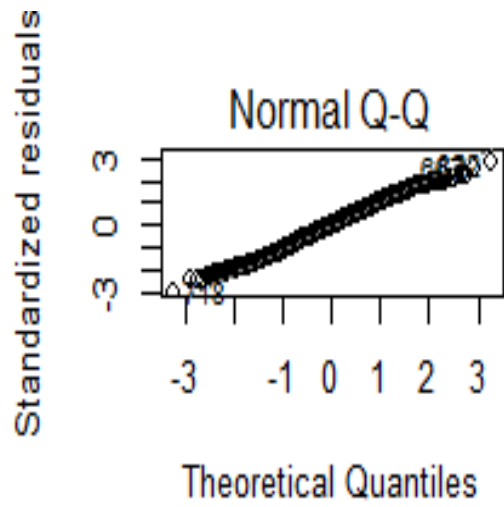
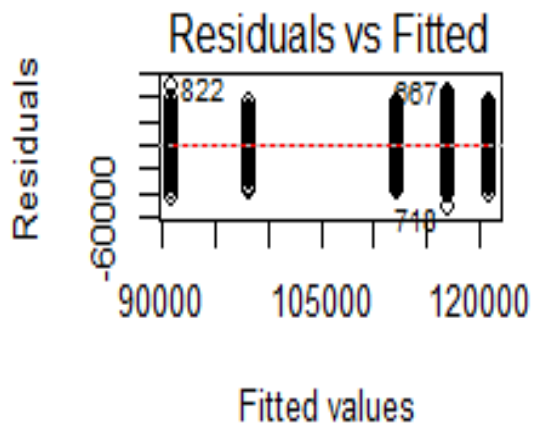
- Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.99436	p-valor= 0.001747

- Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 1.66511	Grados de Libertad= 1	p-valor= 0.19686

ANÁLISIS DE RESIDUALES



PRUEBA DE TUKEY

\$TEST				
##	diff	lwr	upr	p adj
## MOE_L_FFT-MOE	26211.907	21191.739	31232.0740	0.0000000
## MOE_LD_MICRO-MOE	29985.780	24965.613	35005.9476	0.0000000
## MOE_LIND_MICRO-MOE	21299.868	16279.701	26320.0355	0.0000000
## MOE_TRANS_FFT-MOE	7221.780	2201.613	12241.9476	0.0008605
## MOE_LD_MICRO-MOE_L_FFT	3773.874	-1246.294	8794.0410	0.2409664
## MOE_LIND_MICRO-MOE_L_FFT	-4912.038	-9932.206	108.1289	0.0585918
## MOE_TRANS_FFT-MOE_L_FFT	-18990.126	-24010.294	-13969.9590	0.0000000
## MOE_LIND_MICRO-MOE_LD_MICRO	-8685.912	-13706.079	-3665.7447	0.0000257
## MOE_TRANS_FFT-MOE_LD_MICRO	-22764.000	-27784.167	-17743.8326	0.0000000
## MOE_TRANS_FFT-MOE_LIND_MICRO	-14078.088	-19098.255	-9057.9205	0.0000000

ANEXO 07. ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL 0° VS MOE

```

Analysis of Variance Table

Response: MOE
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
MOE.LD.MICRO  1 3.3547e+10 3.3547e+10 330.55 < 2.2e-16 ***
Residuals    180 1.8268e+10 1.0149e+08
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

```

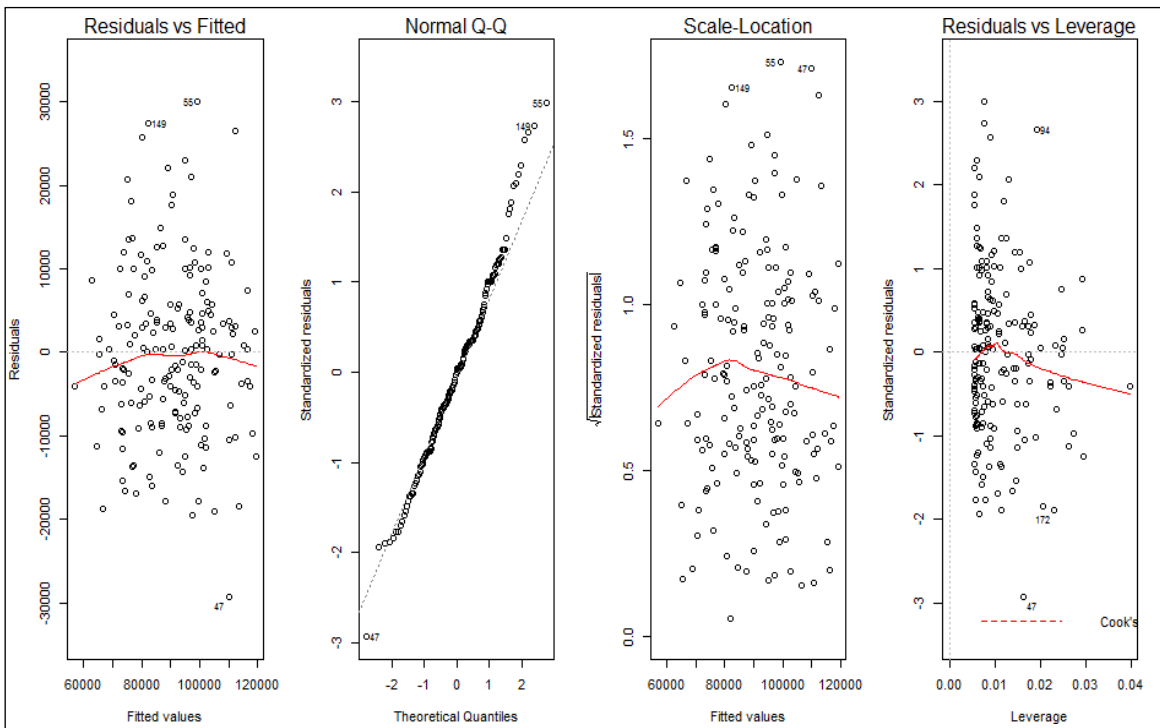
Call:
lm(formula = MOE ~ MOE.LD.MICRO, data = prueba_A)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-29262.0 -6514.2  153.6   5187.6 29971.9

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -6.446e+03  5.405e+03  -1.193    0.235
MOE.LD.MICRO  8.052e-01  4.429e-02  18.181 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10070 on 180 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6474,    Adjusted R-squared:  0.6455
F-statistic: 330.5 on 1 and 180 DF, p-value: < 2.2e-16
    
```

Análisis de residuos



```

Durbin-Watson test

data: modeloA
DW = 1.4336, p-value = 0.0001041
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
    
```


ANEXO 08. ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL 45° VS MOE

Analysis of Variance Table

Response: MOE

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
MOE.LIND.MICRO	1	3.2724e+10	3.2724e+10	308.54	< 2.2e-16 ***
Residuals	180	1.9091e+10	1.0606e+08		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

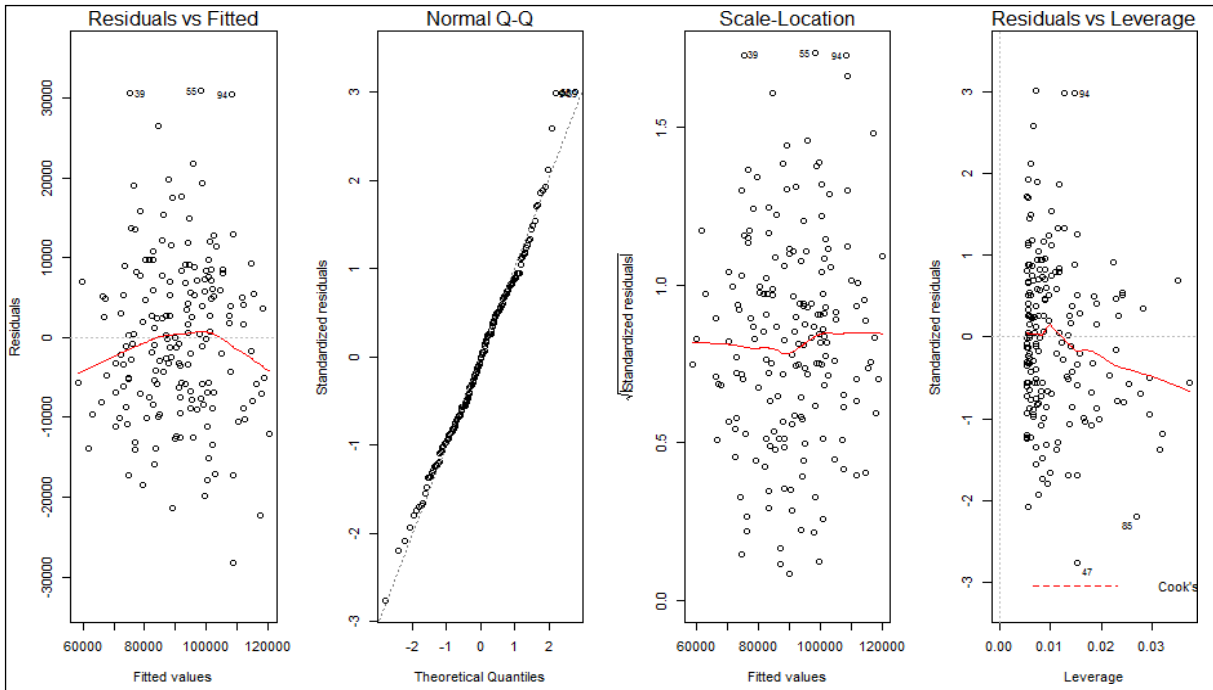
```
Call:
lm(formula = MOE ~ MOE.LIND.MICRO, data = prueba_B)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-28210.4 -7053.8 -144.6  6902.3 30845.0

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.956e+03  5.396e+03  -0.548   0.584
MOE.LIND.MICRO  8.365e-01  4.762e-02  17.565 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10300 on 180 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6316,    Adjusted R-squared:  0.6295
F-statistic: 308.5 on 1 and 180 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Análisis de residuos



Durbin-Watson test

data: modelo8
 DW = 1.4602, p-value = 0.0002199
 alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0

ANEXO 09.ANOVA ENTRE MOE TRANSVERSAL- FFT VS MOE

Analysis of Variance Table

Response: MOE

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
MOE.TRANS.FFT	1	3.8103e+10	3.8103e+10	500.21	< 2.2e-16 ***
Residuals	180	1.3711e+10	7.6175e+07		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Call:
 lm(formula = MOE ~ MOE.TRANS.FFT, data = prueba_C)

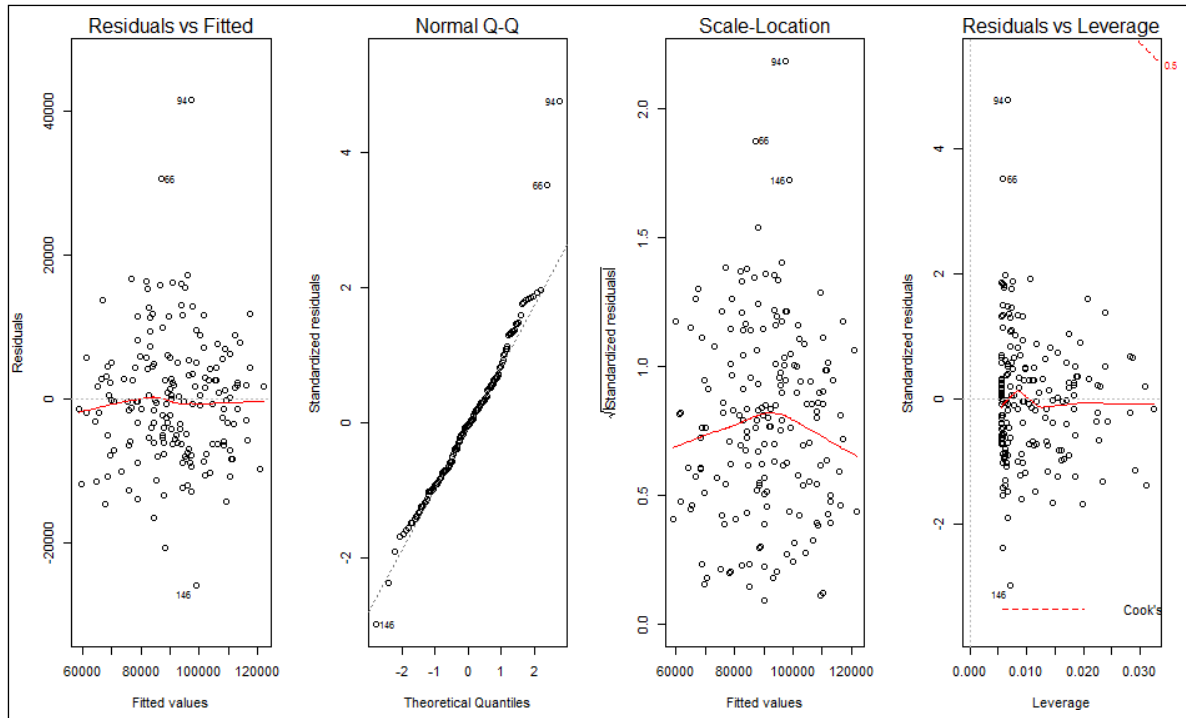
Residuals:
 Min 1Q Median 3Q Max
 -25904 -6067 -309 4554 41497

Coefficients:
 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
 (Intercept) 6.991e+03 3.806e+03 1.837 0.0679 .
 MOE.TRANS.FFT 8.551e-01 3.823e-02 22.365 <2e-16 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8728 on 180 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.7354, Adjusted R-squared: 0.7339
 F-statistic: 500.2 on 1 and 180 DF, p-value: < 2.2e-16

Análisis de residuos



Durbin-Watson test

data: modeloC
 DW = 1.464, p-value = 0.0002392
 alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0

ANEXO 10. ANOVA ENTRE MOE LONGITUDINAL –FFT VS MOE

Analysis of Variance Table

Response: MOE

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
MOE.L.FFT	1	4.0794e+10	4.0794e+10	666.3	< 2.2e-16 ***
Residuals	180	1.1021e+10	6.1225e+07		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Call:
`lm(formula = MOE ~ MOE.L.FFT, data = prueba_D)`

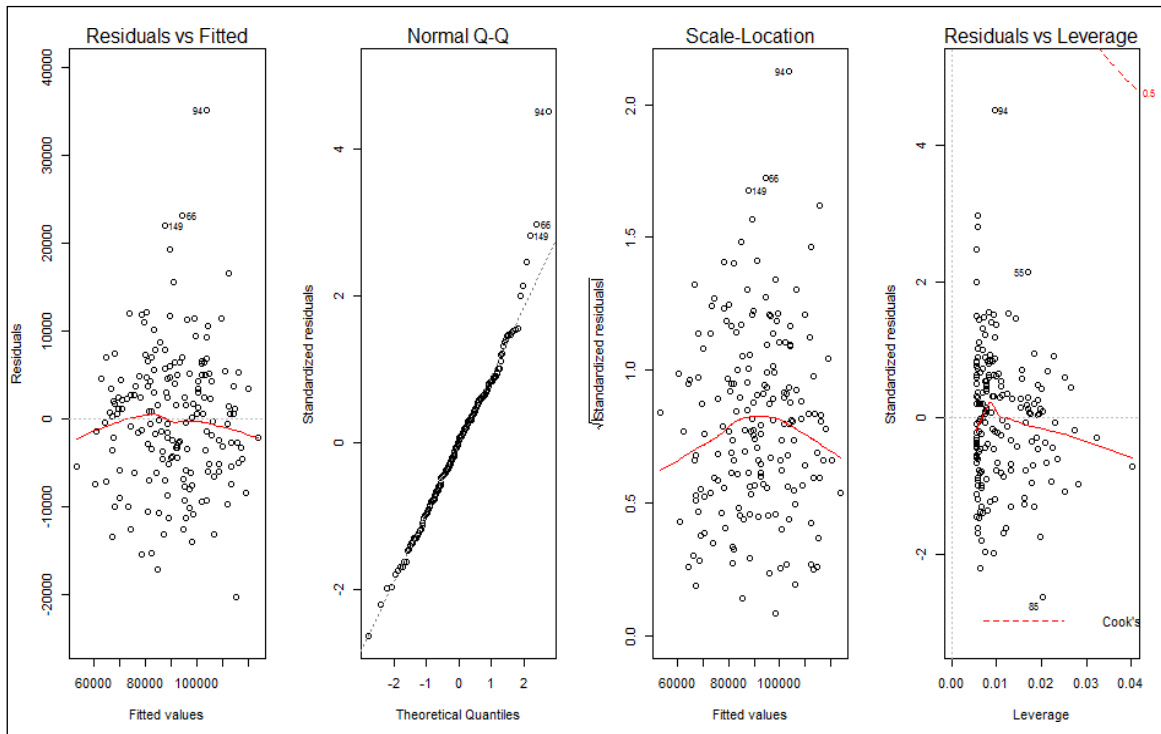
Residuals:
 Min 1Q Median 3Q Max
 -20336 -5177 379 4623 35120

Coefficients:
 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
 (Intercept) 4743.2975 3386.8195 1.401 0.163
 MOE.L.FFT 0.7356 0.0285 25.813 <2e-16 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7825 on 180 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.7873, Adjusted R-squared: 0.7861
 F-statistic: 666.3 on 1 and 180 DF, p-value: < 2.2e-16

Análisis de residuos



Durbin-Watson test

data: modeloD
 DW = 1.6854, p-value = 0.02965
 alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0

**ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANCIA ENTRE LA VELOCIDAD DE ONDA
VS MOE ESTÁTICO**

- **ANOVA ENTRE VELOCIDAD DE ONDA DE ESFUERZO 0°- MOE ESTÁTICO**

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	valor f	valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	1	7390416	7390416	241.83	< 2.2e-16	*
	Residual	180	5500813	30560			
	Total	181					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

- Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.97677	p-valor= 0.003921

- Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 0.4886958	Grados de Libertad= 1	p-valor= 0.48451

- ANOVA ENTRE ONDA DE ESFUERZO 45°-MOE ESTÁTICO

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	valor f	valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	1	4786727	4786727	105.06	< 2.2e-16	*
	Residual	180	8201398	45563			
	Total	181					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

– Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.98359	p-valor= 0.03126

– Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 0.3441401	Grados de Libertad=1	p-valor= 0.55745

- **ANOVA ENTRE RESONANCIA LONGITUDINAL -MOE ESTÁTICO**

Propiedad	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	valor f	valor p	Significancia
Módulo de elasticidad estático	Regresión	1	12362472	12362472	260.67	< 2.2e-16	*
	Residual	180	8536564	47425			
	Total	181					

* Muestra significancia

Analisis de residuales

- Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO- WILK	
W=0.98359	p-valor= 0.03126

- Homocedasticidad

Prueba NCV (Non-constant Variance Score Test)		
Formula de varianza: Valores justados		
Chi cuadrado = 0.0002921919	Grados de Libertad= 1	p-valor= 0.98636

