

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**EDWIN ALFREDO, POQUIOMA MAMANI.  
RONALD, QUEVEDO PIZANGO.**

**PUCALLPA-PERÚ**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS y de INGENIERIA CIVIL  
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFORME N°022-2021/DODH.**

**PARA** : Ing. Mg. RONALD HAROLD ULLOA GALVEZ.  
PRESIDENTE DE LA COMISION DE GRADOS Y TITULOS.

**DE** : Ing. Devyn Omar Donayre Hernández  
Docente de la FISIC- EPIC

**ASUNTO** : INFORME DE ASESORIA DE TESIS

**BACHILLERES:** 1- POQUIOMA MAMANI, Edwin Alfredo.  
2-QUEVEDO PIZANGO, Ronald

**FECHA:** Pucallpa, 06 de setiembre del 2021

Que, los tesisistas han cumplido con ejecutar la tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA”**, de conformidad con el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, y según la directiva establecida en el sistema anti plagio solo alcanza el 10% de similitud; por lo que mi asesoría declara: **APROBADO** y encontrándose apta para ser presentada y evaluada por la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali.

Es todo cuanto informo a Ud., para su conocimiento y fines que estime pertinente.

Atentamente;



Devyn Omar Donayre Hernández

Ingeniero Civil - Reg. CIP N° 90241

Docente de la FISIC-EPIC



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**COMISION DE GRADOS Y TITULOS**



**ACTA DE EVALUACION DE SUSTENTACION DE TESIS N° 013-2021**

**GRADUANDO** : **Bach.** POQUIOMA MAMANIN, Edwin Alfredo  
**Bach.** QUEVEDO PIZANGO, Ronald

**TEMA** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA"

**ASESOR** : Devyn Omar Donayre Hernández

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
<b>I- PRESENTACION</b>				
* MOTIVACION		X		
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
<b>II- DESARROLLO DE CONTENIDO</b>				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ	X			
* USO ADECUADO DEL MATERIAL	X			
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
<b>III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS</b>				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
<b>IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO</b>				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD		X		
* A LA PROFESION			X	

**EVALUACION**

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

**CALIFICACION FINAL:**

PUNTAJE : 21 / 30

**CONCLUSIONES:**

APROBADO POR : UNANIMIDAD  
 DESAPROBADO POR :

**JURADO EVALUADOR**

- ING. MG. HORACIO SORIANO ALAVA Presidente
- ING. ESTUARDO ALONSO LIZARZABURU VELARDE Miembro
- DR. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA Miembro

SECRETARIA ACADÉMICA: ING. MSC. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA

PUCALLPA, 24 De setiembre Del 2021

Esta tesis: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA"

Elaborado por:

Bach. Edwin Alfredo Poquioma Mamani.

Bach. Ronald Quevedo Pizango

Aprobado por:



.....  
Ing. Mg. Horacio Soriano Alava  
**Presidente del Jurado Evaluador**



.....  
Dr. David Abel González Manrique de Lara  
**Miembro del Jurado Evaluador**



.....  
Ing. Estuardo Alonso Lizarzaburu Velarde  
**Miembro del Jurado Evaluador**

ASESOR:



.....  
Ing. Mg. Devyn Omar Donayre Hernández  
**Asesor**



# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

### SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N°0336-2021**

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final de Tesis, titulado:

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA”**

Cuyo(s) autor (es) : POQUIOMA MAMANI, EDWIN ALFREDO  
QUEVEDO PIZANGO, RONALD

Facultad : INGENIERIA DE SISTEMA E INGENIERÍA CIVIL  
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL.  
Asesor(a) : Mg. DONAYRE HERNÁNDEZ, DEVYN OMAR

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 3%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 27/08/2021



Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON  
Dirección de Producción Intelectual

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

## REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Edwin Alfredo Poquionna Mamani

Autor de la TESIS titulada:

"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la madera plástica en función a la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal en comparación con la madera convencional en la ciudad de Tucallpa".

Sustentada el año: 2021

Con la asesoría de: Ing. Mg. Deyn Omar Dmayre Hernández.

En la Facultad de: Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil

Carrera Profesional de: Ingeniería Civil

### Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 24 / 09 / 2021

Email: poquionna\_mamani@hotmail.com

Firma: 

Teléfono: 959 533 840

DNI: 73182266

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

## REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, RONALD QUEVEDO PIZANGO

Autor de la TESIS titulada:

"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA".

Sustentada el año: 2021

Con la asesoría de: ING. MG. DEVYN OMAR DONAYRE HERNÁNDEZ

En la Facultad de: INGENIERIA DE SISTEMA E INGENIERIA CIVIL

Carrera Profesional de: INGENIERIA CIVIL

### Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

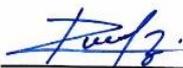
**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 24 / 09 / 2021

Email: ronar.quevedo@gmail.com

Firma: 

Teléfono: 910878459

DNI: 71910816

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres Edwin y Elisa, a mi hermano Carlos, a mi abuelita Lourdes, primos, amigos, Geraldine, y a mis tíos Maritza, Gisela, Sonia, Luis, Santiago, Jorge, Larry, Nelly, por todos los consejos, tiempo, motivación, diversiones y reñidas en todo este proceso de crecimiento y formación profesional que me ayudaron a que poder realizar mis metas dándome ese aliento y apoyo a no rendirme y seguir adelante a pesar de las adversidades que puedan existir, por todo ello, más que una dedicatoria yo estere eternamente agradecido con cada uno de ustedes.

Gracias y siempre pueden contar conmigo.

**Edwin Alfredo**

A Dios por el regalo tan grande de enviar a JESUS a esta tierra y ser el Salvador y Señor de mi vida. A mis Pastores y mi mejor amiga Rebeca por sus oraciones que fortalecen cada día mi vida espiritual.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional y por su amor y consejos que me brindaron todo este tiempo, y de esa manera ser un excelente profesional.

A mis docentes, que con sus conocimientos impartidos en aulas fueron el motivo de mi superación académica de cada día, y a aquellos amigos y compañeros que también fueron un gran apoyo para mis logros.

**Ronald Quevedo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todas las personas que fueron partícipes en la elaboración de nuestro proyecto de investigación, ya que gracias a su apoyo se hizo posible su ejecución de principio a fin. A nuestro asesor, al ingeniero Devyn Omar Donayre Hernández por sus enseñanzas como parte de nuestra formación académica y técnica, tanto como ética y moral.

## RESUMEN

La presente investigación titulada “**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA EN FUNCIÓN A LA DOSIFICACIÓN PLÁSTICO RECICLADO Y FIBRA VEGETAL EN COMPARACIÓN CON LA MADERA CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE PUCALLPA**”, tiene como objetivo principal evaluar algunas características físicas y mecánicas de la madera plástica hecho a partir de la combinación del plástico reciclado y fibra vegetal, con proporciones 85/15, 87.5/12.5, 90/10, 92.5/7.5 y 95/5 respectivamente, comparándola con la madera estructural convencional, que esta a su vez se rige a los parámetros mínimos de la Norma E.010 de madera del Reglamento Nacional de Edificaciones; por lo cual se ha realizado una serie de procedimientos, desde la obtención de la materia prima hasta su fabricación por el método experimental denominado moldeo por compresión, tanto como la realización de los ensayos de laboratorio aplicando las normas técnicas peruanas tales como: NTP 251.011.2014, NTP 251.015.2014, NTP 251.013.2015, NTP 251.014.2014, NTP 251.016.2015, NTP 251.017.2014, NTP 251.085.1986-2017 y NTP 251.086.2015 reguladas por el INACAL tal como indica en el reglamento nacional de edificaciones, el procesamiento de datos, el análisis estadístico con el software SPSS, aplicando la Prueba de Duncan, la validación de hipótesis, las conclusiones y recomendaciones. El tipo de investigación realizada es aplicada tecnológica, con un nivel y diseño experimental, con resultados cuantitativos, determinando así las variables independientes (dosificaciones) y dependientes (propiedades físicas y mecánicas).

**Palabras claves:** Evaluación, madera plástica, propiedades físicas y mecánicas, dosificación.

## ABSTRACT

This research paper is entitled "**EVALUATION OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC WOOD ACCORDING TO THE DOSAGE RECYCLED PLASTIC AND VEGETABLE FIBER COMPARED TO CONVENTIONAL WOOD IN THE CITY OF PUCALLPA**", where the main objective is to evaluate some physical and mechanical characteristics of plastic wood made from the combination of recycled plastic and vegetable fiber, with proportions 85/15, 87.5/12.5, 90/10, 92.5/7.5 and 95/5 respectively, comparing it with conventional structural wood, which in turn is subject to the minimum parameters of Standard E.010 of wood of the National Building Regulations; for which a number of procedures have been carried out, from obtaining the raw material to its manufacture by the experimental method called compression molding, as well as the performance of laboratory tests applying Peruvian technical standards such as: NTP 251.011.2014, NTP 251.015.2014, NTP 251.013.2015, NTP 251.014.2014, NTP 251.016.2015, NTP 251.017.2014, NTP 251.085.1986-2017 and NTP 251.086.2015 regulated by the INACAL as indicated in the national building regulations, data processing, statistical analysis with the SPSS software, applying the Duncan Test, the validation of hypotheses, conclusions and recommendations. The type of research carried out is applied technologically, with a level and experimental design, with quantitative results, thus determining the independent variables (dosages) and dependent (physical and mechanical properties).

**Keywords:** Evaluation, plastic wood, physical and mechanical properties, dosage.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	vi
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	12
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	12
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	14
1.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.4.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES .....	17
1.6. HIPÓTESIS .....	18
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	18
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	18
1.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	19
1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	19
1.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	19
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	21

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES: .....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:.....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES: .....	25
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS .....	28
2.2.1. TEORÍA SOBRE EL PLÁSTICO .....	31
2.2.2. TEORÍA SOBRE EL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA. ....	33
2.2.3. NORMA TECNICA PERUANA 251.011.2014 .....	37
2.2.4. NORMA TECNICA PERUANA 251.015.2014 .....	37
2.2.5. NORMA TECNICA PERUANA 251.013.2015 .....	37
2.2.6. NORMA TECNICA PERUANA 251.014.2014 .....	37
2.2.7. NORMA TECNICA PERUANA 251.016.2015 .....	37
2.2.8. NORMA TECNICA PERUANA 251.017.2014 .....	37
2.2.9. NORMA TECNICA PERUANA 251.085.1986-2017 .....	37
2.2.10. NORMA TECNICA PERUANA 251.086.2015 .....	37
2.2.11. NORMA E.010 MADERA .....	38
2.2.12. EXPLICACIÓN RESUMIDA DE LA METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE NUESTRA EXPERIMENTACIÓN .....	38
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	39
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.3.1. POBLACIÓN .....	46
3.3.2. MUESTRA .....	46

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADOS.....	47
3.4.1. OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL .....	47
3.4.2. ANÁLISIS DOCUMENTAL .....	47
3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO .....	48
3.5.1. PROCEDIMIENTO EN LA ELABORACION DE LA MADERA PLÁSTICA. 48	
3.5.1.1. PASO 1: OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	48
3.5.1.2. PASO 2: PROCESO DE TRITURACIÓN DE LA MATERIA PRIMA... 49	
3.5.1.3. PASO 3: PROCESO DE LAVADO Y SECADO DE LA MATERIA PRIMA.....	50
3.5.1.4. PASO 4: PROCESO DE PESADO DE LA MATERIA PRIMA. ....	51
3.5.1.5. PASO 5: PROCESO DE MEZCLADO DEL PLÁSTICO CON EL ESCOBAJO.....	52
3.5.1.6. PASO 6: PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MADERA PLÁSTICA HORNEADO, COMPACTADO Y REPLANTEO DEL PROCESO. ....	53
3.5.1.7. PASO 7: PROCESO DEFINITIVO DE ELABORACIÓN DE LA MADERA PLÁSTICA, DESDE LA MEZCLA HASTA SU COMPACTACIÓN....	55
3.5.1.8. PASO 8: PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE LA MADERA PLÁSTICA.....	57
3.5.1.9. PASO 9: PROCESO DE CORTADO Y ALMACENAMIENTO DE LA MADERA PLÁSTICA.....	58
3.5.2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS DE LA MADERA PLÁSTICA REALIZADOS EN EL LABORATORIO: .....	60
3.5.2.1. ENSAYOS FÍSICOS.....	60
3.5.2.1.1. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD. ....	60
3.5.2.1.2. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DUREZA.....	62
3.5.2.2. ENSAYOS MECÁNICOS.....	64
3.5.2.2.1. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CORTE. ....	64
3.5.2.2.2. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PARALELA. ....	65
3.5.2.2.3. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR. ....	67

3.5.2.2.4. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA.....	68
3.5.2.2.5. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PARALELA.....	70
3.5.2.2.6. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PERPENDICULAR.....	72
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	74
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	74
4.4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	74
4.4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD .....	74
4.4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA .....	79
4.4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS .....	82
4.4.2.1. DETERMINACIÓN DEL CORTE .....	83
4.4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PARALELA .....	88
4.4.2.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR .....	92
4.4.2.4. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA.....	96
4.4.2.5. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PARALELA.....	102
4.4.2.6. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PERPENDICULAR.....	106
4.2. RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS .....	111
4.3. RESUMEN DE LOS ENSAYOS A EVALUAR.....	114
4.4. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE FABRICACION DE LA MADERA PLÁSTICA POR PIE2.....	117
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	123
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES .....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	132
ANEXOS.....	133
PANEL FOTOGRÁFICO .....	133

FORMATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CS. FORESTALES Y AMBIENTALES (LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.....	142
OTROS.....	151
TABLAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS REALIZADOS EN EL SOFTWARE SPSS POR CADA UNO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO.....	151
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA DENSIDAD .....	151
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA DUREZA .....	152
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN EL CORTE .....	153
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA COMPRESIÓN PARALELA .....	154
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR .....	155
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA FLEXIÓN ESTÁTICA.....	156
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA TENSIÓN PARALELA.....	157
PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA TENSIÓN PERPENDICULAR .....	158

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de Generación de Residuos Sólidos Municipales .....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición de los Residuos Sólidos Domiciliarios .....	4
<b>Tabla 3.</b> Composición de los Residuos Sólidos de Establecimientos.....	5
<b>Tabla 4.</b> Composición de los residuos sólidos en mercados.....	6
<b>Tabla 5.</b> Producción de Escobajo en la Región Ucayali .....	7
<b>Tabla 6.</b> Especies Utilizadas en la Ciudad de Pucallpa.....	10
<b>Tabla 7.</b> Lista de Especies de Maderas Agrupadas .....	11
<b>Tabla 8.</b> Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores.....	20
<b>Tabla 9.</b> Generación de residuos sólidos en el distrito de Callería .....	25
<b>Tabla 10.</b> Generación de residuos sólidos en el distrito de Manantay.....	26
<b>Tabla 11.</b> Generación de Residuos Sólidos por Distrito .....	26
<b>Tabla 12.</b> Clasificación de las Densidades Básicas .....	31
<b>Tabla 13.</b> Clasificación del Módulo de Elasticidad .....	31
<b>Tabla 14.</b> Clasificación de Esfuerzos admisibles .....	31
<b>Tabla 15.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Densidad .....	42
<b>Tabla 16.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Dureza.....	43
<b>Tabla 17.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Corte .....	43
<b>Tabla 18.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Compresión Paralela .....	43
<b>Tabla 19.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Compresión Perpendicular	43
<b>Tabla 20.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Flexión Estática .....	44
<b>Tabla 21.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Tensión Paralela.....	44
<b>Tabla 22.</b> Distribución en los Resultados de ensayos de Tensión Perpendicular.....	44
<b>Tabla 23.</b> Análisis de Varianza .....	45
<b>Tabla 24.</b> Resumen General de Distribución de las Unidades Experimentales .....	46
<b>Tabla 25.</b> Determinación de la Densidad de la Madera Plástica .....	75
<b>Tabla 26.</b> Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Densidad .....	76
<b>Tabla 27.</b> Análisis de Varianza de la Densidad.....	77
<b>Tabla 28.</b> Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Densidad .....	77
<b>Tabla 29.</b> Comparaciones Múltiples en las Densidades.....	78
<b>Tabla 30.</b> Resultado de la Dureza por Cada Dosificación .....	79
<b>Tabla 31.</b> Dureza (kg) por Repetición en el Ensayo de Dureza.....	80
<b>Tabla 32.</b> Análisis de Varianza en la Dureza .....	81
<b>Tabla 33.</b> Comparación de Promedios entre las Dosificaciones en la Dureza .....	81
<b>Tabla 34.</b> Comparaciones Múltiples en la Dureza.....	82

<b>Tabla 35.</b> Resultado de la Resistencia al Corte de la Madera Plástica .....	84
<b>Tabla 36.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Corte .....	85
<b>Tabla 37.</b> Análisis de Varianza de Corte .....	86
<b>Tabla 38.</b> Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Corte.....	86
<b>Tabla 39.</b> Comparaciones Múltiples de Corte .....	87
<b>Tabla 40.</b> Resultados de la Resistencia a la Compresión Paralela de la Madera Plástica Realizados en el Laboratorio .....	89
<b>Tabla 41.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Compresión Paralela .....	90
<b>Tabla 42.</b> Análisis de Varianza de la Compresión Paralela.....	91
<b>Tabla 43.</b> Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Compresión Paralela .....	91
<b>Tabla 44.</b> Comparaciones Múltiples de la Compresión Paralela .....	92
<b>Tabla 45.</b> Resultado de la Resistencia a la Compresión Perpendicular de la Madera Plástica .....	93
<b>Tabla 46.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Compresión Perpendicular.....	94
<b>Tabla 47.</b> Análisis de Varianza de la Compresión Perpendicular .....	95
<b>Tabla 48.</b> Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Compresión Perpendicular.....	95
<b>Tabla 49.</b> Comparaciones Múltiples de la Compresión Perpendicular .....	96
<b>Tabla 50.</b> Resultado de la Resistencia a la Flexión Estática de la Madera Plástica ..	98
<b>Tabla 51.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Flexión Estática.....	99
<b>Tabla 52.</b> Análisis de Varianza en la Flexión Estática .....	100
<b>Tabla 53.</b> Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Flexión Estática .....	100
<b>Tabla 54.</b> Comparaciones Múltiples en la Flexión Estática .....	101
<b>Tabla 55.</b> Resultado de la Resistencia a la Tensión Paralela de la Madera Plástica	103
<b>Tabla 56.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Tensión Paralela .....	104
<b>Tabla 57.</b> Análisis de Varianza en la Tensión Paralela .....	105
<b>Tabla 58.</b> Comparaciones de Promedios Entre las Dosificaciones .....	105
<b>Tabla 59.</b> Comparaciones Múltiples en la Tensión Paralela.....	106
<b>Tabla 60.</b> Resultado de la Resistencia a la Tensión Perpendicular de la Madera Plástica .....	107

<b>Tabla 61.</b> Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición en el Ensayo de Tensión Perpendicular.....	108
<b>Tabla 62.</b> Análisis de Varianza de la Tensión Perpendicular .....	109
<b>Tabla 63.</b> Comparaciones de Promedios Entre las Dosificaciones del Ensayo de Tensión Perpendicular .....	109
<b>Tabla 64.</b> Comparaciones Múltiples de la Tensión Perpendicular.....	110
<b>Tabla 65.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de la Densidad .....	111
<b>Tabla 66.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de la Dureza .....	111
<b>Tabla 67.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de Corte .....	111
<b>Tabla 68.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de la Compresión Paralela	111
<b>Tabla 69.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de la Compresión Perpendicular.....	112
<b>Tabla 70.</b> Resultados de Ensayos en la Determinación de la Flexión Estática .....	112
<b>Tabla 71.</b> Resultados de Ensayos en la Tensión Paralela .....	112
<b>Tabla 72.</b> Resultados de Ensayos en la Tensión Perpendicular .....	112
<b>Tabla 73.</b> Resumen General de Resultados Ensayados en el Laboratorio .....	113
<b>Tabla 74.</b> Resultados Generales en Comparación con la NTP E.010 de Madera ...	114
<b>Tabla 75.</b> Clasificación y Comparación de la Densidad con la NTP E.010 de Madera .....	114
<b>Tabla 76.</b> Evaluación de los Resultados de Corte con la NTP E.010 de Madera ....	115
<b>Tabla 77.</b> Evaluación de los Resultados de la Compresión Paralela con la NTP E.010 de Madera.....	115
<b>Tabla 78.</b> Evaluación de los Resultados de la Compresión Perpendicular con la NTP E.010 de Madera .....	115
<b>Tabla 79.</b> Evaluación de los Resultados de la Flexión Estática con la NTP E.010 de Madera .....	116
<b>Tabla 80.</b> Evaluación de los Resultados de la Tensión Paralela con la NTP E.010 de Madera .....	116
<b>Tabla 81.</b> Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D1 .....	117
<b>Tabla 82.</b> Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D2.....	118
<b>Tabla 83.</b> Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D3.....	119
<b>Tabla 84.</b> Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D4.....	120
<b>Tabla 85.</b> Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D5.....	121
<b>Tabla 86.</b> Costos Unitarios por Cada Dosificación.....	122
<b>Tabla 87.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Densidad.....	151
<b>Tabla 88.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Densidad .....	151
<b>Tabla 89.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Dureza .....	152

<b>Tabla 90.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Dureza.....	152
<b>Tabla 91.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Corte .....	153
<b>Tabla 92.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Corte .....	153
<b>Tabla 93.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Compresión Paralela.....	154
<b>Tabla 94.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Compresión Paralela .....	154
<b>Tabla 95.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Compresión Perpendicular.....	155
<b>Tabla 96.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Compresión Perpendicular.....	155
<b>Tabla 97.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Flexión Estática.....	156
<b>Tabla 98.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Flexión Estática .	156
<b>Tabla 99.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Tensión Paralela .....	157
<b>Tabla 100.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Tensión Paralela	157
<b>Tabla 101.</b> Prueba de Normalidad en Ensayo de Tensión Perpendicular .....	158
<b>Tabla 102.</b> Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Tensión Perpendicular.....	158

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción de Escobajo en la Región Ucayali .....	8
<b>Figura 2.</b> Diagrama Porcentual de Productos Reciclados.....	27
<b>Figura 3.</b> Casa Hecha de Madera plástica.....	28
<b>Figura 4.</b> Rancho Fabricado de Madera Plástica.....	29
<b>Figura 5.</b> Casa Fabricada de Madera Plástica in Situ .....	29
<b>Figura 6.</b> Almacenamiento de Plástico Triturado .....	48
<b>Figura 7.</b> Escobajo de Palma Aceitera Antes de Triturarlo .....	49
<b>Figura 8.</b> Proceso de Trituración del Escobajo de Palma Aceitera .....	49
<b>Figura 9.</b> Escobajo de Palma Aceitera Triturado .....	50
<b>Figura 10.</b> Lavado Manual del Escobajo de Palma Aceitera Triturado.....	50
<b>Figura 11.</b> Secado al Aire Libre del Escobajo Triturado.....	51
<b>Figura 12.</b> Secado del Plástico Triturado al Aire Libre .....	51
<b>Figura 13.</b> Pesado Requerido del Plástico Según Dosificación .....	52
<b>Figura 14.</b> Pesado Requerido del Escobajo Según Dosificación .....	52
<b>Figura 15.</b> Mezclado del Plástico y Escobajo según Dosificación.....	53
<b>Figura 16.</b> Cocción del Plástico y Escobajo Según Dosificación.....	54
<b>Figura 17.</b> Resultado de la Primera Prueba de la Madera Plástica.....	54
<b>Figura 18.</b> Plástico Fluido Antes de Combinarlo con el Escobajo .....	55
<b>Figura 19.</b> Combinación Fluida de Plástico y Escobajo Según Dosificación .....	56
<b>Figura 20.</b> Mezcla en Molde Pequeño Antes de Compactar .....	56
<b>Figura 21.</b> Prensado de la Madera plástica en Molde Grande.....	56
<b>Figura 22.</b> Enfriamiento de la Madera Plástica en Agua .....	57
<b>Figura 23.</b> Madera Plástica Completamente Enfriada .....	57
<b>Figura 24.</b> Bloques de Madera Plástica.....	58
<b>Figura 25.</b> Corte de la Madera Plástica .....	58
<b>Figura 26.</b> Almacenamiento de la Madera Plástica ya Cortadas.....	58
<b>Figura 27.</b> Plan de Procesos de Experimentación y Evaluación .....	59
<b>Figura 28.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.011.2014 .....	60
<b>Figura 29.</b> Probeta para Ensayo de Determinación de la Densidad .....	61
<b>Figura 30.</b> Medición de la Probeta para Cálculo del Volumen .....	61
<b>Figura 31.</b> Medición de la Masa para Ensayo de la Densidad .....	62
<b>Figura 32.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.015.2014 .....	62
<b>Figura 33.</b> Probeta para Ensayo de la Dureza.....	63
<b>Figura 34.</b> Ensayo para la Determinación de la Dureza.....	63
<b>Figura 35.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.013.2015 .....	64

<b>Figura 36.</b> Probeta para Ensayo de Cizallamiento o Corte .....	64
<b>Figura 37.</b> Ensayo de Cizallamiento o Corte .....	65
<b>Figura 38.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.014.2014 .....	65
<b>Figura 39.</b> Probeta para Ensayo de Compresión Paralela.....	66
<b>Figura 40.</b> Ensayo de Compresión Paralela .....	66
<b>Figura 41.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.016.2015 .....	67
<b>Figura 42.</b> Probeta para Ensayo de Compresión Perpendicular .....	67
<b>Figura 43.</b> Ensayo de Compresión Perpendicular .....	68
<b>Figura 44.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.017.2014 .....	69
<b>Figura 45.</b> Probeta para Ensayo de Flexión Estática .....	69
<b>Figura 46.</b> Ensayo de Flexión Estática .....	70
<b>Figura 47.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.085.1986-2017 .....	70
<b>Figura 48.</b> Probeta para Ensayo de Tensión Paralela .....	71
<b>Figura 49.</b> Ensayo de Tensión Paralela.....	71
<b>Figura 50.</b> Medida Establecida por la Norma NTP 251.086.2015 .....	72
<b>Figura 51.</b> Probeta para Ensayo de Tensión Perpendicular .....	72
<b>Figura 52.</b> Ensayo de Tensión Perpendicular.....	73
<b>Figura 53.</b> Línea de Falla en el Ensayo de Tensión Perpendicular.....	73
<b>Figura 54.</b> Curva del Ensayo de la Densidad Básica por Cada Dosificación .....	76
<b>Figura 55.</b> Diagrama Barras en la Densidad.....	77
<b>Figura 56.</b> Curva del Ensayo de la Dureza por Cada Dosificación .....	80
<b>Figura 57.</b> Diagrama Barras en la Dureza .....	81
<b>Figura 58.</b> Curva del Ensayo de Corte por Cada Dosificación.....	85
<b>Figura 59.</b> Diagrama Barras en Cizallamiento o Corte .....	86
<b>Figura 60.</b> Curva del Ensayo de la Compresión Paralela por Cada Dosificación .....	90
<b>Figura 61.</b> Diagrama Barras en la Compresión Paralela.....	91
<b>Figura 62.</b> Curva del Ensayo de la Compresión Perpendicular por Cada Dosificación.....	94
<b>Figura 63.</b> Diagrama Barras en la Compresión Perpendicular.....	95
<b>Figura 64.</b> Curva del Ensayo de la Flexión Estática por Cada Dosificación .....	99
<b>Figura 65.</b> Diagrama Barras en la Flexión Estática.....	100
<b>Figura 66.</b> Curva del Ensayo de la Tensión Paralela por Cada Dosificación .....	104
<b>Figura 67.</b> Diagrama Barras en la Tensión Paralela .....	105
<b>Figura 68.</b> Curva del Ensayo de la Tensión Perpendicular por Cada Dosificación...	108
<b>Figura 69.</b> Diagrama Barras en la Tensión Perpendicular .....	109
<b>Figura 70.</b> Instalación de la Trituradora de Escobajo y la Prensa Hidráulica .....	133
<b>Figura 71.</b> Principales Equipos en la Elaboración de la Madera Plástica.....	133
<b>Figura 72.</b> Muestra de la Madera Plástica Antes de Realizar los Cortes .....	134

<b>Figura 73.</b> Cierra de Mesa Utilizada en el Corte de la Madera Plástica .....	134
<b>Figura 74.</b> Avance de Probetas Cortadas Durante el Proceso de Fabricación .....	135
<b>Figura 75.</b> Muestras de Probetas Después de Ser Comprimidas .....	135
<b>Figura 76.</b> Madera Plástica Cortada para Ensayo de Flexión Estática .....	136
<b>Figura 77.</b> Corte de la Madera Plástica para Ensayo de Tensión Perpendicular .....	136
<b>Figura 78.</b> Muestras de Madera Plástica Listas para Ser Ensayadas .....	137
<b>Figura 79.</b> Vernier Digital Utilizado en la Toma de Medidas .....	137
<b>Figura 80.</b> Prensa Universal Utilizada en los Ensayos .....	138
<b>Figura 81.</b> Software Utilizado en el Laboratorio para los Respective Ensayos.....	138
<b>Figura 82.</b> Accesorio Utilizado para el Ensayo de Tensión Perpendicular .....	139
<b>Figura 83.</b> Colocación de la Muestra para el Ensayo de Tensión Perpendicular .....	139
<b>Figura 84.</b> Accesorios Utilizados en los Ensayos de Laboratorio.....	140
<b>Figura 85.</b> Balanza Electrónica Utilizada en el Laboratorio.....	140
<b>Figura 86.</b> Entrada de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA)	141
<b>Figura 87.</b> Ensayo de Tensión Paralela .....	141

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

La situación de los problemas de deterioro del ambiente ha motivado a un grupo de personas a innovar y proponer la creación de materiales a partir de residuos sólidos reciclables con el fin de disminuir el impacto ambiental. Uno de los materiales de innovación es la madera plástica cuyas propiedades mecánicas permite su empleo como elemento de construcción. Este material contribuye en gran medida como impacto positivo pues permite reducir el empleo de la madera natural.