**ANEXO 12. CONTENIDO DE HUMEDAD , DENSIDAD BÁSICA Y
DENSIDAD AL CH%**

TROZA	CÓDIGO	DB	CH %	DENSIDAD AL CH
1	N1-1	0.41	140.98	0.73
1	N2-1	0.43	116.74	0.76
1	N2-2	0.41	139.38	0.73
1	N3-1	0.46	126.99	0.77
1	N3-2	0.47	121.01	0.80
1	N4-1	0.52	94.74	0.83
1	N4-2	0.48	110.13	0.79
1	N5-1	0.48	107.94	0.81
1	N5-2	0.50	96.09	0.80
1	S1-1	0.42	130.93	0.73
1	S1-3	0.35	133.67	0.67
1	S2-3	0.44	131.66	0.76
1	S2-4	0.47	120.07	0.76
1	S3-3	0.46	117.95	0.79
1	S3-4	0.47	112.45	0.76
1	S4-1	0.48	105.57	0.81
1	S4-3	0.43	120.00	0.77
1	S5-3	0.46	117.33	0.78
1	S5-4	0.47	110.20	0.74
1	S6-3	0.44	114.37	0.77
1	S6-4	0.43	112.23	0.76
1	E1-3	0.52	123.11	0.76
1	E1-5	0.47	115.16	0.82
1	E2-4	0.49	104.37	0.84
1	E2-5	0.52	81.46	0.80
1	E3-2	0.47	113.22	0.79
1	E3-3	0.57	101.31	0.86
1	E4-2	0.45	98.01	0.85
1	E4-3	0.59	101.24	0.80
1	O1-2	0.48	111.58	0.80
1	O1-3	0.47	112.57	0.82
1	O2-2	0.42	135.00	0.75
1	O2-4	0.47	113.46	0.80
1	O3-6	0.43	122.45	0.78
1	O3-7	0.41	134.30	0.78
1	O4-2	0.47	102.56	0.83
1	O4-3	0.45	103.16	0.79
1	N1-2	0.35	114.01	0.67
1	N1-3	0.45	102.40	0.87
1	N2-3	0.39	129.54	0.73
1	N3-2	0.40	141.40	0.74
1	N3-4	0.42	131.97	0.79
1	N4-1	0.48	109.83	0.81
1	N4-5	0.47	110.27	0.81
1	N5-3	0.48	106.35	0.80
1	N5-4	0.47	109.27	0.82

1	S1-2	0.37	127.19	0.69
1	S2-2	0.42	135.99	0.74
1	S2-3	0.44	116.28	0.74
1	S3-3	0.45	122.21	0.78
1	S3-4	0.47	126.05	0.79
1	S4-1	0.45	112.11	0.80
1	S4-2	0.45	102.56	0.78
1	S5-2	0.45	116.19	0.89
1	S5-3	0.42	124.55	0.75
1	S6-2	0.46	103.89	0.78
1	S6-3	0.48	107.11	0.79
1	E1-2	0.38	125.00	0.70
1	E1-3	0.39	111.33	0.73
1	E2-3	0.48	105.28	0.80
1	E2-4	0.50	103.87	0.81
1	E3-3	0.48	101.00	0.81
1	E3-4	0.49	99.52	0.83
1	E4-2	0.50	103.92	0.82
1	E4-3	0.48	104.99	0.81
1	O1-2	0.45	113.80	0.77
1	O1-3	0.41	118.22	0.75
1	O2-3	0.49	101.00	0.85
1	O2-4	0.52	95.27	0.85
1	O3-4	0.39	147.68	0.67
1	O3-5	0.42	124.96	0.87
2	N1-1	0.34	161.60	0.80
2	N1-2	0.33	142.30	0.75
2	N2-1	0.40	155.65	0.88
2	N2-2	0.43	131.25	0.91
2	N3-2	0.48	106.16	0.93
2	N3-3	0.48	98.14	0.93
2	N4-1	0.38	146.94	0.84
2	N4-2	0.38	135.86	0.88
2	S2-1	0.40	123.60	0.75
2	S3-1	0.39	140.71	0.83
2	S3-2	0.40	137.10	0.86
2	S4-1	0.43	132.30	0.86
2	S4-2	0.41	129.55	0.88
2	S5-1	0.46	113.06	0.87
2	S5-2	0.46	115.51	0.90
2	S6-1	0.42	134.29	0.92
2	S6-2	0.41	137.07	0.90
2	E1-2	0.41	125.49	0.91
2	E1-3	0.41	145.03	0.91
2	E2-3	0.47	111.63	0.93
2	E2-4	0.47	118.63	0.94
2	O1-3	0.45	113.41	0.95
2	O1-4	0.43	129.20	0.88
2	O2-2	0.40	138.63	0.91
2	O2-3	0.47	106.98	0.91
2	O3-3	0.41	129.21	0.88
2	O3-4	0.41	144.26	0.90
2	N1-1	0.33	139.02	0.75
2	N2-1	0.38	132.91	0.81
2	N2-2	0.41	103.74	0.82
2	N3-1	0.45	119.42	0.92
2	N3-2	0.47	112.93	0.90

2	N4-1	0.44	123.02	0.88
2	N4-2	0.44	114.42	0.90
2	S2-2	0.32	168.78	0.75
2	S2-3	0.34	175.81	0.84
2	S3-2	0.39	145.26	0.89
2	S3-3	0.39	144.91	0.86
2	S4-2	0.43	127.98	0.82
2	S4-3	0.45	122.76	0.89
2	S5-3	0.47	112.40	0.91
2	E1-2	0.37	158.32	0.86
2	E1-3	0.38	143.51	0.85
2	E2-2	0.44	120.57	0.91
2	E2-3	0.43	126.70	0.90
2	E3-2	0.44	122.17	0.89
2	E3-3	0.48	103.60	0.92
2	O1-4	0.43	112.94	0.85
2	O1-5	0.45	110.37	0.85
2	O2-2	0.46	116.15	0.93
2	O2-3	0.46	107.68	0.94
2	O3-4	0.39	155.97	0.86
2	O3-5	0.36	159.20	0.88
3	N2-1	0.55	93.21	1.00
3	N2-2	0.53	103.03	0.99
3	S2-2	0.42	146.12	0.86
3	S3-1	0.35	189.52	0.89
3	S3-2	0.36	184.70	0.86
3	S4-1	0.36	178.66	0.88
3	S4-2	0.36	179.55	0.87
3	S5-1	0.40	153.89	0.90
3	S5-2	0.37	168.54	0.90
3	S6-1	0.38	164.24	0.87
3	S6-2	0.40	150.54	0.90
3	S7-2	0.41	155.75	0.95
3	S7-3	0.42	145.43	0.91
3	S8-2	0.44	139.89	0.96
3	S8-3	0.45	135.85	0.98
3	E1-1	0.41	138.68	0.89
3	E1-2	N.A	N.A	0.87
3	E2-1	0.52	100.99	0.96
3	E2-2	0.52	100.49	0.98
3	O1-4	0.39	158.22	0.91
3	O1-5	0.41	152.76	0.88
3	O2-4	0.38	168.14	0.87
3	O2-5	0.41	149.69	0.85
3	O3-4	0.47	124.87	0.94
3	O3-5	0.38	169.32	0.93
3	O4-4	0.42	144.51	0.95
3	O4-5	0.39	161.34	0.99
3	O5-3	0.35	188.12	0.93
3	O5-4	0.38	168.80	0.94
3	N1-2	0.39	153.81	0.89
3	N1-3	0.44	123.68	0.86
3	N2-3	0.44	132.39	0.91
3	N2-4	0.44	116.55	0.85
3	N3-2	0.52	108.05	0.97
3	N3-3	0.50	115.08	0.98
3	S1-3	0.41	156.07	0.90

3	S2-2	0.34	202.89	0.86
3	S2-3	0.35	198.68	0.85
3	S3-2	0.34	208.03	0.88
3	S3-3	0.39	169.68	0.85
3	S4-2	0.41	146.11	0.92
3	S4-3	0.40	157.98	0.92
3	S5-2	0.38	170.64	0.88
3	S5-3	0.37	171.03	0.88
3	S6-2	0.43	142.51	0.93
3	S6-3	0.40	155.46	0.90
3	S7-2	0.42	148.59	0.96
3	S7-3	0.42	151.35	0.99
3	E1-5	0.35	159.31	0.81
3	E1-6	0.36	154.94	0.80
3	E2-2	0.49	103.08	0.88
3	E2-3	0.48	114.82	0.93
3	E3-4	0.50	112.32	0.99
3	O1-1	0.41	147.41	0.89
3	O1-2	0.40	153.47	0.87
3	O2-4	0.37	176.88	0.90
3	O2-5	0.40	157.63	0.92
3	O3-3	0.39	165.40	0.91
3	O3-4	0.42	145.99	0.95

ANEXO 13. RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL 0° –MICROSECOND

TIMER

Troza	Código	Peso	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Distancia (m)	Densidad saturada (kg/cm3)	Tiempo de vibración (us)			Promedio	Lectura corregida	Velocidad (m/s)	Moe directo (kg/cm2)
1	N1-1	182.24	2.60	2.40	40.00	0.38	728.70	108	10	10	108.33	100.02	3799.08	107247.36
1	N2-1	196.47	2.44	2.65	40.10	0.38	756.52	112	11	11	112.00	103.69	3664.74	103605.76
1	N2-2	188.91	2.41	2.62	41.20	0.39	727.38	112	11	11	113.33	105.02	3713.43	102279.91
1	N3-1	199.95	2.50	2.59	40.10	0.38	772.52	105	10	10	104.67	96.36	3943.64	122513.78
1	N3-2	202.51	2.38	2.58	41.20	0.39	798.86	110	11	11	110.00	101.69	3844.99	120430.82
1	N4-1	208.12	2.58	2.41	40.20	0.38	833.21	108	10	10	107.33	99.02	3847.54	125776.50
1	N4-2	206.89	2.45	2.60	41.20	0.39	789.31	111	10	10	109.00	100.69	3883.17	121366.23
1	N5-1	200.65	2.42	2.61	39.20	0.37	811.02	111	11	11	110.33	102.02	3636.39	109358.01
1	N5-2	211.19	2.46	2.60	41.20	0.39	801.18	111	11	10	110.33	102.02	3832.42	119993.07
1	S1-1	190.59	2.43	2.60	41.20	0.39	731.97	109	10	10	109.00	100.69	3893.10	113126.19
1	S1-3	182.15	2.53	2.60	41.20	0.39	672.65	124	12	12	123.67	115.36	3389.46	78801.05
1	S2-3	199.01	2.48	2.58	41.20	0.39	757.02	116	11	11	113.33	105.02	3722.95	106994.05
1	S2-4	201.27	2.46	2.60	41.20	0.39	763.82	112	11	10	110.33	102.02	3822.62	113813.69
1	S3-3	207.20	2.47	2.58	41.10	0.39	789.83	106	10	10	105.67	97.36	4005.85	129242.37
1	S3-4	206.16	2.50	2.61	41.30	0.39	764.42	106	10	10	105.67	97.36	4016.12	125726.61
1	S4-1	215.62	2.49	2.59	41.20	0.39	812.45	105	10	10	105.33	97.02	4029.92	134545.27
1	S4-3	200.93	2.45	2.59	41.10	0.39	769.86	106	10	10	107.00	98.69	3961.86	123222.58
1	S5-3	207.01	2.50	2.59	41.10	0.39	778.22	102	10	10	102.00	93.69	4162.62	137504.25
1	S5-4	207.85	2.61	2.60	41.10	0.39	743.81	106	10	10	103.33	95.02	4104.22	127761.54
1	S6-3	206.70	2.51	2.59	41.10	0.39	773.88	108	10	10	107.33	99.02	3948.53	123033.31
1	S6-4	204.36	2.53	2.57	41.20	0.39	764.07	108	10	10	108.00	99.69	3922.12	119855.24
1	E1-3	186.32	2.43	2.57	39.00	0.37	762.55	106	10	10	105.33	97.02	3792.87	111861.41
1	E1-5	206.38	2.43	2.50	41.20	0.39	824.59	112	11	11	112.00	103.69	3770.82	119561.49
1	E2-4	213.41	2.41	2.55	41.20	0.39	842.21	106	10	10	106.67	98.36	3975.29	135717.90

1	E2-5	203.53	2.49	2.59	39.20	0.37	804.8 2	103	10 2	10 2	102.3 3	94.02	3935.1 6	127086.6 1
1	E3-2	195.32	2.45	2.56	39.80	0.37	785.5 9	104	10 4	10 4	104.0 0	95.69	3897.9 7	121716.5 4
1	E3-3	210.42	2.35	2.53	41.20	0.39	859.3 6	108	10 6	10 6	106.6 7	98.36	3975.2 9	138481.0 7
1	E4-2	216.95	2.40	2.58	41.20	0.39	852.0 9	108	10 8	10 6	107.3 3	99.02	3948.5 3	135467.8 4
1	E4-3	206.38	2.44	2.58	41.20	0.39	796.0 8	103	10 3	10 3	103.0 0	94.69	4118.6 6	137705.3 1
1	O1-2	209.68	2.44	2.62	41.30	0.39	795.5 0	118	11 8	12 0	118.6 7	110.3 6	3543.0 3	101828.5 5
1	O1-3	209.25	2.39	2.59	41.20	0.39	818.8 5	117	11 7	11 6	116.6 7	108.3 6	3599.1 9	108166.9 6
1	O2-2	200.25	2.50	2.58	41.20	0.39	752.9 9	112	11 2	11 2	112.0 0	103.6 9	3770.8 2	109179.7 1
1	O2-4	209.34	2.49	2.57	41.10	0.39	797.2 3	121	12 1	12 0	120.6 7	112.3 6	3471.0 6	97945.80
1	O3-6	204.53	2.47	2.59	41.20	0.39	777.2 0	112	11 2	11 4	112.6 7	104.3 6	3746.7 3	111254.9 3
1	O3-7	202.40	2.45	2.57	41.20	0.39	781.4 2	114	11 5	11 2	113.6 7	105.3 6	3711.1 7	109744.8 1
1	O4-2	216.84	2.47	2.57	41.20	0.39	831.0 8	106	10 9	10 8	107.6 7	99.36	3935.2 8	131241.5 4
1	O4-3	208.48	2.50	2.57	41.10	0.39	791.0 6	106	10 6	10 6	106.0 0	97.69	3992.1 8	128561.0 3
1	N1-2	175.89	2.64	2.41	41.20	0.39	671.3 0	109	10 9	11 0	109.3 3	101.0 2	3870.3 6	102541.7 6
1	N1-3	225.00	2.67	2.43	40.10	0.38	866.5 3	105	10 5	10 3	104.3 3	96.02	3957.3 3	138378.1 0
1	N2-3	193.53	2.45	2.63	41.20	0.39	730.2 0	108	11 0	10 8	108.6 7	100.3 6	3906.0 3	113603.0 8
1	N3-2	189.08	2.43	2.64	40.10	0.38	735.9 1	106	10 5	10 4	105.0 0	96.69	3919.7 1	115295.9 5
1	N3-4	202.60	2.39	2.59	41.30	0.39	793.0 2	110	11 0	10 9	109.6 7	101.3 6	3857.6 3	120339.0 6
1	N4-1	214.83	2.45	2.62	41.20	0.39	812.5 9	111	11 2	11 2	111.6 7	103.3 6	3782.9 8	118582.8 3
1	N4-5	208.72	2.46	2.61	40.20	0.38	811.2 1	103	10 3	10 3	103.0 0	94.69	4013.0 6	133218.7 2
1	N5-3	209.13	2.43	2.60	41.20	0.39	802.7 1	106	10 6	10 6	106.0 0	97.69	4002.4 2	131124.5 5
1	N5-4	199.29	2.42	2.58	39.20	0.37	815.5 1	104	10 2	10 2	102.6 7	94.36	3931.8 5	128558.5 9
1	S1-2	183.37	2.42	2.63	41.80	0.40	688.9 7	111	11 0	10 9	110.0 0	101.6 9	3913.8 2	107617.4 6
1	S2-2	195.69	2.44	2.62	41.20	0.39	743.4 9	110	11 1	11 1	110.6 7	102.3 6	3819.9 4	110629.0 5
1	S2-3	199.11	2.50	2.60	41.20	0.39	742.3 5	115	11 5	11 6	115.3 3	107.0 2	3653.3 8	101036.1 0
1	S3-4	203.22	2.43	2.58	41.20	0.39	787.7 2	105	10 6	10 6	105.6 7	97.36	4016.1 2	129557.5 2
1	S4-1	210.69	2.43	2.62	41.20	0.39	803.2 8	109	10 9	10 9	109.0 0	100.6 9	3873.2 4	122883.4 6
1	S4-2	210.18	2.48	2.63	41.20	0.39	783.9 5	106	10 6	10 6	106.0 0	97.69	4002.4 2	128059.8 4
1	S5-2	233.00	2.44	2.61	41.20	0.39	887.0 1	103	10 3	10 2	102.6 7	94.36	4154.4 1	156108.8 3