“La creación de nuevos materiales ha permitido que el hombre innove con el propósito de contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida y del cuidado del planeta para tener un ambiente sostenible” (Rincón et al, 2018, pp 41-42).

A nivel internacional, las investigaciones sobre la madera plástica, en las que se analizó sus propiedades físico-mecánicas de la madera plástica, hechos en su mayor parte por bolsas de basura de distintos colores, tanto como manguera plástica de cualquier color; teniendo como resultado un material apto para soportar esfuerzos de compresión, no importando en que cara se aplique; así también resulta un material bastante apto para soportar esfuerzos cortantes, propiedad que hace que este material pueda ser empleado en conjunto o como sustituto de la madera para estos casos, y las pruebas de flexión y tensión realizadas dieron como resultado valores considerablemente bajos en relación con la madera de pino; donde se llega a la conclusión que tal característica puede ser resultado de los vacíos que existen en las piezas debido al proceso de fabricación y a la naturaleza propia del material, lo cual afecta la densidad del material dando secciones cuyo interior no es uniforme, lo que se refleja en el comportamiento al

momento de resistir esfuerzos flexionantes y de tracción en la madera plástica (Pérez, 2010).

A nivel nacional, se realizó una investigación sobre el sinterizado de materiales a partir de polipropileno reciclado y madera capirona recuperada mediante moldeo por compresión a temperaturas cercanas al punto de fusión del plástico, generando un ahorro de energía y materia prima comparado con otros procesos. Se realizó 50 muestras con dosificaciones 50%PPR+50%MC, 60%PPR+40%MC, 70%PPR+30%MC, y 100% plástico de polipropileno puro, concluyendo que el material sinterizado presenta buenas propiedades de rigidez, es liviano y con mayor estabilidad térmica que el polipropileno reciclado puro. Con respecto a la dirección transversal de la madera capirona, el material compuesto presenta mayor resistencia y módulo en flexión, menor absorción de agua y mayor estabilidad térmica (Haro, 2016).

A continuación, se mostrará información sobre las cantidades de residuos sólidos que se generan a nivel local, ya que no existe información sobre el tema a tratar.

**Tabla 1.***Resumen de Generación de Residuos Sólidos Municipales*

<b>Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (GRS-D)</b>				
<b>Distrito</b>	<b>GPC Promedio (kg/hab/día)</b>	<b>Total Población</b>	<b>Generación Total (kg/día)</b>	<b>Generación Total (Tn/día)</b>
Callería	0.68	150,689	102,468.52	102.46852
<b>TOTAL</b>		<b>150,689</b>	<b>102,468.52</b>	<b>102.46852</b>
<b>Generación de Residuos Sólidos no Domiciliarios (GRS-ND)</b>				
<b>Establecimientos Comerciales</b>				
<b>Rubro</b>	<b>GPC (kg/Generador/día)</b>	<b>Generadores</b>	<b>Generación Total (kg/día)</b>	<b>Generación Total (Tn/día)</b>
Establecimiento comerciales	3.18	874	2779.32	2.77932
Mercado	6.04	1008	6088.32	6.08832
<b>Total</b>			<b>8867.64</b>	<b>8.86764</b>
<b>Generadores de Tipo no Comercial</b>				
<b>Rubro</b>	<b>GPC (kg/Generador/día)</b>	<b>Generadores</b>	<b>Generación Total (kg/día)</b>	<b>Generación Total (Tn/día)</b>
Inst. Educación Inicial	14.45	22	317.9	0.3179
Inst. Educación Primaria	21.38	21	448.98	0.44898
Inst. Educación Secundaria	21.94	12	263.28	0.26328
Inst. Públicas (OEFA)	1.25	5	6.25	0.00625
Maestranza	2.79	65	181.35	0.18135
Bomberos	2.17	30	65.1	0.0651
Ana	2.76	6	16.56	0.01656
Barrido de calles	5.43	24	130.32	0.13032
<b>TOTAL</b>			<b>1429.74</b>	<b>1.42974</b>
<b>Generación de Residuos Sólidos Municipales (GRS-M)</b>				
<b>Población Urbana del Distrito</b>	<b>GPC Domiciliaria</b>	<b>Generación Domiciliaria</b>	<b>Generación No Domiciliaria</b>	<b>Generación RSM (Tn/día)</b>
50,689	0.68	102.46852	10.30	<b>112.77</b>
<b>Total %</b>		<b>90.87%</b>	<b>9.13%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales 2016

**Tabla 2.***Composición de los Residuos Sólidos Domiciliarios*

<b>N°</b>	<b>Tipo de residuos sólidos</b>	<b>Composición porcentual %</b>
1	Materia Orgánica	61.54%
2	Madera, Follaje	1.30%
3	Papel	3.34%
4	Cartón	1.33%
5	Vidrio	2.34%
6	Plástico PET	1.54%
7	Plástico Duro	2.45%
8	Bolsas	4.51%
9	Tetrapak	1.83%
10	Tecnopor y similares	0.77%
11	Metal	1.69%
12	Telas, textiles	3.09%
13	Caucho, cuero, jebe	1.33%
14	Pilas	1.49%
15	Restos de medicinas, etc.	0.87%
16	Residuos sanitarios	0.86%
17	Residuos inertes	1.00%
18	Envolturas	0.99%
19	Latas	1.42%
20	RAEE	1.94%
21	Huesos	1.08%
22	Otros	3.29%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales 2016

**Tabla 3.***Composición de los Residuos Sólidos de Establecimientos*

<b>N°</b>	<b>Tipo de residuos sólidos</b>	<b>Composición porcentual %</b>
1	Materia Orgánica	52.45%
2	Madera, Follaje	1.68%
3	Papel	2.99%
4	Cartón	5.21%
5	Vidrio	3.13%
6	Plástico PET	2.50%
7	Plástico Duro	2.86%
8	Bolsas	2.35%
9	Tetrapak	1.88%
10	Tecnopor y similares	2.31%
11	Metal	2.04%
12	Telas, textiles	1.36%
13	Caucho, cuero, jebe	1.45%
14	Pilas	1.42%
15	Restos de medicinas, etc.	0.86%
16	Residuos sanitarios	1.54%
17	Residuos inertes	2.22%
18	Envolturas	2.43%
19	Latas	2.76%
20	RAEE	1.94%
21	Huesos	0.99%
22	Otros	3.64%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales 2016

**Tabla 4.***Composición de los residuos sólidos en mercados*

<b>N°</b>	<b>Tipo de residuos sólidos</b>	<b>Composición porcentual %</b>
1	Materia Orgánica	65.00%
2	Madera, Follaje	2.48%
3	Papel	2.06%
4	Cartón	1.60%
5	Vidrio	1.93%
6	Plástico PET	2.34%
7	Plástico Duro	2.07%
8	Bolsas	2.30%
9	Tetrapak	1.61%
10	Tecopor y similares	1.45%
11	Metal	2.47%
12	Telas, textiles	0.54%
13	Caucho, cuero, jebe	0.86%
14	Pilas	0.88%
15	Restos de medicinas, etc.	1.20%
16	Residuos sanitarios	1.20%
17	Residuos inertes	2.82%
18	Envolturas	1.94%
19	Latas	2.11%
20	RAEE	0.52%
21	Huesos	0.80%
22	Otros	2.02%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales 2016

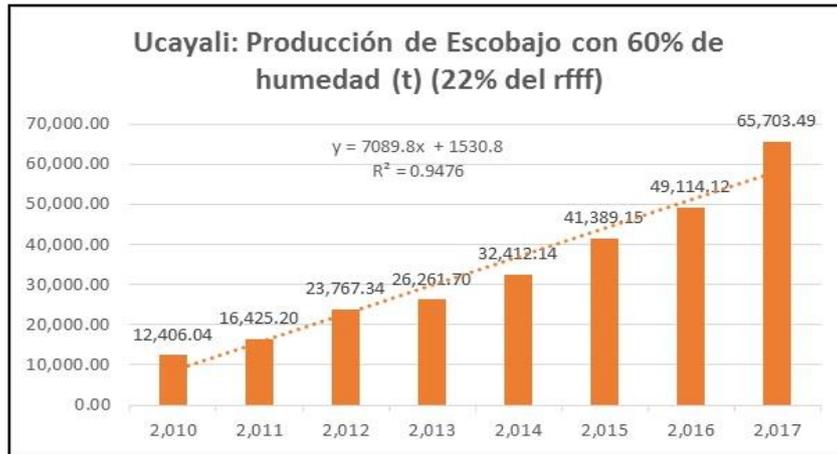
Según el Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias - SIEA del MINAGRI; la producción de racimos de fruto fresco de palma en 2010 fue de 56,391.08 tn y el 2017 fue de 298,652.25 tn; considerando que mínimamente el 22% del racimo de fruto fresco es escobajo con 60% de humedad, corresponde una producción de 12,406.04 tn en 2010 y 64,705.49 tn en 2017. A continuación se muestra el cuadro de la producción de escobajo con su respectivo grafico respectivamente:

**Tabla 5.**

*Producción de Escobajo en la Región Ucayali*

<b>Ucayali: Producción de escobajo con 60% de humedad</b>	
<b>Años</b>	<b>Producción de Escobajo (Tn)</b>
2010	12, 466.04
2011	16, 425.20
2012	23, 767.34
2013	26, 261.70
2014	32,412.14
2015	41, 389.15
2016	49, 114.12
2017	65, 703.49

Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias – 2010



Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias – 2010

**Figura 1.** Producción de Escobajo en la Región Ucayali

En consecuencia, la inadecuada gestión de los residuos sólidos, hacen que los volúmenes mal eliminados lleguen a convertirse en factores muy negativos para la calidad de vida de nuestra población; por esta razón se plantea estudiar una solución más amigable con el medio ambiente, de tal manera reciclar los materiales de desechos e integrándolos nuevamente a la cadena productiva, como es el caso de la madera plástica.

Los plásticos reciclados y residuos vegetales de palma aceitera, tienen limitaciones en diversas actividades económicas de nuestra ciudad; sin embargo la actividad de la construcción en nuestra localidad tienen un crecimiento considerable, el cual un producto alternativo derivado del reciclaje como la madera plástica y escobajo de palma aceitera, que serán usados sin limitantes, optimizando y reduciendo los costos e impactos negativos en el medio ambiente.

Es por el cual nuestra investigación se está basando como alternativa en el sector construcción; en obtener una serie de resultados a partir de distintos tratamientos en proporcionalidad que se le dará al plástico reciclado y fibra vegetal de palma aceitera, que serán sometidos a un proceso de experimentación,

obteniendo así la madera plástica, por lo cual este nuevo prototipo de material será capaz de reemplazar a la madera estructural convencional.

Como sabemos, todas las maderas naturales utilizadas para fines estructurales en la ciudad de Pucallpa tanto como en otras ciudades del país, han sido analizadas y evaluadas de acuerdo a las normas técnicas peruanas, como la norma E.010 de madera; por lo cual, dicha norma establece los parámetros mínimos que deben cumplir toda madera estructural. En nuestro caso, la investigación realizada en la presente tesis se está basando en la evaluación de las propiedades físico y mecánicas de este nuevo material ecológico denominada madera plástica, para la posible sustitución de la madera natural estructural, de tal manera que, si esta madera hecho a base de plástico reciclado y fibra vegetal de escobajo de palma aceitera cumple con los parámetros mínimos de la norma E.010 de madera, entonces es posible sustituir a la madera natural estructural en la ciudad de Pucallpa, a pesar de ser un material de origen no natural; lo que evitaría la extracción y posible extinción de la madera natural; lo que evitaría la extracción y posible extinción de la madera natural en el futuro.

A continuación se muestran los siguientes cuadros donde se listan algunas de las maderas extraídas en la ciudad de Pucallpa, tanto como la lista de especies agrupadas según Norma E.010 - Madera.

**Tabla 6.***Especies Utilizadas en la Ciudad de Pucallpa*

<b>N°</b>	<b>Especie</b>	<b>N°</b>	<b>Especie</b>
1	Aguano masha	39	Leche caspi
2	Alcanfor	40	Lupuna
3	Almendro	41	Machimango
4	Ana caspi	42	Machin sapote
5	Anís moena	43	Manchinga
6	Atadijo	44	Marupa
7	Aucatadijo	45	Mashonaste
8	Azúcar huayo	46	Mauba
9	Bolaina blanca	47	Moena
10	Cachimbo	48	Ojé
11	Caimitillo	49	Palisangre
12	Caimito	50	Palo leche
13	Camungo moena	51	Palta moena
14	Caoba	52	Panguana
15	Capinona	53	Papelillo caspi
16	Carahuasca	54	Pashaco
17	Casho	55	Peine de mono
18	Catahua	56	Pumaquiro
19	Caupuri	57	Quillobordón
20	Cedro	58	Quina quina
21	Cedro huasca	59	Quinilla
22	Cedro lila	60	Renaco
23	Cedro pashaco	61	Requia
24	Chamisa	62	Roble
25	Chimicua	63	Sapote
26	Chontraquiro	64	Sapotillo
27	Copaiba	65	Shihuahuaco
28	Copal, incienso	66	Shimbillo
29	Cumala	67	Siringa, jebe
30	Estoraque	68	Tahuari
31	Favorito	69	Topa
32	Guacamayo caspi	70	Tornillo
33	Higuerilla	71	Ubos
34	Huajala	72	Utucuro
35	Huangana casho	73	Yacushapana
36	Huairuro	74	Yanchama
37	Huimba	75	Otras
38	Ishpingo		

Nota: Especies Utilizadas en la Transformación Primaria y Secundaria en la Ciudad de Pucallpa.

Tabla adaptada de Perú Forestal en números 2011. MINAG - DGFFS

**Tabla 7.***Lista de Especies de Maderas Agrupadas*

	Nombre		Grupo
	Común	Científico	
1	Azúcar huayo	Hymenaea oblongifolia	A
2	Estoraque	Miroxylon peruiferum	
3	Huacapu	Minuartia guianensis	
4	Pumaqui	Aspidosperma macrocarpon	
5	Quinilla colorada	Manilkara bidentata	
6	Shihuahuaco marrón	Dipteryx odorata	
7	Aguano masha	Machaerium inundatum	B
8	Ana caspi	Apuleia leiocarpa	
9	Cachimbo colorado	Cariniana domestica	
10	Capirona	Calycophyllum spruceanum	
11	Huayruru	Ormosia coccinea	
12	Manchinga	Brosimum uleanum	
13	Bolaina blanca	Guanzuma crinita	C
14	Catahua amarilla	Hura crepitans	
15	Copaiba	Copaifera officinalis	
16	diablo fuerte	Podocarpus rospigliosii	
17	Lagarto caspi	Calophyllum brasiliense	
18	Mashonaste	Clarisia racemosa	
19	Moena amarilla	Aniba amazónica	
20	Moena rosada	Ocotea bofo	
21	Panguana	Brosimum utile	
22	Paujilruru blanco	Pterygota amazónica	
23	Tornillo	Credelinga cateniformis	
24	Utucuro	Septotheca tessmannii	
25	Yacushapana	Terminalia oblonga	

Nota: Lista de especies agrupadas según Norma Técnica Peruana E.010 - Madera (2014)

De acuerdo a la Tabla 7, podemos observar que dichas maderas han sido agrupadas y evaluadas basándose en las densidades y resistencias mecánicas como se menciona en la Norma Técnica Peruana E.010 de madera, y por ende cumplir con los parámetros mínimos que lo establece; motivo por el cual nuestra madera plástica tendrá que regirse a dichos parámetros de la norma, tal igual como la madera natural de uso estructural.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Tendrá la madera plástica, las propiedades físico-mecánicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, generada a partir de la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Tendrá la madera plástica las propiedades físicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?

¿Tendrá la madera plástica las propiedades mecánicas igual o mayor a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?

¿Cuáles serán los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar y evaluar las propiedades físico-mecánicas de la madera plástica en función a la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para el uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar y evaluar las propiedades físicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

Determinar y evaluar las propiedades mecánicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

Determinar los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

### 1.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Siendo testigos de los cambios ambientales bruscos que afecta nuestra localidad y la existencia de alto contenido de plástico que se desperdicia y abundantes desechos agrícolas que no son eliminados de la manera adecuada, se considera al reciclaje como el proceso donde los residuos sólidos de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que permitan mejorar la eficiencia, bajar costos y contribuir a la preservación de nuestro medio ambiente debido a que ayuda a conservar grandes cantidades de recursos renovables y no renovables.

En la actualidad se han descubierto varias formas de aprovechamiento de estos recursos, contribuyendo ecológicamente bajo el concepto de diseño y elaboración de materiales de construcción ecológicos.

La madera plástica es un material formado básicamente de dos fases, una plástica continua denominada matriz (plástico) y otra de refuerzo o relleno constituido por fibra vegetal (escobajo), material innovador que se configura como una solución al problema del mal uso de los desechos y desperdicios sólidos, tala de árboles maderables que están en los bosques, la cual dicho material tiene la apariencia de la madera natural, lo que le hace un sustituto ideal para ser utilizado como recurso alternativo en la construcción.

- a) **Justificación practica:** Esta investigación fue realizada por la falta de investigación que existe en nuestra ciudad sobre la madera plástica, el cual haciendo uso de los recursos más abundantes que existe en nuestra localidad como es el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, de tal manera crear un material ecológico amigable con el medio ambiente.

- b) **Justificación teórica:** Esta investigación fue realizada con el propósito de aportar conocimientos sobre la aplicación de una metodología basada en la fabricación artesanal de la madera plástica estructural, con el fin de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, cumpliendo con los parámetros mínimos que exige la norma técnica peruana E.010 de madera, de tal manera contribuir a la sociedad un nuevo material innovador capaz de reemplazar a la madera natural de uso estructural en la ciudad de Pucallpa, tanto a nivel nacional como internacional.
- c) **Justificación metodológica:** La elaboración y aplicación de una metodología en la fabricación de la madera plástica como es el método denominado moldeado por compresión, nos lleva a demostrar que tan eficiente ha sido el desarrollo de dicha metodología en su ejecución, como la obtención de la materia prima, el proceso de fabricación, ensayos de laboratorio y evaluación, utilizando parámetros que exigen las normas técnicas peruanas como es el caso de la norma E.010 de madera, de tal manera dicha investigación queda como punto de partida a otras futuras investigaciones sobre la madera plástica, en especial a estudiantes de ingeniería abocadas al rubro de la construcción en la ciudad de Pucallpa.

#### **1.4.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Algunas características importantes consideradas en la elaboración de la madera plástica en la presente investigación, son las siguientes:

**Facilidad en la obtención de las materias primas para su elaboración.** Las materias primas como el plástico y la fibra vegetal en forma de escobajo que se utilizan para la fabricación de la madera plástica

proviene 100% de un proceso de reciclaje, el cual hace que su costo se reduzca considerablemente.

**Disminuir el Impacto Ambiental.** La utilización de materiales proveniente del reciclaje, apoya considerablemente a la disminución de la contaminación ambiental, en la medida que se utilice como un sustituto de la madera natural, convirtiéndose en un sustituto idóneo y amigable para la naturaleza.

**Apariencia y Formas de Manejo.** La madera plástica se puede trabajar e utilizar como la madera natural, se puede apuntalar, lijar, atornillar, taladrar, cepillar, pintar, etc. Y de igual manera comparándola con el concreto, la madera plástica es un material que, a partir un molde, obtiene las formas geométricas con la que se diseñó dicho molde, dando así un uso muy variado tanto en lo arquitectónico, como en lo estructural que es el caso de nuestra investigación.

**Durabilidad.** Los componentes que conforman la madera plástica hacen de dicho material un requerimiento mínimo de mantenimiento en comparación con la madera natural, ya que posee características plásticas que no se ven afectadas por la humedad, temperaturas bajas y altas o insectos, el cual hace que este material sea expuesto a condiciones ambientales duras, tanto en exteriores como en interiores.

**Generación de Empleo.** La industrialización de la madera plástica llevaría a generar nuevos empleos a personas de la zona tanto como de otras regiones en el sector industrial y construcción, y de esa manera llevaría a un crecimiento económico de una manera sostenible en el tiempo.

## **1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES**

### **1.5.1. LIMITACIONES:**

El estudio de esta investigación está limitado específicamente en la evaluación de las propiedades físico y mecánicas de la madera plástica, teniendo como parámetros mínimos la norma E 0.10 de madera, de tal madera poder sustituir a la madera natural estructural.

Se realizó un procedimiento de fabricación artesanal de la madera plástica, ya que no se contó con la suficiente economía para obtener equipos tecnológicos que generen productos más industrializados.

El tiempo es una limitante muy importante, ya que por tratarse de una tesis de post grado nos asignen un tiempo de 6 meses hasta 1 año que establece el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, y por ende nuestra investigación se está centrando a cosas puntuales ya antes mencionadas y obviáramos otras que resulten ser también muy importantes, como la durabilidad de dicho material en el tiempo, la contracción, clivaje, tenacidad, entre otros ensayos; por lo cual se necesitaría mucho mayor tiempo a la dedicación de un estudio más amplio con sus respectiva evaluación y análisis.

### **1.5.2. ALCANCES:**

Con esta investigación se busca indirectamente mitigar los problemas ambientales enfocados en el procedimiento de reciclar los residuos sólidos y darles un uso en el ámbito de la construcción, y sobre todo reducir específicamente con la deforestación y extinción de árboles maderables en la ciudad de Pucallpa.

Todo esto sería un punto de partida a otras posibles investigaciones, especialmente a los alumnos de ingeniería civil que siguen el rubro de la

construcción como parte de convertir una ciudad moderna y amigable con el medio ambiente.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las distintas dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tienen las propiedades físico-mecánicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades físicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades mecánicas igual o mayor a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.

Los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra del escobajo de palma aceitera, son económicamente más rentables en la ciudad de Pucallpa.

## 1.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

### 1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

**Dosificación:** plástico reciclado (PR) y fibra vegetal (FV).

Definición: Es la combinación proporcional entre el (PR) Y (FV) a partir de cinco tipos de tratamientos, tales como: D1= 85% PR + 15% FV, D2= 87.5% PR + 12.5% FV, D3= 90% PR + 10% FV, D4= 92.5% PR + 7.5% FV y D5= 95% PR + 5% FV.

Dimensión: Dosificación de los insumos.

Indicador: Proporción de masa por cada insumo.

### 1.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

**Propiedades físicas:**

Definición: Características de un cuerpo que es posible observar, tocar y medir sus dimensiones con un instrumento de medición ("Propiedades físicas", 2018).

Dimensiones: Densidad, dureza.

Indicadores: Relación masa/volumen. Resistencia característica a la penetración.

**Propiedades mecánicas:**

Definición: Es aquella que describen el modo en que este responde a la aplicación de una fuerza o carga ("Propiedades Mecánicas", 2013).

Dimensiones: Resistencia al corte. Resistencia a la compresión paralela. Resistencia a la compresión perpendicular. Resistencia a la flexión estática. Resistencia a la tensión paralela. Resistencia a la tensión perpendicular.

Indicadores: Resistencia característica al corte. Resistencia característica a la compresión paralela. Resistencia característica a la compresión perpendicular. Resistencia característica a la flexión estática. Resistencia característica a la tensión paralela. Resistencia característica a la tensión perpendicular.

**Tabla 8.**

*Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b><u>Variable Independiente (VI)</u></b>	Es la combinación proporcional entre el <b>(PR)</b> Y <b>(FV)</b> a partir de cinco tipos de tratamientos, tales como:			
<b>Dosificación: PLÁSTICO RECICLADO (PR) Y FIBRA VEGETAL (FV).</b>	D1= 85% PR + 15% FV D2= 87.5% PR + 12.5% FV D3= 90% PR + 10% FV D4= 92.5% PR + 7.5% FV D5= 95% PR + 5% FV	Dosificación de los insumos	Proporción de masa por cada insumo	% en kg
<b><u>Variable Dependiente (VD)</u></b>	Características de un cuerpo que es posible observar, tocar y medir sus dimensiones con un instrumento de medición ("Propiedades físicas", 2018).	Densidad	Relación masa/volumen.	gr/cm3
<b>Propiedades Físicas.</b>		Dureza	Resistencia característica a la penetración	Kgf
<b><u>Variable Dependiente (VD)</u></b>	Es aquella que describen el modo en que este responde a la aplicación de una fuerza o carga ("Propiedad Mecánicas", 2013).	Resistencia al corte	Resistencia característica al corte	Kgf/cm2
<b>Propiedades Mecánicas.</b>		Resistencia a la comprensión paralela	Resistencia característica a la comprensión paralela	Kgf/cm2
		Resistencia a la comprensión perpendicular	Resistencia característica a la comprensión perpendicular	Kgf/cm2
		Resistencia a la flexión estática	Resistencia característica a la flexión estática	Kgf/cm2
		Resistencia a la tensión paralela	Resistencia característica a la tensión paralela	Kgf/cm2
		Resistencia a la tensión perpendicular	Resistencia característica a la tensión perpendicular	Kgf/cm2

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:**

(García et al., 2013) en su investigación utilizó el residuo de paja de trigo como material de refuerzo en una matriz polimérica de resina epoxi para elaborar un material compuesto y obtener una madera plástica. Teniendo como resultados, un porcentaje de absorción de humedad de absorción mínima de 24.61% y máximo de 63.01%, la cual es considerablemente alto debido a que la paja no se cubre por completo con la resina epoxi, lo que origina una mayor absorción de humedad; en la densidad de la placa de la madera plástica se obtuvo un valor mínimo de 491 kg/m<sup>3</sup> y un máximo de 866 kg/m<sup>3</sup>, resultando ser mayor que las maderas de pino y alder con valores de 391 kg/m<sup>3</sup> y 449 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, es decir, a mayor porcentaje de paja de trigo, mayor densidad, también la densidad aumenta al disminuir el tamaño de partícula; en la dureza, el valor mínimo fue 1048 N y 3555 N, resultando ser bastante óptimas en comparación a las maderas de pino y alder con valores de 1887 N y 2624 N respectivamente; en la flexión, se obtuvo una resistencia mínima de 27.147 kg/cm<sup>2</sup> y un máximo de 47.727 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así comparables a las del pino y el alder. Llegando a la conclusión, que dicho material compuesto obtenido puede sustituir a la madera común que existe en el mercado en cuanto a su operación, pero se requiere la optimización del costo de producción para que realmente sea competitivo.

(Arellano et al., 2016) en Ecuador, realizó la investigación “Elaboración de planchas celu-plasticas a través del reciclaje de celulosa residual y tereftalato de polietileno”, con el objetivo principal de producir madera plástica a partir de celulosa y polietileno de tereftalato (PET). En la ciudad de San Miguel de la provincia de Bolívar se utilizó residuos agrícolas, como la calcha de maíz, la paja de trigo y cebada, debido a su gran abundancia en la zona, tal como los costos de adquisición de estos materiales serían bajos. Se pensó en la utilización de estos por tener un alto contenido de celulosa y por encontrarse en el medio en gran proporción secos. También se consideró emplear el PET de botellas plásticas de agua, yogurt y gaseosas, las cuales son clasificadas por color y textura identificando el grosor de las mismas. El método a utilizar fue de exposición al calor, y en su proceso de fabricación, el punto de fusión del plástico PET fue en un rango de 260°C a 265°C para que se vuelva líquido, para después combinarlo con la celulosa picada en un molde rectangular de 20cm x 15 cm, obteniendo así las planchas. Como resultados se obtuvo un material muy resistente a la humedad y a la presión; siendo este un producto altamente competitivo por sus cualidades y por su versatilidad en sus usos. Se llegó a la conclusión que, la reutilización de estos materiales utilizados en las planchas de madera plástica se contribuirá a la disminución de la contaminación medio ambiental, por lo que es muy viable realizar la combinación de estos materiales para darles un nuevo uso, mediante la transformación y la obtención de un producto alternativo, pudiendo industrializarse.

(Rivera, 2014) en su investigación busca determinar los parámetros correctos para elaborar madera plástica a partir de la mezcla de residuos de la madera *Tectona grandis* reducidos de aserrín y el aglutinante

polipropileno por el método de compresión en caliente, con las proporciones de 40, 50 y 60 % de polipropileno peso con respecto al aserrín. Las piezas de madera se fabricaron en forma de disco empleando un molde metálico, variando la presión, temperatura, y tiempo en el horno. Los resultados fueron: con respecto a la densidad un mínimo de 0.7309 gr/cm<sup>3</sup> y un máximo de 0.8285 gr/cm<sup>3</sup>, en la dureza medida en la escala de Mohs, un mínimo de 3.5555 y máximo de 5.000, con respecto al módulo de ruptura un valor mínimo de 108.62 kg/cm<sup>2</sup> y un máximo de 209.73 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, el 50 % de aglutinante en las piezas de madera plástica presentan mejores resultados en cuanto a las propiedades físico-mecánicas obteniendo el valor medio en todas las pruebas y el valor más alto en el módulo de ruptura.

(Martínez et al., 2014) realizó su investigación “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales”, desarrollada en la Universidad de Guantánamo, Cuba; con el objetivo principal de evaluar y comparar dichas propiedades físico-mecánicas con los tableros convencionales de acuerdo a los resultados. El tablero de madera plástica se elaboró con residuos de la industria forestal (aserrín), residuos industriales (termoplásticos) y aditivos químicos en proporciones de 50, 30 y 20 %, respectivamente; el tablero se obtuvo mediante moldeo por extrusión. Los resultados se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples post-hoc DMS de Fisher, para determinar las diferencias con relación a los tableros convencionales. Los resultados indican que las propiedades físicas de los tableros de madera plástica mejoraron con el aumento de la densidad. La absorción de agua e hinchamiento fueron menores respecto a los tableros convencionales, mientras que las

propiedades mecánicas (flexión, compresión y tracción) fueron superiores. La tracción, flexión y compresión en los tableros de madera plástica fue estadísticamente similar ( $P > 0.05$ ) que en los tableros contrachapados. Dadas sus propiedades, se considera que los tableros de madera plástica son capaces de sustituir tanto a los convencionales como a los de madera en condiciones de intemperie. Obteniendo resultados el tablero de madera plástica, producido en Cuba, posee relación dependiente de la densidad que le proporciona mejores propiedades físico-mecánicas con respecto a los tableros convencionales. El tablero de madera plástica posee las siguientes características: 4.13 % de humedad, 0.22 % de absorción de agua, 0.15 % de hinchamiento, 17 MPa de carga máxima a la flexión, 28 MPa a la tracción y 138 MPa a la compresión. Dichas propiedades validan la utilidad del tablero de madera plástica como material para la construcción.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:**

(Haro, 2016) desarrolla su estudio con el objetivo de desarrollar procesos de sinterizado en materiales compuestos de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) reciclados y madera capirona (MC) recuperada, para la fabricación de piezas de formas diversas; considerando factores técnicos y económicos. A partir de los resultados de la investigación es posible fabricar piezas complejas por sinterizado de partículas de madera y plástico, gracias a la determinación de los parámetros que permiten obtener el material compuesto con las mejores propiedades: buenas propiedades mecánicas, bajo peso específico, resistencia y rigidez específicas regulables, con buena resistencia química y a los insectos, bajo nivel de absorción de agua y buena estabilidad dimensional, empleando procesos de moldeo con

presión y sin presión ya existentes en la industria. El aporte incluye el diseño y fabricación propia de equipos de moldeo por compresión y moldeo rotacional con sistemas de control de parámetros, gracias a los cuales se fabricaron las muestras que se ensayaron y que permitirán continuar la investigación con otros tipos de polímeros y maderas.

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES:

No existen antecedentes directos o relacionados a la investigación de la madera plástica en la ciudad de Pucallpa, pero si existen información y datos sobre las materias primas que lo componen. (Zegarra, 2018) menciona que el reciclaje es un proceso en el cual los materiales usados, considerados como basura, son tomados del flujo normal de desperdicio e incorporados nuevamente al proceso productivo en forma de materias primas para la fabricación de nuevos productos con menores costos. A continuación se muestran las tablas sobre la generación de residuos sólidos en el distrito de Callería y Manantay.

**Tabla 9.**

*Generación de residuos sólidos en el distrito de Callería*

<b>GENERACION DE RESIDUOS EN LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE CALLERIA</b>					
<b>TIPO DE RESIDUOS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>GENERACION TOTAL DE RESIDUOS</b>			<b>%</b>
		<b>Diaria (TM)</b>	<b>Mensual (TM)</b>	<b>Año (TM)</b>	
Doméstico (Habitantes.)	139,414	97.56	2,926.89	35,122.69	55.64
Mercados ( 1, 2 ,3,y 4)	4	5.63	168.93	2,027.16	3.21
Mercados informales (La Hoyada, Bellavista, Malecón Grau)	3	26.10	783.00	9,396.00	14.88
Comercios	5063	35.17	1,055.16	12,661.90	20.06
Hospitales	2	0.28	8.49	101.88	0.16
Industrias	116	9.28	241.28	2,895.36	4.59
Centros de Salud	4	0.07	1.81	21.72	0.03
Colegios (alumnos)	55,310	3.87	100.65	1,207.75	1.91
Barrido (barredoras)	36	0.55	14.30	171.60	0.27

*Nota.* Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (2014)

**Tabla 10.***Generación de residuos sólidos en el distrito de Manantay*

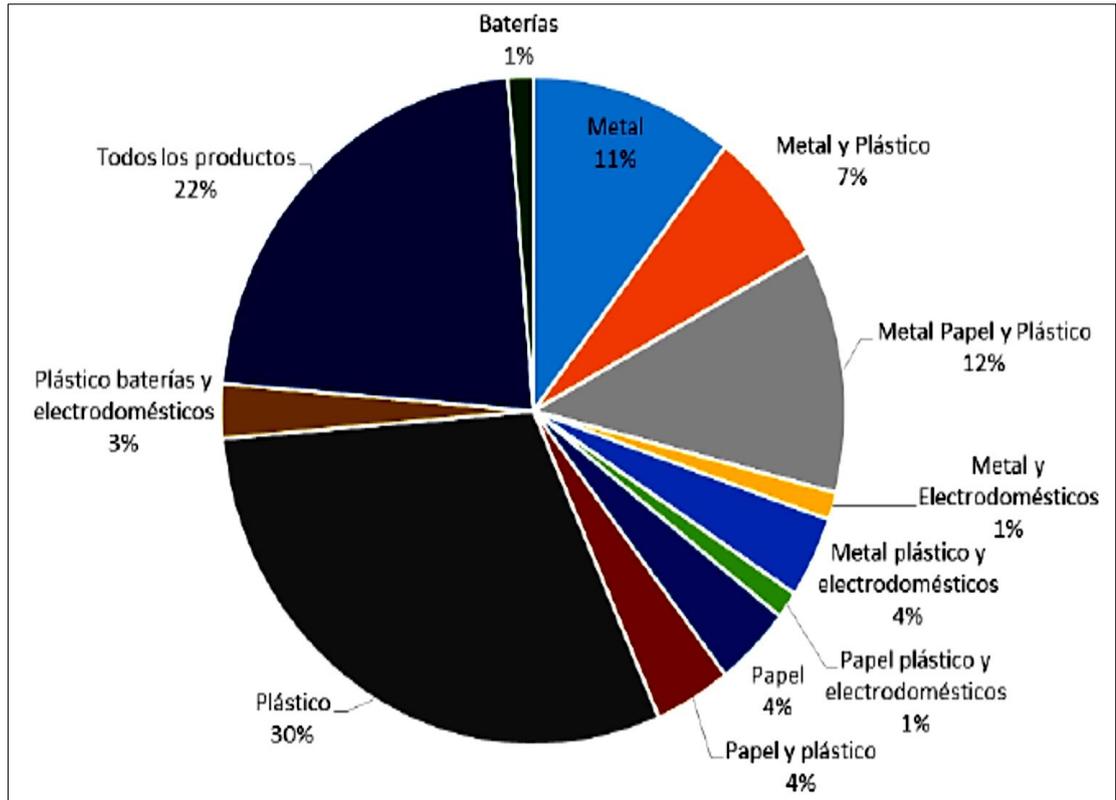
TIPO DE RESIDUOS SEGÚN GENERADORES	GPC (kg/hab/día)	Cantidad Población	GENERACION DE RESIDUOS (TONELADA)			%
			Diaria	Mensual	Año	
Domestico	0.55	73,725	40.666	1,219.98	14,639.76	53.65%
Mercados	120	1	0.120	3.60	43.20	0.16%
Comercios	8.29	532	4.410	132.31	1,587.70	5.82%
Barrido	0.17	158,800	26.996	809.88	9,718.56	35.62%
Centros de Salud	26.33	7	0.184	5.53	66.35	0.24%
Instituciones Educativas	0.07	34,456	2.412	72.36	868.29	3.18%
Restaurantes	18.83	43	0.810	24.29	291.49	1.07%
Hospedaje	3.28	31	0.102	3.05	36.60	0.13%
Panadería	8.9	11	0.098	2.94	35.24	0.13%
<b>TOTAL</b>			<b>75.798</b>	<b>2,270.996</b>	<b>27,287.198</b>	<b>100.00%</b>

Nota. Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (2011)

**Tabla 11.***Generación de Residuos Sólidos por Distrito*

Distrito	Ton/día	Ton/mes	Ton/año
Callería	178.519	5,355.57	64,266.84
Manantay	75.798	2,273.94	27,287.28
Yarinacocha	54.000	1,620.00	19,440.00
Campo Verde	9.400	282.00	3,384.00
<b>TOTAL</b>	<b>317.717</b>	<b>9,531.51</b>	<b>114,378.12</b>

Nota. Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (2012)



Nota. Zegarra (2015)

**Figura 2.** Diagrama Porcentual de Productos Reciclados

Los residuos sólidos agroindustriales de palma aceitera equivalen al 41 % de una tonelada de Racimos de Fruto Fresco lo cual comprende el factor de generación de residuos sólidos de palma aceitera (Zevallos, 2015). Aproximadamente se produce 200 toneladas de escobajo o racimos desfrutados diarios procedente de cinco fábricas de transformación del fruto de palma el cual se traslada a rellenos sanitarios u otros espacios destinados que no causan impactos positivos como componente orgánico (Amézquita, 2019).

## 2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS

La producción de la madera plástica mediante proceso de temperatura y moldeo comenzó en Guatemala con la recolección de los residuos de plástico de los basureros y centros de acopio. Las ventajas de la madera plástica sobre otros materiales como el barro, madera y concreto son muchas por sus propiedades de flexibilidad y resistencia lo cual lo vuelven un elemento versátil para su uso en cualquier tipo de construcción (Medina, 2015).

A continuación, se muestran los proyectos de la empresa colombiana Maderplast, S. A. utilizando su producto madera plástica como sustituto de la madera en su país.



Nota. Maderplast, S. A.

**Figura 3.** *Casa Hecha de Madera plástica*



Nota. Maderplast, S. A.

**Figura 4.** *Rancho Fabricado de Madera Plástica*



Nota. Maderplast, S. A.

**Figura 5.** *Casa Fabricada de Madera Plástica in Situ*

En los últimos años en la Ciudad de Pucallpa, se ha notado considerablemente el incremento poblacional y económica, haciendo que la cantidad de segregación de residuos sólidos aumente la mala eliminación sin optimizar el tratamiento o la reutilización de estos que ayuden a para disminuir los efectos contaminantes que ocasionan al medio ambiente.

La investigación y desarrollo de eco materiales que en la mayoría están orientadas a la implantación de tecnología que reduzcan la contaminación ambiental el cual tratamos de utilizarlos como egresados de la carrera de ingeniería civil en el ámbito de la construcción, las cuales son realizados de distintos materiales, ya sea de concreto, albañilería y madera, pudiendo ser reemplazados por dichos materiales más amigables con el ambiente. Como se ha podido observar, los consumos de los productos plásticos abundan en cantidad en nuestra zona tanto como el escobajo que proviene del desecho de la palma aceitera, por lo cual estas pueden ser aprovechadas para la elaboración y al estudio de este eco material, de tal manera poder estudiarlos como posibles sustitutos de la madera natural como elementos estructurales.

En la Norma Técnica Peruana E.010 - Madera, el artículo 2, en sus objetivos, establece el agrupamiento de las maderas para uso estructural, en tres clases denominadas A, B y C y fija los requerimientos para incorporar especies a los grupos establecidos” (Norma Técnica Peruana E.010 - Madera, 2014, p. 13).

El Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma Técnica Peruana E.010 Madera nos muestra valores de resistencias mecánicas mínimas las cuales serán los parámetros con la que se compararán con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados en nuestra investigación; de tal manera, aceptar o rechazar cada una de las hipótesis planteadas.

A continuación, se muestran los siguientes Cuadros que nos brinda la norma E.010 de madera del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Tabla 12.***Clasificación de las Densidades Básicas*

Grupo	Densidad Básica g/cm <sup>3</sup>
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Fuente: Norma Técnica Peruana E.010 - Madera (2014)

**Tabla 13.***Clasificación del Módulo de Elasticidad*

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
	E <sub>mínimo</sub>	E <sub>promedio</sub>
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Fuente: Norma Técnica Peruana E.010 madera (2014)

**Tabla 14.***Clasificación de Esfuerzos admisibles*

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión f <sub>m</sub>	Tracción Paralela f <sub>t</sub>	Compresión Paralela f <sub>c//</sub>	Compresión Perpendicular f <sub>c⊥</sub>	Corte Paralelo f <sub>v</sub>
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

Fuente: Norma Técnica Peruana E.010 madera (2014)

A continuación se definirá algunos conceptos de gran importancia para nuestra investigación, como parte del sustento de su realización. Ya que este nuestro nuevo prototipo de material estará elaborado fundamentalmente de plástico y escobajo de palma aceitera, se hablará en forma puntal de dichos materiales.

### 2.2.1. TEORÍA SOBRE EL PLÁSTICO

Los plásticos son materiales concretamente derivados del petróleo, obtenidos mediante procesos de polimerización, es decir, de multiplicación

semi natural de largas cadenas de átomos de carbono, dando así origen a una sustancia orgánica maleable en caliente y resistente en frío, y cuya mayor virtud es contar con elasticidad y flexibilidad en ciertos intervalos de temperaturas, permitiendo así su moldeado y adaptación a diversas formas; es sumamente versátil, gracias a su liviandad, pacto, agradable y resistencia, tanto a la degradación biológica como a la ambiental, excepto por la exposición prologada a rayos ultravioletas, además no es conductor de electricidad, por lo que es un buen aislante eléctrico, son también impermeables y poseen una gran resistencia mecánica.

Se clasifican en tres tipos: termoplásticos, termoestables y elastómeros. Termoplásticos: son los plásticos más utilizados, se caracteriza por deformarse a temperatura ambiente y se puede derretir a alta temperatura y transformarse en un líquido que al enfriarse se endurece, esto es posible porque sus macromoléculas se encuentran libres. Estos son: los polietilenos, poliésteres, poli estirenos, polipropilenos, polivinilos, ejemplos tales como las bolsas, botellas, envases de comidas, aislantes eléctricos, cajas, entre otros.

Termoestables: son plásticos que una vez se transforman en plástico rígido, ya no se puede volver a modificar su forma, como termoestable se pueden mencionar los fenoles, animas, resinas de poliéster, resinas epoxi, resinas melamínicas, amino plásticos y baquelita. Ejemplos de ello son los aislantes eléctricos, material deportivo, tuberías, entre otros.

Elastómeros: son plásticos de elasticidad y rebote sin perder su forma y dimensión inicial cuando una fuerza actúa sobre ellos, forman parte este tipo de plásticos los cauchos, poliuretanos, siliconas. Ejemplos de ello son los neumáticos, prótesis, trajes de submarinismo o prendas textiles de lycra, entre otros.

A pesar de que los distintos polímeros presentan grandes diferencias en su composición y estructura, hay una serie de propiedades comunes a todos ellos y que los distinguen de otros materiales. Un ejemplo de alguna de estas propiedades es la densidad, conducción eléctrica y térmica, resistencia química y características ópticas. (CienciaOnTv, 2020).

Densidad: El rango de densidades de los plásticos es relativamente bajo y se extiende desde 0.9 hasta 2.3 g/cm<sup>3</sup>. Entre los plásticos de mayor consumo se encuentran el PE y el PP, ambos materiales con densidad inferior a la del agua. La densidad de los plásticos es más baja a comparación de otros materiales por los átomos de los polímeros.

Las propiedades de los polímeros están determinadas por su estructura interna. Son aislantes del calor y de la electricidad debido a que sus enlaces son por pares de electrones, no disponiendo de un electrón libre. Sus densidades son bajas, por ser su estructura más libre. El peso molecular y el grado de polimerización tienen importante influencia en muchas propiedades. Las propiedades se clasifican en: mecánicas, térmicas, físicas, eléctricas, ópticas y ambientales (Mariano, 2014).

### **2.2.2. TEORÍA SOBRE EL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA.**

**Escobajo.** Es el racimo cuya estructura dura e impenetrable sostiene a los frutos de la palma; de gran contenido de humedad y con residuos de aceite propio de los frutos. El tronco es sólido y grande debido a peso que soporta por la cantidad de frutos. El escobajo, es un material orgánico que sale de las fábricas hacia zonas o lugares que generan mínimo impacto como las parcelas, botaderos, rellenos sanitarios, etc. (Zevallos, 2015).

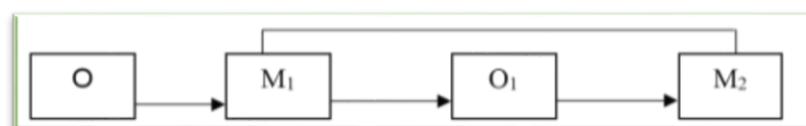
**Fibra.** Es un residuo que proviene de la masa desaceitada que junto con las nueces conforman la torta que expele la prensa. Al secarse, las fibras y las nueces se separan con el proceso de desfibración. La almendra o palmiste se recuperan en el proceso de acondicionamiento y rompimiento (Delgado, 2019).

Se ha llevado a cabo una investigación bibliográfica, tanto como en tesis elaboradas, videos en YouTube acerca de nuestro tema que es la madera plástica y otros relacionadas a la misma, de tal manera se tomó como guía de ensayo de laboratorio a las normas técnicas peruanas NTP 251.011.2014, NTP 251.015.2014, NTP 251.013.2015, NTP 251.014.2014, NTP 251.016.2015, NTP 251.017.2014, NTP 251.085.1986-2017 y NTP 251.086.2015. Y como parámetros, las consideraciones mínimas que exige la Norma E 0.10 de madera.

Se procedió a la obtención de la materia prima como plástico reciclado duro como es el polipropileno y la fibra vegetal de palma aceitera, lo cual es abundante en la zona.

Se realizaron una serie de tratamientos, para nuestro caso 5 dosificaciones, donde por criterio propio se estableció las siguientes proporciones de: 85/15, 87.5/12.5, 90/10, 92.5/7.5 y 95/5.

Esperando de esa manera ser las óptimas, para poder responder a nuestras hipótesis planteadas.



El modelo del diseño que se planteó en nuestra investigación es la siguiente:

Donde:

$O$ : Objeto de estudio (prototipo de madera plástica)

$M1$ : Mediciones

$O_j$ : Observaciones  $i$ : de mediciones.

$M2$  = Resultados de mediciones

Mantener nuestro planeta con oxígeno, y por ende, genera vida a la humanidad.

Se realizaron los ensayos físicos y mecánicos en el laboratorio de la facultad de Forestal de la Universidad nacional de Ucayali, tanto como en la Universidad Intercultural de la Amazonía.

Se procedió al procesamiento de datos con los resultados obtenidos en los ensayos realizados; posteriormente han sido evaluados con los parámetros de resistencia mínima que establece la norma E. 010 de madera, que son las propiedades mecánicas, y de tal manera las propiedades físicas.

Hay que tener en cuenta que el proceso de experimentación que uno realiza es parte fundamental de toda investigación científica, tanto como investigaciones de la ingeniería, de tal manera que estas se verán afectadas por distintos factores, la cual harán que los resultados de obtener nuestro nuevo prototipo de material presenten ciertas variaciones en su composición.

Como investigadores de este tema procuramos seguir la secuencia de pasos que hemos planteado, para que de esta forma logremos unos resultados más eficientes.

Las unidades experimentales que serán aquella variable que se manipulará para así llegar a nuestro objetivo, deben seguir unos pasos que

serán debidamente cuidadas en su proceso, considerando todas las condiciones posibles en su elaboración.

Se ha realizado un primer ensayo básico o pruebas preliminares, como parte del comienzo de nuestra investigación, para tener como referencia algunas falencias que se irán encontrando en el proceso, y de esa manera ir corrigiéndolas paulatinamente. Una vez de ello, poder determinar un modelo de proceso ya especificado, para luego poder realizar un diagrama de pasos a seguir ya definitivas.

Se ha estimado el tamaño de muestra que posteriormente serán analizadas a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, y seguidamente realizar una serie de análisis estadísticos para poder comparar dichos resultados como parte de nuestra investigación.

Si bien es cierto que la madera tiene una composición heterogénea, ya que dichas fibras que la componen son muy variables en todo su dimensión, estas han sido sometidas a una serie de ensayos que actualmente han sido normadas y reglamentadas por las normas técnicas peruanas en nuestro país, tanto como el manual de diseño para maderas del grupo andino integradas por países andinos, por lo cual nuestro nuevo prototipo de material busca en lo posible obtener un material que se asemeje a la madera en sus propiedades físicas tanto como resistencias mecánicas, y de esa manera con el tiempo poderla reemplazar con la madera natural que es un material orgánico y que también aporta en gran parte a mantener nuestro planeta con oxígeno, y por ende, genera vida a la humanidad

A continuación, se mencionan las normas cuyos procedimientos se han empleado para la realización de los objetivos:

### **2.2.3. NORMA TECNICA PERUANA 251.011.2014**

La cual contiene los procedimientos de los ensayos para determinar la densidad de la madera

### **2.2.4. NORMA TECNICA PERUANA 251.015.2014**

Empleada para la determinación de la dureza en maderas sólidas, mediante el uso del método Janka.

### **2.2.5. NORMA TECNICA PERUANA 251.013.2015**

Empleada para la determinación de los ensayos de cizallamiento paralelo al grano.

### **2.2.6. NORMA TECNICA PERUANA 251.014.2014**

Empleada para la determinación de los ensayos a compresión axial, o paralela al grano en la madera.

### **2.2.7. NORMA TECNICA PERUANA 251.016.2015**

Empleada para para la determinación de los ensayos a compresión perpendicular al grano en la madera.

### **2.2.8. NORMA TECNICA PERUANA 251.017.2014**

Empleada para la determinación de los ensayos a flexión estáticas en maderas.

### **2.2.9. NORMA TECNICA PERUANA 251.085.1986-2017**

Empleada para la determinación de los ensayos la tensión paralela a las fibras en la madera.

### **2.2.10. NORMA TECNICA PERUANA 251.086.2015**

Empleada para la determinación de los ensayos a tensión perpendicular a las fibras en maderas sólidas.

### **2.2.11. NORMA E.010 MADERA**

Establece los requisitos y procedimientos para la incorporación de especies a los grupos establecidos.

### **2.2.12. EXPLICACIÓN RESUMIDA DE LA METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE NUESTRA EXPERIMENTACIÓN**

El diseño de la madera plástica que es el producto de nuestra experimentación tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas a partir de unos cinco tratamientos (dosificación), que serán sometidos dichos materiales como el plástico y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, por lo cual por medio de una evaluación estadística se podrá determinar si la variación de dichos resultados de las medias son significativas entre sí.

Cabe recalcar que, cuando se va a realizar una serie de procedimientos para la elaboración de un nuevo material, existe siempre una cierta variabilidad en su fabricación, ya que en lo posible estarán controladas, y por ende tener un pequeño error experimental y de esa manera tener una mínima variabilidad en los resultados del experimento.

La metodología que se ha empleado en el diseño de nuestro experimento está formulada en base a las limitaciones tecnológicas y económicas; por lo cual en materia de investigación se ha planteado una metodología denominada moldeo por compresión, que consiste en la fabricación de la madera plástica de forma artesanal, por lo cual es un proceso diferente en su elaboración en comparación a las grandes industrias que hoy en día existen en los países como, Colombia, Holanda, México, Canadá, entre otros; donde su proceso de fabricación de la madera plástica es de mayor escala , y de forma industrial.

Los pasos a seguir en nuestra metodología es la siguiente:

- Obtención de la materia prima: plástico de polipropileno y fibra vegetal de palma aceitera.
- Trituración de la materia prima.
- Lavado y secado.
- Horneado y compactado.
- Enfriado y almacenamiento.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Madera plástica:** Material compuesto hecho a base de plástico reciclado y otro adicional en su composición, con propiedades físicas y mecánicas óptimas.

**Escobajo:** Es el soporte del racimo después de quitarle el fruto de la palma aceitera.

**Densidad:** Es una propiedad física característica de cualquier material. Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo ( $m/v$ ); es decir, es la cantidad de materia (masa) que tiene un cuerpo en una unidad de volumen.

**Dureza:** capacidad de un cuerpo a resistir esfuerzos de penetración.

**Compresión axial:** esfuerzo resultante paralela a su longitud o perpendicular a su sección transversal.

**Flexión estática:** esfuerzo de flexión frente a sollicitaciones de carga perpendicular a lo largo de su longitud.

**Tensión:** “Es una fuerza que intenta estirar un componente, el acero es un material que resiste grandes fuerzas de este tipo, en cambio el concreto no resiste este tipo de fuerzas (Glosario de Ingeniería Civil, 2017)

**Elemento Estructural:** Hace referencia a los componentes vinculados entre sí que cumplen ciertos requisitos y que pueden afectar el diseño.

**Residuos Sólidos:** “Se entiende como las sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido en los que su generador dispone o está obligado a disponer según normatividad a fin de evitar los riesgos que causen a la salud y el ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2010).

**Reciclaje:** “Es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización” (Ministerio del Ambiente, 2010).

**Propiedades Físicas:** “es cualquier propiedad que es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas definen el estado de un sistema físico. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema describen sus transformaciones y su evolución temporal entre estados instantáneos”.

**Propiedades mecánicas:** “Son propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión y torsión”.

**Impacto Ambiental:** “conocido como impacto antrópico o antropogénico sobre el medio ambiente) es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2010).

**Contaminación Ambiental:** “Es la incorporación al medio ambiente de agentes nocivos en cualquier estado y de origen tanto biológico, como físico y químicos peligrosos para la salud de los seres humanos, animales y plantas” (Ministerio del Ambiente, 2010).

**Rentabilidad:** “Capacidad de generar renta (beneficio, ganancia, provecho, utilidad).

**Dosificación:** “Es la relación de proporcionalidad que existe entre dos o más materiales para dar lugar a una nueva, con características propias”.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación a desarrollar es del tipo **aplicada tecnológica**, ya que se busca aportar y crear nueva tecnología con un nuevo prototipo de material a la sociedad, aprovechando de esta manera el potencial de los recursos que se tiene en la ciudad de Pucallpa como es el caso del plástico y escobajo de palma aceitera, e indirectamente un gran aporte al medio ambiente.

#### 3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

**Experimental**, ya que en busca de determinar las características físico-mecánicas de la madera plástica, se han realizado ensayos en el laboratorio de la Facultad de forestal de la Universidad Nacional de Ucayali.