1	S5-3	198.47	2.46	2.61	41.20	0.39	752.9 4	102	10 3	10 3	102.6 7	94.36	4143.8 1	131838.1 0
1	S6-2	206.84	2.47	2.60	41.10	0.39	784.6 2	100	10 0	10 0	100.0 0	91.69	4253.4 2	144748.9 3
1	S6-3	208.34	2.46	2.60	41.10	0.39	794.7 3	100	10 0	10 2	100.6 7	92.36	4222.7 2	144505.5 6
1	E1-2	183.81	2.48	2.58	40.90	0.39	701.2 6	111	11 1	11 0	110.6 7	102.3 6	3771.0 9	101693.9 5
1	E1-3	181.63	2.48	2.52	39.80	0.39	728.7 6	111	11 0	11 1	110.6 7	102.3 6	3800.4 0	107330.0 5
1	E2-3	207.33	2.44	2.60	41.20	0.39	795.4 2	108	10 9	10 8	108.3 3	100.0 2	3909.0 5	123941.3 6
1	E2-4	213.06	2.46	2.60	41.10	0.39	811.1 8	108	10 8	10 6	107.3 3	99.02	3928.3 3	127646.8 6
1	E3-3	208.04	2.47	2.61	39.90	0.38	809.6 9	100	10 0	99	99.67	91.36	4192.3 2	145112.7 5
1	E3-4	214.71	2.46	2.59	40.60	0.39	833.0 0	99	10 0	10 0	99.67	91.36	4236.1 0	152425.7 8
1	E4-2	211.18	2.43	2.60	41.00	0.39	815.5 8	105	10 5	10 5	105.0 0	96.69	4043.8 1	135997.1 2
1	E4-3	215.02	2.47	2.60	41.20	0.39	812.7 0	106	10 6	10 5	105.6 7	97.36	4005.8 5	132983.6 7
1	O1-2	211.72	2.50	2.62	42.00	0.40	769.6 3	106	10 5	10 5	105.3 3	97.02	4112.3 7	132722.3 3
1	O1-3	200.79	2.47	2.62	41.20	0.39	753.3 8	105	10 5	10 5	105.0 0	96.69	4043.8 1	125624.4 1
1	O2-3	229.59	2.47	2.61	42.10	0.40	847.2 3	104	10 3	10 3	103.3 3	95.02	4198.9 3	152319.6 3
1	O2-4	236.57	2.47	2.69	42.00	0.40	848.0 5	104	10 4	10 4	104.0 0	95.69	4180.1 3	151105.6 3
1	O3-4	229.25	2.48	2.61	41.20	0.39	859.2 8	110	11 0	10 9	109.6 7	101.3 6	3857.6 3	130393.7 5
1	O3-5	199.43	2.48	2.60	41.20	0.39	751.3 4	102	10 2	10 3	102.3 3	94.02	4158.5 0	132491.6 7
2	N1-1	201.95	2.36	2.58	41.20	0.39	802.7 4	118	12 0	11 8	118.6 7	110.3 6	3552.0 9	103281.3 7
2	N1-2	195.51	2.49	2.56	41.00	0.39	747.7 7	122	12 3	12 4	123.0 0	114.6 9	3400.4 4	88169.30
2	N2-1	231.93	2.44	2.61	41.60	0.40	876.2 4	115	11 6	11 6	115.6 7	107.3 6	3688.6 1	121570.8 9
2	N2-2	243.34	2.43	2.63	41.70	0.40	913.9 0	114	11 4	11 4	114.0 0	105.6 9	3746.7 7	130826.3 6
2	N3-2	243.57	2.49	2.55	41.20	0.39	928.1 3	108	10 8	10 8	108.0 0	99.69	3942.1 9	147083.0 5
2	N3-3	243.48	2.45	2.57	41.30	0.39	934.4 1	106	10 6	10 5	105.6 7	97.36	4026.3 9	154471.6 0
2	N4-1	232.92	2.58	2.59	41.40	0.40	840.9 8	124	12 3	12 3	123.3 3	115.0 2	3434.0 6	101129.9 9
2	N4-2	225.00	2.38	2.60	41.30	0.39	883.2 5	128	12 7	12 7	127.3 3	119.0 2	3293.4 5	97692.68
2	S2-1	196.53	2.47	2.59	41.20	0.39	745.6 9	117	11 7	11 7	117.0 0	108.6 9	3606.5 6	98906.55
2	S3-1	226.20	2.57	2.57	41.10	0.39	832.3 0	110	11 0	11 1	110.3 3	102.0 2	3842.2 2	125291.8 8
2	S3-2	216.40	2.39	2.57	41.00	0.39	858.5 5	110	11 0	11 1	110.3 3	102.0 2	3832.4 2	128585.7 2
2	S4-1	223.57	2.48	2.58	40.80	0.39	857.4 2	111	11 1	11 1	111.0 0	102.6 9	3797.8 0	126106.8 1

2	S4-2	226.81	2.44	2.57	41.00	0.39	883.2 6	112	11 2	11 1	111.6 7	103.3 6	3773.3 1	128237.1 0
2	S5-1	234.73	2.56	2.59	40.70	0.39	872.8 8	104	10 3	10 5	104.0 0	95.69	4033.8 2	144832.3 1
2	S5-2	237.62	2.52	2.59	40.50	0.39	898.9 7	104	10 4	10 5	104.3 3	96.02	4030.2 3	148897.3 3
2	S6-1	230.97	2.38	2.60	40.60	0.39	917.9 3	111	11 1	11 0	110.6 7	102.3 6	3790.6 3	134497.5 8
2	S6-2	235.66	2.47	2.61	40.50	0.39	902.6 4	110	10 9	10 9	109.3 3	101.0 2	3820.8 7	134374.0 3
2	E1-2	232.80	2.51	2.53	40.40	0.39	906.3 3	117	11 6	11 7	116.6 7	108.3 6	3553.0 5	116672.8 5
2	E1-3	232.85	2.45	2.59	40.40	0.39	910.8 6	114	11 4	11 2	113.3 3	105.0 2	3665.8 2	124816.9 3
2	E2-3	237.77	2.47	2.56	40.50	0.39	928.5 2	108	10 9	10 8	108.3 3	100.0 2	3849.0 7	140275.3 2
2	E2-4	241.31	2.46	2.58	40.40	0.39	943.3 2	108	10 6	10 6	106.6 7	98.36	3914.2 9	147381.6 5
2	O1-3	226.10	2.52	2.57	41.70	0.40	837.2 2	110	10 9	11 0	109.6 7	101.3 6	3906.9 6	130315.2 3
2	O1-4	225.52	2.37	2.57	41.80	0.40	883.2 6	112	11 2	11 2	112.0 0	103.6 9	3847.9 8	133362.0 0
2	O2-2	243.17	2.47	2.58	42.20	0.40	905.3 3	114	11 4	11 4	114.0 0	105.6 9	3803.5 4	133556.4 7
2	O2-3	249.23	2.50	2.57	42.50	0.40	913.4 5	108	10 9	10 9	108.6 7	100.3 6	4015.6 4	150201.7 5
2	O3-3	235.71	2.48	2.55	42.60	0.41	876.3 3	118	11 8	11 7	117.6 7	109.3 6	3721.7 4	123776.4 9
2	O3-4	245.69	2.48	2.58	42.50	0.41	902.7 6	126	12 1	12 0	122.3 3	114.0 2	3551.8 8	116135.6 5
2	N1-1	192.80	2.46	2.62	39.90	0.38	751.2 1	120	11 7	11 7	118.0 0	109.6 9	3455.1 6	91448.35
2	N2-1	211.06	2.52	2.57	40.00	0.38	814.7 5	109	11 2	10 9	110.0 0	101.6 9	3746.6 5	116624.0 3
2	N2-2	211.29	2.44	2.57	41.00	0.39	823.4 6	117	11 6	11 5	116.0 0	107.6 9	3630.7 6	110692.8 0
2	N3-1	233.76	2.46	2.59	39.90	0.38	918.4 8	104	10 5	10 5	104.6 7	96.36	3943.6 4	145661.1 3
2	N3-2	236.40	2.46	2.60	41.00	0.39	899.6 7	106	10 8	10 8	107.3 3	99.02	3938.4 3	142301.0 6
2	N4-1	218.20	2.47	2.58	39.00	0.37	877.9 7	99	10 2	10 0	100.3 3	92.02	4020.6 8	144730.2 8
2	N4-2	236.95	2.49	2.59	41.00	0.39	896.8 6	104	10 4	10 4	104.0 0	95.69	4086.0 7	152691.2 9
2	S2-2	190.27	2.49	2.57	39.50	0.38	752.1 2	109	10 8	10 9	108.6 7	100.3 6	3736.6 4	107084.9 5
2	S2-3	214.09	2.51	2.58	39.30	0.37	843.8 7	105	10 5	10 5	105.0 0	96.69	3868.0 0	128744.3 7
2	S3-2	226.39	2.51	2.56	39.50	0.38	891.2 7	108	10 8	11 1	109.0 0	100.6 9	3734.2 0	126730.7 1
2	S3-3	216.33	2.46	2.58	39.50	0.38	864.6 7	106	10 5	10 4	105.0 0	96.69	3888.6 8	133331.3 5
2	S4-2	224.75	2.49	2.74	40.00	0.38	824.5 4	104	10 4	10 4	104.0 0	95.69	3971.1 2	132592.3 9
2	S4-3	226.78	2.47	2.59	39.90	0.38	890.2 1	102	10 0	10 0	100.6 7	92.36	4114.4 4	153670.9 7
2	S5-3	235.29	2.47	2.63	39.70	0.38	909.8 3	102	10 3	10 4	103.0 0	94.69	3970.8 1	146285.3 8

2	E1-2	218.84	2.47	2.61	39.60	0.38	856.1 8	108	10 8	10 8	108.0 0	99.69	3781.6 9	124858.4 4
2	E1-3	210.39	2.40	2.61	39.60	0.38	848.1 3	109	10 9	11 0	109.3 3	101.0 2	3721.8 8	119802.9 6
2	E2-2	234.74	2.52	2.58	39.60	0.38	910.6 6	110	11 1	11 1	110.6 7	102.3 6	3683.1 7	125972.8 9
2	E2-3	228.25	2.47	2.58	39.90	0.38	897.0 0	110	11 0	11 0	110.0 0	101.6 9	3736.8 1	127724.6 5
2	E3-2	227.20	2.49	2.58	39.50	0.38	894.2 7	105	10 5	10 6	105.3 3	97.02	3875.3 2	136950.5 6
2	E3-3	233.76	2.49	2.59	39.50	0.38	918.4 1	104	10 4	10 3	103.6 7	95.36	3943.0 5	145606.8 1
2	O1-4	209.94	2.38	2.52	41.00	0.39	852.0 5	108	10 8	10 6	107.3 3	99.02	3938.4 3	134768.4 2
2	O1-5	215.88	2.49	2.55	40.00	0.38	851.3 2	106	10 8	10 6	106.6 7	98.36	3873.6 2	130259.2 0
2	O2-2	234.26	2.49	2.53	40.10	0.38	926.9 7	106	10 5	10 5	105.3 3	97.02	3926.8 5	145758.5 4
2	O2-3	235.62	2.42	2.53	40.90	0.39	939.8 1	105	10 5	10 5	105.0 0	96.69	4033.4 7	155910.5 9
2	O3-4	234.66	2.57	2.59	40.90	0.39	862.6 2	118	11 7	11 8	117.6 7	109.3 6	3566.2 8	111874.6 9
2	O3-5	232.30	2.54	2.59	40.00	0.38	883.1 5	123	12 2	12 3	122.6 7	114.3 6	3322.9 1	99437.56
3	N2-1	249.67	2.46	2.62	39.00	0.37	995.1 6	106	10 8	10 6	106.6 7	98.36	3761.7 8	143602.5 6
3	N2-2	244.29	2.42	2.61	38.90	0.37	991.9 2	109	11 0	10 9	109.3 3	101.0 2	3662.4 9	135677.5 6
3	S2-2	225.81	2.61	2.50	40.00	0.38	864.8 7	122	12 1	12 0	121.0 0	112.6 9	3363.1 8	99754.24
3	S3-1	229.33	2.47	2.64	39.70	0.38	887.9 8	124	12 4	12 4	124.0 0	115.6 9	3250.0 4	95644.31
3	S3-2	222.43	2.47	2.62	39.70	0.38	864.8 0	121	12 0	12 2	121.0 0	112.6 9	3354.3 1	99220.90
3	S4-1	225.50	2.49	2.60	39.60	0.38	879.9 9	121	12 2	12 2	121.6 7	113.3 6	3316.9 4	98725.66
3	S4-2	227.45	2.50	2.60	40.00	0.38	874.7 8	126	12 8	13 0	128.0 0	119.6 9	3183.2 0	90387.11
3	S5-1	230.66	2.46	2.63	39.50	0.38	903.9 3	116	11 7	11 7	116.6 7	108.3 6	3469.9 9	110986.6 6
3	S5-2	229.11	2.46	2.61	39.80	0.38	897.0 0	120	12 0	12 1	120.3 3	112.0 2	3401.0 5	105803.1 3
3	S6-1	227.63	2.51	2.59	40.10	0.38	873.2 2	120	12 0	11 8	119.3 3	111.0 2	3458.7 0	106519.4 2
3	S6-2	236.57	2.49	2.59	40.60	0.39	904.1 8	121	12 2	12 2	121.6 7	113.3 6	3431.6 2	108576.1 8
3	S7-2	236.79	2.42	2.58	40.00	0.38	946.5 7	112	11 2	11 1	111.6 7	103.3 6	3695.9 1	131847.7 0
3	S7-3	232.86	2.49	2.56	40.00	0.38	912.1 8	112	11 1	11 1	111.3 3	103.0 2	3707.8 7	127881.9 7
3	S8-2	251.48	2.49	2.62	40.10	0.38	963.9 3	121	12 0	12 2	121.0 0	112.6 9	3398.6 8	113538.9 1
3	S8-3	254.73	2.45	2.62	40.50	0.39	982.5 5	126	12 7	12 6	126.3 3	118.0 2	3287.4 6	108281.3 8
3	E1-1	229.88	2.46	2.57	41.00	0.39	886.8 2	118	11 8	11 8	118.0 0	109.6 9	3564.5 6	114901.5 5
3	E1-2	228.43	2.59	2.47	41.00	0.39	872.6 3	117	11 7	11 7	117.0 0	108.6 9	3606.5 6	115742.4 8

3	E2-1	255.01	2.45	2.61	41.40	0.40	963.6 7	117	11 7	11 7	117.0 0	108.6 9	3634.1 6	129782.0 8
3	E2-2	259.53	2.46	2.61	41.40	0.40	976.3 9	118	11 2	11 2	114.0 0	105.6 9	3737.3 1	139065.7 4
3	O1-4	221.11	2.41	2.56	39.50	0.38	907.2 4	126	12 6	12 4	125.3 3	117.0 2	3213.0 1	95505.12
3	O1-5	221.87	2.45	2.61	39.50	0.38	878.4 5	124	12 6	12 4	124.6 7	116.3 6	3231.4 2	93536.83
3	O2-4	215.97	2.43	2.60	39.30	0.37	868.1 1	117	11 7	11 7	117.0 0	108.6 9	3431.7 5	104252.2 8
3	O2-5	209.19	2.58	2.45	39.10	0.37	846.7 7	116	11 7	11 7	116.6 7	108.3 6	3433.0 8	101768.0 5
3	O3-4	233.82	2.49	2.56	38.90	0.37	941.8 1	115	11 6	11 6	115.6 7	107.3 6	3483.6 9	116552.7 5
3	O3-5	224.73	2.43	2.56	39.00	0.37	925.5 0	114	11 2	11 4	113.3 3	105.0 2	3561.0 8	119679.2 4
3	O4-4	232.96	2.41	2.60	39.10	0.37	950.8 8	118	12 0	11 8	118.6 7	110.3 6	3370.8 6	110176.3 6
3	O4-5	247.41	2.45	2.60	39.20	0.37	992.0 0	120	12 0	12 0	120.0 0	111.6 9	3330.6 2	112212.9 8
3	O5-3	231.87	2.50	2.59	38.70	0.37	926.3 8	132	13 2	12 9	131.0 0	122.6 9	3015.7 1	85911.13
3	O5-4	234.05	2.50	2.57	38.80	0.37	940.3 6	121	12 1	12 1	121.0 0	112.6 9	3274.4 4	102813.1 4
3	N1-2	232.68	2.66	2.44	40.30	0.39	888.1 5	116	11 5	11 5	115.3 3	107.0 2	3597.3 2	117198.5 4
3	N1-3	228.18	2.68	2.45	40.20	0.38	864.5 9	118	11 6	11 5	116.3 3	108.0 2	3554.7 6	111406.8 6
3	N2-3	228.00	2.40	2.61	39.80	0.38	914.2 2	115	11 4	11 4	114.3 3	106.0 2	3584.0 9	119752.5 0
3	N2-4	216.86	2.44	2.62	39.90	0.38	852.8 6	111	10 9	11 0	110.0 0	101.6 9	3736.8 1	121439.9 8
3	N3-2	243.54	2.44	2.60	39.80	0.38	966.1 1	111	11 2	11 1	111.3 3	103.0 2	3678.7 5	133322.7 9
3	N3-3	248.14	2.44	2.60	39.80	0.38	983.6 2	112	11 4	11 4	113.3 3	105.0 2	3608.6 9	130619.4 5
3	S1-3	227.19	2.62	2.41	40.20	0.38	896.7 9	118	11 8	11 8	118.0 0	109.6 9	3491.6 3	111487.0 2
3	S2-2	231.00	2.64	2.52	40.10	0.38	864.8 5	128	12 8	12 8	128.0 0	119.6 9	3183.2 0	89360.56
3	S2-3	223.12	2.65	2.45	40.30	0.38	852.9 7	121	12 1	12 3	121.6 7	113.3 6	3378.6 9	99290.81
3	S3-2	230.76	2.52	2.57	40.70	0.39	876.1 2	126	12 7	12 6	126.3 3	118.0 2	3278.9 9	96055.73
3	S3-3	230.51	2.53	2.64	40.80	0.39	847.4 8	124	12 3	12 3	123.3 3	115.0 2	3381.9 0	98838.99
3	S4-2	230.61	2.44	2.57	40.10	0.38	917.1 1	128	12 7	12 9	128.0 0	119.6 9	3199.9 1	95757.87
3	S4-3	235.75	2.47	2.57	40.40	0.38	920.7 0	121	12 2	12 0	121.0 0	112.6 9	3398.6 8	108446.5 9
3	S5-2	236.45	2.53	2.62	40.50	0.39	881.4 5	124	12 6	12 4	124.6 7	116.3 6	3334.5 5	99943.25
3	S5-3	231.14	2.49	2.60	40.60	0.39	880.1 2	124	12 6	12 4	124.6 7	116.3 6	3317.3 6	98765.51
3	S6-2	234.89	2.42	2.57	40.70	0.39	928.7 3	126	12 4	12 4	124.6 7	116.3 6	3325.9 5	104761.9 0
3	S6-3	238.62	2.53	2.56	40.90	0.39	899.7 3	124	12 4	12 3	123.6 7	115.3 6	3363.4 6	103791.2 8

3	S7-2	247.65	2.49	2.55	40.70	0.39	959.8 1	118	11 7	11 8	117.6 7	109.3 6	3538.8 5	122571.5 7
3	S7-3	252.63	2.46	2.54	40.80	0.39	989.0 0	122	12 2	12 2	122.0 0	113.6 9	3412.7 6	117459.3 0
3	E1-5	205.26	2.41	2.58	40.80	0.39	808.4 4	126	12 4	12 4	124.6 7	116.3 6	3317.3 6	90721.83
3	E1-6	205.94	2.43	2.58	40.80	0.39	804.5 0	120	12 0	11 8	119.3 3	111.0 2	3476.7 2	99162.39
3	E2-2	231.85	2.47	2.60	41.20	0.39	875.9 4	111	10 9	11 0	110.0 0	101.6 9	3854.8 2	132727.1 8
3	E2-3	239.03	2.45	2.58	40.80	0.39	928.7 0	114	11 5	11 5	114.6 7	106.3 6	3648.0 7	126032.1 5
3	E3-4	247.28	2.36	2.61	40.40	0.38	993.5 4	114	11 2	11 4	113.3 3	105.0 2	3656.3 0	135440.4 8
3	O1-1	232.02	2.48	2.60	40.50	0.39	889.5 5	120	12 4	12 4	122.6 7	114.3 6	3375.3 8	103346.3 6
3	O1-2	225.95	2.48	2.59	40.30	0.38	873.2 3	117	11 7	11 8	117.3 3	109.0 2	3522.1 5	110465.5 1
3	O2-4	227.58	2.46	2.59	39.60	0.38	901.3 2	114	11 4	11 4	114.0 0	105.6 9	3595.3 9	118808.9 6
3	O2-5	226.82	2.42	2.59	39.40	0.38	916.9 6	114	11 6	11 6	115.3 3	107.0 2	3541.2 5	117259.0 1
3	O3-3	226.80	2.42	2.59	39.70	0.38	913.2 5	115	11 4	11 5	114.6 7	106.3 6	3525.8 4	115769.2 5
3	O3-4	236.83	2.45	2.57	39.50	0.38	949.5 7	111	11 2	11 2	111.6 7	103.3 6	3628.1 8	127462.5 4

**ANEXO 14. RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL 45°-MICROSECONDO
TIMER**

Troza	Código	Peso	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Distancia (m)	Densidad saturada (kg/cm3)	Tiempo de vibración (us)			Promedio	Lectura corregida	Velocidad (m/s)	Moe directo (kg/cm2)
1	N1-1	182.24	2.60	2.40	40.00	0.38	728.70	112	114	114	113.33	105.02	3618.21	97278.77
1	N2-1	196.47	2.44	2.65	40.10	0.38	756.52	110	110	110	110.00	101.69	3736.81	107721.16
1	N2-2	188.91	2.41	2.62	41.20	0.39	727.38	117	117	118	117.33	109.02	3577.19	94912.47
1	N3-1	199.95	2.50	2.59	40.10	0.38	772.52	109	109	109	109.00	100.69	3773.93	112195.68
1	N3-2	202.51	2.38	2.58	41.20	0.39	798.86	118	120	118	118.67	110.36	3543.03	102258.07
1	N4-1	208.12	2.58	2.41	40.20	0.38	833.21	108	108	108	108.00	99.69	3821.81	124099.91
1	N4-2	206.89	2.45	2.60	41.20	0.39	789.31	116	115	115	115.33	107.02	3653.38	107427.15
1	N5-1	200.65	2.42	2.61	39.20	0.37	811.02	112	115	114	113.67	105.36	3521.34	102547.68
1	N5-2	211.19	2.46	2.60	41.20	0.39	801.18	112	112	112	112.00	103.69	3770.82	116166.67
1	S1-1	190.59	2.43	2.60	41.20	0.39	731.97	114	114	115	114.33	106.02	3697.27	102031.28
1	S1-3	182.15	2.53	2.60	41.20	0.39	672.65	126	130	127	127.67	119.36	3275.87	73607.87
1	S2-3	199.01	2.48	2.58	41.20	0.39	757.02	116	116	117	116.33	108.02	3619.56	101133.79
1	S2-4	201.27	2.46	2.60	41.20	0.39	763.82	111	111	112	111.33	103.02	3785.52	111614.96
1	S3-3	207.20	2.47	2.58	41.10	0.39	789.83	108	108	106	107.33	99.02	3938.43	124928.46
1	S3-4	206.16	2.50	2.61	41.30	0.39	764.42	108	109	109	108.67	100.36	3896.07	118322.24
1	S4-1	215.62	2.49	2.59	41.20	0.39	812.45	110	111	111	110.67	102.36	3819.94	120889.61
1	S4-3	200.93	2.45	2.59	41.10	0.39	769.86	111	112	111	111.33	103.02	3795.22	113074.77
1	S5-3	207.01	2.50	2.59	41.10	0.39	778.22	103	105	104	104.00	95.69	4075.62	131816.47
1	S5-4	207.85	2.61	2.60	41.10	0.39	743.81	105	105	105	105.00	96.69	4033.47	123395.04
1	S6-3	206.70	2.51	2.59	41.10	0.39	773.88	108	108	109	108.33	100.02	3909.05	120585.53
1	S6-4	204.36	2.53	2.57	41.20	0.39	764.07	110	110	109	113.00	104.69	3734.80	108680.14
1	E1-3	186.32	2.43	2.57	39.00	0.37	762.55	110	110	110	110.00	101.69	3618.81	101830.18
1	E1-5	206.38	2.43	2.50	41.20	0.39	824.59	117	117	117	117.00	108.69	3597.36	108814.37
1	E2-4	213.41	2.41	2.55	41.20	0.39	842.21	110	110	111	110.33	102.02	3832.42	126138.02

1	E2-5	203.53	2.49	2.59	39.20	0.37	804.8 2	11 0	11 0	10 9	109.6 7	101.3 6	3650.4 4	109362.1 5
1	E3-2	195.32	2.45	2.56	39.80	0.37	785.5 9	10 9	10 9	11 1	109.6 7	101.3 6	3680.0 4	108487.2 0
1	E3-3	210.42	2.35	2.53	41.20	0.39	859.3 6	11 0	11 0	11 1	110.3 3	102.0 2	3832.4 2	128706.1 4
1	E4-2	216.95	2.40	2.58	41.20	0.39	852.0 9	10 8	10 6	10 6	106.6 7	98.36	3975.2 9	137310.4 6
1	E4-3	206.38	2.44	2.58	41.20	0.39	796.0 8	10 8	10 9	10 9	108.6 7	100.3 6	3886.1 0	122593.3 5
1	O1-2	209.68	2.44	2.62	41.30	0.39	795.5 0	12 3	12 4	12 3	123.3 3	115.0 2	3399.2 8	93733.56
1	O1-3	209.25	2.39	2.59	41.20	0.39	818.8 5	12 2	12 2	12 2	122.0 0	113.6 9	3430.3 5	98256.59
1	O2-2	200.25	2.50	2.58	41.20	0.39	752.9 9	11 8	11 7	11 6	117.0 0	108.6 9	3597.3 6	99365.78
1	O2-4	209.34	2.49	2.57	41.10	0.39	797.2 3	12 4	12 6	12 4	124.6 7	116.3 6	3351.7 4	91327.42
1	O3-6	204.53	2.47	2.59	41.20	0.39	777.2 0	11 7	11 5	11 4	115.3 3	107.0 2	3653.3 8	105779.8 4
1	O3-7	202.40	2.45	2.57	41.20	0.39	781.4 2	11 6	11 5	11 7	116.0 0	107.6 9	3630.7 6	105040.6 6
1	O4-2	216.84	2.47	2.57	41.20	0.39	831.0 8	11 2	11 7	11 2	113.6 7	105.3 6	3711.1 7	116719.0 5
1	O4-3	208.48	2.50	2.57	41.10	0.39	791.0 6	11 0	11 0	11 2	110.6 7	102.3 6	3810.1 7	117105.6 0
1	N1-2	175.89	2.64	2.41	41.20	0.39	671.3 0	12 2	12 3	12 3	122.6 7	114.3 6	3462.8 2	75034.42
1	N1-3	225.00	2.67	2.43	40.10	0.38	866.5 3	11 7	11 7	11 8	117.3 3	109.0 2	3650.5 6	93626.94
1	N2-3	193.53	2.45	2.63	41.20	0.39	730.2 0	11 7	12 1	11 8	118.6 7	110.3 6	3543.0 3	95024.72
1	N3-2	189.08	2.43	2.64	40.10	0.38	735.9 1	11 1	11 4	11 7	114.0 0	105.6 9	3699.4 7	109079.8 6
1	N3-4	202.60	2.39	2.59	41.30	0.39	793.0 2	11 1	11 1	11 2	111.3 3	103.0 2	3795.2 2	115697.3 1
1	N4-1	214.83	2.45	2.62	41.20	0.39	812.5 9	11 1	11 1	11 2	111.3 3	103.0 2	3785.5 2	117380.2 7
1	N4-5	208.72	2.46	2.61	40.20	0.38	811.2 1	11 2	11 0	11 1	111.0 0	102.6 9	3807.5 4	115893.0 1
1	N5-3	209.13	2.43	2.60	41.20	0.39	802.7 1	10 6	10 8	10 9	107.6 7	99.36	3945.3 5	140792.3 4
1	N5-4	199.29	2.42	2.58	39.20	0.37	815.5 1	11 0	10 9	10 9	109.3 3	101.0 2	3870.3 6	115012.0 3
1	S1-2	183.37	2.42	2.63	41.80	0.40	688.9 7	10 4	10 4	10 5	104.3 3	96.02	4061.4 7	133680.4 3
1	S2-2	195.69	2.44	2.62	41.20	0.39	743.4 9	11 2	11 2	11 2	112.0 0	103.6 9	3770.8 2	97335.35
1	S2-3	199.11	2.50	2.60	41.20	0.39	742.3 5	10 8	10 9	10 9	108.6 7	100.3 6	3786.4 6	126686.0 6
1	S3-4	203.22	2.43	2.58	41.20	0.39	787.7 2	11 2	11 4	11 1	112.3 3	104.0 2	3768.3 5	105735.6 1
1	S4-1	210.69	2.43	2.62	41.20	0.39	803.2 8	10 8	11 0	10 9	109.0 0	100.6 9	3763.9 9	106317.5 1
1	S4-2	210.18	2.48	2.63	41.20	0.39	783.9 5	11 1	11 1	11 2	111.3 3	103.0 2	3795.2 2	116477.0 1
1	S5-2	233.00	2.44	2.61	41.20	0.39	887.0 1	11 7	11 8	12 0	118.3 3	110.0 2	3553.7 6	104647.6 9

1	S5-3	198.47	2.46	2.61	41.20	0.39	752.9 4	10 5	10 8	10 8	107.0 0	98.69	3850.4 1	122638.7 0
1	S6-2	206.84	2.47	2.60	41.10	0.39	784.6 2	10 9	11 0	11 1	110.0 0	101.6 9	3844.9 9	121011.8 9
1	S6-3	208.34	2.46	2.60	41.10	0.39	794.7 3	10 4	10 6	10 6	105.3 3	97.02	3823.7 9	121588.9 5
1	E1-2	183.81	2.48	2.58	40.90	0.39	701.2 6	11 0	11 0	11 0	110.0 0	101.6 9	3795.8 2	103031.7 0
1	E1-3	181.63	2.48	2.52	39.80	0.39	728.7 6	10 6	10 6	10 6	106.0 0	97.69	3981.9 5	117829.2 2
1	E2-3	207.33	2.44	2.60	41.20	0.39	795.4 2	12 2	11 6	11 6	118.0 0	109.6 9	3564.5 6	103058.9 0
1	E2-4	213.06	2.46	2.60	41.10	0.39	811.1 8	11 8	11 1	11 1	113.3 3	105.0 2	3703.9 1	113478.6 3
1	E3-3	208.04	2.47	2.61	39.90	0.38	809.6 9	10 8	10 9	11 0	109.0 0	100.6 9	3803.7 2	119457.7 1
1	E3-4	214.71	2.46	2.59	40.60	0.39	833.0 0	10 5	10 5	10 4	104.6 7	96.36	4016.2 9	137017.4 3
1	E4-2	211.18	2.43	2.60	41.00	0.39	815.5 8	11 0	10 9	10 9	109.3 3	101.0 2	3870.3 6	124580.4 2
1	E4-3	215.02	2.47	2.60	41.20	0.39	812.7 0	11 2	11 2	11 3	112.3 3	104.0 2	3749.1 3	116484.6 5
1	O1-2	211.72	2.50	2.62	42.00	0.40	769.6 3	10 9	10 8	10 9	108.6 7	100.3 6	3975.7 8	124052.1 2
1	O1-3	200.79	2.47	2.62	41.20	0.39	753.3 8	10 8	10 8	10 8	108.0 0	99.69	3922.1 2	118177.3 4
1	O2-3	229.59	2.47	2.61	42.10	0.40	847.2 3	10 6	10 8	10 8	107.3 3	99.02	4029.3 2	140262.5 2
1	O2-4	236.57	2.47	2.69	42.00	0.40	848.0 5	10 8	10 8	11 0	108.6 7	100.3 6	3985.7 5	137379.4 2
1	O3-4	229.25	2.48	2.61	41.20	0.39	859.2 8	11 6	11 6	11 6	116.0 0	107.6 9	3630.7 6	115507.7 4
1	O3-5	199.43	2.48	2.60	41.20	0.39	751.3 4	10 5	10 6	10 5	105.3 3	97.02	4029.9 2	124425.0 3
2	N1-1	201.95	2.36	2.58	41.20	0.39	802.7 4	12 1	12 2	12 1	121.3 3	113.0 2	3406.3 5	107237.1 2
2	N1-2	195.51	2.49	2.56	41.00	0.39	747.7 7	11 4	11 5	11 4	114.3 3	106.0 2	3631.2 5	122473.5 3
2	N2-1	231.93	2.44	2.61	41.60	0.40	876.2 4	11 5	11 4	11 4	114.3 3	106.0 2	3631.2 5	124847.9 6
2	N2-2	243.34	2.43	2.63	41.70	0.40	913.9 0	11 0	11 0	11 0	110.0 0	101.6 9	3785.9 8	137877.9 4
2	N3-2	243.57	2.49	2.55	41.20	0.39	928.1 3	11 4	11 5	11 6	115.0 0	106.6 9	3711.6 6	117612.3 0
2	N3-3	243.48	2.45	2.57	41.30	0.39	934.4 1	11 5	11 6	11 6	115.6 7	107.3 6	3716.5 5	124407.9 3
2	N4-1	232.92	2.58	2.59	41.40	0.40	840.9 8	12 1	12 3	12 3	122.3 3	114.0 2	3525.5 7	114748.1 8
2	N4-2	225.00	2.38	2.60	41.30	0.39	883.2 5	11 1	11 1	11 0	110.6 7	102.3 6	3937.1 8	144389.4 1
2	S2-1	196.53	2.47	2.59	41.20	0.39	745.6 9	11 8	11 7	11 8	117.6 7	109.3 6	3721.7 4	123776.4 9
2	S3-1	226.20	2.57	2.57	41.10	0.39	832.3 0	12 3	12 3	12 3	123.0 0	114.6 9	3417.8 8	95624.31
2	S3-2	216.40	2.39	2.57	41.00	0.39	858.5 5	13 0	12 9	13 0	129.6 7	121.3 6	3213.6 4	78748.38
2	S4-1	223.57	2.48	2.58	40.80	0.39	857.4 2	11 8	12 0	12 1	119.6 7	111.3 6	3556.1 1	112994.0 2

2	S4-2	226.81	2.44	2.57	41.00	0.39	883.26	118	116	117	117.00	108.69	3643.36	123704.10
2	S5-1	234.73	2.56	2.59	40.70	0.39	872.88	116	117	115	116.00	107.69	3649.33	126042.11
2	S5-2	237.62	2.52	2.59	40.50	0.39	898.97	108	108	108	108.00	99.69	3932.15	147325.20
2	S6-1	230.97	2.38	2.60	40.60	0.39	917.93	129	130	130	129.67	121.36	3254.84	90850.00
2	S6-2	235.66	2.47	2.61	40.50	0.39	902.64	130	129	129	129.33	121.02	3239.02	94490.49
2	E1-2	232.80	2.51	2.53	40.40	0.39	906.33	122	123	123	122.67	114.36	3427.84	89347.34
2	E1-3	232.85	2.45	2.59	40.40	0.39	910.86	133	134	134	133.67	125.36	3135.03	73308.68
2	E2-3	237.77	2.47	2.56	40.50	0.39	928.52	110	110	111	110.33	102.02	3842.22	125291.88
2	E2-4	241.31	2.46	2.58	40.40	0.39	943.32	114	114	112	113.33	105.02	3722.95	121344.58
2	O1-3	226.10	2.52	2.57	41.70	0.40	837.22	115	115	115	115.00	106.69	3655.42	116828.21
2	O1-4	225.52	2.37	2.57	41.80	0.40	883.26	114	112	112	112.67	104.36	3737.15	125791.22
2	O2-2	243.17	2.47	2.58	42.20	0.40	905.33	108	106	108	107.33	99.02	3898.04	135245.79
2	O2-3	249.23	2.50	2.57	42.50	0.40	913.45	106	106	106	106.00	97.69	3961.47	143860.11
2	O3-3	235.71	2.48	2.55	42.60	0.41	876.33	114	114	115	114.33	106.02	3659.54	125355.70
2	O3-4	245.69	2.48	2.58	42.50	0.41	902.76	109	110	110	109.67	101.36	3808.30	133491.65
2	N1-1	192.80	2.46	2.62	39.90	0.38	751.21	109	110	109	109.33	101.02	3731.78	121584.38
2	N2-1	211.06	2.52	2.57	40.00	0.38	814.75	117	117	118	117.33	109.02	3457.95	111037.81
2	N2-2	211.29	2.44	2.57	41.00	0.39	823.46	114	114	114	114.00	105.69	3595.39	118239.81
2	N3-1	233.76	2.46	2.59	39.90	0.38	918.48	112	110	110	110.67	102.36	3673.40	123050.78
2	N3-2	236.40	2.46	2.60	41.00	0.39	899.67	105	105	104	104.67	96.36	3902.13	142600.27
2	N4-1	218.20	2.47	2.58	39.00	0.37	877.97	109	110	110	109.67	101.36	3847.76	128634.89
2	N4-2	236.95	2.49	2.59	41.00	0.39	896.86	106	106	106	106.00	97.69	3900.06	132043.10
2	S2-2	190.27	2.49	2.57	39.50	0.38	752.12	121	120	121	120.67	112.36	3471.06	105980.23
2	S2-3	214.09	2.51	2.58	39.30	0.37	843.87	124	124	126	124.67	116.36	3265.80	96048.59
2	S3-2	226.39	2.51	2.56	39.50	0.38	891.27	123	123	121	122.33	114.02	3323.85	84629.69
2	S3-3	216.33	2.46	2.58	39.50	0.38	864.67	146	139	151	145.33	137.02	2846.21	56845.56
2	S4-2	224.75	2.49	2.74	40.00	0.38	824.54	117	112	115	114.67	106.36	3582.26	106614.29
2	S4-3	226.78	2.47	2.59	39.90	0.38	890.21	116	117	116	116.33	108.02	3619.56	110010.72
2	S5-3	235.29	2.47	2.63	39.70	0.38	909.83	110	111	112	111.00	102.69	3797.80	132320.51