Si bien es cierto que, la madera plástica ya existe en otros países como por ejemplo en Latinoamérica, Colombia, la empresa MADERPLASTIC S.A, una empresa que ha industrializado este nuevo prototipo de material compuesto de diversos tipos de plásticos y por lo cual por su particularidad tienen sus propias características físicas como mecánicas; es por el cual que, la obtención de estos resultados ensayados por nosotros como investigadores, determinaran la validez de nuestras hipótesis planteadas, y de esa manera llegar a una conclusión respecto a nuestros planteamientos realizados.

## 3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método que se ha empleado en el estudio es **experimental**, denominado **moldeo por compresión**, con un enfoque cuantitativo, en la cual se ha manipulado la variable independiente, de tal manera que se produzca una causa-efecto, para lo cual se ha usado un análisis estadístico con el fin de ver si existe variaciones significativas entre los promedios de cada uno de los ensayos.

### 3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es experimental, por lo cual se ha aplicado un Diseño Completo al Azar (DCA), diseño estadístico, que comprende cinco tratamientos y cinco repeticiones.

**DCA: Diseño Completamente al Azar**

**Ensayos Físicos:**

**Tabla 15.**

*Distribución en los Resultados de ensayos de Densidad*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Densidad (R) en gr/cm <sup>3</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 16.***Distribución en los Resultados de ensayos de Dureza*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Dureza (R) en kgf				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Ensayos Mecánicos:****Tabla 17.***Distribución en los Resultados de ensayos de Corte*

Dosificación (D)	Repeticiones en Corte (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 18.***Distribución en los Resultados de ensayos de Compresión Paralela*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Compresión Paralela (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 19.***Distribución en los Resultados de ensayos de Compresión Perpendicular*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Compresión Perpendicular (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 20.***Distribución en los Resultados de ensayos de Flexión Estática*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Flexión Estática (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 21.***Distribución en los Resultados de ensayos de Tensión Paralela*

Dosificación (D)	Repeticiones la Tensión Paralela (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Tabla 22.***Distribución en los Resultados de ensayos de Tensión Perpendicular*

Dosificación (D)	Repeticiones la Tensión Perpendicular (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	D1R1	D1R2	D1R3	D1R4	D1R5
D2	D2R1	D2R2	D2R3	D2R4	D2R5
D3	D3R1	D3R2	D3R3	D3R4	D3R5
D4	D4R1	D4R2	D4R3	D4R4	D4R5
D5	D5R1	D5R2	D5R3	D5R4	D5R5

**Dosificaciones.** D1: 85% PR + 15% FV, D2: 87.5% PR + 12.5% FV, D3: 90% PR + 10% FV, D4: 92.5% PR + 7.5% FV y D5: 95% PR + 5% FV.

Repeticiones. Ha sido evaluada de acuerdo a los resultados cuantitativos obtenidos de los ensayos físicos y mecánicos correspondientes, por lo cual nuestra investigación tiene 5 observaciones por cada dosificación con su respectivo ensayo, ya sea físico como mecánico, para posteriormente compararlos con la madera de usos estructurales, según la norma E.010 de madera.

El modelo estadístico se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$$

J = 1, 2, 3,4,5. tratamientos

i = 1, 2, 3, 4, 5. Repeticiones.

Donde:

Y<sub>ij</sub>: es la observación de la i-ésima repetición en el j-ésimo tratamiento.

μ: Es la media poblacional (constante)

T<sub>j</sub>: Efecto del j-ésimo tratamiento.

e<sub>ij</sub>: Es el error asociado a la i-ésima repetición, del j-ésimo tratamiento.

El análisis estadístico para este diseño es el descrito comúnmente como análisis “entre grupos” y “Error”; donde hay cinco dosificaciones, cada uno con cinco repeticiones.

**Tabla 23.**

*Análisis de Varianza*

ANOVA					
	Suma de Cuadrados	G.L.	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre Grupos		(t-1) = (5-1) = 4			
Error		t(r-1) = 5(5-1) = 20			
Total		rt -1= 5*5-1 = 24			

Fuente: Elaboración propia, basada en el formato del software SPSS

Para saber si los tratamientos realizados sus diferencias en los resultados son significativos, se utilizó la Prueba de Duncan, en el software SPSS, el cual dicha prueba sirve para comparar todos los posibles pares de promedios de tratamientos entre sí.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1. POBLACIÓN

La población está dada por un total de 200 probetas de madera plástica.

#### 3.3.2. MUESTRA

La muestra a tomar en ésta investigación es no probabilístico o intencional, debido que siendo un material nuevo, es conveniente a criterio propio tomar las muestras igual a la población, quedando de la manera siguiente:

- ✓ Número de Unidades Experimentales por repetición = 8
- ✓ Número de Unidades Experimentales por Tratamiento = 40
- ✓ Número de Unidades Experimentales totales = 200

**Tabla 24.**

*Resumen General de Distribución de las Unidades Experimentales*

Dosificación	Repeticiones	VD-1		VD-2				Total		
		1	2	1	2	3	4		5	6
D-1	R-1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-3	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-4	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
D-2	R-1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-3	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-4	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
D-3	R-1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-3	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-4	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
D-4	R-1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-3	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-4	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
D-5	R-1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-3	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-4	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	R-5	1	1	1	1	1	1	1	1	8

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADOS**

#### **3.4.1. OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL**

Es el procedimiento esencial de nuestra investigación, por lo cual ha sido estratégicamente planeado y llevado a un control de modo tal poder medir el efecto que tiene el manipuleo de las distintas proporciones realizadas en relación al plástico reciclado/fibra vegetal sobre las propiedades obtenidas de la madera plástica ensayadas.

#### **3.4.2. ANÁLISIS DOCUMENTAL**

Se ha realizado la recopilación de distintos datos basados en las variables estudiadas, para este caso se ha tomado como modelo a seguir como fuente de guía de diseño y experimentación a las siguientes normas técnicas peruanas: NTP 251.011.2014, NTP 251.015.2014, NTP 251.013.2015, NTP 251.014.2014, NTP 251.016.2015, NTP 251.017.2014, NTP 251.085.1986-2017 y NTP 251.086.2015. Y como parámetros, las consideraciones mínimas que exige la Norma E 0.10 de madera para ver si cumple como madera estructural que se utilizan actualmente en el diseño y construcción de las viviendas en nuestra localidad con la finalidad de estudiar nuevos materiales que ayuden a disminuir los efectos de la contaminación que generan los residuos sólidos mal eliminados a fin de obtener una mejora en la calidad de vida de la población y de tal manera conocer las ventajas y desventajas del nuevo material estudiado.

### 3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

#### 3.5.1. PROCEDIMIENTO EN LA ELABORACION DE LA MADERA PLÁSTICA.

Como tesis y autores en la elaboración de este nuevo prototipo de material se estableció una serie de procedimientos y pasos con la finalidad de llegar a obtener dicho material para luego ser ensayados en el laboratorio y posteriormente ser evaluados en base a los resultados. Dichos procedimientos se describe de la siguiente manera:

##### 3.5.1.1. Paso 1: Obtención de la materia prima

Como primer paso se procedió a la obtención de las materias primas como es el caso del plástico (polipropileno) y el escobajo de palma aceitera, tal como se muestra en las imágenes siguientes:



**Figura 6.** Almacenamiento de Plástico Triturado



**Figura 7.** *Escobajo de Palma Aceitera Antes de Triturarlo*

### **3.5.1.2. Paso 2: Proceso de trituración de la materia prima.**

Posteriormente se procedió al triturado del escobajo de palma aceitera de tal manera que se tenga listo para su mezcla como parte de las dosificaciones planteadas.



**Figura 8.** *Proceso de Trituración del Escobajo de Palma Aceitera*



**Figura 9.** *Escobajo de Palma Aceitera Triturado*

### **3.5.1.3. Paso 3: Proceso de lavado y secado de la materia prima.**

Se prosiguió con el lavado y secado al aire libre de la materia prima con la finalidad de eliminar las impurezas que las contenían, y de esa manera seguir con el avance de su elaboración.



**Figura 10.** *Lavado Manual del Escobajo de Palma Aceitera Triturado*



**Figura 11.** *Secado al Aire Libre del Escobajo Triturado*



**Figura 12.** *Secado del Plástico Triturado al Aire Libre*

#### **3.5.1.4. Paso 4: Proceso de pesado de la materia prima.**

En este paso se realizó el pesado del plástico y escobajo para luego mezclarlo teniendo en cuenta las siguientes dosificaciones:

##### **Dosificaciones:**

D1: 85% PR + 15% FV

D2: 87.5% PR + 12.5% FV

D3: 90% PR + 10% FV

D4: 92.5% PR + 7.5% FV

D5: 95% PR + 5% FV



**Figura 13.** *Pesado Requerido del Plástico Según Dosificación*



**Figura 14.** *Pesado Requerido del Escobajo Según Dosificación*

#### **3.5.1.5. Paso 5: Proceso de mezclado del plástico con el escobajo.**

En este paso ya obteniendo los pesos según la dosificación establecida, se prosiguió con la mezcla del plástico con el escobajo para luego someterlo al horno para su respectiva cocción.



**Figura 15.** *Mezclado del Plástico y Escobajo según Dosificación*

#### **3.5.1.6. Paso 6: Proceso de fabricación de la madera plástica horneado, compactado y replanteo del proceso.**

En este paso se procedió a realizar la cocción de los materiales ya mezclados en el horno a una temperatura aproximada de 160°C por un tiempo de 50 minutos, por lo cual se pudo ver claramente que al momento de someterlo al horno solo las partes externas de la mezcla se derretían, mientras en la parte interior de la misma se mantenía intacto, lo que hacía que no existiera una homogenización de la mezcla, de tal manera que por ser una elaboración artesanal iba a ver algunas complicaciones, con lo que nos llevó a realizarle rápidamente un prensado del material para poder tener una referencia de cómo se iba a proseguir con su elaboración; estos pasos se pueden apreciar en las siguientes imágenes.



**Figura 16.** *Cocción del Plástico y Escobajo Según Dosificación*



**Figura 17.** *Resultado de la Primera Prueba de la Madera Plástica*

Como se podrá observar en la Figura 17, cuando primeramente se mezcla el plástico con el escobajo antes de someterlo al horno, y luego se lo prensa, no existe una buena adherencia debido a que al momento de poner la mezcla en el horno a una temperatura de 160°C, el plástico llega a derretirse en algunos puntos externos y en su interior se mantenía igual, por lo que hace que el resultado no quede un material muy compacto.

Debido a estos inconvenientes se optó por cambiar los pasos 5 y 6, en lo cual se los detalla en el siguiente paso.

### **3.5.1.7. Paso 7: Proceso definitivo de elaboración de la madera plástica, desde la mezcla hasta su compactación.**

Este paso es la modificación de los pasos anteriores, optándose por lo siguiente:

- En primer lugar teniendo ya pesada el plástico se procedió a ingresar al horno a una temperatura más elevada, aproximadamente 200°C con un tiempo de 60 minutos para que esta vez esté más fluido y poder de esa manera lograr una combinación junto con el escobajo más homogéneo para luego llevarlo a la prensa hidráulica, obteniendo así un material mucho más compacto.
- Los moldes a usar fueron de varias medidas con la finalidad de cortarlos a las medidas establecidas en las normas técnicas peruanas ya antes mencionadas.

Estos procedimientos se muestran a continuación en las imágenes.



**Figura 18.** *Plástico Fluido Antes de Combinarlo con el Escobajo*



**Figura 19.** *Combinación Fluida de Plástico y Escobajo Según Dosificación*



**Figura 20.** *Mezcla en Molde Pequeño Antes de Compactar*



**Figura 21.** *Prensado de la Madera plástica en Molde Grande*

### 3.5.1.8. Paso 8: Proceso de enfriamiento de la madera plástica.

Una vez prensado, se lo deja en la prensa por un tiempo de 20 minutos para luego llevarlo al agua y dejarlo que se enfríe en su totalidad por un tiempo de 10 minutos.



**Figura 22.** *Enfriamiento de la Madera Plástica en Agua*



**Figura 23.** *Madera Plástica Completamente Enfriada*



**Figura 24.** *Bloques de Madera Plástica*

### **3.5.1.9. Paso 9: Proceso de cortado y almacenamiento de la madera plástica.**

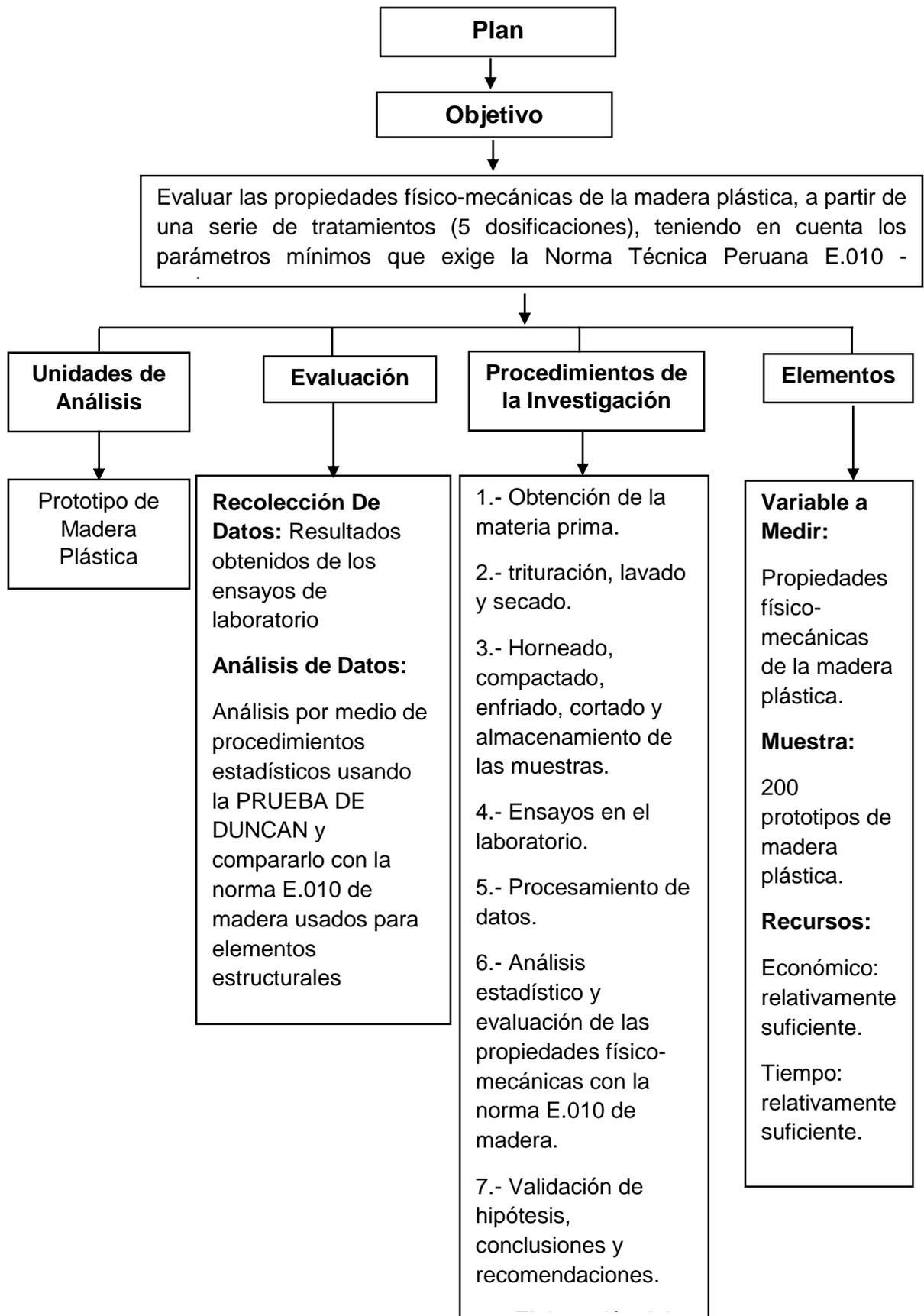
Posteriormente se prosiguió con el cortado de la madera plástica, dando así las formas determinadas en las normas técnicas peruanas que se tomó como guía, y finalmente almacenarlos para llevarlos al laboratorio y ensayarlos.



**Figura 25.** *Corte de la Madera Plástica*



**Figura 26.** *Almacenamiento de la Madera Plástica ya Cortadas*



**Figura 27.** Plan de Procesos de Experimentación y Evaluación

### 3.5.2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS DE LA MADERA PLÁSTICA REALIZADOS EN EL LABORATORIO:

Como todo procedimiento experimental y con la finalidad de obtener resultados que nos ayuden a analizarlos y poder responder a las hipótesis planteadas, se procedió a ensayar las muestras, de tal manera obtener los resultados de los ensayos físicos y mecánicos.

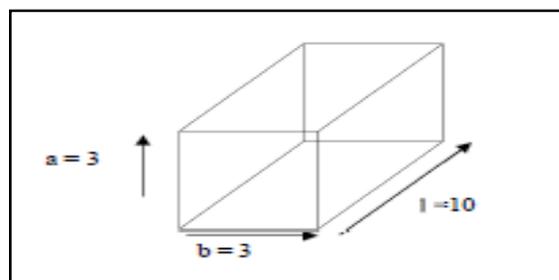
A continuación se describirá los ensayos realizados.

#### 3.5.2.1. ENSAYOS FÍSICOS.

##### 3.5.2.1.1. Ensayo para la determinación de la densidad.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.011.2014.

Para determinar esta propiedad, se realizó un proceso de medición directa, que consiste en tomar con un vernier las medidas geométricas de la probeta, tales como en ancho, altura y longitud; de tal manera poder hallar el volumen y con una balanza analítica la masa, y por consiguiente la densidad. Para luego procesar los datos en una hoja de Excel. Luego proseguir con su comparación en base a sus resultados con la norma E.010 de madera y de esa manera clasificarlo como tipo A, B y C. según dicha norma.



Fuente: NTP 251.011.2014.

**Figura 28.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.011.2014

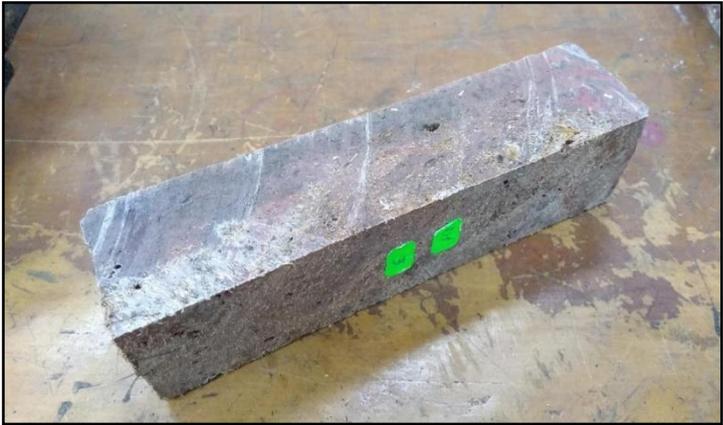
$$D = \frac{M}{V} \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

Donde:

D= Densidad de la madera plástica (gr/cm3).

M= Masa de la madera plástica (gr).

V= Volumen de la madera plástica (cm3).



**Figura 29.** *Probeta para Ensayo de Determinación de la Densidad*



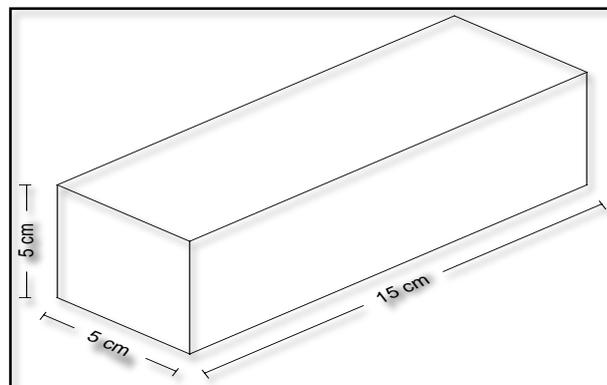
**Figura 30.** *Medición de la Probeta para Cálculo del Volumen para Ensayo de la Densidad*



**Figura 31.** *Medición de la Masa para Ensayo de la Densidad*

#### **3.5.2.1.2. Ensayo para la determinación de la dureza.**

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.015.2014.



Fuente: NTP 251.015.2014

**Figura 32.** *Medida Establecida por la Norma NTP 251.015.2014*

En este ensayo se aplicó el método Janka, que consiste en marcar dos diagonales en forma de cruz en cada cara de la probeta y someterlo a la prensa universal de tal manera obtener la fuerza de

penetración en cada cara y calcular la fuerza promedio total. La velocidad de carga será de 6 mm/min.



**Figura 33.** *Probeta para Ensayo de la Dureza.*

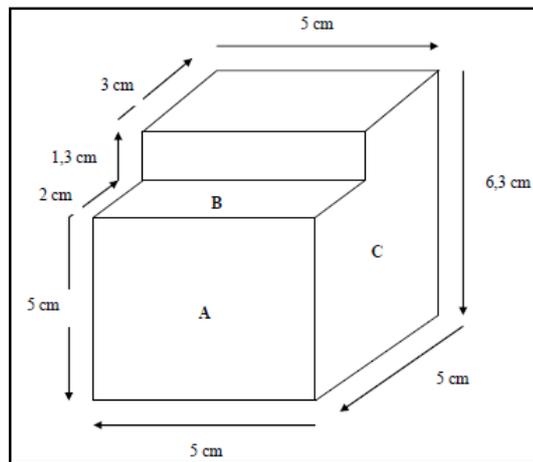


**Figura 34.** *Ensayo para la Determinación de la Dureza*

### 3.5.2.2. ENSAYOS MECÁNICOS.

#### 3.5.2.2.1. Ensayo para la determinación del corte.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.013.2015.



Fuente: NTP 251.013.2015

**Figura 35.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.013.2015



**Figura 36.** Probeta para Ensayo de Cizallamiento o Corte

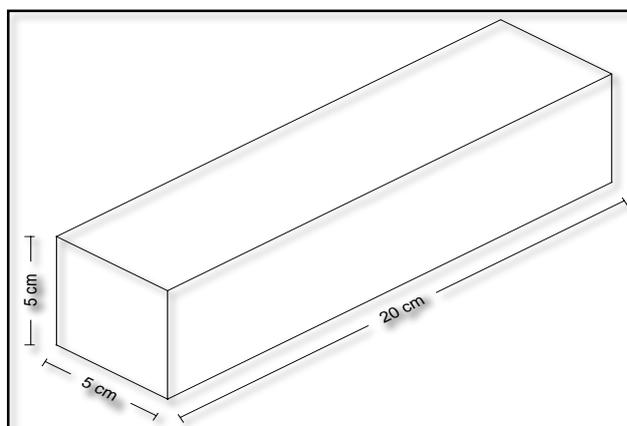
Para este ensayo se colocó la probeta en un dispositivo con los accesorios necesarios para luego instalarlo en una prensa universal, de tal manera aplicar la fuerza en la zona de corte, a una velocidad de carga de 0.6 mm/min.



**Figura 37.** Ensayo de Cizallamiento o Corte

### 3.5.2.2.2. Ensayo para la determinación de la compresión paralela.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.014.2014.



Fuente: NTP 251.014.2014

**Figura 38.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.014.2014



**Figura 39.** *Probeta para Ensayo de Compresión Paralela*

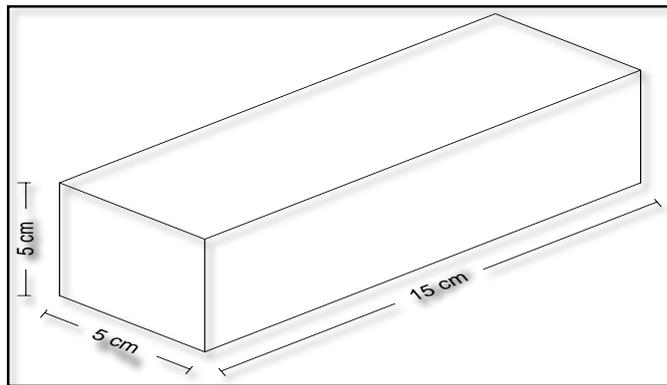


**Figura 40.** *Ensayo de Compresión Paralela*

La velocidad de carga aplicada por la prensa es de 0.60 mm/min.

### 3.5.2.2.3. Ensayo para la determinación de la compresión perpendicular.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.016.2015. La velocidad de carga aplicada será de 0.30 mm/min.



Fuente: NTP 251.016.2015

**Figura 41.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.016.2015



**Figura 42.** Probeta para Ensayo de Compresión Perpendicular



**Figura 43.** *Ensayo de Compresión Perpendicular*

#### **3.5.2.2.4. Ensayo para la determinación de la flexión estática.**

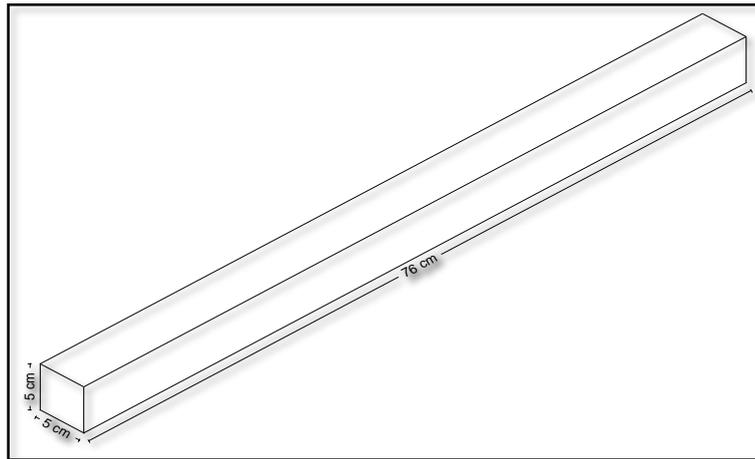
Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.017.2014.

Una vez teniendo la probeta con las medidas correctas, se ubica el eje central de la probeta, de tal manera direccionar la carga en el centro y aplicar la carga concentrada utilizando la prensa universal hasta que la probeta falle.

La velocidad de aplicación de la carga es de 2.54 mm/min.

Los resultados obtenidos por el equipo son los siguientes:

- ✓ La carga límite proporcional y carga máxima soportada.
- ✓ El módulo de elasticidad y ruptura.
- ✓ La deflexión al límite proporcional.



Fuente: NTP 251.017.2014

**Figura 44.** *Medida Establecida por la Norma NTP 251.017.2014*



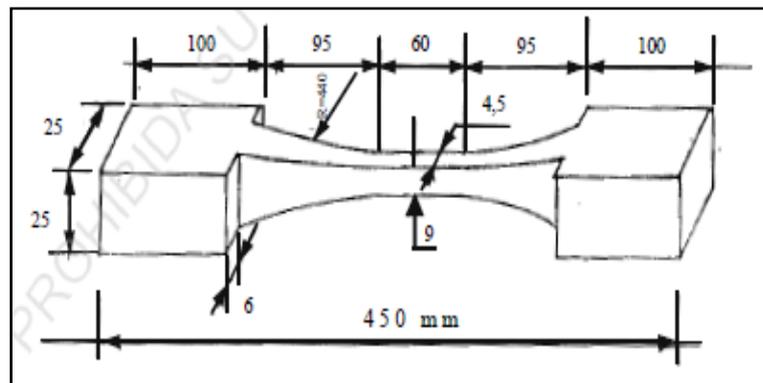
**Figura 45.** *Probeta para Ensayo de Flexión Estática*



**Figura 46.** Ensayo de Flexión Estática

### 3.5.2.2.5. Ensayo para la determinación de la tensión paralela.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.085.1986-2017. La velocidad de carga aplicada será de 1 mm/min.



Fuente: NTP 251.085.1986-2017

**Figura 47.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.085.1986-2017



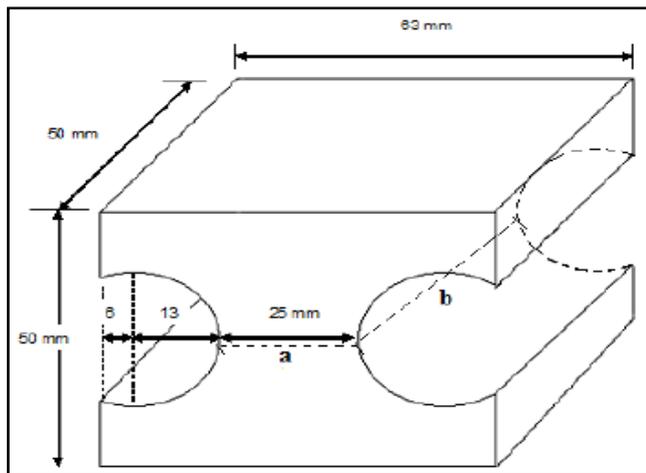
**Figura 48.** *Probeta para Ensayo de Tensión Paralela*



**Figura 49.** *Ensayo de Tensión Paralela*

### 3.5.2.2.6. Ensayo para la determinación de la tensión perpendicular.

Para este ensayo se realizó el corte de la madera plástica, tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.086.2015. La velocidad de carga aplicada será de 2.5 mm/min.