2	E1-2	218.84	2.47	2.61	39.60	0.38	856.18	105	106	106	105.67	97.36	3800.42	129307.70
2	E1-3	210.39	2.40	2.61	39.60	0.38	848.13	106	110	108	108.00	99.69	3922.12	140683.94
2	E2-2	234.74	2.52	2.58	39.60	0.38	910.66	133	134	136	134.33	126.02	2951.81	62353.27
2	E2-3	228.25	2.47	2.58	39.90	0.38	897.00	122	124	123	123.00	114.69	3269.66	70007.58
2	E3-2	227.20	2.49	2.58	39.50	0.38	894.27	120	116	117	117.67	109.36	3429.12	90184.32
2	E3-3	233.76	2.49	2.59	39.50	0.38	918.41	111	112	114	112.33	104.02	3595.32	111232.16
2	O1-4	209.94	2.38	2.52	41.00	0.39	852.05	114	112	110	112.00	103.69	3626.16	119503.61
2	O1-5	215.88	2.49	2.55	40.00	0.38	851.32	108	108	108	108.00	99.69	3771.66	125427.40
2	O2-2	234.26	2.49	2.53	40.10	0.38	926.97	110	111	111	110.67	102.36	3712.48	115883.06
2	O2-3	235.62	2.42	2.53	40.90	0.39	939.81	109	109	109	109.00	100.69	3773.93	129287.44
2	O3-4	234.66	2.57	2.59	40.90	0.39	862.62	106	104	104	104.67	96.36	3922.89	141406.42
2	O3-5	232.30	2.54	2.59	40.00	0.38	883.15	106	106	106	106.00	97.69	3848.87	137438.75
2	N2-1	249.67	2.46	2.62	39.00	0.37	995.16	106	108	108	107.33	99.02	3736.46	141675.50
2	N2-2	244.29	2.42	2.61	38.90	0.37	991.92	112	114	112	112.67	104.36	3545.50	127148.50
2	S2-2	225.81	2.61	2.50	40.00	0.38	864.87	132	130	132	131.33	123.02	3080.69	83700.44
2	S3-1	229.33	2.47	2.64	39.70	0.38	887.98	127	127	127	127.00	118.69	3167.89	90870.45
2	S3-2	222.43	2.47	2.62	39.70	0.38	864.80	122	121	123	122.00	113.69	3324.80	97483.13
2	S4-1	225.50	2.49	2.60	39.60	0.38	879.99	124	124	128	125.33	117.02	3213.01	92635.93
2	S4-2	227.45	2.50	2.60	40.00	0.38	874.78	129	130	130	129.67	121.36	3139.48	87921.49
2	S5-1	230.66	2.46	2.63	39.50	0.38	903.93	120	120	120	120.00	111.69	3366.43	104460.89
2	S5-2	229.11	2.46	2.61	39.80	0.38	897.00	122	121	122	121.67	113.36	3361.05	103328.81
2	S6-1	227.63	2.51	2.59	40.10	0.38	873.22	127	127	129	127.67	119.36	3217.22	92164.67
2	S6-2	236.57	2.49	2.59	40.60	0.39	904.18	127	127	126	126.67	118.36	3286.65	99596.38
2	S7-2	236.79	2.42	2.58	40.00	0.38	946.57	120	120	120	120.00	111.69	3420.15	112907.17
2	S7-3	232.86	2.49	2.56	40.00	0.38	912.18	120	118	120	119.33	111.02	3440.69	110116.53
2	S8-2	251.48	2.49	2.62	40.10	0.38	963.93	126	127	128	127.00	118.69	3226.87	102349.94
2	S8-3	254.73	2.45	2.62	40.50	0.39	982.55	126	127	127	126.67	118.36	3278.20	107672.32
3	E1-1	229.88	2.46	2.57	41.00	0.39	886.82	126	124	126	125.33	117.02	3341.19	100952.13
3	E1-2	228.43	2.59	2.47	41.00	0.39	872.63	122	123	124	123.00	114.69	3417.88	103949.22

3	E2-1	255.01	2.45	2.61	41.40	0.40	963.6 7	12 0	12 0	12 1	120.3 3	112.0 2	3526.0 2	122173.5 3
3	E2-2	259.53	2.46	2.61	41.40	0.40	976.3 9	11 7	11 7	11 6	116.6 7	108.3 6	3645.3 4	132305.1 8
3	O1-4	221.11	2.41	2.56	39.50	0.38	907.2 4	12 7	12 7	12 7	127.0 0	118.6 9	3167.8 9	92841.77
3	O1-5	221.87	2.45	2.61	39.50	0.38	878.4 5	13 0	13 2	13 3	131.6 7	123.3 6	3048.0 5	83222.42
3	O2-4	215.97	2.43	2.60	39.30	0.37	868.1 1	11 8	11 7	11 7	117.3 3	109.0 2	3421.2 6	103615.7 7
3	O2-5	209.19	2.58	2.45	39.10	0.37	846.7 7	12 1	12 1	12 1	121.0 0	112.6 9	3301.0 7	94091.90
3	O3-4	233.82	2.49	2.56	38.90	0.37	941.8 1	11 8	11 8	11 7	117.6 7	109.3 6	3419.9 7	112328.5 6
3	O3-5	224.73	2.43	2.56	39.00	0.37	925.5 0	11 5	11 5	11 5	115.0 0	106.6 9	3505.4 5	115969.3 2
3	O4-4	232.96	2.41	2.60	39.10	0.37	950.8 8	11 5	12 0	11 6	117.0 0	108.6 9	3422.5 5	113581.1 6
3	O4-5	247.41	2.45	2.60	39.20	0.37	992.0 0	12 0	11 8	12 0	119.3 3	111.0 2	3350.6 2	113564.6 4
3	O5-3	231.87	2.50	2.59	38.70	0.37	926.3 8	13 3	13 3	13 4	133.3 3	125.0 2	2959.4 3	82734.33
3	O5-4	234.05	2.50	2.57	38.80	0.37	940.3 6	12 9	12 8	12 9	128.6 7	120.3 6	3065.8 6	90132.11
3	N1-2	232.68	2.66	2.44	40.30	0.39	888.1 5	11 7	11 8	11 8	117.6 7	109.3 6	3520.5 6	112250.6 3
3	N1-3	228.18	2.68	2.45	40.20	0.38	864.5 9	12 0	12 2	12 1	121.0 0	112.6 9	3407.5 5	102370.9 3
3	N2-3	228.00	2.40	2.61	39.80	0.38	914.2 2	12 0	12 0	11 8	119.3 3	111.0 2	3422.6 8	109209.2 2
3	N2-4	216.86	2.44	2.62	39.90	0.38	852.8 6	11 6	11 6	11 5	115.6 7	107.3 6	3539.5 7	108958.3 5
3	N3-2	243.54	2.44	2.60	39.80	0.38	966.1 1	11 5	11 7	11 7	116.3 3	108.0 2	3508.4 7	121266.4 8
3	N3-3	248.14	2.44	2.60	39.80	0.38	983.6 2	11 7	11 6	11 7	116.6 7	108.3 6	3497.6 8	122706.7 3
3	S1-3	227.19	2.62	2.41	40.20	0.38	896.7 9	12 3	12 1	12 3	122.3 3	114.0 2	3358.9 4	103174.2 1
3	S2-2	231.00	2.64	2.52	40.10	0.38	864.8 5	12 6	12 6	12 7	126.3 3	118.0 2	3228.1 5	91902.17
3	S2-3	223.12	2.65	2.45	40.30	0.38	852.9 7	12 4	12 6	12 6	125.3 3	117.0 2	3272.8 3	93166.22
3	S3-2	230.76	2.52	2.57	40.70	0.39	876.1 2	12 8	12 9	12 8	128.3 3	120.0 2	3224.3 5	92881.19
3	S3-3	230.51	2.53	2.64	40.80	0.39	847.4 8	13 0	13 2	12 9	130.3 3	122.0 2	3187.8 9	87824.32
3	S4-2	230.61	2.44	2.57	40.10	0.38	917.1 1	13 4	13 4	13 2	133.3 3	125.0 2	3063.4 1	87762.37
3	S4-3	235.75	2.47	2.57	40.40	0.38	920.7 0	12 3	12 3	12 3	123.0 0	114.6 9	3339.4 1	104697.3 5
3	S5-2	236.45	2.53	2.62	40.50	0.39	881.4 5	12 9	12 9	12 9	129.0 0	120.6 9	3214.8 2	92895.29
3	S5-3	231.14	2.49	2.60	40.60	0.39	880.1 2	13 0	13 0	12 9	129.6 7	121.3 6	3180.6 8	90794.78
3	S6-2	234.89	2.42	2.57	40.70	0.39	928.7 3	12 9	12 8	12 8	128.3 3	120.0 2	3224.3 5	98458.85
3	S6-3	238.62	2.53	2.56	40.90	0.39	899.7 3	12 8	12 9	12 9	128.6 7	120.3 6	3223.7 3	95346.82

3	S7-2	247.65	2.49	2.55	40.70	0.39	959.8 1	12 3	12 2	12 2	122.3 3	114.0 2	3394.0 2	112743.9 1
3	S7-3	252.63	2.46	2.54	40.80	0.39	989.0 0	13 3	13 2	13 0	131.6 7	123.3 6	3145.3 3	99771.67
3	E1-5	205.26	2.41	2.58	40.80	0.39	808.4 4	13 5	13 5	13 3	134.3 3	126.0 2	3062.9 0	77338.00
3	E1-6	205.94	2.43	2.58	40.80	0.39	804.5 0	13 2	12 9	12 9	130.0 0	121.6 9	3171.9 7	82540.36
3	E2-2	231.85	2.47	2.60	41.20	0.39	875.9 4	11 2	11 5	11 4	113.6 7	105.3 6	3720.6 6	123649.5 6
3	E2-3	239.03	2.45	2.58	40.80	0.39	928.7 0	11 5	11 6	11 6	115.6 7	107.3 6	3614.0 9	123695.1 9
3	E3-4	247.28	2.36	2.61	40.40	0.38	993.5 4	11 8	11 7	11 8	117.6 7	109.3 6	3511.4 2	124919.3 9
3	O1-1	232.02	2.48	2.60	40.50	0.39	889.5 5	12 6	12 8	12 8	127.3 3	119.0 2	3243.0 4	95401.28
3	O1-2	225.95	2.48	2.59	40.30	0.38	873.2 3	11 6	11 7	11 8	117.0 0	108.6 9	3532.9 5	111144.1 0
3	O2-4	227.58	2.46	2.59	39.60	0.38	901.3 2	12 2	12 1	12 1	121.3 3	113.0 2	3362.1 1	103891.7 9
3	O2-5	226.82	2.42	2.59	39.40	0.38	916.9 6	11 8	12 0	12 0	119.3 3	111.0 2	3413.6 7	108961.9 6
3	O3-3	226.80	2.42	2.59	39.70	0.38	913.2 5	12 0	12 1	12 2	121.0 0	112.6 9	3327.6 9	103122.2 4
3	O3-4	236.83	2.45	2.57	39.50	0.38	949.5 7	11 6	11 5	11 7	116.0 0	107.6 9	3482.1 9	117411.0 9

ANEXO 15. RESULTADOS DE MOE TRANSVERSAL –FFT ANALYZER

Probeta		Datos				Tranversal (hz)			Promedio de hz	Moe transversal
Troza	Código	Peso saturado	Ancho	Espesor	Largo	hz-1	hz-2	hz-3		kg/cm2
1	N1-1	182.24	2.60	2.401	40	555.60	551.90	551.90	553.13	95507
1	N2-1	196.47	2.443	2.651	40	532.80	576.20	576.50	561.83	84122
1	N2-2	188.91	2.406	2.62	41	520.00	520.10	520.20	520.10	78515
1	N3-1	199.95	2.495	2.587	40	595.20	595.40	594.50	595.03	101180
1	N3-2	202.51	2.383	2.582	41.1	551.70	551.80	551.70	551.73	100649
1	N4-1	208.12	2.575	2.413	40.1	567.90	568.30	568.10	568.10	115483
1	N4-2	206.89	2.446	2.601	41.1	573.10	573.10	573.20	573.13	105747
1	N5-1	200.65	2.420	2.608	39.1	573.80	574.00	576.00	574.60	88988
1	N5-2	211.19	2.457	2.604	41.1	547.10	547.00	546.90	547.00	97547
1	S1-1	190.59	2.427	2.604	41.2	559.80	560.00	559.90	559.90	94057
1	S1-3	182.15	2.526	2.602	41.1	508.50	508.10	508.10	508.23	70810
1	S2-3	199.01	2.477	2.576	41.1	555.40	555.10	555.50	555.33	97077
1	S2-4	201.27	2.458	2.602	41.0	571.70	571.90	572.00	571.87	101062
1	S3-3	207.2	2.473	2.581	41.0	606.20	606.00	606.10	606.10	119018
1	S3-4	206.16	2.501	2.611	41.1	598.20	598.40	598.60	598.40	111058
1	S4-1	215.62	2.49	2.587	41.1	539.50	539.60	539.50	539.53	97506
1	S4-3	200.93	2.449	2.593	41.1	577.70	577.70	577.60	577.67	105172
1	S5-3	207.01	2.496	2.593	41.0	604.00	604.20	603.70	603.97	115368
1	S5-4	207.85	2.611	2.604	41.0	613.80	614.70	614.60	614.37	113135
1	S6-3	206.70	2.514	2.585	41.1	598.50	599.00	598.70	598.73	114276
1	S6-4	204.36	2.525	2.571	41.1	594.50	594.90	595.00	594.80	112841
1	E1-3	186.32	2.434	2.574	38.8	611.80	612.00	612.00	611.93	94708
1	E1-5	206.38	2.427	2.503	41.1	520.20	520.10	520.10	520.13	98252
1	E2-4	213.41	2.410	2.552	41.1	572.00	572.00	572.10	572.03	116760
1	E2-5	203.53	2.487	2.594	39.0	658.10	658.10	658.40	658.20	116231
1	E3-2	195.32	2.445	2.555	39.3	590.90	591.00	591.10	591.00	97953
1	E3-3	210.42	2.350	2.529	41.1	572.80	573.00	573.10	572.97	121710
1	E4-2	216.95	2.399	2.576	41.1	586.90	587.00	587.30	587.07	122113
1	E4-3	206.38	2.437	2.582	41	601.60	601.60	601.60	601.60	118381
1	O1-2	209.68	2.435	2.621	41.1	531.00	531.00	531.00	531.00	90311

1	O1-3	209.25	2.392	2.593	41.0	521.10	522.20	521.00	521.43	90702
1	O2-2	200.25	2.498	2.584	41.1	541.50	541.50	541.60	541.53	91253
1	O2-4	209.34	2.485	2.571	41.0	507.20	491.60	507.30	502.03	83063
1	O3-6	204.53	2.470	2.586	41.1	545.80	545.70	545.50	545.67	95483
1	O3-7	202.40	2.451	2.565	41.1	535.10	535.60	536.60	535.77	94070
1	O4-2	216.84	2.468	2.566	41.1	562.80	563.00	562.90	562.90	110353
1	O4-3	208.48	2.497	2.568	41.0	576.20	576.50	576.20	576.30	108863
1	N1-2	175.89	2.434	2.593	41.1	494.40	494.50	494.50	494.47	67871
1	N1-3	225.00	2.421	2.63	40.0	591.00	601.40	601.30	597.90	112753
1	N2-3	193.53	2.501	2.603	41.2	550.20	551.10	551.10	550.80	89797
1	N3-2	189.08	2.451	2.601	39.9	573.30	573.30	573.60	573.40	88325
1	N3-4	202.60	2.428	2.579	41.1	522.10	522.10	522.40	522.20	88840
1	N4-1	214.83	2.428	2.622	41.1	517.90	517.80	518.10	517.93	88184
1	N4-5	208.72	2.479	2.625	40	595.40	595.50	595.60	595.50	101909
1	N5-3	209.13	2.440	2.613	41.1	551.30	551.50	551.30	551.37	97810
1	N5-4	199.29	2.456	2.605	39.1	593.00	593.10	592.90	593.00	93077
1	S1-2	183.37	2.457	2.596	41.8	482.60	482.60	482.50	482.57	69988
1	S2-2	195.69	2.641	2.408	41.1	536.70	536.90	537.00	536.87	102438
1	S2-3	199.11	2.668	2.427	41.1	526.80	528.10	528.10	527.67	97345
1	S3-4	203.22	2.446	2.63	41.1	572.40	571.70	571.30	571.80	100006
1	S4-1	210.69	2.427	2.64	41.0	582.40	581.80	582.10	582.10	106287
1	S4-2	210.18	2.393	2.585	41.1	593.10	593.20	593.10	593.13	119803
1	S5-2	233.00	2.452	2.617	41.2	610.20	610.20	610.10	610.17	133163
1	S5-3	198.47	2.456	2.606	41.1	621.70	621.50	621.30	621.50	118119
1	S6-2	206.84	2.434	2.598	41.0	632.20	632.90	632.60	632.57	128923
1	S6-3	208.34	2.421	2.575	41.0	618.80	617.00	617.10	617.63	127829
1	E1-2	183.81	2.483	2.581	40.6	581.30	581.10	582.50	581.63	94032
1	E1-3	181.63	2.483	2.522	40.9	541.70	541.80	542.20	541.90	88380
1	E2-3	207.33	2.438	2.595	41.1	568.90	570.00	568.70	569.20	105595
1	E2-4	213.06	2.457	2.601	40.9	573.70	574.20	573.70	573.87	107112
1	E3-3	208.04	2.472	2.605	40.3	598.60	598.50	598.40	598.50	107669
1	E3-4	214.71	2.455	2.586	40.7	606.20	606.70	605.90	606.27	120892
1	E4-2	211.18	2.429	2.600	41.1	560.70	560.90	561.10	560.90	104225
1	E4-3	215.02	2.468	2.602	41.0	581.70	580.80	581.70	581.40	111143
1	O1-2	211.72	2.499	2.621	41.9	554.90	554.90	555.20	555.00	102847
1	O1-3	200.79	2.470	2.619	41.1	555.60	555.60	555.70	555.63	93564
1	O2-3	229.59	2.470	2.606	41.9	600.10	600.00	602.00	600.70	134481
1	O2-4	236.57	2.470	2.689	42.0	581.90	582.10	582.50	582.17	119317
1	O3-4	229.25	2.482	2.609	41.1	551.20	553.00	552.20	552.13	106186
1	O3-5	199.43	2.476	2.602	41.1	610.30	610.30	609.90	610.17	114002
2	N1-1	201.95	2.364	2.583	41.2	490.30	490.40	490.40	490.37	80413
2	N1-2	195.51	2.492	2.559	41.0	465.70	465.80	465.90	465.80	67535

2	N2-1	231.93	2.435	2.613	41.6	530.10	530.50	530.30	530.30	104264
2	N2-2	243.34	2.426	2.632	41.7	538.90	538.60	539.00	538.83	111725
2	N3-2	243.57	2.494	2.554	41.2	559.80	559.80	560.00	559.87	123964
2	N3-3	243.48	2.454	2.571	41.3	555.90	555.40	555.60	555.63	122484
2	N4-1	232.92	2.579	2.594	41.4	486.30	486.40	487.00	486.57	83850
2	N4-2	225.00	2.376	2.596	41.3	470.50	470.60	470.70	470.60	81460
2	S2-1	196.53	2.467	2.593	41.2	486.60	487.00	487.00	486.87	73069
2	S3-1	226.20	2.569	2.574	41.2	521.20	536.60	522.20	526.67	103898
2	S3-2	216.40	2.393	2.569	41.1	521.20	521.20	521.20	521.20	94276
2	S4-1	223.57	2.479	2.578	41.0	530.00	530.20	530.20	530.13	96159
2	S4-2	226.81	2.437	2.570	41.0	531.10	531.20	531.50	531.27	96219
2	S5-1	234.73	2.556	2.585	40.6	576.30	575.40	575.80	575.83	120935
2	S5-2	237.62	2.516	2.594	40.7	572.10	561.30	572.40	568.60	119803
2	S6-1	230.97	2.380	2.604	40.8	538.20	538.20	538.30	538.23	97384
2	S6-2	235.66	2.468	2.612	40.6	551.00	551.30	551.20	551.17	111183
2	E1-2	232.80	2.514	2.529	40.5	508.00	508.20	508.20	508.13	94724
2	E1-3	232.85	2.445	2.588	40.5	504.50	504.60	504.60	504.57	89635
2	E2-3	237.77	2.466	2.564	40.5	572.10	572.10	572.00	572.07	119961
2	E2-4	241.31	2.459	2.575	40.5	567.60	567.60	567.70	567.63	118674
2	O1-3	226.10	2.518	2.572	41.6	537.10	537.10	537.10	537.10	105729
2	O1-4	225.52	2.374	2.573	41.9	513.80	513.90	513.80	513.83	104482
2	O2-2	243.17	2.467	2.580	42.2	497.90	498.00	498.00	497.97	103179
2	O2-3	249.23	2.498	2.570	42.3	546.20	546.30	546.40	546.30	128074
2	O3-3	235.71	2.478	2.548	42.7	486.00	486.10	486.30	486.13	102057
2	O3-4	245.69	2.483	2.579	42.5	495.30	495.20	495.30	495.27	104778
2	N1-1	192.80	2.457	2.618	39.9	537.60	537.20	537.10	537.30	77360
2	N2-1	211.06	2.517	2.573	40.1	577.90	577.40	577.50	577.60	102155
2	N2-2	211.29	2.437	2.568	41.1	512.80	513.20	514.50	513.50	90410
2	N3-1	233.76	2.459	2.594	40.0	573.60	573.70	614.50	587.27	115964
2	N3-2	236.40	2.464	2.601	41.0	584.50	584.80	584.50	584.60	123887
2	N4-1	218.20	2.469	2.581	39.0	646.60	646.40	647.20	646.73	123022
2	N4-2	236.95	2.488	2.590	41.1	589.60	589.50	589.50	589.53	127591
2	S2-2	190.27	2.493	2.569	39.5	560.30	560.30	560.40	560.33	84025
2	S2-3	214.09	2.506	2.576	39.4	558.70	558.70	558.60	558.67	92033
2	S3-2	226.39	2.510	2.562	39.6	573.20	573.20	573.20	573.20	105564
2	S3-3	216.33	2.455	2.580	39.6	612.10	611.90	611.90	611.97	115111
2	S4-2	224.75	2.487	2.740	40.0	568.40	568.50	568.50	568.47	87646
2	S4-3	226.78	2.468	2.587	40.0	581.00	580.90	581.20	581.03	110617
2	S5-3	235.29	2.474	2.633	39.6	615.30	615.30	615.30	615.30	118163
2	E1-2	218.84	2.473	2.610	39.7	572.10	572.20	572.40	572.23	98371
2	E1-3	210.39	2.401	2.609	39.6	573.70	573.60	573.60	573.63	97260
2	E2-2	234.74	2.523	2.580	39.7	541.60	541.80	541.90	541.77	95979

2	E2-3	228.25	2.469	2.583	40.0	539.40	541.20	541.30	540.63	96799
2	E3-2	227.20	2.493	2.580	39.6	589.20	589.00	589.20	589.13	110334
2	E3-3	233.76	2.486	2.592	39.6	611.40	611.60	611.40	611.47	120939
2	O1-4	209.94	2.381	2.524	41.0	539.50	539.50	539.80	539.60	106153
2	O1-5	215.88	2.490	2.546	40.1	578.20	578.40	578.50	578.37	109307
2	O2-2	234.26	2.489	2.532	40.1	588.50	588.80	589.00	588.77	125018
2	O2-3	235.62	2.42	2.533	41.0	569.10	568.70	569.10	568.97	128940
2	O3-4	234.66	2.568	2.590	41.0	483.20	483.00	483.00	483.07	81598
2	O3-5	232.30	2.537	2.592	40.0	511.40	511.40	511.40	511.40	84898
3	N2-1	249.67	2.46	2.615	39.0	615.40	615.40	615.30	615.37	122984
3	N2-2	244.29	2.422	2.614	39.0	619.10	619.10	619.10	619.10	123851
3	S2-2	225.81	2.613	2.498	39.9	464.50	464.30	464.40	464.40	73266
3	S3-1	229.33	2.466	2.638	39.6	492.20	492.20	492.20	492.20	73516
3	S3-2	222.43	2.469	2.624	39.8	486.20	486.90	486.20	486.43	71754
3	S4-1	225.50	2.486	2.603	39.6	492.30	492.40	492.30	492.33	74679
3	S4-2	227.45	2.502	2.598	40.1	444.40	444.40	444.50	444.43	63694
3	S5-1	230.66	2.461	2.625	39.6	552.20	552.10	552.10	552.13	94627
3	S5-2	229.11	2.456	2.613	40.1	498.10	498.30	498.30	498.23	80736
3	S6-1	227.63	2.508	2.592	40.4	465.90	466.00	466.00	465.97	71982
3	S6-2	236.57	2.492	2.586	40.9	481.20	481.00	481.10	481.10	83857
3	S7-2	236.79	2.424	2.580	40.2	515.40	515.40	515.50	515.43	94703
3	S7-3	232.86	2.491	2.562	40.2	539.40	539.20	539.40	539.33	101332
3	S8-2	251.48	2.487	2.616	40.3	502.80	502.70	502.80	502.77	90143
3	S8-3	254.73	2.447	2.616	40.8	479.20	478.50	478.70	478.80	87336
3	E1-1	229.88	2.462	2.568	41.1	498.30	498.20	498.40	498.30	91687
3	E1-2	228.43	2.587	2.468	41.2	477.50	477.60	477.70	477.60	90388
3	E2-1	255.01	2.449	2.610	41.5	507.00	507.00	507.00	507.00	103795
3	E2-2	259.53	2.459	2.611	41.5	544.10	544.10	544.00	544.07	121012
3	O1-4	221.11	2.413	2.557	39.6	473.20	473.20	473.30	473.23	73530
3	O1-5	221.87	2.448	2.612	39.6	487.10	487.10	487.20	487.13	72297
3	O2-4	215.97	2.431	2.604	39.3	527.00	526.90	528.20	527.37	81933
3	O2-5	209.19	2.581	2.448	39.2	578.30	578.40	578.40	578.37	107387
3	O3-4	233.82	2.494	2.559	39.4	555.30	555.40	555.30	555.33	101798
3	O3-5	224.73	2.434	2.558	39.4	545.80	545.90	545.90	545.87	96977
3	O4-4	232.96	2.409	2.601	39.2	563.50	563.40	563.50	563.47	101388
3	O4-5	247.41	2.448	2.599	39.2	546.50	546.60	546.60	546.57	99931
3	O5-3	231.87	2.501	2.586	39.0	483.30	483.40	483.30	483.33	71664
3	O5-4	234.05	2.497	2.569	38.9	485.80	485.80	488.80	486.80	74391
3	N1-2	232.68	2.661	2.443	40.5	487.80	487.50	488.10	487.80	91446
3	N1-3	228.18	2.684	2.446	40.4	466.70	466.60	466.70	466.67	80474
3	N2-3	228.00	2.399	2.612	40.0	548.00	548.00	548.00	548.00	98877
3	N2-4	216.86	2.437	2.615	40.0	568.70	568.80	569.10	568.87	99421

3	N3-2	243.54	2.437	2.599	39.9	582.70	582.90	582.90	582.83	118488
3	N3-3	248.14	2.436	2.602	39.9	530.80	567.50	567.40	555.23	109229
3	S1-3	227.19	2.616	2.409	40.3	491.60	491.70	491.70	491.67	94813
3	S2-2	231.00	2.639	2.524	40.1	498.60	499.00	499.10	498.90	84282
3	S2-3	223.12	2.645	2.454	40.3	482.60	483.00	482.70	482.77	83994
3	S3-1	230.76	2.522	2.566	40.7	445.00	444.90	445.10	445.00	69746
3	S3-3	230.51	2.53	2.635	40.9	468.40	468.50	468.20	468.37	72101
3	S4-2	230.61	2.439	2.571	40.3	425.50	425.70	425.60	425.60	63628
3	S4-3	235.75	2.47	2.566	40.3	481.30	481.60	457.70	473.53	79978
3	S5-2	236.45	2.529	2.619	40.8	421.80	421.90	421.80	421.83	60676
3	S5-3	231.14	2.486	2.602	40.6	431.10	431.20	431.20	431.17	63342
3	S6-2	234.89	2.417	2.571	40.7	423.70	423.80	423.70	423.73	66776
3	S6-3	238.62	2.532	2.561	40.8	430.90	430.70	432.60	431.40	68411
3	S7-2	247.65	2.490	2.546	40.7	467.00	467.00	468.30	467.43	85636
3	S7-3	252.63	2.461	2.544	40.8	447.10	444.60	443.90	445.20	80962
3	E1-5	205.26	2.412	2.580	40.6	438.90	439.00	439.00	438.97	61642
3	E1-6	205.94	2.429	2.583	40.6	476.60	476.60	476.50	476.57	72133
3	E2-2	231.85	2.470	2.601	41.2	538.90	539.00	539.10	539.00	104551
3	E2-3	239.03	2.447	2.578	40.8	492.00	491.90	491.80	491.90	90380
3	E3-4	247.28	2.364	2.606	40.4	535.50	535.40	535.50	535.47	107795
3	O1-1	232.02	2.477	2.600	40.6	508.60	508.70	508.70	508.67	89021
3	O1-2	225.95	2.479	2.590	40.4	515.40	515.30	515.30	515.33	88619
3	O2-4	227.58	2.459	2.593	40.0	518.10	518.20	518.00	518.10	87972
3	O2-5	226.82	2.424	2.590	39.9	536.70	536.70	536.80	536.73	95073
3	O3-3	226.80	2.419	2.586	39.5	508.80	508.80	508.80	508.80	83441
3	O3-4	236.83	2.454	2.573	39.5	555.00	555.10	555.10	555.07	103775

ANEXO 16. RESULTADOS DE MOE LONGITUDINAL –FFT ANALYZER

Probeta		Datos				Longitudinal (hz)			Densidad saturada (g/cm3)	Moe longitudinal kg/cm2
Troza	Código	Peso saturado	Ancho	Espesor	Largo	HZ1	HZ2	HZ3		
1	N1-1	182.24	2.60	2.401	40.0	4741	4779	4810	0.73	108470
1	N2-1	196.47	2.443	2.651	40.0	4540	4534	4543	0.76	101938
1	N2-2	188.91	2.406	2.62	41.0	4380	4266	4376	0.73	94394
1	N3-1	199.95	2.495	2.587	40.0	4842	4889	4876	0.77	119780
1	N3-2	202.51	2.383	2.582	41.1	4610	4661	4622	0.80	118290
1	N4-1	208.12	2.575	2.413	40.1	4947	4889	4895	0.84	132049
1	N4-2	206.89	2.446	2.601	41.1	4697	4650	4695	0.79	119396
1	N5-1	200.65	2.420	2.608	39.1	4516	4534	4463	0.81	102836
1	N5-2	211.19	2.457	2.604	41.1	4491	4554	4555	0.80	113683
1	S1-1	190.59	2.427	2.604	41.2	4637	4668	4637	0.73	109417
1	S1-3	182.15	2.526	2.602	41.1	3973	3998	4143	0.67	75728
1	S2-3	199.01	2.477	2.576	41.1	4514	4508	4558	0.76	107101
1	S2-4	201.27	2.458	2.602	41.0	4753	4773	4754	0.77	119201
1	S3-3	207.20	2.473	2.581	41.0	5010	5011	5011	0.79	136252
1	S3-4	206.16	2.501	2.611	41.1	4966	4963	4963	0.77	130371
1	S4-1	215.62	2.490	2.587	41.1	4754	4744	4772	0.81	126920
1	S4-3	200.93	2.449	2.593	41.1	4823	4805	4798	0.77	122613
1	S5-3	207.01	2.496	2.593	41.0	5045	5081	5075	0.78	137284
1	S5-4	207.85	2.611	2.604	41.0	5212	5219	5184	0.75	138458
1	S6-3	206.70	2.514	2.585	41.1	4916	4877	4864	0.77	127232
1	S6-4	204.36	2.525	2.571	41.1	4852	4840	4886	0.77	124571
1	E1-3	186.32	2.434	2.574	38.8	4922	4892	4854	0.77	112474
1	E1-5	206.38	2.427	2.503	41.1	4465	4449	4520	0.83	114166
1	E2-4	213.41	2.410	2.552	41.1	4882	4865	4808	0.84	136877
1	E2-5	203.53	2.487	2.594	39.0	5263	5254	5252	0.81	138613
1	E3-2	195.32	2.445	2.555	39.3	4678	4711	4697	0.80	110457
1	E3-3	210.42	2.350	2.529	41.1	4865	4896	4878	0.86	141281
1	E4-2	216.95	2.399	2.576	41.1	4775	4687	4793	0.85	132834
1	E4-3	206.38	2.437	2.582	41.0	5118	5088	5125	0.80	143195
1	O1-2	209.68	2.435	2.621	41.1	4378	4367	4366	0.80	105161
1	O1-3	209.25	2.392	2.593	41.0	4274	4318	4339	0.82	104785
1	O2-2	200.25	2.498	2.584	41.1	4470	4489	4367	0.75	102583
1	O2-4	209.34	2.485	2.571	41.0	4283	4217	4254	0.80	99003
1	O3-6	204.53	2.470	2.586	41.1	4537	4602	4682	0.78	113894
1	O3-7	202.40	2.451	2.565	41.1	4458	4462	4466	0.78	107417
1	O4-2	216.84	2.468	2.566	41.1	4823	4798	4793	0.83	132464
1	O4-3	208.48	2.497	2.568	41.0	4880	4887	4882	0.79	129598
1	N1-2	175.89	2.434	2.593	41.1	4772	4709	4753	0.68	105139
1	N1-3	225.00	2.421	2.63	40.0	5071	5087	5027	0.88	147662
1	N2-3	193.53	2.501	2.603	41.2	4843	4772	4803	0.72	115350
1	N3-2	189.08	2.451	2.601	39.9	4947	4913	4956	0.74	117692
1	N3-4	202.60	2.428	2.579	41.1	4614	4613	4614	0.79	115416
1	N4-1	214.83	2.428	2.622	41.1	4579	4555	4555	0.82	117746
1	N4-5	208.72	2.479	2.625	40.0	5139	5112	5149	0.80	137850
1	N5-3	209.13	2.440	2.613	41.1	4905	4880	4912	0.80	131927
1	N5-4	199.29	2.456	2.605	39.1	5019	5022	5051	0.80	125681
1	S1-2	183.37	2.457	2.596	41.8	4512	4529	4505	0.69	99900
1	S2-2	195.69	2.641	2.408	41.1	4607	4622	4620	0.75	109893

1	S2-3	199.11	2.668	2.427	41.1	4506	4506	4509	0.75	104676
1	S3-4	203.22	2.446	2.63	41.1	4862	4822	4775	0.77	122976
1	S4-1	210.69	2.427	2.64	41.0	4593	4588	4559	0.80	115312
1	S4-2	210.18	2.393	2.585	41.1	4826	4852	4842	0.83	133386
1	S5-2	233.00	2.452	2.617	41.2	4962	4994	4991	0.88	151421
1	S5-3	198.47	2.456	2.606	41.1	5068	5072	5068	0.75	133545
1	S6-2	206.84	2.434	2.598	41.0	5164	5193	5170	0.80	146481
1	S6-3	208.34	2.421	2.575	41.0	5193	5141	5166	0.82	149141
1	E1-2	183.81	2.483	2.581	40.6	4665	4711	4685	0.71	104306
1	E1-3	181.63	2.483	2.522	40.9	4665	4675	4656	0.71	105280
1	E2-3	207.33	2.438	2.595	41.1	4771	4703	4775	0.80	123894
1	E2-4	213.06	2.457	2.601	40.9	4800	4786	4785	0.82	127586
1	E3-3	208.04	2.472	2.605	40.3	5093	5090	5094	0.80	137664
1	E3-4	214.71	2.455	2.586	40.7	5076	5079	5082	0.83	144782
1	E4-2	211.18	2.429	2.600	41.1	4909	4903	4910	0.81	134951
1	E4-3	215.02	2.468	2.602	41.0	4826	4823	4823	0.82	130261
1	O1-2	211.72	2.499	2.621	41.9	4922	4937	4949	0.77	134550
1	O1-3	200.79	2.470	2.619	41.1	4850	4856	4824	0.76	122020
1	O2-3	229.59	2.470	2.606	41.9	5092	5040	5096	0.85	157011
1	O2-4	236.57	2.470	2.689	42.0	4958	4945	4967	0.85	149862
1	O3-4	229.25	2.482	2.609	41.1	4522	4580	4582	0.86	123438
1	O3-5	199.43	2.476	2.602	41.1	5003	5011	5008	0.75	130070
2	N1-1	201.95	2.364	2.583	41.2	4248	4248	4239	0.80	100119
2	N1-2	195.51	2.492	2.559	41.0	4089	4077	4007	0.75	84388
2	N2-1	231.93	2.435	2.613	41.6	4523	4560	4511	0.88	126956
2	N2-2	243.34	2.426	2.632	41.7	4591	4551	4555	0.91	135074
2	N3-2	243.57	2.494	2.554	41.2	4866	4868	4734	0.93	149406
2	N3-3	243.48	2.454	2.571	41.3	4792	4839	4689	0.93	148071
2	N4-1	232.92	2.579	2.594	41.4	4035	4037	4078	0.84	96402
2	N4-2	225.00	2.376	2.596	41.3	3731	3727	3765	0.88	85970
2	S2-1	196.53	2.467	2.593	41.2	4253	4282	4304	0.75	94529
2	S3-1	226.20	2.569	2.574	41.2	4190	4198	4691	0.90	118281
2	S3-2	216.40	2.393	2.569	41.1	4587	4567	4586	0.83	119290
2	S4-1	223.57	2.479	2.578	41.0	4577	4578	4570	0.86	122951
2	S4-2	226.81	2.437	2.570	41.0	4533	4560	4607	0.87	123839
2	S5-1	234.73	2.556	2.585	40.6	4792	4800	4464	0.91	133921
2	S5-2	237.62	2.516	2.594	40.7	4933	4954	4833	0.93	150475
2	S6-1	230.97	2.380	2.604	40.8	4409	4406	4454	0.85	112362
2	S6-2	235.66	2.468	2.612	40.6	4462	4490	4449	0.94	126207
2	E1-2	232.8	2.514	2.529	40.5	4338	4360	4378	0.90	114874
2	E1-3	232.85	2.445	2.588	40.5	4343	4332	4308	0.91	113812
2	E2-3	237.77	2.466	2.564	40.5	4743	4747	4825	0.93	141394
2	E2-4	241.31	2.459	2.575	40.5	4820	4803	4807	0.94	145605
2	O1-3	226.1	2.518	2.572	41.6	4740	4837	4727	0.84	134627
2	O1-4	225.52	2.374	2.573	41.9	4555	4510	4566	0.88	130221
2	O2-2	243.17	2.467	2.58	42.2	4366	4419	4347	0.91	125963
2	O2-3	249.23	2.498	2.57	42.3	4824	4856	4782	0.92	155604
2	O3-3	235.71	2.478	2.548	42.7	4246	4235	4177	0.87	115713
2	O3-4	245.69	2.483	2.579	42.5	4291	4236	4247	0.90	120545
2	N1-1	192.80	2.457	2.618	39.9	4314	4387	4399	0.75	92981
2	N2-1	211.06	2.517	2.573	40.1	4790	4762	4809	0.81	122108
2	N2-2	211.29	2.437	2.568	41.1	4408	4404	4349	0.82	108892
2	N3-1	233.76	2.459	2.594	40.0	5062	5045	5067	0.92	152915
2	N3-2	236.40	2.464	2.601	41.0	4862	4855	4880	0.90	145991
2	N4-1	218.20	2.469	2.581	39.0	5170	5205	5176	0.88	146310
2	N4-2	236.95	2.488	2.590	41.1	4968	4916	4965	0.89	150970
2	S2-2	190.27	2.493	2.569	39.5	4490	4547	4568	0.75	98407