Fuente: NTP 251.086.2015

**Figura 50.** Medida Establecida por la Norma NTP 251.086.2015



**Figura 51.** Probeta para Ensayo de Tensión Perpendicular



**Figura 52.** *Ensayo de Tensión Perpendicular*



**Figura 53.** *Línea de Falla en el Ensayo de Tensión Perpendicular*

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los ensayos realizados para poder determinar las características físicas de la madera plástica fueron desarrollados tomando como guía de procedimientos de ensayos a las normas técnicas peruanas tales como: NTP 251.011.2014 y NTP 251.015.201, siendo dichos ensayos: determinación de la densidad y dureza.

##### 4.4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

Para determinar esta propiedad, se realizó un proceso de medición directa, que consiste en tomar las medidas geométricas de las probetas, tales como en ancho, altura y longitud; Seguidamente la masa utilizando la balanza analítica, de tal manera poder así hallar la densidad expresada en la siguiente fórmula.

$$D = \frac{M}{V} \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

*Donde:*  
M= masa en (gr).  
V = volumen en (cm3)

#### a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de la densidad.

En las siguientes tablas se podrán apreciar las dimensiones y masas reales de tomadas por cada probeta, para lo cual se ha determinado las densidades promedios como finalidad de este ensayo.

Se ha podido determinar que todas las dosificaciones pertenecen según la norma E.010, madera del grupo A; siendo sus densidades

promedios son 0.91 gr/cm<sup>3</sup>, 0.87 gr/cm<sup>3</sup>, 0.88 gr/cm<sup>3</sup>, 0.90 gr/cm<sup>3</sup> y 0.91 gr/cm<sup>3</sup>.

Estas dimensiones han sido tomadas con un vernier, para obtener con más precisión las dimensiones de cada probeta.

**Tabla 25.**

*Determinación de la Densidad de la Madera Plástica*

Probeta	Código	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Promedios (gr/cm <sup>3</sup> )	Clasificación Según Norma E.010
1	VD1-D1-R1-1	91.27	80.99	0.89		
2	VD1-D1-R2-1	90.90	81.75	0.90		
3	VD1-D1-R3-1	91.62	85.26	0.93	0.91	Grupo A
4	VD1-D1-R4-1	91.35	81.18	0.89		
5	VD1-D1-R5-1	91.04	83.86	0.92		
6	VD1-D2-R1-1	87.68	81.26	0.93		
7	VD1-D2-R2-1	86.85	80.03	0.92		
8	VD1-D2-R3-1	87.27	72.30	0.83	0.87	Grupo A
9	VD1-D2-R4-1	84.63	68.28	0.81		
10	VD1-D2-R5-1	86.63	75.73	0.87		
11	VD1-D3-R1-1	90.20	79.44	0.88		
12	VD1-D3-R2-1	91.65	79.82	0.87		
13	VD1-D3-R3-1	91.16	79.97	0.88	0.88	Grupo A
14	VD1-D3-R4-1	93.06	82.01	0.88		
15	VD1-D3-R5-1	90.25	78.40	0.87		
16	VD1-D4-R1-1	90.21	80.25	0.89		
17	VD1-D3-R2-1	87.53	77.96	0.89		
18	VD1-D4-R3-1	86.83	79.26	0.91	0.90	Grupo A
19	VD1-D4-R4-1	83.14	78.15	0.94		
20	VD1-D4-R5-1	87.92	75.86	0.86		
21	VD1-D5-R1-1	83.09	74.91	0.90		
22	VD1-D5-R2-1	100.55	92.95	0.92		
23	VD1-D5-R3-1	84.18	79.36	0.94	0.91	Grupo A
24	VD1-D5-R4-1	85.72	71.30	0.83		
25	VD1-D5-R5-1	91.96	87.83	0.96		

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para la densidad.**

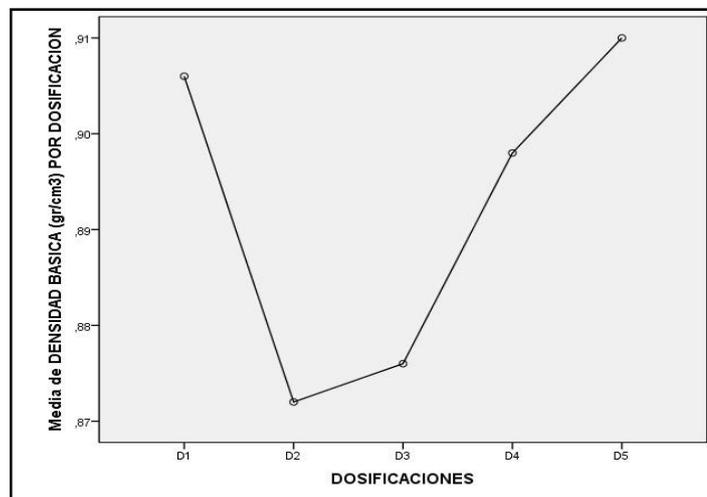
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 26.**

*Densidad Básica (gr/cm<sup>3</sup>) por Repetición en el Ensayo de Densidad*

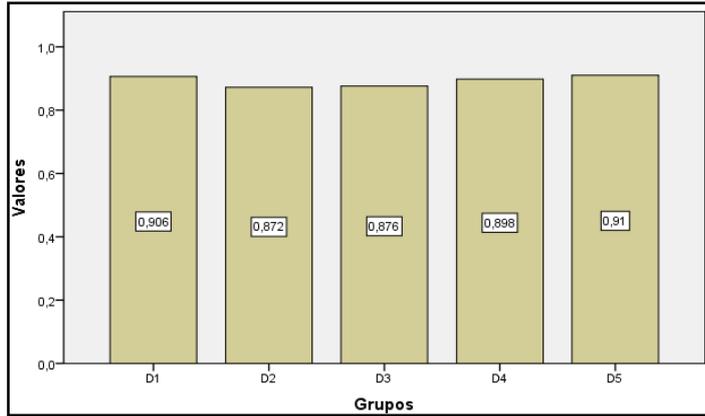
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
D1	5	,9060	,01817	,00812	,8834	,9286	,89	,93
D2	5	,8720	,05310	,02375	,8061	,9379	,81	,93
D3	5	,8760	,00548	,00245	,8692	,8828	,87	,88
D4	5	,8980	,02950	,01319	,8614	,9346	,86	,94
D5	5	,9100	,05000	,02236	,8479	,9721	,83	,96
Total	25	,8924	,03666	,00733	,8773	,9075	,81	,96

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 54.** *Curva del Ensayo de la Densidad Básica por Cada Dosisificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 55.** Diagrama Barras en la Densidad

**Tabla 27.**

*Análisis de Varianza de la Densidad*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,006	4	,002	1,156	,360
Error	,026	20	,001		
Total	,032	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 28.**

*Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Densidad*

Duncan <sup>a</sup>		
DOSIFICACIONES	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
D2	5	,8720
D3	5	,8760
D4	5	,8980
D1	5	,9060
D5	5	,9100
Sig.		,150

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS

**Tabla 29.***Comparaciones Múltiples en las Densidades*

(I) DOSIFICACIONES	(J) DOSIFICACIONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	,03400	,02289	,583	-,0345	,1025
	D3	,03000	,02289	,688	-,0385	,0985
	D4	,00800	,02289	,997	-,0605	,0765
	D5	-,00400	,02289	1,000	-,0725	,0645
D2	D1	-,03400	,02289	,583	-,1025	,0345
	D3	-,00400	,02289	1,000	-,0725	,0645
	D4	-,02600	,02289	,786	-,0945	,0425
	D5	-,03800	,02289	,479	-,1065	,0305
D3	D1	-,03000	,02289	,688	-,0985	,0385
	D2	,00400	,02289	1,000	-,0645	,0725
	D4	-,02200	,02289	,869	-,0905	,0465
	D5	-,03400	,02289	,583	-,1025	,0345
D4	D1	-,00800	,02289	,997	-,0765	,0605
	D2	,02600	,02289	,786	-,0425	,0945
	D3	,02200	,02289	,869	-,0465	,0905
	D5	-,01200	,02289	,984	-,0805	,0565
D5	D1	,00400	,02289	1,000	-,0645	,0725
	D2	,03800	,02289	,479	-,0305	,1065
	D3	,03400	,02289	,583	-,0345	,1025
	D4	,01200	,02289	,984	-,0565	,0805

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS

#### 4.4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA

En este ensayo de dureza de la madera plástica se obtuvieron los siguientes resultados.

##### a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de la dureza.

**Tabla 30.**

*Resultado de la Dureza por Cada Dosificación*

PROBETA	CÓDIGO	L.prom. (kg)	E.prom. (kg)	Prom. Final (kg)	Promedio (kg)
1	VD1-D1-R1-2	348.50	563.50	456.00	
2	VD1-D1-R2-2	508.00	454.50	481.25	
3	VD1-D1-R3-2	579.50	656.00	617.75	498.50
4	VD1-D1-R4-2	316.25	364.50	340.38	
5	VD1-D1-R5-2	604.75	589.50	597.13	
6	VD1-D2-R1-2	607.00	649.50	628.25	
7	VD1-D2-R2-2	643.00	545.50	594.25	
8	VD1-D2-R3-2	503.75	494.50	499.13	526.13
9	VD1-D2-R4-2	351.25	410.50	380.88	
10	VD1-D2-R5-2	536.75	519.50	528.13	
11	VD1-D3-R1-2	647.50	588.00	617.75	
12	VD1-D3-R2-2	646.75	567.00	606.88	
13	VD1-D3-R3-2	534.25	584.00	559.13	612.38
14	VD1-D3-R4-2	672.50	665.50	669.00	
15	VD1-D3-R5-2	619.75	598.50	609.13	
16	VD1-D4-R1-2	551.50	512.00	531.75	
17	VD1-D4-R2-2	607.00	547.50	577.25	
18	VD1-D4-R3-2	617.25	620.50	618.88	566.46
19	VD1-D4-R4-2	575.25	434.55	504.90	
20	VD1-D4-R5-2	594.00	605.00	599.50	
21	VD1-D5-R1-2	581.50	695.50	638.50	
22	VD1-D5-R2-2	760.00	471.50	615.75	
23	VD1-D5-R3-2	753.25	727.00	740.13	636.60
24	VD1-D5-R4-2	596.00	518.50	557.25	
25	VD1-D5-R5-2	641.25	621.50	631.38	

De acuerdo a estos resultados obtenidos en el laboratorio podemos decir que la madera plástica en la dosificación 5 es el más duro con una fuerza de penetración promedio de 636.60 kg.

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para la dureza.**

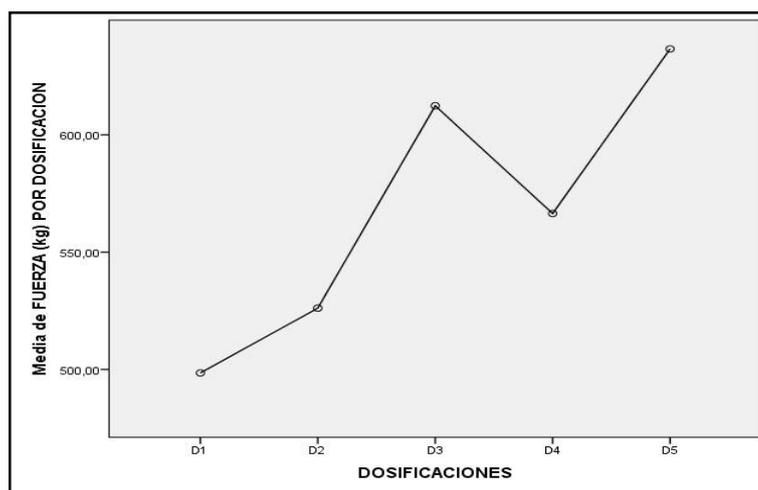
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 31.**

*Dureza (kg) por Repetición en el Ensayo de Dureza*

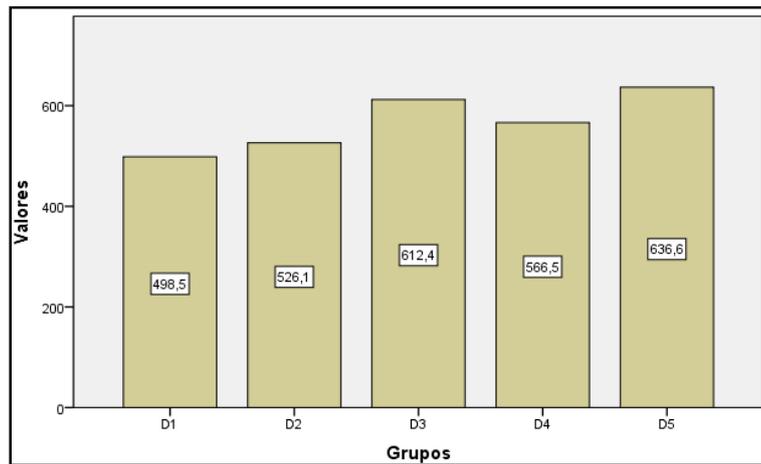
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	498,5020	112,97587	50,52434	358,2239	638,7801	340,38	617,75
D2	5	526,1280	96,04607	42,95311	406,8711	645,3849	380,88	628,25
D3	5	612,3780	39,08656	17,48004	563,8456	660,9104	559,13	669,00
D4	5	566,4560	47,30312	21,15460	507,7214	625,1906	504,90	618,88
D5	5	636,6020	66,10685	29,56388	554,5195	718,6845	557,25	740,13
Total	25	568,0132	88,22361	17,64472	531,5963	604,4301	340,38	740,13

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 56.** *Curva del Ensayo de la Dureza por Cada Dosificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 57.** Diagrama Barras en la Dureza

**Tabla 32.**

*Análisis de Varianza en la Dureza*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	66306,304	4	16576,576	2,751	,057
Error	120495,418	20	6024,771		
Total	186801,722	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 33.**

*Comparación de Promedios entre las Dosificaciones en la Dureza*

Duncan <sup>a</sup>			
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D1	5	498,5020	
D2	5	526,1280	526,1280
D4	5	566,4560	566,4560
D3	5		612,3780
D5	5		636,6020
Sig.		,205	,050

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 34.***Comparaciones Múltiples en la Dureza*

(I) DOSIFICACIONES	(J) DOSIFICACIONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	-27,62600	49,09082	,979	-174,5241	119,2721
	D3	-113,87600	49,09082	,180	-260,7741	33,0221
	D4	-67,95400	49,09082	,644	-214,8521	78,9441
	D5	-138,10000	49,09082	,072	-284,9981	8,7981
D2	D1	27,62600	49,09082	,979	-119,2721	174,5241
	D3	-86,25000	49,09082	,424	-233,1481	60,6481
	D4	-40,32800	49,09082	,921	-187,2261	106,5701
	D5	-110,47400	49,09082	,202	-257,3721	36,4241
D3	D1	113,87600	49,09082	,180	-33,0221	260,7741
	D2	86,25000	49,09082	,424	-60,6481	233,1481
	D4	45,92200	49,09082	,880	-100,9761	192,8201
	D5	-24,22400	49,09082	,987	-171,1221	122,6741
D4	D1	67,95400	49,09082	,644	-78,9441	214,8521
	D2	40,32800	49,09082	,921	-106,5701	187,2261
	D3	-45,92200	49,09082	,880	-192,8201	100,9761
	D5	-70,14600	49,09082	,617	-217,0441	76,7521
D5	D1	138,10000	49,09082	,072	-8,7981	284,9981
	D2	110,47400	49,09082	,202	-36,4241	257,3721
	D3	24,22400	49,09082	,987	-122,6741	171,1221
	D4	70,14600	49,09082	,617	-76,7521	217,0441

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

#### 4.4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Los ensayos realizados para poder determinar las características mecánicas de la madera plástica fueron desarrollados en el laboratorio de forestal de la universidad nacional de Ucayali, tales como: corte, compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tensión paralela y tensión perpendicular.

Teniendo como guía las siguientes normas: NTP 251.013.2015, NTP 251.014.2014, NTP 251.016.2015, NTP 251.017.2014, NTP 251.085.2017 y NTP 251.086.2015.

#### 4.4.2.1. DETERMINACIÓN DEL CORTE

En este ensayo de corte de la madera plástica ha sido muy importante conocer la carga máxima soportada por la probeta, ya que nos muestra hasta qué punto falla dicho material.

A continuación se muestra las formula de resistencia máxima en corte que soporta la madera plástica.

$$R. max = \frac{C. max}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*

R.max = Resistencia máxima (kg/cm<sup>2</sup>)

C.max = Carga máxima (kg)

A = Área (cm<sup>2</sup>)

##### **a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación del corte.**

En este ensayo de corte de la madera plástica se obtuvieron los siguientes resultados, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 35.***Resultado de la Resistencia al Corte de la Madera Plástica*

PROBETA	CÓDIGO	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	C. max (kgf)	R.max (kg/cm <sup>2</sup> )	R. prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-3	4.84	5.06	6.30	24.49	1096.00	44.75	
2	VD2-D1-R2-3	4.90	5.00	6.38	24.50	734.00	29.96	
3	VD2-D1-R3-3	4.80	5.03	6.34	24.14	659.00	27.30	42.01
4	VD2-D1-R4-3	4.93	4.89	6.25	24.11	1430.00	59.31	
5	VD2-D1-R5-3	5.18	5.11	6.40	26.47	1290.00	48.73	
6	VD2-D2-R1-3	4.66	5.11	6.38	23.81	835.00	35.07	
7	VD2-D2-R2-3	4.68	4.95	6.26	23.17	851.00	36.73	
8	VD2-D2-R3-3	4.68	5.20	6.24	24.34	1344.00	55.22	41.87
9	VD2-D2-R4-3	4.75	4.94	6.23	23.47	1078.00	45.93	
10	VD2-D2-R5-3	4.94	5.14	6.33	25.39	924.00	36.39	
11	VD2-D3-R1-3	4.87	5.11	6.24	24.89	1016.00	40.82	
12	VD2-D3-R2-3	4.84	4.96	6.20	24.01	1072.00	44.65	
13	VD2-D3-R3-3	4.73	4.87	6.27	23.04	990.00	42.97	41.64
14	VD2-D3-R4-3	4.90	5.01	6.13	24.55	816.00	33.24	
15	VD2-D3-R5-3	4.99	4.96	6.25	24.75	1151.00	46.51	
16	VD2-D4-R1-3	4.91	4.98	6.32	24.45	970.00	39.67	
17	VD2-D4-R2-3	4.94	4.90	6.27	24.21	744.00	30.73	
18	VD2-D4-R3-3	5.05	4.75	6.26	23.99	1116.00	46.52	39.61
19	VD2-D4-R4-3	4.98	5.05	6.17	25.15	743.00	29.54	
20	VD2-D4-R5-3	4.99	5.17	6.34	25.80	1331.00	51.59	
21	VD2-D5-R1-3	4.63	5.12	6.26	23.71	1061.00	44.75	
22	VD2-D5-R2-3	4.66	4.94	6.33	23.02	1109.00	48.18	
23	VD2-D5-R3-3	4.80	5.07	6.32	24.34	1569.00	64.46	57.09
24	VD2-D5-R4-3	4.76	5.01	6.32	23.85	1464.00	61.38	
25	VD2-D5-R5-3	4.95	5.00	6.30	24.75	1650.00	66.67	

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS de corte.**

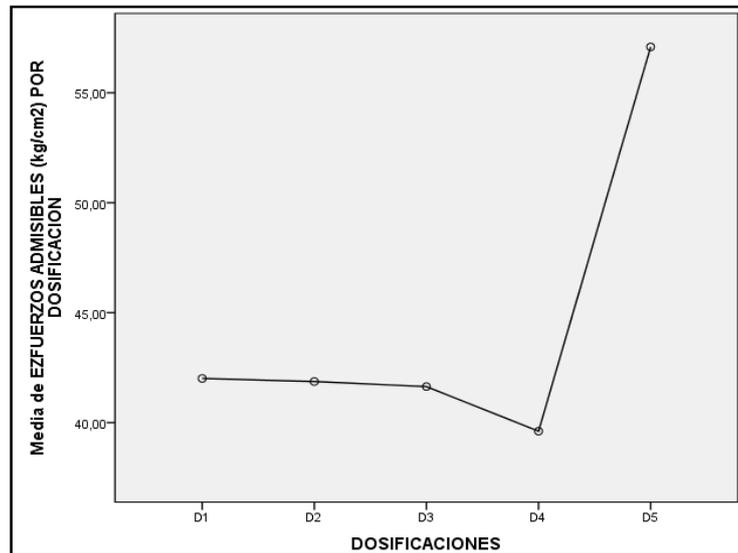
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 36.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Corte*

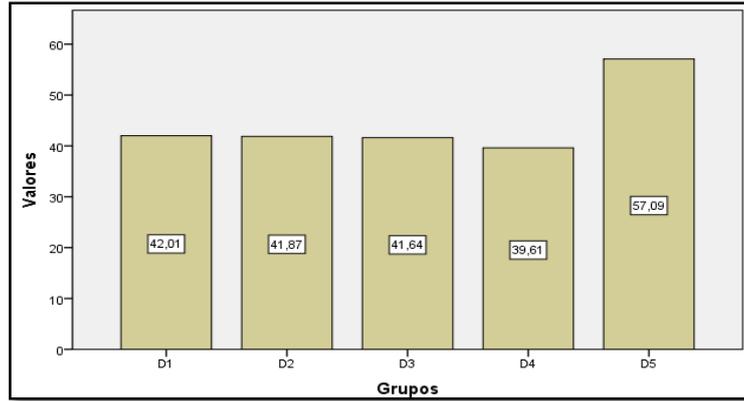
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	42,0100	13,35611	5,97303	25,4262	58,5938	27,30	59,31
D2	5	41,8680	8,62259	3,85614	31,1616	52,5744	35,07	55,22
D3	5	41,6380	5,14243	2,29976	35,2528	48,0232	33,24	46,51
D4	5	39,6100	9,63757	4,31005	27,6434	51,5766	29,54	51,59
D5	5	57,0880	9,95190	4,45062	44,7311	69,4449	44,75	66,67
Total	25	44,4428	10,99767	2,19953	39,9032	48,9824	27,30	66,67

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 58.** *Curva del Ensayo de Corte por Cada Dosisificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 59.** Diagrama Barras en Cizallamiento o Corte

**Tabla 37.**

*Análisis de Varianza de Corte*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1018,360	4	254,590	2,702	,060
Error	1884,409	20	94,220		
Total	2902,770	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 38.**

*Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Corte*

Duncan <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05	
DOSIFICACIONES	N	1	2
D4	5	39,6100	
D3	5	41,6380	
D2	5	41,8680	
D1	5	42,0100	
D5	5		57,0880
Sig.		,725	1,000

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 39.***Comparaciones Múltiples de Corte*

(I) DOSIFICACIONES	(J) DOSIFICACIONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	,14200	6,13907	1,000	-18,2284	18,5124
	D3	,37200	6,13907	1,000	-17,9984	18,7424
	D4	2,40000	6,13907	,995	-15,9704	20,7704
	D5	-15,07800	6,13907	,141	-33,4484	3,2924
D2	D1	-,14200	6,13907	1,000	-18,5124	18,2284
	D3	,23000	6,13907	1,000	-18,1404	18,6004
	D4	2,25800	6,13907	,996	-16,1124	20,6284
	D5	-15,22000	6,13907	,135	-33,5904	3,1504
D3	D1	-,37200	6,13907	1,000	-18,7424	17,9984
	D2	-,23000	6,13907	1,000	-18,6004	18,1404
	D4	2,02800	6,13907	,997	-16,3424	20,3984
	D5	-15,45000	6,13907	,126	-33,8204	2,9204
D4	D1	-2,40000	6,13907	,995	-20,7704	15,9704
	D2	-2,25800	6,13907	,996	-20,6284	16,1124
	D3	-2,02800	6,13907	,997	-20,3984	16,3424
	D5	-17,47800	6,13907	,067	-35,8484	,8924
D5	D1	15,07800	6,13907	,141	-3,2924	33,4484
	D2	15,22000	6,13907	,135	-3,1504	33,5904
	D3	15,45000	6,13907	,126	-2,9204	33,8204
	D4	17,47800	6,13907	,067	-,8924	35,8484

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

#### 4.4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PARALELA

Para realizar este ensayo, tuvimos que preparar las dimensiones de las probetas tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.014.2014 y por consiguiente tomarlo como guía de los procedimientos de ensayos.

Para su cálculo se ha utilizado las siguientes formulas:

$$MOE = \frac{CLP * L}{A * DLP} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
MOE = Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)  
CLP = Carga límite proporcional (kg)  
L = Longitud de las abrazaderas (cm)  
A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)  
DLP = Deflexión límite proporcional (cm)

$$ELP = \frac{CLP}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
ELP = Esfuerzo límite proporcional (kg/cm<sup>2</sup>)  
CLP = Carga límite proporcional (kg)  
A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)

$$RM = \frac{C.max}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
RM = Resistencia máxima (kg/cm<sup>2</sup>)  
C.max = Carga máxima (kg)  
A = área de la sección (cm<sup>2</sup>)

$$ETP = \frac{C.max}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
ETP = Esfuerzo a la tracción perpendicular (kg/cm<sup>2</sup>)  
C.max = Carga máxima (kg)  
A = Área de la sección mínima (cm<sup>2</sup>)

#### a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de la resistencia a la compresión paralela.

En este ensayo se puede observar los distintos valores que son las características principales de un material, y en este caso de la madera plástica, de tal manera se podrá ver los valores de las cargas aplicadas, su módulo de elasticidad, tanto como su resistencia admisible o esfuerzo límite proporcional y su resistencia máxima, dichos valores se pueden ver en la tabla siguiente.

**Tabla 40.***Resultados de la Resistencia a la Compresión Paralela de la Madera Plástica Realizados en el Laboratorio*

Probeta	Código	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	L(cm)	CLP (kgf)	C.max (kgf)	DLP (cm)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	RM (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-4	4.93	4.97	20.11	24.50	15.00	2241.00	4095.00	0.1215	11292.52	91.47	167.14
2	VD2-D1-R2-4	4.93	5.03	20.04	24.80	15.00	2250.00	3810.00	0.1119	12161.64	90.73	153.63
3	VD2-D1-R3-4	5.00	4.83	20.24	24.15	15.00	1710.00	2698.50	0.0651	16315.08	70.81	111.74
4	VD2-D1-R4-4	4.98	4.93	20.10	24.55	15.00	1801.80	2616.00	0.0487	22605.67	73.39	106.56
5	VD2-D1-R5-4	4.96	4.99	20.05	24.75	15.00	1832.40	3975.00	0.1924	5772.07	74.04	160.61
6	VD2-D2-R1-4	4.92	4.81	19.87	23.67	15.00	2610.00	3465.00	0.0611	27070.25	110.27	146.39
7	VD2-D2-R2-4	4.85	4.91	19.91	23.81	15.00	1807.20	2871.00	0.0681	16718.26	75.90	120.58
8	VD2-D2-R3-4	4.87	4.86	19.84	23.67	15.00	1720.80	2116.50	0.0198	55075.47	72.70	89.42
9	VD2-D2-R4-4	4.91	4.94	19.95	24.26	15.00	1267.20	2601.00	0.1897	4130.27	52.23	107.21
10	VD2-D2-R5-4	4.93	5.00	20.00	24.65	15.00	2061.00	4284.00	0.1170	10719.30	83.61	173.79
11	VD2-D3-R1-4	5.03	4.93	19.74	24.80	15.00	2061.00	4410.00	0.0896	13912.64	83.10	177.82
12	VD2-D3-R2-4	4.91	5.05	20.18	24.80	15.00	2365.20	4125.00	0.3300	4335.04	95.37	166.33
13	VD2-D3-R3-4	4.92	5.02	20.32	24.70	15.00	2847.60	4410.00	0.3420	5056.47	115.29	178.54
14	VD2-D3-R4-4	4.90	5.00	20.12	24.50	15.00	2640.60	4480.50	0.2650	6100.73	107.78	182.88
15	VD2-D3-R5-4	4.93	5.02	20.02	24.75	15.00	2824.20	4492.50	0.3341	5123.13	114.11	181.52
16	VD2-D4-R1-4	4.93	4.90	19.99	24.16	15.00	2322.00	3900.00	0.0822	17538.19	96.11	161.42
17	VD2-D4-R2-4	5.07	5.16	19.98	26.16	15.00	2808.00	4485.00	0.1270	12677.89	107.34	171.44
18	VD2-D4-R3-4	4.96	5.17	19.98	25.64	15.00	2376.00	4050.00	0.0277	50181.07	92.67	157.96
19	VD2-D4-R4-4	4.98	5.02	19.94	25.00	15.00	2241.00	3900.00	0.1107	12146.34	89.64	156.00
20	VD2-D4-R5-4	4.98	5.00	20.18	24.90	15.00	2934.00	4620.00	0.1204	14679.98	117.83	185.54
21	VD2-D5-R1-4	5.04	5.02	19.91	25.30	15.00	2232.00	4155.00	0.0881	15020.66	88.22	164.23
22	VD2-D5-R2-4	4.98	5.04	19.81	25.10	15.00	2161.80	4050.00	0.2790	4630.51	86.13	161.35
23	VD2-D5-R3-4	5.00	4.97	19.87	24.85	15.00	2007.00	3990.00	0.1048	11559.82	80.76	160.56
24	VD2-D5-R4-4	4.93	5.08	19.94	25.04	15.00	2610.00	4425.00	0.0675	23162.94	104.23	176.72
25	VD2-D5-R5-4	4.83	4.97	19.83	24.01	15.00	2934.00	4635.00	0.0489	37484.38	122.20	193.04

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para la compresión paralela.**

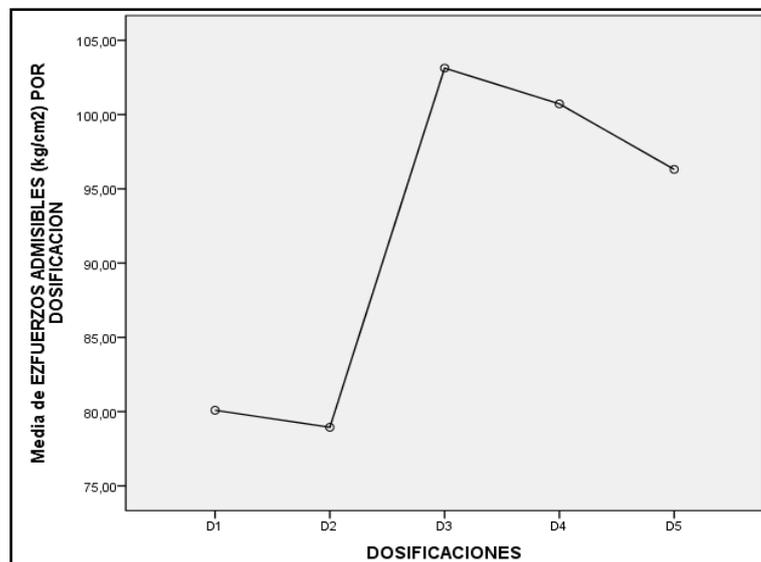
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 41.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Compresión Paralela*

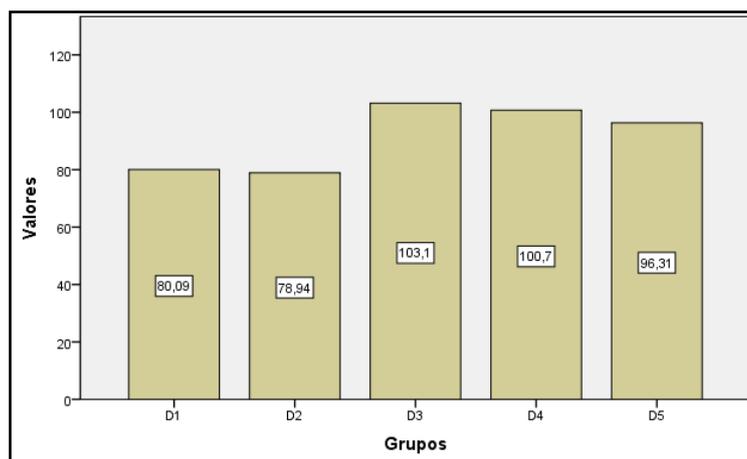
	N	Media	Desviación estándar	Error eestándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	80,0880	10,12824	4,52949	67,5121	92,6639	70,81	91,47
D2	5	78,9420	21,00584	9,39410	52,8598	105,0242	52,23	110,27
D3	5	103,1300	13,70645	6,12971	86,1112	120,1488	83,10	115,29
D4	5	100,7180	11,67687	5,22206	86,2192	115,2168	89,64	117,83
D5	5	96,3080	16,91081	7,56274	75,3105	117,3055	80,76	122,20
Total	25	91,8372	17,40407	3,48081	84,6532	99,0212	52,23	122,20

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 60.** *Curva del Ensayo de la Compresión Paralela por Cada Dosificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 61.** Diagrama Barras en la Compresión Paralela

**Tabla 42.**

*Análisis de Varianza de la Compresión Paralela*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2653,569	4	663,392	2,874	,050
Error	4616,072	20	230,804		
Total	7269,641	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 43.**

*Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Compresión Paralela*

Duncan <sup>a</sup>				
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D2	5	78,9420		
D1	5	80,0880	80,0880	
D5	5	96,3080	96,3080	96,3080
D4	5		100,7180	100,7180
D3	5			103,1300
Sig.		,102	,054	,511

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 44.***Comparaciones Múltiples de la Compresión Paralela*

(I) DOSIFICACIONES	(J) DOSIFICACIONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	1,14600	9,60840	1,000	-27,6059	29,8979
	D3	-23,04200	9,60840	,157	-51,7939	5,7099
	D4	-20,63000	9,60840	,240	-49,3819	8,1219
	D5	-16,22000	9,60840	,463	-44,9719	12,5319
D2	D1	-1,14600	9,60840	1,000	-29,8979	27,6059
	D3	-24,18800	9,60840	,126	-52,9399	4,5639
	D4	-21,77600	9,60840	,197	-50,5279	6,9759
	D5	-17,36600	9,60840	,397	-46,1179	11,3859
D3	D1	23,04200	9,60840	,157	-5,7099	51,7939
	D2	24,18800	9,60840	,126	-4,5639	52,9399
	D4	2,41200	9,60840	,999	-26,3399	31,1639
	D5	6,82200	9,60840	,952	-21,9299	35,5739
D4	D1	20,63000	9,60840	,240	-8,1219	49,3819
	D2	21,77600	9,60840	,197	-6,9759	50,5279
	D3	-2,41200	9,60840	,999	-31,1639	26,3399
	D5	4,41000	9,60840	,990	-24,3419	33,1619
D5	D1	16,22000	9,60840	,463	-12,5319	44,9719
	D2	17,36600	9,60840	,397	-11,3859	46,1179
	D3	-6,82200	9,60840	,952	-35,5739	21,9299
	D4	-4,41000	9,60840	,990	-33,1619	24,3419

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**4.4.2.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR**

Para realizar este ensayo, tuvimos que preparar las dimensiones de las probetas tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.016.2015 y por consiguiente tomarlo como guía de los procedimientos de ensayos.

Para su cálculo se ha utilizado las siguientes formulas:

$$ELP = \frac{CLP}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
 ELP = Esfuerzo límite proporcional (kg/cm<sup>2</sup>)  
 CLP = Carga límite proporcional (kg)  
 A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)

**a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de la compresión perpendicular**

En este ensayo se puede observar los distintos valores obtenidos en el laboratorio como son la carga limite proporcional y máxima soportada, tanto como el esfuerzo admisible de la madera plástica.

**Tabla 45.**

*Resultado de la Resistencia a la Compresión Perpendicular de la Madera Plástica*

Probeta	Código	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	CLP (kgf)	C.max (kgf)	DPL (cm)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-5	4.98	5.02	14.81	25.00	2560.00	4080.00	0.1360	102.40
2	VD2-D1-R2-5	5.03	5.06	14.79	25.45	1450.00	3170.00	0.0790	56.97
3	VD2-D1-R3-5	5.05	5.02	14.92	25.35	1590.00	3760.00	0.0765	62.72
4	VD2-D1-R4-5	5.01	4.77	14.88	23.90	1261.00	4010.00	0.0538	52.76
5	VD2-D1-R5-5	4.91	5.01	14.95	24.60	1320.00	3250.00	0.0466	53.66
6	VD2-D2-R1-5	4.99	4.70	14.98	23.45	2070.00	3050.00	0.1298	88.27
7	VD2-D2-R2-5	4.91	4.88	14.85	23.96	1274.00	4050.00	0.0469	53.17
8	VD2-D2-R3-5	4.82	4.79	14.90	23.09	1259.00	3850.00	0.0523	54.53
9	VD2-D2-R4-5	4.74	5.01	14.91	23.75	1236.00	3250.00	0.0721	52.04
10	VD2-D2-R5-5	4.42	5.08	14.91	22.45	3390.00	4220.00	0.1693	151.00
11	VD2-D3-R1-5	4.92	4.97	15.00	24.45	1739.00	3870.00	0.0861	71.12
12	VD2-D3-R2-5	4.95	4.89	14.98	24.21	3720.00	4630.00	0.1684	153.66
13	VD2-D3-R3-5	5.05	5.05	15.10	25.50	3520.00	5170.00	0.1206	138.04
14	VD2-D3-R4-5	4.85	4.86	15.02	23.57	2590.00	3440.00	0.0543	109.89
15	VD2-D3-R5-5	4.97	4.99	15.00	24.80	3650.00	4700.00	0.1160	147.18
16	VD2-D4-R1-5	5.09	5.09	15.04	25.91	2010.00	3680.00	0.0989	77.58
17	VD2-D4-R2-5	5.06	5.04	15.09	25.50	1323.00	3580.00	0.0601	51.88
18	VD2-D4-R3-5	4.94	4.86	14.92	24.01	1577.00	4580.00	0.0584	65.68
19	VD2-D4-R4-5	4.91	5.10	15.02	25.04	3630.00	3770.00	0.2360	144.97
20	VD2-D4-R5-5	4.96	4.88	14.86	24.20	1297.00	3960.00	0.0529	53.60
21	VD2-D5-R1-5	5.13	5.05	15.12	25.91	1511.00	4550.00	0.0500	58.32
22	VD2-D5-R2-5	5.07	4.80	14.98	24.34	1430.00	3710.00	0.0337	58.75
23	VD2-D5-R3-5	4.90	4.99	14.97	24.45	1210.00	2720.00	0.0304	49.49
24	VD2-D5-R4-5	4.86	5.05	14.75	24.54	1260.00	2550.00	0.0791	51.34
25	VD2-D5-R5-5	4.95	5.05	15.01	25.00	1570.00	3670.00	0.0747	62.80

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para la compresión perpendicular.**

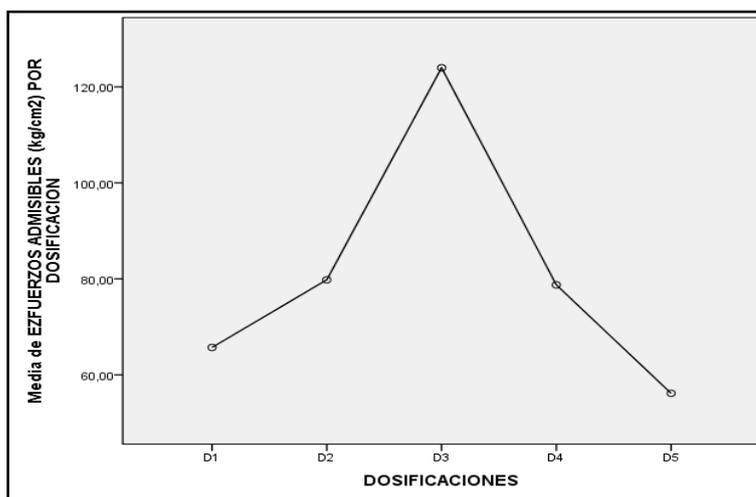
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 46.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Compresión Perpendicular*

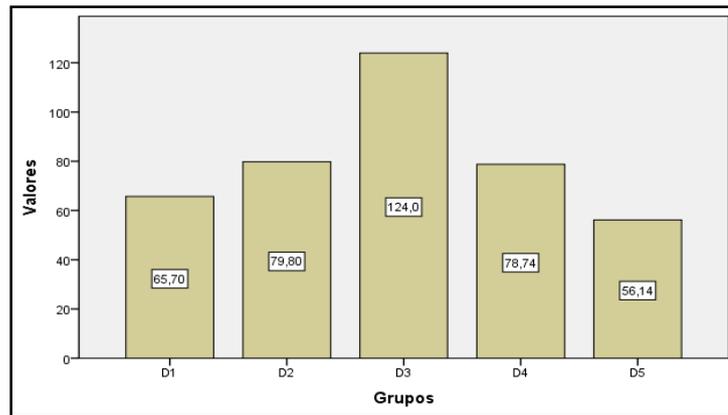
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza			
					para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	65,7020	20,88294	9,33913	39,7724	91,6316	52,76	102,40
D2	5	79,8020	42,60143	19,05194	26,9053	132,6987	52,04	151,00
D3	5	123,9780	33,94677	15,18146	81,8275	166,1285	71,12	153,66
D4	5	78,7420	38,44412	17,19273	31,0073	126,4767	51,88	144,97
D5	5	56,1400	5,54938	2,48176	49,2495	63,0305	49,49	62,80
Total	25	80,8728	37,18001	7,43600	65,5256	96,2200	49,49	153,66

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 62.** *Curva del Ensayo de la Compresión Perpendicular por Cada Dosificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 63.** Diagrama Barras en la Compresión Perpendicular

**Tabla 47.**

*Análisis de Varianza de la Compresión Perpendicular*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13528,049	4	3382,012	3,443	,027
Error	19648,434	20	982,422		
Total	33176,483	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 48.**

*Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Compresión Perpendicular*

Duncan <sup>a</sup>			
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D5	5	56,1400	
D1	5	65,7020	
D4	5	78,7420	
D2	5	79,8020	
D3	5		123,9780
Sig.		,287	1,000

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 49.***Comparaciones Múltiples de la Compresión Perpendicular*

(I) DOSIFICACI ONES	(J) DOSIFICACI ONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	-14,10000	19,82344	,951	-73,4192	45,2192
	D3	-58,27600	19,82344	,056	-117,5952	1,0432
	D4	-13,04000	19,82344	,963	-72,3592	46,2792
	D5	9,56200	19,82344	,988	-49,7572	68,8812
D2	D1	14,10000	19,82344	,951	-45,2192	73,4192
	D3	-44,17600	19,82344	,210	-103,4952	15,1432
	D4	1,06000	19,82344	1,000	-58,2592	60,3792
	D5	23,66200	19,82344	,755	-35,6572	82,9812
D3	D1	58,27600	19,82344	,056	-1,0432	117,5952
	D2	44,17600	19,82344	,210	-15,1432	103,4952
	D4	45,23600	19,82344	,192	-14,0832	104,5552
	D5	67,83800*	19,82344	,020	8,5188	127,1572
D4	D1	13,04000	19,82344	,963	-46,2792	72,3592
	D2	-1,06000	19,82344	1,000	-60,3792	58,2592
	D3	-45,23600	19,82344	,192	-104,5552	14,0832
	D5	22,60200	19,82344	,784	-36,7172	81,9212
D5	D1	-9,56200	19,82344	,988	-68,8812	49,7572
	D2	-23,66200	19,82344	,755	-82,9812	35,6572
	D3	-67,83800*	19,82344	,020	-127,1572	-8,5188
	D4	-22,60200	19,82344	,784	-81,9212	36,7172

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**4.4.2.4. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA.**

Para realizar este ensayo, tuvimos que preparar las dimensiones de las probetas tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.017.2014 y por consiguiente tomarlo como guía de los procedimientos de ensayos.

Para su cálculo se ha utilizado las siguientes formulas:

$$ELP = \frac{CLP}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
 ELP = Esfuerzo límite proporcional (kg/cm<sup>2</sup>)  
 CLP = Carga límite proporcional (kg)  
 A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)

$$MOE = \frac{CLP * L}{A * DLP} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
 MOE = Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)  
 CLP = Carga límite proporcional (kg)  
 L = Longitud de las abrazaderas (cm)  
 A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)  
 DLP = Deflexión límite proporcional (cm)

$$MOR = \frac{C. max}{a * e}$$

*Donde:*  
 MOR = Módulo de ruptura (kg/cm<sup>2</sup>)  
 C.max = Carga máxima (kg)  
 a: Ancho de la probeta (cm)  
 E: Espeso de la probeta (cm)

**a). Resultados obtenidos en el laboratorio para la determinación de la resistencia a la flexión estática.**

En este ensayo se puede observar los distintos valores que son las características principales de un material, y en este caso de la madera plástica, de tal manera se podrá ver los valores de las cargas aplicadas, su módulo de elasticidad, tanto como su resistencia admisible o esfuerzo límite proporcional y su resistencia máxima, dichos valores se pueden ver en la tabla siguiente.

**Tabla 50.***Resultado de la Resistencia a la Flexión Estática de la Madera Plástica*

PROBETA	CÓDIGO	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	L(cm)	CLP (kgf)	C.max (kgf)	DLP (cm)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-6	4.96	5.02	76.18	24.9	70	93.77	133.95	0.9730	13170.00	112.50	78.77
2	VD2-D1-R2-6	5.02	4.86	76.04	24.4	70	98.45	140.65	1.0217	14341.00	124.60	87.19
3	VD2-D1-R3-6	5.06	4.85	75.96	24.54	70	96.58	137.97	1.0022	14315.00	121.70	85.20
4	VD2-D1-R4-6	4.98	5.02	76.48	25	70	100.33	143.33	1.0411	13117.00	119.90	83.94
5	VD2-D1-R5-6	4.95	4.96	76.31	24.55	70	95.17	135.96	0.9876	13681.00	117.20	82.06
6	VD2-D2-R1-6	5.12	5.12	75.93	26.21	70	66.90	80.30	1.0150	8225.00	62.80	52.34
7	VD2-D2-R2-6	5.03	5.04	76.3	25.35	70	74.91	88.13	1.1040	9035.00	72.40	61.56
8	VD2-D2-R3-6	4.90	4.92	76.08	24.11	70	66.20	70.50	1.0810	8999.00	62.40	58.60
9	VD2-D2-R4-6	5.16	5.13	76.35	26.47	70	78.65	92.53	1.2450	7777.00	71.50	60.82
10	VD2-D2-R5-6	4.97	5.04	76.39	25.05	70	76.40	89.89	1.1960	8610.00	74.80	63.55
11	VD2-D3-R1-6	5.09	5.05	76.08	25.7	70	75.30	98.70	1.0780	9138.00	79.80	60.91
12	VD2-D3-R2-6	5.10	4.97	75.89	25.35	70	58.50	59.80	1.0340	7749.00	49.80	48.76
13	VD2-D3-R3-6	5.05	5.01	75.99	25.3	70	69.90	74.50	1.2360	7637.00	61.70	57.90
14	VD2-D3-R4-6	5.21	5.12	76	26.68	70	64.80	67.30	1.0920	7277.00	51.70	49.82
15	VD2-D3-R5-6	4.96	5.03	76.08	24.95	70	71.26	93.77	1.2650	7653.00	78.50	59.62
16	VD2-D4-R1-6	5.10	5.07	76.49	25.86	70	70.99	83.51	1.5196	6027.00	66.90	56.86
17	VD2-D4-R2-6	5.09	5.11	76.43	26.01	70	79.40	93.41	1.6998	5898.00	73.80	62.73
18	VD2-D4-R3-6	5.13	5.05	75.93	25.91	70	61.00	62.10	1.1300	7007.00	49.80	48.96
19	VD2-D4-R4-6	5.09	5.06	76.06	25.76	70	81.01	95.31	1.7343	6075.00	76.80	65.27
20	VD2-D4-R5-6	4.95	4.94	76.17	24.45	70	78.70	92.58	1.6847	6713.00	80.50	68.40
21	VD2-D5-R1-6	4.93	4.93	76.58	24.3	70	72.54	123.38	0.9589	10982.00	108.10	63.57
22	VD2-D5-R2-6	5.07	4.8	76.34	24.34	70	76.17	129.54	1.0069	11570.00	116.40	68.47
23	VD2-D5-R3-6	5.02	4.97	76.43	24.95	70	77.62	132.01	1.0261	10527.00	111.80	65.73
24	VD2-D5-R4-6	5.08	5.09	76.28	25.86	70	73.90	125.70	0.9770	9683.00	100.30	58.96
25	VD2-D5-R5-6	4.97	4.93	76.37	24.5	70	82.27	139.91	1.0874	10894.00	121.60	71.51

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para el ensayo de la resistencia a la flexión estática.**

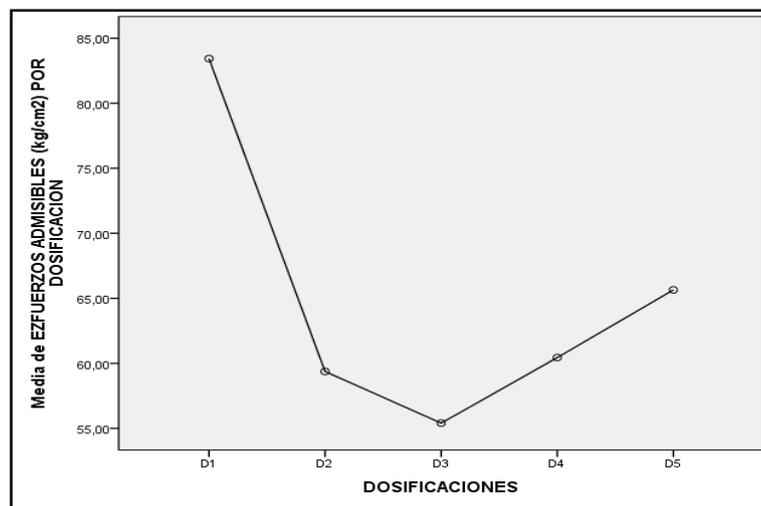
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 51.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Flexión Estática*

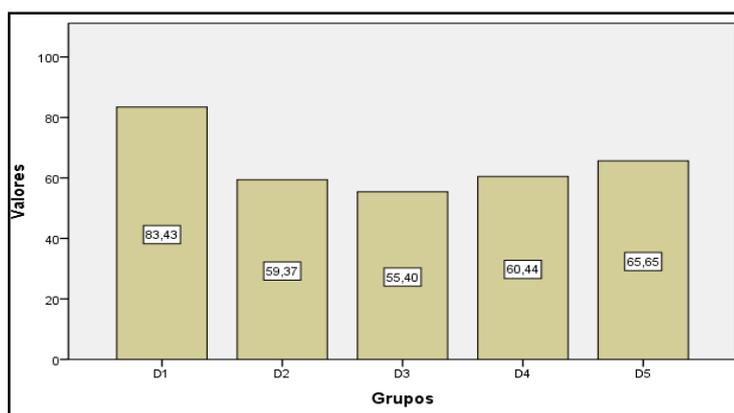
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	83,4320	3,20636	1,43393	79,4508	87,4132	78,77	87,19
D2	5	59,3740	4,31233	1,92853	54,0195	64,7285	52,34	63,55
D3	5	55,4020	5,69308	2,54602	48,3331	62,4709	48,76	60,91
D4	5	60,4440	7,68995	3,43905	50,8957	69,9923	48,96	68,40
D5	5	65,6480	4,77967	2,13753	59,7133	71,5827	58,96	71,51
Total	25	64,8600	11,17294	2,23459	60,2480	69,4720	48,76	87,19

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 64.** *Curva del Ensayo de la Flexión Estática por Cada Dosificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 65.** Diagrama Barras en la Flexión Estática

**Tabla 52.**

*Análisis de Varianza en la Flexión Estática*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2422,956	4	605,739	21,140	,000
Error	573,074	20	28,654		
Total	2996,030	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 53.**

*Comparaciones de Promedios entre las Dosificaciones del Ensayo de Flexión Estática*

Duncan <sup>a</sup>				
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D3	5	55,4020		
D2	5	59,3740	59,3740	
D4	5	60,4440	60,4440	
D5	5		65,6480	
D1	5			83,4320
Sig.		,174	,094	1,000

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 54.***Comparaciones Múltiples en la Flexión Estática*

(I) DOSIFICACI ONES	(J) DOSIFICACI ONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	24,05800*	3,38548	,000	13,9274	34,1886
	D3	28,03000*	3,38548	,000	17,8994	38,1606
	D4	22,98800*	3,38548	,000	12,8574	33,1186
	D5	17,78400*	3,38548	,000	7,6534	27,9146
D2	D1	-24,05800*	3,38548	,000	-34,1886	-13,9274
	D3	3,97200	3,38548	,766	-6,1586	14,1026
	D4	-1,07000	3,38548	,998	-11,2006	9,0606
	D5	-6,27400	3,38548	,373	-16,4046	3,8566
D3	D1	-28,03000*	3,38548	,000	-38,1606	-17,8994
	D2	-3,97200	3,38548	,766	-14,1026	6,1586
	D4	-5,04200	3,38548	,581	-15,1726	5,0886
	D5	-10,24600*	3,38548	,047	-20,3766	-,1154
D4	D1	-22,98800*	3,38548	,000	-33,1186	-12,8574
	D2	1,07000	3,38548	,998	-9,0606	11,2006
	D3	5,04200	3,38548	,581	-5,0886	15,1726
	D5	-5,20400	3,38548	,552	-15,3346	4,9266
D5	D1	-17,78400*	3,38548	,000	-27,9146	-7,6534
	D2	6,27400	3,38548	,373	-3,8566	16,4046
	D3	10,24600*	3,38548	,047	,1154	20,3766
	D4	5,20400	3,38548	,552	-4,9266	15,3346

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

#### 4.4.2.5. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PARALELA.

Para realizar este ensayo, tuvimos que preparar las dimensiones de las probetas tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.085.1986-2017 y por consiguiente tomarlo como guía de los procedimientos de ensayos.

Para su cálculo se ha utilizado las siguientes formulas:

$$MOE = \frac{CLP * L}{A * DLP} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

*Donde:*  
MOE = Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)  
CLP = Carga límite proporcional (kg)  
L = Longitud de las abrazaderas (cm)  
A = Área de la sección (cm<sup>2</sup>)  
DLP = Deflexión límite proporcional (cm)

$$MOR = \frac{C.max}{a * e}$$

*Donde:*  
MOR = Módulo de ruptura (kg/cm<sup>2</sup>)  
C.max = Carga máxima (kg)  
a: Ancho de la probeta (cm)  
E: Espeso de la probeta (cm)

#### a). Resultados obtenidos en el laboratorio de la tensión paralela

En este ensayo se puede observar los distintos valores obtenidos en el laboratorio como es la carga límite proporcional y carga máxima soportada, tal como el módulo de elasticidad y de ruptura; dichos valores se pueden ver en la tabla siguiente.