2	S2-3	214.09	2.506	2.576	39.4	4601	4659	4656	0.84	114642
2	S3-2	226.39	2.510	2.562	39.6	4731	4734	4766	0.89	127914
2	S3-3	216.33	2.455	2.58	39.6	4981	5041	4653	0.86	131961
2	S4-2	224.75	2.487	2.740	40.0	5016	5017	5007	0.82	135200
2	S4-3	226.78	2.468	2.587	40.0	5149	5154	5159	0.89	153887
2	S5-3	235.29	2.474	2.633	39.6	5037	5013	5029	0.91	147347
2	E1-2	218.84	2.473	2.610	39.7	4806	4750	4740	0.85	124632
2	E1-3	210.39	2.401	2.609	39.6	4635	4694	4737	0.85	119219
2	E2-2	234.74	2.523	2.580	39.7	4597	4613	4606	0.91	123809
2	E2-3	228.25	2.469	2.583	40.0	4532	4576	4591	0.89	121717
2	E3-2	227.20	2.493	2.580	39.6	4848	4848	4852	0.89	134127
2	E3-3	233.76	2.486	2.592	39.6	4989	5065	5002	0.92	147536
2	O1-4	209.94	2.381	2.524	41.0	4667	4653	4739	0.85	128259
2	O1-5	215.88	2.490	2.546	40.1	4787	4831	4833	0.85	129194
2	O2-2	234.26	2.489	2.532	40.1	5032	4975	4980	0.93	151681
2	O2-3	235.62	2.420	2.533	41.0	5095	4999	4968	0.94	161979
2	O3-4	234.66	2.568	2.590	41.0	4251	4254	4256	0.86	106720
2	O3-5	232.30	2.537	2.592	40.0	4074	4002	4018	0.88	93636
2	N2-1	249.67	2.460	2.615	39.0	4789	4800	4837	1.00	142713
2	N2-2	244.29	2.422	2.614	39.0	4699	4699	4688	0.99	135274
2	S2-2	225.81	2.613	2.498	39.9	3931	4059	3986	0.87	89693
2	S3-1	229.33	2.466	2.638	39.6	3849	3875	3933	0.89	85943
2	S3-2	222.43	2.469	2.624	39.8	3981	3964	3949	0.86	87578
2	S4-1	225.50	2.486	2.603	39.6	3950	3964	3963	0.88	88192
2	S4-2	227.45	2.502	2.598	40.1	3680	3637	3644	0.87	76375
2	S5-1	230.66	2.461	2.625	39.6	4346	4357	4358	0.90	109277
2	S5-2	229.11	2.456	2.613	40.1	4046	4046	4113	0.89	96615
2	S6-1	227.63	2.508	2.592	40.4	4035	4035	4049	0.87	94131
2	S6-2	236.57	2.492	2.586	40.9	4046	4023	4056	0.90	100004
2	S7-2	236.79	2.424	2.58	40.2	4329	4320	4056	0.94	111310
2	S7-3	232.86	2.491	2.562	40.2	4448	4449	4389	0.91	117302
2	S8-2	251.48	2.487	2.616	40.3	4099	4090	4092	0.96	106441
2	S8-3	254.73	2.447	2.616	40.8	3904	4032	3921	0.98	103411
3	E1-1	229.88	2.462	2.568	41.1	4325	4291	4256	0.88	112176
3	E1-2	228.43	2.587	2.468	41.2	4250	4250	4238	0.87	108358
3	E2-1	255.01	2.449	2.610	41.5	4248	4230	4197	0.96	120509
3	E2-2	259.53	2.459	2.611	41.5	4553	4564	4510	0.97	141130
3	O1-4	221.11	2.413	2.557	39.6	3933	3947	3907	0.90	89324
3	O1-5	221.87	2.448	2.612	39.6	3890	3902	3892	0.88	84985
3	O2-4	215.97	2.431	2.604	39.3	4214	4207	4206	0.87	96852
3	O2-5	209.19	2.581	2.448	39.2	4133	4127	4096	0.84	89770
3	O3-4	233.82	2.494	2.559	39.4	4469	4437	4428	0.93	116273
3	O3-5	224.73	2.434	2.558	39.4	4402	4411	4419	0.92	112807
3	O4-4	232.96	2.409	2.601	39.2	4390	4391	4289	0.95	112795
3	O4-5	247.41	2.448	2.599	39.2	4289	4277	4279	0.99	113947
3	O5-3	231.87	2.501	2.586	39.0	3799	3760	3757	0.92	81115
3	O5-4	234.05	2.497	2.569	38.9	3946	3863	3867	0.94	87662
3	N1-2	232.68	2.661	2.443	40.5	4180	4220	4164	0.88	103669
3	N1-3	228.18	2.684	2.446	40.4	4225	4252	4310	0.86	104017
3	N2-3	228.00	2.399	2.612	40.0	4429	4423	4424	0.91	116218
3	N2-4	216.86	2.437	2.615	40.0	4521	4524	4545	0.85	113894
3	N3-2	243.54	2.437	2.599	39.9	4637	4649	4637	0.96	134740
3	N3-3	248.14	2.436	2.602	39.9	4660	4599	4596	0.98	135846
3	S1-3	227.19	2.616	2.409	40.3	3718	3933	3700	0.89	84808
3	S2-2	231.00	2.639	2.524	40.1	3874	3892	3861	0.86	85175
3	S2-3	223.12	2.645	2.454	40.3	3789	3891	3894	0.85	84073
3	S3-1	230.76	2.522	2.566	40.7	3859	3825	3829	0.88	87152

3	S3-3	230.51	2.530	2.635	40.9	3855	3834	3823	0.85	84911
3	S4-2	230.61	2.439	2.571	40.3	3643	3589	3591	0.91	78653
3	S4-3	235.75	2.470	2.566	40.3	3921	3865	3880	0.92	92426
3	S5-2	236.45	2.529	2.619	40.8	3690	3690	3730	0.87	81450
3	S5-3	231.14	2.486	2.602	40.6	3779	3695	3800	0.88	83541
3	S6-2	234.89	2.417	2.571	40.7	3769	3760	3755	0.93	88747
3	S6-3	238.62	2.532	2.561	40.8	3593	3590	3714	0.90	80771
3	S7-2	247.65	2.490	2.546	40.7	4077	3977	4036	0.96	105287
3	S7-3	252.63	2.461	2.544	40.8	3985	3900	3903	0.99	103644
3	E1-5	205.26	2.412	2.580	40.6	3462	3469	3493	0.81	65925
3	E1-6	205.94	2.429	2.583	40.6	3986	3962	3985	0.81	85973
3	E2-2	231.85	2.470	2.601	41.2	4558	4519	4595	0.88	125916
3	E2-3	239.03	2.447	2.578	40.8	4209	4205	4178	0.93	111054
3	E3-4	247.28	2.364	2.606	40.4	4134	4195	4192	0.99	115179
3	O1-1	232.02	2.477	2.600	40.6	4126	4161	4091	0.89	101532
3	O1-2	225.95	2.479	2.590	40.4	4203	4210	4069	0.87	100354
3	O2-4	227.58	2.459	2.593	40.0	4285	4319	4262	0.89	107070
3	O2-5	226.82	2.424	2.590	39.9	4393	4375	4392	0.91	113105
3	O3-3	226.80	2.419	2.586	39.5	4183	4156	4296	0.92	103580
3	O3-4	236.83	2.454	2.573	39.5	4440	4521	4568	0.95	122857

ANEXO 17. RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS DEL MOE ESTÁTICO

Probeta		Datos					Saturado		Seco al horno		Resultados		
Troza	Código	Ancho (cm)	Espesor (cm)	p (lb)	p' (lb)	y (x 10 ⁻³ pulg)	Peso (gr.)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Volumen (cm ³)	Elp (kg/cm ²)	Mor (kg/cm ²)	Moe (kg/cm ²)
1	N1-1	2.604	2.401	300.5	180	111	16.29	16.44	6.76	14.88	285.485332	477	86122
1	N2-1	2.443	2.651	350.5	180	87	15.67	16.79	7.23	15.00	249.612412	486	87013
1	N2-2	2.406	2.62	289	160	92	15.32	15.74	6.4	14.64	230.652609	417	76934
1	N3-1	2.495	2.587	407	250	123	17.66	17.08	7.78	15.1	356.461964	580	90066
1	N3-2	2.383	2.582	392	230	115	16.62	16.13	7.52	14.28	344.689388	587	93330
1	N4-1	2.575	2.413	404	250	122	16.67	16.50	8.56	14.76	396.994716	642	108421
1	N4-2	2.446	2.601	400	270	134	16.81	16.69	8.00	14.96	388.475113	576	89612
1	N5-1	2.420	2.608	407	220	106	15.97	15.89	7.68	14.47	318.220926	589	92547
1	N5-2	2.457	2.604	490	210	102	16.04	16.23	8.18	14.47	300.10192	700	90839
1	S1-1	2.427	2.604	385	200	105	16.35	16.84	7.08	14.92	289.344249	557	85081
1	S1-3	2.526	2.602	263	160	130	13.81	17.01	5.91	15.55	222.74535	366	52943
1	S2-3	2.477	2.576	372	200	99	17.56	17.37	7.58	15.66	289.700248	539	91330
1	S2-4	2.458	2.602	414	240	119	17.87	17.43	8.12	15.49	343.361323	592	89155
1	S3-3	2.473	2.581	443	220	90	16.39	16.23	7.52	14.31	317.950235	640	110046
1	S3-4	2.501	2.611	430	200	82	16.89	16.89	7.95	15.13	279.279562	600	104873
1	S4-1	2.490	2.587	402	220	108	16.24	16.55	7.90	14.65	314.316421	574	90447
1	S4-3	2.449	2.593	390	224	114	15.84	16.89	7.20	15.02	323.88497	564	88091
1	S5-3	2.496	2.593	470	230	92	15.8	15.92	7.27	14.04	326.298304	667	109969
1	S5-4	2.611	2.604	437	270	120	16.69	17.04	7.94	15.02	363.087692	588	93419
1	S6-3	2.514	2.585	427	250	112	15.37	16.18	7.17	14.26	354.315568	605	98392
1	S6-4	2.525	2.571	460	280	116	15.62	17.31	7.36	14.30	399.419341	656	107675
1	E1-3	2.434	2.574	354	190	109	15.35	13.20	6.88	11.33	280.512705	523	80383
1	E1-5	2.427	2.503	340	180	97	16.18	15.98	7.52	13.96	281.849731	532	93332
1	E2-4	2.410	2.552	430.5	230	102	16.37	16.23	8.01	14.40	348.888013	653	107759
1	E2-5	2.487	2.594	479	270	119	15.86	16.81	8.74	14.79	384.135664	681	100049
1	E3-2	2.445	2.555	396	270	150	16.29	16.34	7.64	14.53	402.753837	591	84490
1	E3-3	2.350	2.529	454	320	157	13.83	12.02	6.87	11.26	506.898554	719	102641
1	E4-2	2.399	2.576	465.5	320	145	15.92	17.74	8.04	14.33	478.591089	696	103014
1	E4-3	2.437	2.582	459	260	111	16.26	13.68	8.08	14.69	381.014881	673	106883
1	O1-2	2.435	2.621	403	200	98	16.99	16.73	8.03	14.73	284.664679	574	89102
1	O1-3	2.392	2.593	352.5	200	113	16.24	16.38	7.64	14.62	296.074075	522	81239
1	O2-2	2.498	2.584	348	170	89	16.92	17.33	7.20	15.17	242.665515	497	84834
1	O2-4	2.485	2.571	385	200	110	16.65	16.61	7.8	14.69	289.891876	558	82412

1	O3-6	2.47	2.586	325.5	200	102	15.95	16.6	7.17	14.66	288.278727	469	87868
1	O3-7	2.451	2.565	320	170	96	16.19	16.73	6.91	14.74	250.996385	472	81951
1	O4-2	2.468	2.566	390	220	109	15.82	16.74	7.81	14.52	322.330065	571	92654
1	O4-3	2.497	2.568	395	200	90	16.05	17.61	7.90	15.20	289.173179	571	100593
1	N1-2	2.641	2.408	275	180	140	11.15	14.75	5.21	13.37	279.851561	428	66741
1	N1-3	2.668	2.427	366	190	90	13.50	14.90	6.67	13.17	287.849062	554	105950
1	N2-3	2.446	2.630	377	200	90	14.92	16.85	6.50	15.15	281.448307	531	95598
1	N3-2	2.427	2.640	364	180	81	16.56	17.07	6.86	14.77	253.356161	512	95255
1	N3-4	2.393	2.585	384	220	108	16.40	16.99	7.07	14.26	327.563484	572	94332
1	N4-1	2.452	2.617	392	220	98	17.08	16.87	8.14	14.73	311.911484	556	97780
1	N4-4	2.456	2.606	480.5	250	104	17.60	17.84	8.37	15.52	356.861271	686	105862
1	N5-3	2.434	2.598	452	250	105	16.90	17.06	8.19	15.14	362.307844	655	106782
1	N5-4	2.421	2.575	421	210	95	17.39	17.51	8.31	15.13	311.463123	624	102365
1	S1-2	2.421	2.630	340	180	97	14.79	17.37	6.51	15.43	255.919167	483	80653
1	S2-2	2.443	2.615	388	200	93	16.59	16.85	7.03	14.87	285.036015	553	94231
1	S2-3	2.501	2.603	410	210	106	16.61	17.46	7.68	15.35	295.048806	576	85973
1	S3-4	2.428	2.579	425	240	113	17.27	16.38	7.64	14.53	353.831481	627	97614
1	S4-1	2.428	2.622	393	220	95	16.12	16.78	7.60	14.80	313.794421	561	101283
1	S4-2	2.479	2.625	407	210	82	15.84	17.23	7.82	14.42	292.698669	567	109326
1	S5-2	2.440	2.613	400	240	95	16.69	17.03	7.72	14.84	342.988209	572	111087
1	S5-3	2.456	2.605	381	220	92	16.10	16.92	7.17	14.77	314.279069	544	105431
1	S6-2	2.466	2.601	460	240	82	16.23	17.14	7.96	14.83	342.510634	656	129112
1	S6-3	2.457	2.596	471	260	98	16.32	16.57	7.88	14.59	373.8483	677	118144
1	E1-2	2.483	2.581	380	180	98	14.40	16.93	6.40	14.26	259.093413	547	82355
1	E1-3	2.483	2.522	352	190	110	13.80	16.84	6.53	15.16	286.433172	531	83010
1	E2-3	2.438	2.595	433	220	117	15.95	16.07	7.77	13.93	319.044197	628	84484
1	E2-4	2.457	2.601	446	240	106	16.86	16.55	8.27	14.74	343.765252	639	100245
1	E3-3	2.472	2.605	424	240	101	16.14	16.68	8.03	14.57	340.6308	602	104088
1	E3-4	2.455	2.586	453	220	85	16.66	16.99	8.35	14.52	319.044115	657	116694
1	E4-2	2.429	2.600	490	240	95	16.64	16.39	8.16	14.39	347.995498	710	113272
1	E4-3	2.468	2.602	510	280	119	16.44	16.58	8.02	14.47	398.965081	727	103592
1	O1-2	2.499	2.621	405	200	77	16.42	17.04	7.68	14.87	277.374347	562	110498
1	O1-3	2.470	2.619	362	180	66	15.45	17.08	7.08	14.75	252.953766	509	117655
1	O2-3	2.470	2.606	480	240	85	16.10	16.27	8.01	14.18	340.645033	681	123639
1	O2-4	2.470	2.689	478	230	79	16.50	16.32	8.45	14.28	306.609688	637	116042
1	O3-4	2.482	2.609	322	170	76	16.52	16.90	6.67	14.88	239.571737	454	97139
1	O3-5	2.476	2.602	379	220	93	16.04	17.12	7.13	14.64	312.459728	538	103813
2	N1-1	2.364	2.583	257	130	97	13.76	15.28	5.26	13.38	196.23825	388	62970
2	N1-2	2.492	2.559	257	150	129	13.06	16.24	5.39	14.71	218.846318	375	53300
2	N2-1	2.435	2.613	363	210	110	15.39	15.23	6.02	13.52	300.730935	520	84119
2	N2-2	2.426	2.632	384.5	230	105	16.65	16.79	7.20	14.68	325.8381	545	94792
2	N3-2	2.494	2.554	498	300	120	15.07	15.26	7.31	9.86	439.055695	729	115177
2	N3-3	2.454	2.571	432	250	106	15.95	16.67	8.05	14.18	366.942395	634	108252

2	N4-1	2.579	2.594	328	210	114	16.15	17.18	6.54	15.05	288.11416	450	78332
2	N4-2	2.376	2.596	306	180	110	15.26	17.08	6.47	14.41	267.641397	455	75353
2	S2-1	2.467	2.593	239.5	140	101	15.92	17.93	7.12	16.01	200.951128	344	61690
2	S3-1	2.569	2.574	352	180	89	16.32	17.23	6.78	14.9	251.783873	492	88364
2	S3-2	2.393	2.569	306	190	92	14.89	15.76	6.28	13.91	286.430518	461	97435
2	S4-1	2.479	2.578	352	200	105	17.98	17.8	7.74	15.85	289.017565	509	85842
2	S4-2	2.437	2.570	357	200	97	15.38	16.37	6.70	14.31	295.831772	528	95408
2	S5-1	2.556	2.585	409.5	200	87	16.15	16.37	7.58	14.26	278.794785	571	99667
2	S5-2	2.516	2.594	397	240	110	18.62	18.85	8.64	16.21	337.518247	558	95100
2	S6-1	2.380	2.604	360	190	93	17.97	18.22	7.67	15.95	280.30528	531	93058
2	S6-2	2.468	2.612	370	210	100	18.42	19.10	7.77	16.46	296.93705	523	91398
2	E1-2	2.514	2.529	361	200	112	16.19	17.34	7.18	14.6	296.144491	535	84059
2	E1-3	2.445	2.588	315	180	102	16.27	16.24	6.64	14.3	261.698777	458	79705
2	E2-3	2.466	2.564	395	240	104	16.19	16.36	7.65	14.46	352.467211	580	106271
2	E2-4	2.459	2.575	453	300	134	16.90	16.56	7.73	14.44	438.071353	661	102073
2	O1-3	2.518	2.272	390	240	112	15.60	16.35	7.31	14.37	439.61799	714	138898
2	O1-4	2.374	2.573	361	200	93	15.15	15.29	6.61	13.46	302.974658	547	101796
2	O2-2	2.467	2.580	340	170	88	15.63	16.52	6.55	14.27	246.477315	493	87281
2	O2-3	2.498	2.570	450	270	110	17.49	18.01	8.45	15.45	389.620391	649	110806
2	O3-3	2.478	2.548	440	320	175	16.87	17.75	7.36	15.6	473.572444	651	85388
2	O3-4	2.483	2.579	346	200	90	17.66	17.83	7.23	15.77	288.328244	499	99871
2	N1-1	2.457	2.618	248.5	170	117	13.17	16.54	5.51	14.78	240.348311	351	63086
2	N2-1	2.517	2.573	342	200	109	14.72	16.58	6.32	14.7	285.761556	489	81919
2	N2-2	2.437	2.568	299.5	200	137	13.61	16.4	6.68	14.32	296.292748	444	67710
2	N3-1	2.459	2.594	433	240	94	15.82	16.18	7.21	14.28	345.341972	623	113867
2	N3-2	2.464	2.601	447	230	91	15.97	16.08	7.50	14.39	328.505786	638	111586
2	N4-1	2.469	2.581	445	270	107	16.37	16.84	7.34	14.42	390.84383	644	113783
2	N4-2	2.488	2.59	450.5	240	94	16.21	17.11	7.56	14.58	342.371758	643	113062
2	S2-2	2.493	2.569	284	160	96	14.81	17.22	5.51	14.72	231.52937	411	75478
2	S2-3	2.506	2.576	304	200	115	16.08	16.95	5.83	14.73	286.347771	435	77714
2	S3-2	2.510	2.562	331	190	98	16.04	16.72	6.54	14.28	274.573249	478	87922
2	S3-3	2.455	2.580	353	200	84	15.65	16.19	6.39	14.1	291.390697	514	108099
2	S4-2	2.487	2.740	402	210	80	15.89	16.12	6.97	14.13	267.780519	513	98217
2	S4-3	2.468	2.587	404	220	87	15.66	15.78	7.03	13.83	317.118269	582	113280
2	S5-1	2.474	2.633	489	260	97	16.44	16.59	7.74	14.44	360.917989	679	113614
2	E1-2	2.473	2.610	345	190	89	15.68	16.29	6.07	13.97	268.52521	488	92940
2	E1-3	2.401	2.609	323	190	97	14.44	15.57	5.93	13.76	276.78967	471	87933
2	E2-2	2.523	2.580	392	240	118	15.44	15.76	7.00	13.91	340.244547	556	89854
2	E2-3	2.469	2.583	369.5	180	80	15.03	15.54	6.63	13.64	260.159206	534	101221
2	E3-2	2.493	2.580	430.5	240	99	15.33	15.71	6.9	13.93	344.338946	618	108387
2	E3-3	2.486	2.592	486	240	96	16.41	16.66	8.06	14.58	342.118625	693	110539
2	O1-4	2.381	2.524	370	230	104	14.65	16.16	6.88	14.15	361.015904	581	110573
2	O1-5	2.490	2.546	360	190	81	15.21	16.20	7.23	14.57	280.268346	531	109264