**Tabla 55.***Resultado de la Resistencia a la Tensión Paralela de la Madera Plástica*

PROBETA	CÓDIGO	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	L(cm)	CLP (kgf)	C.max (kgf)	DLP (cm)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. prom (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-7	0.51	0.96	45.02	0.49	25	3.670	5.526	0.165	1134.675	11.278	
2	VD2-D1-R2-7	0.49	0.94	45.03	0.46	25	6.923	9.395	0.187	2011.893	20.423	
3	VD2-D1-R3-7	0.49	0.95	45.03	0.47	25	7.755	10.334	0.208	1983.068	21.988	17.68
4	VD2-D1-R4-7	0.52	0.94	45.03	0.49	25	6.648	7.461	0.257	1319.828	15.226	
5	VD2-D1-R5-7	0.48	0.95	45.03	0.46	25	7.280	8.953	0.235	1683.592	19.462	
6	VD2-D2-R1-7	0.51	0.96	45.01	0.49	25	6.929	8.875	0.592	597.123	18.113	
7	VD2-D2-R2-7	0.49	0.94	45.03	0.46	25	4.970	7.286	0.843	320.436	15.838	
8	VD2-D2-R3-7	0.49	0.95	45.03	0.47	25	6.618	9.107	0.925	380.562	19.376	18.02
9	VD2-D2-R4-7	0.52	0.94	45.03	0.49	25	7.787	9.325	1.054	376.944	19.032	
10	VD2-D2-R5-7	0.48	0.95	45.03	0.46	25	7.776	8.160	1.235	342.207	17.739	
11	VD2-D3-R1-7	0.51	0.96	45.02	0.49	25	2.324	5.033	0.468	253.346	10.272	
12	VD2-D3-R2-7	0.49	0.94	45.03	0.46	25	5.972	8.959	0.442	734.275	19.476	
13	VD2-D3-R3-7	0.49	0.95	45.03	0.47	25	7.890	9.412	0.423	992.191	20.025	19.33
14	VD2-D3-R4-7	0.52	0.94	45.03	0.49	25	8.583	9.563	0.453	966.701	19.516	
15	VD2-D3-R5-7	0.48	0.95	45.03	0.46	25	11.762	12.583	0.901	709.473	27.354	
16	VD2-D4-R1-7	0.51	0.96	45.01	0.49	25	9.175	13.138	0.512	914.256	26.812	
17	VD2-D4-R2-7	0.49	0.94	45.03	0.46	25	11.899	14.311	0.573	1128.551	31.111	
18	VD2-D4-R3-7	0.49	0.95	45.03	0.47	25	14.111	19.050	0.557	1347.546	40.532	41.66
19	VD2-D4-R4-7	0.52	0.94	45.03	0.49	25	21.089	25.187	0.602	1787.322	51.403	
20	VD2-D4-R5-7	0.48	0.95	45.03	0.46	25	22.691	26.890	0.607	2031.607	58.457	
21	VD2-D5-R1-7	0.51	0.96	45.01	0.49	25	12.629	17.267	0.475	1356.485	35.239	
22	VD2-D5-R2-7	0.49	0.94	45.03	0.46	25	38.404	55.041	2.823	739.345	119.654	
23	VD2-D5-R3-7	0.49	0.95	45.03	0.47	25	21.221	28.836	0.485	2327.383	61.353	81.47
24	VD2-D5-R4-7	0.52	0.94	45.03	0.49	25	42.956	63.297	2.781	788.068	129.178	
25	VD2-D5-R5-7	0.48	0.95	45.03	0.46	25	20.068	28.491	0.545	2001.220	61.936	

**b). Análisis estadísticos realizados con el software SPSS para el ensayo de la resistencia a la tensión paralela.**

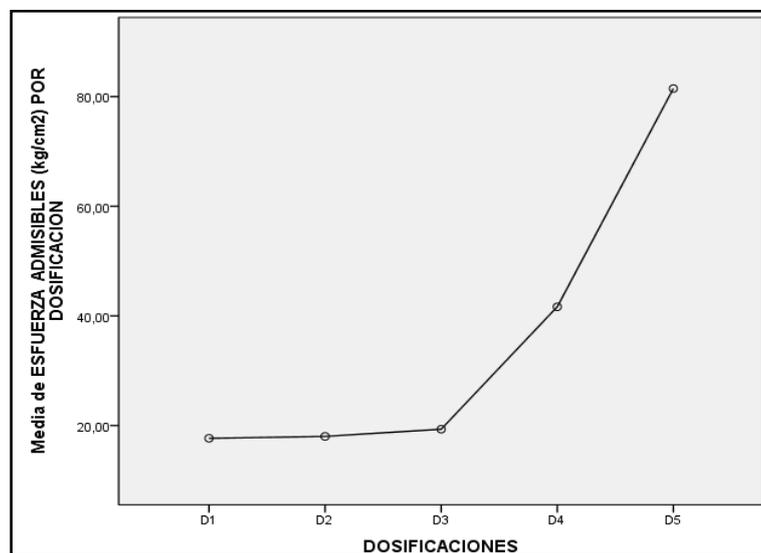
A continuación se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 56.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Tensión Paralela*

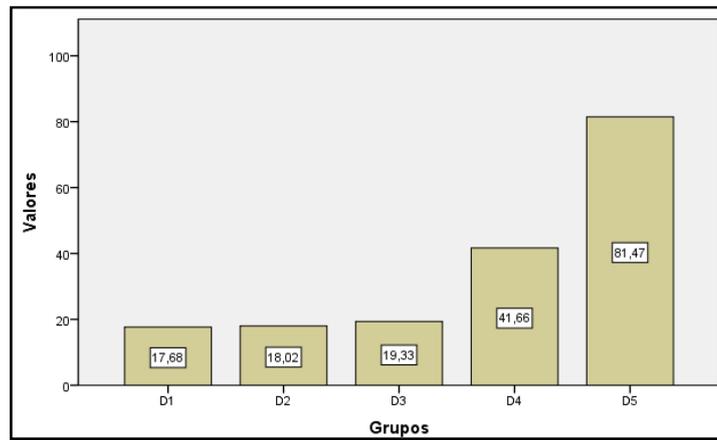
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	17,6754	4,36652	1,95277	12,2536	23,0972	11,28	21,99
D2	5	18,0196	1,38849	,62095	16,2956	19,7436	15,84	19,38
D3	5	19,3286	6,06158	2,71082	11,8022	26,8550	10,27	27,35
D4	5	41,6630	13,32368	5,95853	25,1195	58,2065	26,81	58,46
D5	5	81,4720	40,79720	18,24506	30,8156	132,1284	35,24	129,18
Total	25	35,6317	30,80805	6,16161	22,9148	48,3487	10,27	129,18

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 66.** *Curva del Ensayo de la Tensión Paralela por Cada Dosisificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 67.** Diagrama Barras en la Tensión Paralela

**Tabla 57.**

*Análisis de Varianza en la Tensión Paralela*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15180,578	4	3795,144	9,989	,000
Error	7598,678	20	379,934		
Total	22779,256	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 58.**

*Comparaciones de Promedios Entre las Dosificaciones*

Duncan <sup>a</sup>			
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D1	5	17,6754	
D2	5	18,0196	
D3	5	19,3286	
D4	5	41,6630	
D5	5		81,4720
Sig.		,088	1,000

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 59.***Comparaciones Múltiples en la Tensión Paralela*

(I) DOSIFICACIONES	(J) DOSIFICACIONES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	-,34420	12,32776	1,000	-37,2335	36,5451
	D3	-1,65320	12,32776	1,000	-38,5425	35,2361
	D4	-23,98760	12,32776	,327	-60,8769	12,9017
	D5	-63,79660*	12,32776	,000	-100,6859	-26,9073
D2	D1	,34420	12,32776	1,000	-36,5451	37,2335
	D3	-1,30900	12,32776	1,000	-38,1983	35,5803
	D4	-23,64340	12,32776	,340	-60,5327	13,2459
	D5	-63,45240*	12,32776	,000	-100,3417	-26,5631
D3	D1	1,65320	12,32776	1,000	-35,2361	38,5425
	D2	1,30900	12,32776	1,000	-35,5803	38,1983
	D4	-22,33440	12,32776	,395	-59,2237	14,5549
	D5	-62,14340*	12,32776	,001	-99,0327	-25,2541
D4	D1	23,98760	12,32776	,327	-12,9017	60,8769
	D2	23,64340	12,32776	,340	-13,2459	60,5327
	D3	22,33440	12,32776	,395	-14,5549	59,2237
	D5	-39,80900*	12,32776	,031	-76,6983	-2,9197
D5	D1	63,79660*	12,32776	,000	26,9073	100,6859
	D2	63,45240*	12,32776	,000	26,5631	100,3417
	D3	62,14340*	12,32776	,001	25,2541	99,0327
	D4	39,80900*	12,32776	,031	2,9197	76,6983

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**4.4.2.6. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PERPENDICULAR.**

Para realizar este ensayo, tuvimos que preparar las dimensiones de las probetas tal como nos indica la norma técnica peruana NTP 251.086.2015 y por consiguiente tomarlo como guía de los procedimientos de ensayos.

Para su cálculo se ha utilizado las siguientes formulas:

$$ETP = \frac{C. \max}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

Donde:

ETP = Esfuerzo a la tracción perpendicular (kg/cm<sup>2</sup>)  
 C.max = Carga máxima (kg)  
 A = Área de la sección mínima (cm<sup>2</sup>)

**a). Resultados obtenidos en el laboratorio de la tensión perpendicular**

En este ensayo se puede observar los distintos valores obtenidos en el laboratorio como la carga máxima soportada, tanto como el esfuerzo máximo en tracción de la madera plástica. No obstante la resistencia promedio a la tracción perpendicular.

**Tabla 60.**

*Resultado de la Resistencia a la Tensión Perpendicular de la Madera Plástica*

Probeta	Código	$A\bar{x}$ (cm)	$E\bar{x}$ (cm)	$L\bar{x}$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	C.max (kgf)	ETP (kg/cm <sup>2</sup> )	E. prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VD2-D1-R1-8	2.48	4.86	4.98	12.05	282.00	23.40	
2	VD2-D1-R2-8	2.45	5.13	4.92	12.57	351.00	27.92	
3	VD2-D1-R3-8	2.29	4.97	4.99	11.38	286.00	25.13	26.82
4	VD2-D1-R4-8	2.57	4.85	4.93	12.46	442.00	35.47	
5	VD2-D1-R5-8	2.37	5.06	4.99	11.99	266.00	22.19	
6	VD2-D2-R1-8	2.51	4.93	4.91	12.37	347.00	28.05	
7	VD2-D2-R2-8	2.22	4.89	4.71	10.86	142.20	13.09	
8	VD2-D2-R3-8	2.29	4.75	4.86	10.88	233.00	21.42	25.18
9	VD2-D2-R4-8	2.11	4.88	4.81	10.30	261.00	25.34	
10	VD2-D2-R5-8	2.41	4.90	5.12	11.81	449.00	38.02	
11	VD2-D3-R1-8	2.51	5.06	5.11	12.70	218.00	17.17	
12	VD2-D3-R2-8	2.06	4.82	4.90	9.93	107.90	10.87	
13	VD2-D3-R3-8	2.33	5.03	5.09	11.72	276.00	23.55	16.72
14	VD2-D3-R4-8	2.38	4.82	4.91	11.47	150.90	13.16	
15	VD2-D3-R5-8	2.03	4.92	4.93	9.99	188.20	18.84	
16	VD2-D4-R1-8	2.25	5.04	4.99	11.34	374.75	33.05	
17	VD2-D4-R2-8	2.31	5.01	4.92	11.57	395.00	34.14	
18	VD2-D4-R3-8	2.45	4.95	4.96	12.13	353.00	29.10	32.19
19	VD2-D4-R4-8	2.32	4.89	5.00	11.34	349.00	30.78	
20	VD2-D4-R5-8	2.52	4.71	4.98	11.87	402.00	33.87	
21	VD2-D5-R1-8	2.35	4.92	5.07	11.56	345.00	29.84	
22	VD2-D5-R2-8	2.08	5.01	4.78	10.42	212.00	20.35	
23	VD2-D5-R3-8	2.48	4.96	5.00	12.30	416.00	33.82	27.28
24	VD2-D5-R4-8	2.42	4.98	5.10	12.05	342.00	28.38	
25	VD2-D5-R5-8	2.46	5.00	4.96	12.30	295.40	24.02	

**b). Análisis Estadísticos Realizados con el Software SPSS para el Ensayo de la Resistencia a la Tensión Perpendicular.**

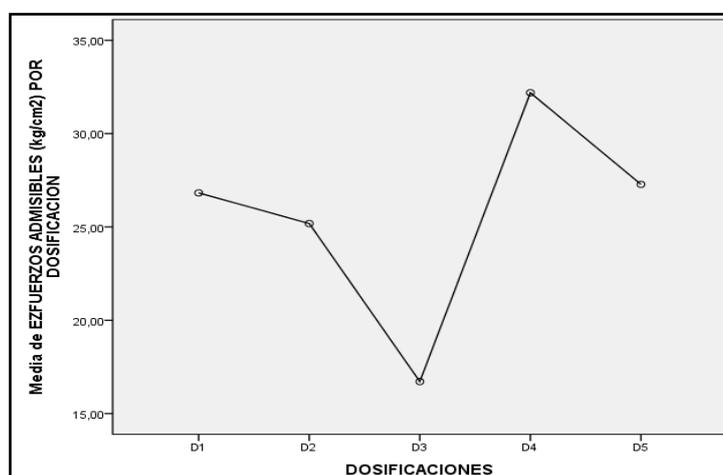
A continuación, se muestran dicho análisis estadístico, tales como el análisis de varianza, como las comparaciones múltiples, gráficos, entre otros.

**Tabla 61.**

*Esfuerzos Admisibles (kg/cm<sup>2</sup>) por Repetición en el Ensayo de Tensión Perpendicular*

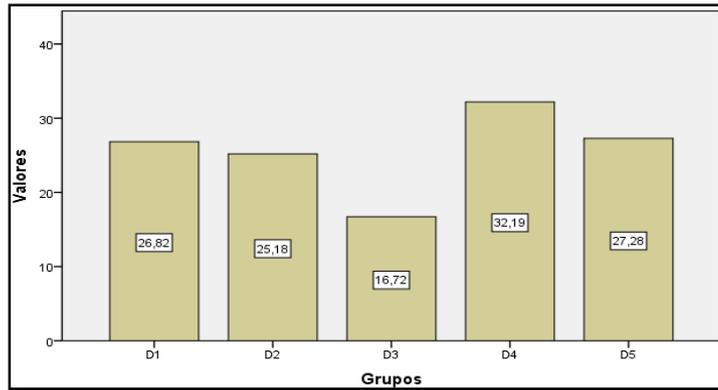
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	5	26,8220	5,29202	2,36666	20,2511	33,3929	22,19	35,47
D2	5	25,1840	9,13008	4,08310	13,8475	36,5205	13,09	38,02
D3	5	16,7180	4,95585	2,21632	10,5645	22,8715	10,87	23,55
D4	5	32,1880	2,17375	,97213	29,4889	34,8871	29,10	34,14
D5	5	27,2820	5,22465	2,33653	20,7947	33,7693	20,35	33,82
Total	25	25,6388	7,37587	1,47517	22,5942	28,6834	10,87	38,02

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS.



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 68.** *Curva del Ensayo de la Tensión Perpendicular por Cada Dosificación*



Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Figura 69.** Diagrama Barras en la Tensión Perpendicular

**Tabla 62.**

*Análisis de Varianza de la Tensión Perpendicular*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	633,898	4	158,475	4,718	,008
Error	671,786	20	33,589		
Total	1305,684	24			

Fuente: Resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 63.**

*Comparaciones de Promedios Entre las Dosificaciones del Ensayo de Tensión Perpendicular*

Duncan <sup>a</sup>			
Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D3	5	16,7180	
D2	5		25,1840
D1	5		26,8220
D5	5		27,2820
D4	5		32,1880
Sig.		1,000	,094

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

**Tabla 64.***Comparaciones Múltiples de la Tensión Perpendicular*

(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
D1	D2	1,63800	3,66548	,991	-9,3305	12,6065
	D3	10,10400	3,66548	,080	-,8645	21,0725
	D4	-5,36600	3,66548	,596	-16,3345	5,6025
	D5	-,46000	3,66548	1,000	-11,4285	10,5085
D2	D1	-1,63800	3,66548	,991	-12,6065	9,3305
	D3	8,46600	3,66548	,183	-2,5025	19,4345
	D4	-7,00400	3,66548	,344	-17,9725	3,9645
	D5	-2,09800	3,66548	,978	-13,0665	8,8705
D3	D1	-10,10400	3,66548	,080	-21,0725	,8645
	D2	-8,46600	3,66548	,183	-19,4345	2,5025
	D4	-15,47000*	3,66548	,003	-26,4385	-4,5015
	D5	-10,56400	3,66548	,063	-21,5325	,4045
D4	D1	5,36600	3,66548	,596	-5,6025	16,3345
	D2	7,00400	3,66548	,344	-3,9645	17,9725
	D3	15,47000*	3,66548	,003	4,5015	26,4385
	D5	4,90600	3,66548	,672	-6,0625	15,8745
D5	D1	,46000	3,66548	1,000	-10,5085	11,4285
	D2	2,09800	3,66548	,978	-8,8705	13,0665
	D3	10,56400	3,66548	,063	-,4045	21,5325
	D4	-4,90600	3,66548	,672	-15,8745	6,0625

Fuente: resultados obtenidos del software SPSS

## 4.2. RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

**Tabla 65.**

*Resultados de Ensayos en la Determinación de la Densidad*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Densidad (R) en gr/cm <sup>3</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	0.89	0.90	0.93	0.89	0.92
D2	0.93	0.92	0.83	0.81	0.87
D3	0.88	0.87	0.88	0.88	0.87
D4	0.89	0.89	0.91	0.94	0.86
D5	0.90	0.92	0.94	0.83	0.96

**Tabla 66.**

*Resultados de Ensayos en la Determinación de la Dureza*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Dureza (R) en kgf				
	1	2	3	4	5
D1	456.00	481.25	617.75	340.38	597.13
D2	628.25	594.25	499.13	380.88	528.13
D3	617.75	606.88	559.13	669.00	609.13
D4	531.75	577.25	618.88	504.90	599.50
D5	638.50	615.75	740.13	557.25	631.38

**Tabla 67.**

*Resultados de Ensayos en la Determinación de Corte*

Dosificación (D)	Repeticiones en Corte (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	44.75	29.96	27.30	59.31	48.73
D2	35.07	36.73	55.22	45.93	36.39
D3	40.82	44.65	42.97	33.24	46.51
D4	39.67	30.73	46.52	29.54	51.59
D5	44.75	48.18	64.46	61.38	66.67

**Tabla 68.**

*Resultados de Ensayos en la Determinación de la Compresión Paralela*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Compresión Paralela (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	91.47	90.73	70.81	73.39	74.04
D2	110.27	75.90	72.70	52.23	83.61
D3	83.10	95.37	115.29	107.78	114.11
D4	96.11	107.34	92.67	89.64	117.83
D5	88.22	86.13	80.76	104.23	122.20

**Tabla 69.***Resultados de Ensayos en la Determinación de la Compresión Perpendicular*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Compresión Perpendicular (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	102.40	56.97	62.72	52.76	53.66
D2	88.27	53.17	54.53	52.04	151.00
D3	71.12	153.66	138.04	109.89	147.18
D4	77.58	51.88	65.68	144.97	53.60
D5	58.32	58.75	49.49	51.34	62.80

**Tabla 70.***Resultados de Ensayos en la Determinación de la Flexión Estática*

Dosificación (D)	Repeticiones en la Flexión Estática (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	78.77	87.19	85.20	83.94	82.06
D2	52.34	61.56	58.60	60.82	63.55
D3	60.91	48.76	57.90	49.82	59.62
D4	56.86	62.73	48.96	65.27	68.40
D5	63.57	68.47	65.73	58.96	71.51

**Tabla 71.***Resultados de Ensayos en la Tensión Paralela*

Dosificación (D)	Repeticiones la Tensión Paralela (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	11.278	20.423	21.988	15.226	19.462
D2	18.113	15.838	19.376	19.032	19.032
D3	10.272	19.476	20.025	19.516	27.354
D4	26.812	31.111	40.532	51.403	58.457
D5	35.239	119.654	61.353	129.178	61.936

**Tabla 72.***Resultados de Ensayos en la Tensión Perpendicular*

Dosificación (D)	Repeticiones la Tensión Perpendicular (R) en kgf/cm <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5
D1	23.40	27.92	25.13	35.47	22.19
D2	28.05	13.09	21.42	25.34	38.02
D3	17.17	10.87	23.55	13.16	18.84
D4	33.05	34.14	29.10	30.78	33.87
D5	29.84	20.35	33.82	28.38	24.02

**Tabla 73.***Resumen General de Resultados Ensayados en el Laboratorio*

Dosificación	Repeticiones	VD-1			VD-2				
		Densidad gr/cm3	Dureza kgf	Corte kgf/cm2	Compresión paralela kgf/cm2	Compresión perpendicular kgf/cm2	Flexión estática kgf/cm2	Tensión paralela kgf/cm2	Tensión paralela kgf/cm2
D-1	R-1	0.89	456.00	44.75	91.47	102.40	78.77	11.278	23.40
	R-2	0.90	481.25	29.96	90.73	56.97	87.19	20.423	27.92
	R-3	0.93	617.75	27.30	70.81	62.72	85.20	21.988	25.13
	R-4	0.89	340.38	59.31	73.39	52.76	83.94	15.226	35.47
	R-5	0.92	597.13	48.73	74.04	53.66	82.06	19.462	22.19
D-2	R-1	0.93	628.25	35.07	110.27	88.27	52.34	18.113	28.05
	R-2	0.92	594.25	36.73	75.90	53.17	61.56	15.838	13.09
	R-3	0.83	499.13	55.22	72.70	54.53	58.60	19.376	21.42
	R-4	0.81	380.88	45.93	52.23	52.04	60.82	19.032	25.34
	R-5	0.87	528.13	36.39	83.61	151.00	63.55	17.739	38.02
D-3	R-1	0.88	617.75	40.82	83.10	71.12	60.91	10.272	17.17
	R-2	0.87	606.88	44.65	95.37	153.66	48.76	19.476	10.87
	R-3	0.88	559.13	42.97	115.29	138.04	57.90	20.025	23.55
	R-4	0.88	669.00	33.24	107.78	109.89	49.82	19.516	13.16
	R-5	0.87	609.13	46.51	114.11	147.18	59.62	27.354	18.84
D-4	R-1	0.89	531.75	39.67	96.11	77.58	56.86	26.812	33.05
	R-2	0.89	577.25	30.73	107.34	51.88	62.73	31.111	34.14
	R-3	0.91	618.88	46.52	92.67	65.68	48.96	40.532	29.10
	R-4	0.94	504.90	29.54	89.64	144.97	65.27	51.403	30.78
	R-5	0.86	599.50	51.59	117.83	53.60	68.40	58.457	33.87
D-5	R-1	0.90	638.50	44.75	88.22	58.32	63.57	35.239	29.84
	R-2	0.92	615.75	48.18	86.13	58.75	68.47	119.654	20.35
	R-3	0.94	740.13	64.46	80.76	49.49	65.73	61.353	33.82
	R-4	0.83	557.25	61.38	104.23	51.34	58.96	129.178	28.38
	R-5	0.96	631.38	66.67	122.20	62.80	71.51	61.936	24.02

### 4.3. RESUMEN DE LOS ENSAYOS A EVALUAR

**Tabla 74.**

*Resultados Generales en Comparación con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela (kgf/cm <sup>2</sup> )	Compresión Perpendicular (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flexión Estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensión Paralela (kgf/cm <sup>2</sup> )
D1	0.91	42.01	80.09	65.70	83.43	17.68
D2	0.87	41.87	78.94	79.80	59.37	18.02
D3	0.88	41.64	103.13	123.98	55.40	19.33
D4	0.90	39.61	100.72	78.74	60.44	41.66
D5	0.91	57.09	96.31	56.14	65.65	81.47
<b>Clasificación</b>						
<b>NORMA E.010</b>						
<b>Grupo A</b>	≥ 0.71	15.00	145.00	40.00	210.00	145.00
<b>Grupo B</b>	0.56 a 0.70	12.00	110.00	28.00	150.00	105.00
<b>Grupo C</b>	0.40 a 0.55	8.00	80.00	15.00	100.00	75.00

**Tabla 75.**

*Clasificación y Comparación de la Densidad con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Clasificación Según Norma (gr/cm <sup>3</sup> )			Clasificación Según Resultados	Observación
		Grupo A	Grupo B	Grupo C		
D1	0.91				Grupo A	Madera de densidad alta
D2	0.87				Grupo A	Madera de densidad alta
D3	0.88	≥ 0.71	0.56 a 0.70	0.40 a 0.55	Grupo A	Madera de densidad alta
D4	0.88				Grupo A	Madera de densidad alta
D5	0.90				Grupo A	Madera de densidad alta

**Tabla 76.***Evaluación de los Resultados de Corte con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valores Según Norma (Kg/cm <sup>2</sup> )			Evaluación Según Resultados	Observación
		Grupo A	Grupo B	Grupo C		
D1	42.01				Cumple	42.01 > 15.00
D2	41.87				Cumple	41.87 > 15.00
D3	41.64	15.00	12.00	8.00	Cumple	41.64 > 15.00
D4	39.61				Cumple	39.61 > 15.00
D5	57.09				Cumple	57.09 > 15.00

**Tabla 77.***Evaluación de los Resultados de la Compresión Paralela con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Compresión Paralela (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valores Según Norma (Kg/cm <sup>2</sup> )			Evaluación Según Resultados	Observación
		Grupo A	Grupo B	Grupo C		
D1	80.09				No Cumple	80.09 < 145.00
D2	78.94				No Cumple	78.94 < 145.00
D3	103.13	145.00	110.00	80.00	No Cumple	103.13 < 45.00
D4	100.72				No Cumple	100.72 < 45.00
D5	96.31				No Cumple	96.31 < 145.00

**Tabla 78.***Evaluación de los Resultados de la Compresión Perpendicular con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Compresión Perpendicular (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valores Según Norma (Kg/cm <sup>2</sup> )			Evaluación Según Resultados	Observación
		Grupo A	Grupo B	Grupo C		
D1	65.70				Cumple	65.70 > 40.00
D2	79.80				Cumple	79.80 > 40.00
D3	123.98	40.00	28.00	15.00	Cumple	123.98 > 40.00
D4	78.74				Cumple	78.74 > 40.00
D5	56.14				Cumple	56.14 > 40.00

**Tabla 79.***Evaluación de los Resultados de la Flexión Estática con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Flexión Estática (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valores Según Norma (Kg/cm <sup>2</sup> )			Evaluación Según Resultados	Observación
		Grupo A	Grupo B	Grupo C		
<b>D1</b>	83.43				No Cumple	83.43 < 210.00
<b>D2</b>	59.37				No Cumple	59.37 < 210.00
<b>D3</b>	55.40	210.00	150.00	100.00	No Cumple	55.40 < 210.00
<b>D4</b>	60.44				No Cumple	60.44 < 210.00
<b>D5</b>	65.65				No Cumple	65.65 < 210.00

**Tabla 80.***Evaluación de los Resultados de la Tensión Paralela con la NTP E.010 de Madera*

Dosificación	Tensión Paralela (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valores Según Norma (Kg/cm <sup>2</sup> )			Evaluación Según Resultados	Observación
		GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C		
<b>D1</b>	17.68				No Cumple	17.68 < 145.00
<b>D2</b>	18.02				No Cumple	18.02 < 145.00
<b>D3</b>	19.33	145.00	105.00	75.00	No Cumple	19.33 < 145.00
<b>D4</b>	41.66				No Cumple	41.66 < 145.00
<b>D5</b>	81.47				No Cumple	81.47 < 145.00

#### 4.4. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE FABRICACION DE LA MADERA PLÁSTICA POR PIE2.

**Tabla 81.**

*Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D1*

<b>Análisis de Costo Unitario de la Madera Plástica de da Dosificación D1</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>p2/día</b>	<b>16.00</b>			
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2.00	1.00	7.50	7.50
ayudante	hh	1.00	0.50	5.00	2.50
					<b>10.00</b>
<b>Materiales</b>					
Plástico triturado	kg		1.46	3.50	5.12
Escobajo de palma aceitera	kg		0.26	0.20	0.05
Aceite de cocina	lt		0.02	5.00	0.12
Gas	bal		0.03	31.00	1.07
Gasolina 90 OCT	gln		0.0500	9.50	0.48
Molde para probetas	und		0.0026	500.00	1.30
					<b>8.13</b>
<b>Equipos</b>					
Horno a gas	und		0.0077	2,300.00	17.71
Trituradora para escobajo	und		0.0003	1,000.00	0.30
Cierra de banco	und		0.0019	750.00	1.43
Prensa Hidráulica de 12 Tn	und		0.0019	1,500.00	2.85
Herramientas manuales	%MO		5.0000	10.00	0.50
					<b>22.79</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>40.92</b>

**Tabla 82.***Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D2*

<b>Análisis de Costo Unitario de la Madera Plástica de da Dosificación D2</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>p2/día</b>	<b>16.00</b>			
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2.00	1.00	7.50	7.50
ayudante	hh	1.00	0.50	5.00	2.50
					<b>10.00</b>
<b>Materiales</b>					
Plástico triturado	kg		1.5100	3.50	5.27
Escobajo de palma aceitera	kg		0.2200	0.20	0.04
Aceite de cocina	lt		0.0200	5.00	0.12
Gas	bal		0.0300	31.00	1.07
Gasolina 90 OCT	gln		0.0500	9.50	0.48
Molde para probetas	und		0.0026	500.00	1.30
					<b>8.28</b>
<b>Equipos</b>					
Horno a gas	und		0.0077	2,300.00	17.71
Trituradora para escobajo	und		0.0003	1,000.00	0.30
Cierra de banco	und		0.0019	750.00	1.43
Prensa Hidráulica de 12 Tn	und		0.0019	1,500.00	2.85
Herramientas manuales	%MO		5.0000	10.00	0.50
					<b>22.79</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>41.06</b>