2	O2-2	2.489	2.532	382	190	74	16.73	16.68	7.74	14.68	283.4901	570	121644
2	O2-3	2.420	2.533	384.5	220	88	15.41	15.99	7.42	13.73	337.344419	590	121675
2	O3-4	2.568	2.590	340.5	220	101	17.15	17.26	6.70	15.27	304.063807	471	93452
2	O3-5	2.537	2.592	326	160	81	16.77	17.77	6.47	15.31	223.494127	455	85584
3	N2-1	2.460	2.615	569	320	115	17.35	16.25	8.98	13.7	452.906006	805	121084
3	N2-2	2.422	2.614	487.5	270	104	17.44	16.20	8.59	14.65	388.432047	701	114874
3	S2-2	2.613	2.498	309	130	85	16.81	16.09	6.83	14.86	189.825988	451	71877
3	S3-1	2.466	2.638	278	140	85	16.85	16.53	5.82	14.93	194.232534	386	69643
3	S3-2	2.469	2.624	301	170	102	16.37	16.13	5.75	14.64	238.087593	422	71519
3	S4-1	2.486	2.603	272	140	96	16.19	16.10	5.81	14.67	197.886046	384	63667
3	S4-2	2.502	2.598	254	150	110	16.27	16.38	5.82	14.88	211.476569	358	59495
3	S5-1	2.461	2.625	377	180	104	16.96	16.60	6.68	14.79	252.719568	529	74426
3	S5-2	2.456	2.613	310	180	113	16.73	16.70	6.23	14.83	255.565319	440	69587
3	S6-1	2.508	2.592	293	160	96	15.96	15.87	6.04	14.25	226.07839	414	73047
3	S6-2	2.492	2.586	327	140	69	16.11	15.92	6.43	14.25	200.013611	467	90122
3	S7-2	2.424	2.580	323	180	101	16.47	15.66	6.44	14.07	265.605505	477	81949
3	S7-3	2.491	2.562	356	210	90	16.10	15.64	6.56	14.05	305.790445	518	106623
3	S8-2	2.487	2.616	375	200	97	16.96	16.07	7.07	14.16	279.779137	525	88645
3	S8-3	2.447	2.616	372	190	95	16.58	15.68	7.03	14.14	270.134932	529	87391
3	E1-1	2.462	2.568	320	150	93	14.87	15.06	6.23	13.67	219.963067	469	74049
3	E1-2	2.587	2.468	324	170	107	14.92	15.50			256.861359	490	78202
3	E2-1	2.449	2.610	416	250	121	16.18	15.60	8.05	13.86	356.785178	594	90830
3	E2-2	2.459	2.611	470	260	110	16.36	15.80	8.16	13.91	369.264596	668	103368
3	O1-4	2.413	2.557	300	150	95	15.70	15.45	6.08	14.09	226.364895	453	74921
3	O1-5	2.448	2.612	268	150	95	16.05	15.54	6.35	14.18	213.830718	382	69282
3	O2-4	2.431	2.604	293	150	84	17.00	16.74	6.34	14.67	216.651118	423	79632
3	O2-5	2.581	2.448	263	150	104	15.88	15.69	6.36	14.22	230.896326	405	72915
3	O3-4	2.494	2.559	382	230	120	17.54	16.53	7.80	13.86	335.295257	557	87785
3	O3-5	2.434	2.558	372	230	113	15.89	15.40	5.90	13.82	343.829216	556	95634
3	O4-4	2.409	2.601	369	170	70	17.36	16.78	7.10	15.07	248.3522	539	109667
3	O4-5	2.448	2.599	331	190	98	16.83	16.35	6.44	15.24	273.568584	477	86354
3	O5-3	2.501	2.586	282	150	93	16.74	16.4	5.81	14.86	213.529125	401	71383
3	O5-4	2.497	2.569	310	210	135	17.23	16.65	6.41	15.04	303.395503	448	70333
3	N1-2	2.661	2.443	350	170	99	16.65	16.77	6.56	15.29	254.855322	525	84719
3	N1-3	2.684	2.446	368	160	105	16.53	16.74	7.39	15.21	237.225385	546	74261
3	N2-3	2.399	2.612	409	240	125	16.50	16.26	7.10	14.84	349.117198	595	85968
3	N2-4	2.437	2.615	379	180	91	15.96	16.61	7.37	15.03	257.164007	541	86885
3	N3-2	2.437	2.599	487.7	270	118	17.58	16.39	8.45	14.66	390.5101	705	102374
3	N3-3	2.436	2.602	465	270	121	18.11	16.9	8.42	15.18	389.770073	671	99532
3	S1-3	2.616	2.409	313	170	132	17.72	17.00	6.92	15.42	266.608614	491	67408
3	S2-2	2.639	2.524	230	120	83	17.84	17.54	5.89	15.83	169.941618	326	65220
3	S2-3	2.645	2.454	261	140	98	18.10	17.49	6.06	15.82	209.261743	390	69958
3	S3-2	2.522	2.566	247	150	97	18.42	17.63	5.98	15.97	215.064866	354	69469

3	S3-3	2.530	2.635	257	140	91	18.50	17.77	6.86	16.02	189.750474	348	63622
3	S4-2	2.439	2.571	287	160	110	17.08	16.84	6.94	15.07	236.287433	424	67173
3	S4-3	2.470	2.566	289	170	104	17.62	17.08	6.83	15.29	248.871554	423	74978
3	S5-2	2.529	2.619	242	150	110	17.70	17.42	6.54	15.73	205.877093	332	57455
3	S5-3	2.486	2.602	272	150	98	17.59	17.48	6.49	15.36	212.183762	385	66900
3	S6-2	2.417	2.571	289	170	130	16.83	16.27	6.94	14.60	253.340552	431	60941
3	S6-3	2.532	2.561	283	140	99	17.32	16.81	6.78	14.90	200.715898	406	63648
3	S7-2	2.490	2.546	363	230	136	17.60	16.87	7.08	15.12	339.272208	535	78777
3	S7-3	2.461	2.544	420	210	141	17.72	16.77	7.05	15.05	313.91355	628	70359
3	E1-5	2.412	2.58	261	120	116	15.04	16.40	5.80	15.00	177.951284	387	47805
3	E1-6	2.429	2.583	298	180	142	15.22	16.36	5.97	15.07	264.443425	438	57965
3	E2-2	2.470	2.601	458	280	138	16.49	16.63	8.12	14.75	398.948621	653	89360
3	E2-3	2.447	2.578	373	210	116	15.94	15.58	7.42	13.93	307.436972	546	82654
3	E3-4	2.364	2.606	417	240	101	16.54	15.50	7.79	13.96	355.919302	618	108718
3	O1-1	2.477	2.600	362	220	107	17.69	17.55	7.15	15.69	312.814282	515	90402
3	O1-2	2.479	2.590	349	200	115	17.54	17.39	6.92	15.60	286.345614	500	77293
3	O2-4	2.459	2.593	323	180	93	17.72	17.22	6.40	15.49	259.206291	465	86419
3	O2-5	2.424	2.59	349	210	105	17.21	16.66	6.68	14.86	307.484866	511	90904
3	O3-3	2.419	2.586	300	150	88	16.72	16.27	6.30	14.68	220.767401	442	77996
3	O3-4	2.454	2.573	379	210	110	17.81	17.09	7.24	15.27	307.75262	555	87421

ANEXO 18 .RESULTADOS DE VELOCIDAD DE ONDA Y FRECUENCIAS

Árbol	Velocidad de onda longitudinal (m/s)		Frecuencia (hz)	
	Sensor (0°)	Sensor(45°)	Longitudinal	Transversal
1	3799.08	3618.21	4776.67	553.13
1	3664.74	3736.81	4539.00	561.83
1	3713.43	3577.19	4340.67	520.10
1	3943.64	3773.93	4869.00	595.03
1	3844.99	3543.03	4631.00	551.73
1	3847.54	3821.81	4910.33	568.10
1	3883.17	3653.38	4680.67	573.13
1	3636.39	3521.34	4504.33	574.60
1	3832.42	3770.82	4533.33	547.00
1	3893.10	3697.27	4647.33	559.90
1	3389.46	3275.87	4038.00	508.23
1	3722.95	3619.56	4526.67	555.33
1	3822.62	3785.52	4760.00	571.87
1	4005.85	3938.43	5010.67	606.10
1	4016.12	3896.07	4964.00	598.40
1	4029.92	3819.94	4756.67	539.53
1	3961.86	3795.22	4808.67	577.67
1	4162.62	4075.62	5067.00	603.97
1	4104.22	4033.47	5205.00	614.37
1	3948.53	3909.05	4885.67	598.73
1	3922.12	3734.80	4859.33	594.80
1	3792.87	3618.81	4889.33	611.93
1	3770.82	3597.36	4478.00	520.13
1	3975.29	3832.42	4851.67	572.03
1	3935.16	3650.44	5256.33	658.20
1	3897.97	3680.04	4695.33	591.00
1	3975.29	3832.42	4879.67	572.97
1	3948.53	3975.29	4751.67	587.07
1	4118.66	3886.10	5110.33	601.60
1	3543.03	3399.28	4370.33	531.00
1	3599.19	3430.35	4310.33	521.43
1	3770.82	3597.36	4442.00	541.53
1	3471.06	3351.74	4251.33	502.03
1	3746.73	3653.38	4607.00	545.67
1	3711.17	3630.76	4462.00	535.77

1	3935.28	3711.17	4804.67	562.90
1	3992.18	3810.17	4883.00	576.30
1	3870.36	3462.82	4744.67	494.47
1	3957.33	3650.56	5061.67	597.90
1	3906.03	3543.03	4806.00	550.80
1	3919.71	3699.47	4938.67	573.40
1	3857.63	3795.22	4613.67	522.20
1	3782.98	3785.52	4563.00	517.93
1	4013.06	3807.54	5133.33	595.50
1	4002.42	3945.35	4899.00	551.37
1	3931.85	3870.36	5030.67	593.00
1	3913.82	4061.47	4515.33	482.57
1	3819.94	3770.82	4616.33	536.87
1	3653.38	3786.46	4507.00	527.67
1	4016.12	3768.35	4819.67	571.80
1	3873.24	3763.99	4580.00	582.10
1	4002.42	3795.22	4840.00	593.13
1	4154.41	3553.76	4982.33	610.17
1	4143.81	3850.41	5069.33	621.50
1	4253.42	3844.99	5175.67	632.57
1	4222.72	3823.79	5166.67	617.63
1	3771.09	3795.82	4687.00	581.63
1	3800.40	3981.95	4665.33	541.90
1	3909.05	3564.56	4749.67	569.20
1	3928.33	3703.91	4790.33	573.87
1	4192.32	3803.72	5092.33	598.50
1	4236.10	4016.29	5079.00	606.27
1	4043.81	3870.36	4907.33	560.90
1	4005.85	3749.13	4824.00	581.40
1	4112.37	3975.78	4936.00	555.00
1	4043.81	3922.12	4843.33	555.63
1	4198.93	4029.32	5076.00	600.70
1	4180.13	3985.75	4956.67	582.17
1	3857.63	3630.76	4561.33	552.13
1	4158.50	4029.92	5007.33	610.17
2	3552.09	3406.35	4245.00	490.37
2	3400.44	3631.25	4057.67	465.80
2	3688.61	3631.25	4531.33	530.30
2	3746.77	3785.98	4565.67	538.83
2	3942.19	3711.66	4822.67	559.87
2	4026.39	3716.55	4773.33	555.63
2	3434.06	3525.57	4050.00	486.57
2	3293.45	3937.18	3741.00	470.60

2	3606.56	3721.74	4279.67	486.87
2	3842.22	3417.88	4359.67	526.67
2	3832.42	3213.64	4580.00	521.20
2	3797.80	3556.11	4575.00	530.13
2	3773.31	3643.36	4566.67	531.27
2	4033.82	3649.33	4685.33	575.83
2	4030.23	3932.15	4906.67	568.60
2	3790.63	3254.84	4423.00	538.23
2	3820.87	3239.02	4467.00	551.17
2	3553.05	3427.84	4358.67	508.13
2	3665.82	3135.03	4327.67	504.57
2	3849.07	3842.22	4771.67	572.07
2	3914.29	3722.95	4810.00	567.63
2	3906.96	3655.42	4768.00	537.10
2	3847.98	3737.15	4543.67	513.83
2	3803.54	3898.04	4377.33	497.97
2	4015.64	3961.47	4820.67	546.30
2	3721.74	3659.54	4219.33	486.13
2	3551.88	3808.30	4258.00	495.27
2	3455.16	3731.78	4366.67	537.30
2	3746.65	3457.95	4787.00	577.60
2	3630.76	3595.39	4387.00	513.50
2	3943.64	3673.40	5058.00	587.27
2	3938.43	3902.13	4865.67	584.60
2	4020.68	3847.76	5183.67	646.73
2	4086.07	3900.06	4949.67	589.53
2	3736.64	3471.06	4535.00	560.33
2	3868.00	3265.80	4638.67	558.67
2	3734.20	3323.85	4743.67	573.20
2	3888.68	2846.21	4891.67	611.97
2	3971.12	3582.26	5013.33	568.47
2	4114.44	3619.56	5154.00	581.03
2	3970.81	3797.80	5026.33	615.30
2	3781.69	3800.42	4765.33	572.23
2	3721.88	3922.12	4688.67	573.63
2	3683.17	2951.81	4605.33	541.77
2	3736.81	3269.66	4566.33	540.63
2	3875.32	3429.12	4849.33	589.13
2	3943.05	3595.32	5018.67	611.47
2	3938.43	3626.16	4686.33	539.60
2	3873.62	3771.66	4817.00	578.37
2	3926.85	3712.48	4995.67	588.77
2	4033.47	3773.93	5020.67	568.97

2	3566.28	3922.89	4253.67	483.07
2	3322.91	3848.87	4031.33	511.40
3	3761.78	3736.46	4808.67	615.37
3	3662.49	3545.50	4695.33	619.10
3	3363.18	3080.69	3992.00	464.40
3	3250.04	3167.89	3885.67	492.20
3	3354.31	3324.80	3964.67	486.43
3	3316.94	3213.01	3959.00	492.33
3	3183.20	3139.48	3653.67	444.43
3	3469.99	3366.43	4353.67	552.13
3	3401.05	3361.05	4068.33	498.23
3	3458.70	3217.22	4039.67	465.97
3	3431.62	3286.65	4041.67	481.10
3	3695.91	3420.15	4235.00	515.43
3	3707.87	3440.69	4428.67	539.33
3	3398.68	3226.87	4093.67	502.77
3	3287.46	3278.20	3952.33	478.80
3	3564.56	3341.19	4290.67	498.30
3	3606.56	3417.88	4246.00	477.60
3	3634.16	3526.02	4225.00	507.00
3	3737.31	3645.34	4542.33	544.07
3	3213.01	3167.89	3929.00	473.23
3	3231.42	3048.05	3894.67	487.13
3	3431.75	3421.26	4209.00	527.37
3	3433.08	3301.07	4118.67	578.37
3	3483.69	3419.97	4444.67	555.33
3	3561.08	3505.45	4410.67	545.87
3	3370.86	3422.55	4356.67	563.47
3	3330.62	3350.62	4281.67	546.57
3	3015.71	2959.43	3772.00	483.33
3	3274.44	3065.86	3892.00	486.80
3	3597.32	3520.56	4188.00	487.80
3	3554.76	3407.55	4262.33	466.67
3	3584.09	3422.68	4425.33	548.00
3	3736.81	3539.57	4530.00	568.87
3	3678.75	3508.47	4641.00	582.83
3	3608.69	3497.68	4618.33	555.23
3	3491.63	3358.94	3783.67	491.67
3	3183.20	3228.15	3875.67	498.90
3	3378.69	3272.83	3858.00	482.77
3	3278.99	3224.35	3837.67	445.00
3	3381.90	3187.89	3837.33	468.37
3	3199.91	3063.41	3607.67	425.60

3	3398.68	3339.41	3888.67	473.53
3	3334.55	3214.82	3703.33	421.83
3	3317.36	3180.68	3758.00	431.17
3	3325.95	3224.35	3761.33	423.73
3	3363.46	3223.73	3632.33	431.40
3	3538.85	3394.02	4030.00	467.43
3	3412.76	3145.33	3929.33	445.20
3	3317.36	3062.90	3474.67	438.97
3	3476.72	3171.97	3977.67	476.57
3	3854.82	3720.66	4557.33	539.00
3	3648.07	3614.09	4197.33	491.90
3	3656.30	3511.42	4173.67	535.47
3	3375.38	3243.04	4126.00	508.67
3	3522.15	3532.95	4160.67	515.33
3	3595.39	3362.11	4288.67	518.10
3	3541.25	3413.67	4386.67	536.73
3	3525.84	3327.69	4211.67	508.80
3	3628.18	3482.19	4509.67	555.07