**Tabla 83.***Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D3*

<b>Análisis de Costo Unitario de la Madera Plástica de da Dosificación D3</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>p2/día</b>	<b>16.00</b>			
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2.00	1.00	7.50	7.50
ayudante	hh	1.00	0.50	5.00	2.50
					<b>10.00</b>
<b>Materiales</b>					
Plástico triturado	kg		1.55	3.50	5.42
Escobajo de palma aceitera	kg		0.17	0.20	0.03
Aceite de cocina	lt		0.02	5.00	0.12
Gas	bal		0.03	31.00	1.07
Gasolina 90 OCT	gln		0.0500	9.50	0.48
Molde para probetas	und		0.0026	500.00	1.30
					<b>8.42</b>
<b>Equipos</b>					
Horno a gas	und		0.0077	2,300.00	17.71
Trituradora para escobajo	und		0.0003	1,000.00	0.30
Cierra de banco	und		0.0019	750.00	1.43
Prensa Hidráulica de 12 Tn	und		0.0019	1,500.00	2.85
Herramientas manuales	%MO		5.0000	10.00	0.50
					<b>22.79</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>41.20</b>

**Tabla 84.***Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D4*

<b>Análisis de Costo Unitario de la Madera Plástica de da Dosificación D4</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>p2/día</b>	<b>16.00</b>			
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2.00	1.00	7.50	7.50
ayudante	hh	1.00	0.50	5.00	2.50
					<b>10.00</b>
<b>Materiales</b>					
Plástico triturado	kg		1.59	3.50	5.57
Escobajo de palma aceitera	kg		0.13	0.20	0.03
Aceite de cocina	lt		0.02	5.00	0.12
Gas	bal		0.03	31.00	1.07
Gasolina 90 OCT	gln		0.0500	9.50	0.48
Molde para probetas	und		0.0026	500.00	1.30
					<b>8.56</b>
<b>Equipos</b>					
Horno a gas	und		0.0077	2,300.00	17.71
Trituradora para escobajo	und		0.0003	1,000.00	0.30
Cierra de banco	und		0.0019	750.00	1.43
Prensa Hidráulica de 12 Tn	und		0.0019	1,500.00	2.85
Herramientas manuales	%MO		5.0000	10.00	0.50
					<b>22.79</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>41.35</b>

**Tabla 85.***Análisis de Costo Unitario de la Dosificación D5*

<b>Análisis de Costo Unitario de la Madera Plástica de da Dosificación D5</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>p2/día</b>	<b>16.00</b>			
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2.00	1.00	7.50	7.50
ayudante	hh	1.00	0.50	5.00	2.50
					<b>10.00</b>
<b>Materiales</b>					
Plástico triturado	kg		1.63	3.50	5.72
Escobajo de palma aceitera	kg		0.09	0.20	0.02
Aceite de cocina	lt		0.02	5.00	0.12
Gas	bal		0.03	31.00	1.07
Gasolina 90 OCT	gln		0.0500	9.50	0.48
Molde para probetas	und		0.0026	500.00	1.30
					<b>8.70</b>
<b>Equipos</b>					
Horno a gas	und		0.0077	2,300.00	17.71
Trituradora para escobajo	und		0.0003	1,000.00	0.30
Cierra de banco	und		0.0019	750.00	1.43
Prensa Hidráulica de 12 Tn	und		0.0019	1,500.00	2.85
Herramientas manuales	%MO		5.0000	10.00	0.50
					<b>22.79</b>
<b>Costo unitario directo</b>					<b>41.49</b>

**Tabla 86.***Costos Unitarios por Cada Dosificación*

<b>Resumen del Costo Unitario por Cada Dosificación</b>			
<b>Dosificaciones (D)</b>	<b>Costo Unitario Directo (S/. x p2)</b>	<b>Costo Unitario Indirecto 8% del C.U.D (S/. x p2)</b>	<b>Costo Unitario Total (S/. x p2)</b>
<b>D1</b>	40.92	3.27	<b>44.19</b>
<b>D2</b>	41.06	3.29	<b>44.35</b>
<b>D3</b>	41.20	3.30	<b>44.50</b>
<b>D4</b>	41.35	3.31	<b>44.66</b>
<b>D5</b>	41.49	3.32	<b>44.80</b>

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la investigación realizada con la finalidad de poder conseguir un material ideal en el sector de la construcción, que sustituya a la madera natural estructural que se viene utilizando con un gran porcentaje de incidencia en las construcciones de viviendas y obras en general, es visible la importancia de la innovación y desarrollo de soluciones usando los altos porcentajes de materiales reciclables que nos ayuden a mitigar y reducir los daños causados al medio ambiente.

Por lo cual esta tesis busca con la **Madera Plástica** una posible solución viable, eficiente, acertada y ecológica con la incorporación de este nuevo material, utilizando la combinación del plástico reciclado y fibra vegetal proveniente del escobajo de la palma aceitera, que hacen que nuestra propuesta sea atractiva y válida para poder suplir las necesidades de la demanda de madera en el sector de la construcción.

Sin embargo, para poder desarrollar nuestra investigación de forma eficiente y funcional de la **Madera Plástica**, se realizó los ensayos de laboratorios necesarios para poder conocer sus propiedades físicos y mecánicas en función a dosificaciones planteados y así interpretar el comportamiento de nuestro material comparados con la normatividad vigente, las cuales podemos hacer las siguientes aceptaciones o descartes de nuestra hipótesis como se muestra a continuación:

### **DE LA HIPÓTESIS GENERAL**

Se consiguió demostrar que para la hipótesis general: “Las distintas dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tienen las propiedades físico-mecánicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa”,

las dosificaciones planteadas en esta investigación y de acuerdo a la metodología de obtención del material nos dan resultados que en algunos ensayos no

superan los parámetros mínimos según establece la normatividad vigente E.010 de madera, tal como se muestra en la Tabla 74; los cuales como investigadores podemos entender, que mediante el proceso moldeo por compresión tiene muchas limitantes y factores externos al momento de obtener las probetas a ensayar que pueden ser motivo de otra investigación.

#### **DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.**

Para la hipótesis específica 1: “Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades físicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa”; de acuerdo a la Tabla 74 y la Tabla 75, todas las dosificaciones ensayadas tienen propiedades físicas con respecto a la densidad, similares a la madera estructural, tal como nos indica la norma técnica peruana E.010 de madera; es por ello, que en este caso se puede considerarla como una madera de densidad alta (Grupo A), mas no agruparlas dentro de las demás maderas naturales ya existentes en la norma; por lo tanto se acepta esta hipótesis específica.

#### **DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.**

Para la hipótesis específica 2: “Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades mecánicas igual o mayor a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa”; de acuerdo a la Tabla 74, se puede observar que, no en todos los ensayos los resultados son iguales e incluso mayores que los valores de las resistencias mecánicas mínimas que exige la norma, de tal manera que, para considerarla como posible sustituto de la madera natural estructural, es necesaria el cumplimiento de todos los ensayos de resistencias mecánicas mínimas, tales como la resistencia al corte, a la compresión paralela y perpendicular, resistencia a la flexión y resistencia a la tensión paralela según la Tabla 14; es por ello que, al considerar a la

madera plástica como un tipo de madera del Grupo A según la norma y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se realizó la siguiente evaluación:

Ya considerándola a la madera plástica como madera del Grupo A de acuerdo a su densidad tal como nos muestra la Tabla 75, se ha procedido a tomar como valor mínimo a todos aquellos valores que pertenecen al Grupo A de la norma, de tal manera que solo cumplen con los valores mínimos la resistencia al corte y la resistencia a la compresión perpendicular, quedando con valores menores al mínimo establecido, la resistencia a la compresión paralela, a la flexión y tensión paralela en todas las dosificaciones, por ende, no se acepta esta hipótesis específica.

### **DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.**

Para demostrar la hipótesis específica 3: “Los costos de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas son económicamente más rentables en la ciudad de Pucallpa”; se ha realizado un análisis unitario del costo de fabricación de la madera plástica por cada dosificación, tal como se muestran en las Tablas 81, 82, 83, 84 y 85; obteniendo así un costo unitario total tal como se muestra en la tabla 86 teniendo en cuenta que este análisis ha sido elaborado con un enfoque dirigido a nuestro proyecto de tesis, mas no con fines empresariales; se obtuvieron valores que se consideran no tan rentables para el mercado en la ciudad de Pucallpa, es por ello que la hipótesis específica 3 es rechazada eventualmente, ya que este valor puede cambiar con el tiempo, teniendo en consideración que es fundamental la adquisición de la materia prima a gran escala a un buen precio e incluso por medio del reciclaje, tanto como la mejora de los equipos tecnológicos que son fundamentales en la producción masiva de dicho producto, de tal manera hacer que la producción de la madera plástica sea rentable y viable económicamente en el futuro.

## **CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIÓN GENERAL**

En esta tesis se determinó y evaluó las propiedades físico-mecánicas de la madera plástica en función a la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, para lo cual, por medio de los ensayos de laboratorio, se obtuvo resultados favorables con respecto a la determinación de las propiedades físicas y no tan favorables en algunas propiedades de resistencias mecánicas, según nuestra evaluación con la Norma Técnica Peruana E.010 de madera.

### **CONCLUSIONES ESPECÍFICAS**

Se determinó y evaluó las propiedades físicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, para lo cual se obtuvieron los resultados de densidades en las dosificaciones D1, D2, D3, D4 y D5 valores de, 0.91 gr/cm<sup>3</sup>, 0.75 gr/cm<sup>3</sup>, 0.75 gr/cm<sup>3</sup>, 0.85 gr/cm<sup>3</sup> y 0.89 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, de tal manera concluir que esta madera plástica en todas las dosificación establecidas, sea un material denso y similar a la madera natural del Grupo A, ya que supera al valor de 0.71 gr/cm<sup>3</sup>.

Se determinó y evaluó las propiedades mecánicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, para lo cual se obtuvo como resultados valores superiores a los parámetros mínimos de resistencias mecánicas que establece la norma en los ensayos de corte y compresión perpendicular en todas las dosificaciones, y resultados con valores inferiores en los ensayos de compresión paralela, flexión estática y tensión paralela en todas las dosificaciones tal como se muestran en las Tablas 76, 77, 78, 79 y 80; teniendo en cuenta que dicha comparación está en base a la densidad del material que se obtuvo, en este caso un material del Grupo A.

Se determinó los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, para lo cual, teniendo en consideración que el análisis de precios realizado está hecho en base a un nivel de ejecución de proyecto de tesis, mas no aún análisis con fines empresariales; de tal manera que los resultados de los precios unitarios fueron de 44.19, 44.35, 44.50, 44.66 y 44.80 soles por pie cuadrado en todas las dosificaciones respectivamente; concluyendo que estos costos no son económicamente rentables por el momento, ya que se podría mejorar los rendimientos en la producción de la madera plástica por medio de la adquisición de equipos tecnológicos sofisticados, e incluso en la forma de obtención de las materias primas, como es el caso del plástico reciclado por medio del reciclaje, de tal manera reducir los costos en su fabricación.

Por último, se concluye que la evaluación más importante que se tiene que tener en cuenta, son las resistencias mecánicas de un material, ya que estas propiedades son fundamentales en los cálculos para el diseño estructural, es por ello que en esta tesis se buscó emplear una metodología capaz de desarrollar un material muy resistente, de tal manera que por medio de los cinco tratamientos planteados en proporciones de 85/15, 87.5/12.5, 90/10, 92.5/7.5 y 95/5, obtuvimos resultados que nos indica un mejor comportamiento para elementos sometidos a compresión como columnas, elementos de uniones, etc. Dando un punto de inicio para mejorar las dosificaciones y metodologías planteadas en posteriores investigaciones.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis y evaluación de la madera plástica utilizando un mayor porcentaje de fibra vegetal, porque de acuerdo a nuestras dosificaciones realizadas en la presente investigación, estas contienen más porcentaje de plástico en todas las dosificaciones, y de acuerdo a nuestros resultados se puede observar que dichos valores superan con respecto a la resistencia en compresión y corte a los valores de acuerdo a normativa, de tal manera, sea posible esperar resultados más óptimos al momento de ser ensayados en el laboratorio.

Se recomienda utilizar en la fabricación de la madera plástica para elementos de espesores mayores a 1 pulgada como listones o unidades de albañilería, el método de extrusión, y el método moldeo por compresión para elementos delgados como tablones, planchas entre otros, teniendo en cuenta que en este método la mezcla del plástico con la fibra es manual, mientras que por el método de extrusión el mecanismo de mezclado es por medio de engranajes con temperaturas reguladas, la cual es mucho más eficiente.

Se recomienda realizar investigaciones sobre la fabricación de la madera plástica en unidades de albañilería, ya que, de acuerdo a nuestros resultados, se puede ver claramente que tiene buena resistencia a la compresión y corte, lo que le hace un material ideal para el diseño de estructuras de albañilería.

Por ultimo recomendamos la investigación y el uso de este material porque resulta de gran impacto, ya que lejos de producir efectos muy dañinos y adversos al medio ambiente ayuda a reutilizar la gran cantidad de volúmenes de los desechos que generamos día tras día a nivel nacional e internacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- "Propiedades físicas". (28 de Diciembre de 2018). Obtenido de En: Significados.com:  
<https://www.significados.com/propiedad-fisica/>
- "Propiedades Mecánicas". (27 de Mayo de 2013). Obtenido de Explicación detallada de las Propiedades Mecánicas de los materiales.:  
<https://es.slideshare.net/paolanathaly/propiedades-mecnicas-22010640>
- Amézquita Del Águila, A. J. (2019). *NIVEL ÓPTIMO DE BIOECOL PROBAC PARA LA DESCOMPOSICIÓN DEL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq) Y NIVEL NUTRICIONAL DEL COMPOST EN UCAYALI, PERÚ*. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali].  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4052/000003684T\\_AGRONOMI A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4052/000003684T_AGRONOMI_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arellano, L., Albiño, F. G., Mora, D. B., Mosguidt, D. M., Sobenis, G. M., & Velasco, C. V. (2016). ELABORACIÓN DE PLANCHAS CELU-PLASTICAS A TRAVÉS DEL RECICLAJE DE CELULOSA RESIDUAL Y TEREFTALATO DE POLIETILENO. *Universidad & Ciencia*, 5(1), 52-58.  
<http://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/242/1025>
- Burga Pereyra, C. A. (2014). *Diseño de un molde para la fabricación de superficies de carpetas ergonómicas utilizando termoplásticos reciclados y madera recuperada*. [Tesis para optar al Título de Ingeniero Mecánico, Póntifica Universidad Católica del Perú].  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5711>
- CienciaOnTv. (30 de Enero de 2020). El Plástico [Video]. Youtube.  
<https://youtu.be/f0R3nlxMfi8>
- Delgado Saenz, J. A. (2019). *EFFECTO DE DIFERENTES MEZCLAS DE ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA Y LOMBRIZ DE TIERRA (Eisenia foetida) PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y CONCENTRACION DE ACEITES Y GRASAS DEL EFLUENTE DE LA INDUSTRIA PALM OLEO S.A.C., DEPARTAMENTO DE UCAYA*. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Ucayali].  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4441/000004376T\\_AMBIENTAL .pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4441/000004376T_AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- García, Á., Amado, M., Campbell, H., Brito, Reyna, & Toscano, L. (2013). Madera plástica con paja de trigo y matriz polimérica. *Tecnología en Marcha*, 26(3), 26-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835722>
- HARO BRAÑEZ, L. E. (2016). *Estudio del sinterizado de materiales compuestos de plástico reciclado y madera recuperada mediante moldeo por compresión*. [Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería y Ciencia de los materiales, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7543#:~:text=A%20partir%20del%20estudio%20del,en%20geometr%C3%ADa%20de%20flexi%C3%B3n%20se>
- Mariano. (6 de Febrero de 2014). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado.: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>
- Martínez, Y., Fernández, R., Álvarez, D., García, M., & Martínez, E. (2014). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(3), 227-236. doi:<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.02.003>
- Medina Vizcaíno, L. C. (2015). *REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA [Tesis de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1771/>
- Ministerio del Ambiente [MINAN], PE (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Dirección General de Calidad Ambiental. Recuperado de [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia\\_riesgos\\_ambientales.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)
- Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (2014), Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales tipo domiciliario, Distrito de Callería.
- Norma Técnica Peruana E.010 - Madera. (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones-Estructuras* (8va ed.). Lima, Perú.: ICG.
- Pérez Méndez, E. V. (2010). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS PARA UN SUSTITUTO DE MADERA NATURAL ELABORADO A BASE DE PLÁSTICOS RECICLADOS*. [Tesis de Graduación Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3198\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3198_C.pdf)

- Rincón Garzón, L., Rodríguez Carmona, E., & Espitia Cubillos, A. (2018). Madera plástica. Un producto amigo del planeta. *Semilleros*, 3(5), 41. <https://revistas.fio.unam.edu.ar/index.php/semillero/article/view/71>
- Rivera Tello, M. V. (2014). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ADECUADOS PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA POR COMPRESIÓN EN CALIENTE DE MEZCLAS DE DESECHOS DE MADERA TECA (Tectona grandis) REDUCIDOS A ASERRÍN Y POLIPROPILENO*. [Trabajo De Graduación, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1404\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1404_Q.pdf)
- ZEGARRA VÁSQUEZ, M. J. (2018). *CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD DEL RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS DISTRITOS DE CALLERÍA, YARINACOCHA, MANANTAY Y CAMPOVERDE, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO-UCAYALI*. [Tesis para optar el grado académico de maestro en medio ambiente, gestión sostenible y responsabilidad social, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3653>
- Zevallos Rios, S. P. (2015). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali; 2015*. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2229>

# MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES DE ESTUDIO/DIMENSIONES/INDICADORES /UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGIA
	<b>1. Problema General</b>	<b>1. Objetivo General</b>	<b>1. Hipotesis General</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Tipo de Investigación</b>
	¿Tendrá la madera plástica, las propiedades físico-mecánicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, generada a partir de la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?	Determinar y evaluar las propiedades físico-mecánicas de la madera plástica en función a la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para el uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	Las distintas dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tienen las propiedades físico-mecánicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	* Dosificaciones: 85/15, 87.5/12.5, 90/10, 92.5/7.5 y 95/5 de PR y FV respectivamente.  * Dosificación de los insumos  * Proporción de masa por cada insumo  * % en kg	Aplicada tecnológica.  <b>Nivel de investigación</b>  Experimental.
	<b>2. Problemas Específicos</b>	<b>2. Objetivos Específicos</b>	<b>2. Hipotesis Específicos</b>	<b>Variables Dependientes</b>	<b>Muestra</b>
"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la madera plástica en función a la dosificación plástico reciclado y fibra vegetal en comparación con la madera convencional en la ciudad de Pucallpa"	¿Tendrá la madera plástica las propiedades físicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?	Determinar y evaluar las propiedades físicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades físicas similares a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	* Propiedades físicas  * Densidad y Dureza.  * Relación masa/volumen y Resistencia característica a la penetración.  * gr/cm3 y kgf  * Propiedades mecánicas	La muestra será de tipo no probabilístico o intencional, donde se tomará a la muestra igual a la población.  Número de Unidades Experimentales por repetición = 8  Número de Unidades Experimentales por Tratamiento = 40  Número de Unidades Experimentales totales = 200
	¿Tendrá la madera plástica las propiedades mecánicas igual o mayor a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?	Determinar y evaluar las propiedades mecánicas de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera en comparación con la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	Al menos una de las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera de la madera plástica, tiene las propiedades mecánicas igual o mayor a la madera convencional para uso estructural, tal como establece la norma E.010 de madera, en la ciudad de Pucallpa.	* Resistencia al corte, Resistencia a la compresión paralela, Resistencia a la compresión perpendicular, Resistencia a la flexión estática, Resistencia a la tensión paralela y la Resistencia a la tensión perpendicular.	<b>Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos</b>  1. Obtención de la materia prima  2. Trituración, lavado y secado.
	¿Cuáles serán los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa?	Determinar los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, en la ciudad de Pucallpa.	Los costos unitarios de elaboración de la madera plástica en las cinco dosificaciones planteadas entre el plástico reciclado y la fibra vegetal del escobajo de palma aceitera, son económicamente más rentables en la ciudad de Pucallpa.	* Resistencia característica al corte, a la Compresión paralela, Compresión perpendicular, Flexión estática, Tensión paralela y Tensión perpendicular.  * Kg/cm2	3. Horneado, compactado, enfriado, cortado y almacenamiento de las muestras.  4. Ensayos en el laboratorio.  5. Procesamiento de datos.  6. Análisis estadístico y evaluación de las propiedades físico-mecánicas con la norma E.010 de madera.  7. Validación de hipótesis, conclusiones y recomendaciones.  8. Elaboración del informe final.

## ANEXOS

### PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 70.** *Instalación de la Trituradora de Escobajo y la Prensa Hidráulica*



**Figura 71.** *Principales Equipos en la Elaboración de la Madera Plástica*



**Figura 72.** *Muestra de la Madera Plástica Antes de Realizar los Cortes*



**Figura 73.** *Cierra de Mesa Utilizada en el Corte de la Madera Plástica*



**Figura 74.** Avance de Probetas Cortadas Durante el Proceso de Fabricación



**Figura 75.** Muestras de Probetas Después de Ser Comprimidas



**Figura 76.** *Madera Plástica Cortada para Ensayo de Flexión Estática*



**Figura 77.** *Corte de la Madera Plástica para Ensayo de Tensión Perpendicular*



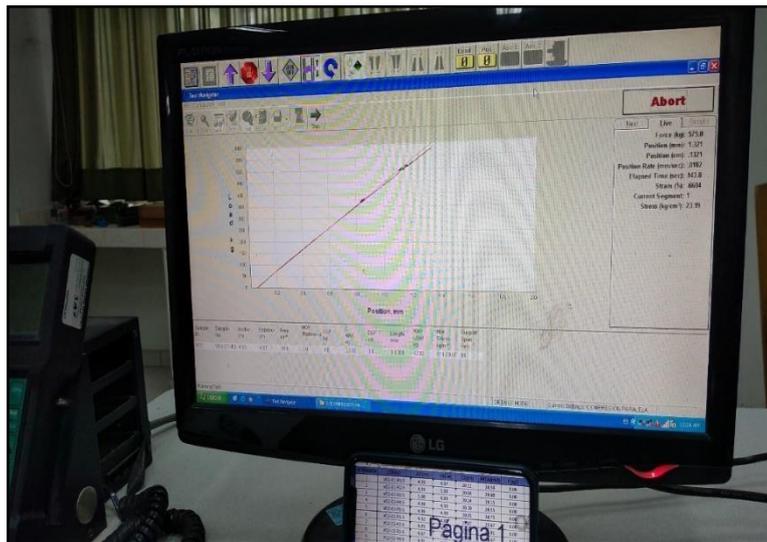
**Figura 78.** Muestras de Madera Plástica Listas para Ser Ensayadas



**Figura 79.** Vernier Digital Utilizado en la Toma de Medidas



**Figura 80.** Prensa Universal Utilizada en los Ensayos



**Figura 81.** Software Utilizado en el Laboratorio para los Respectivos Ensayos



**Figura 82.** *Accesorio Utilizado para el Ensayo de Tensión Perpendicular*



**Figura 83.** *Colocación de la Muestra para el Ensayo de Tensión Perpendicular*



**Figura 84.** *Accesorios Utilizados en los Ensayos de Laboratorio*



**Figura 85.** *Balanza Electrónica Utilizada en el Laboratorio*



Nota: Visita a la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA), para Realizar Ensayo de Tensión Paralela, Elaboración Propia

**Figura 86.** *Entrada de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA)*



Nota: Probeta para Ensayo de Tensión Paralela Realizada en el Laboratorio de la UNIA, Elaboración Propia.

**Figura 87.** *Ensayo de Tensión Paralela*

**FORMATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CS. FORESTALES Y AMBIENTALES (LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.**

**Universidad Nacional de Ucayali  
car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa  
Fac CS Forestales y Ambientales  
Lab de Tecnologia de la Madera**

**DUREZA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD1	VD1-D1-R1-2-L1	5.0	5.0	25	430
VD1	VD1-D1-R1-2-L2	5.0	5.0	25	277
VD1	VD1-D1-R1-2-L3	5.0	5.0	25	609
VD1	VD1-D1-R1-2-L5	5.0	5.0	25	518
VD1	VD1-D1-R1-2-L6	5.0	5.0	25	177.8
VD1	VD1-D1-R2-2-L1	5.0	5.0	25	629
VD1	VD1-D1-R2-2-L2	5.0	5.0	25	489
VD1	VD1-D1-R2-2-L3	5.0	5.0	25	384
VD1	VD1-D1-R2-2-L4	5.0	5.0	25	530
VD1	VD1-D1-R2-2-L5	5.0	5.0	25	500
VD1	VD1-D1-R2-2-L6	5.0	5.0	25	409
VD1	VD1-D1-R3-2-L1	5.0	5.0	25	578
VD1	VD1-D1-R3-2-L1	5.0	5.0	25	490
VD1	VD1-D1-R3-2-L3	5.0	5.0	25	683
VD1	VD1-D1-R3-2-L4	5.0	5.0	25	567
VD1	VD1-D1-R3-2-L5	5.0	5.0	25	673
VD1	VD1-D1-R3-2-L6	5.0	5.0	25	639
VD1	VD1-D1-R4-2-L1	5.0	5.0	25	379
VD1	VD1-D1-R4-2-L2	5.0	5.0	25	300
VD1	VD1-D1-R4-2-L3	5.0	5.0	25	245
VD1	VD1-D1-R4-2-L4	5.0	5.0	25	341
VD1	VD1-D1-R4-2-L5	5.0	5.0	25	342
VD1	VD1-D1-R4-2-L6	5.0	5.0	25	387
VD1	VD1-D1-R5-2-L1	5.0	5.0	25	645
VD1	VD1-D1-R5-2-L2	5.0	5.0	25	644
VD1	VD1-D1-R5-2-L3	5.0	5.0	25	548
VD1	VD1-D1-R5-2-L4	5.0	5.0	25	582
VD1	VD1-D1-R5-2-L5	5.0	5.0	25	509
VD1	VD1-D1-R5-2-L6	5.0	5.0	25	670
VD1	VD1-D2-R1-2-L1	5.0	5.0	25	547
VD1	VD1-D2-R1-2-L2	5.0	5.0	25	516
VD1	VD1-D2-R1-2-L3	5.0	5.0	25	739
VD1	VD1-D2-R1-2-L4	5.0	5.0	25	626
VD1	VD1-D2-R1-2-L6	5.0	5.0	25	669
VD1	VD1-D2-R2-2-L1	5.0	5.0	25	854
VD1	VD1-D2-R2-2-L2	5.0	5.0	25	606
VD1	VD1-D2-R2-2-L3	5.0	5.0	25	680
VD1	VD1-D2-R2-2-L4	5.0	5.0	25	586
VD1	VD1-D2-R2-2-L5	5.0	5.0	25	469
VD1	VD1-D2-R2-2-L6	5.0	5.0	25	622
Average		5.0	5.0	25	527
SD		0.0	0.0	0.0	146.2
COV, %					27.7

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnologia de la Madera**

**DUREZA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD1	VD1-D2-R3-2-L1	5.0	5.0	25	553
VD1	VD1-D2-R3-2-L2	5.0	5.0	25	486
VD1	VD1-D2-R3-2-L3	5.0	5.0	25	581
VD1	VD1-D2-R3-2-L4	5.0	5.0	25	395
VD1	VD1-D2-R3-2-L5	5.0	5.0	25	352
VD1	VD1-D2-R3-2-L6	5.0	5.0	25	637
VD1	VD1-D2-R4-2-L1	5.0	5.0	25	495
VD1	VD1-D2-R4-2-L2	5.0	5.0	25	307
VD1	VD1-D2-R4-2-L3	5.0	5.0	25	621
VD1	VD1-D2-R4-2-L4	5.0	5.0	25	348
VD1	VD1-D2-R4-2-L6	5.0	5.0	25	473
VD1	VD1-D2-R5-2-L2	5.0	5.0	25	555
VD1	VD1-D2-R5-2-L3	5.0	5.0	25	559
VD1	VD1-D2-R5-2-L4	5.0	5.0	25	647
VD1	VD1-D2-R5-2-L5	5.0	5.0	25	498
VD1	VD1-D2-R5-2-L6	5.0	5.0	25	541
VD1	VD1-D3-R1-2-L1	5.0	5.0	25	650
VD1	VD1-D3-R1-2-L2	5.0	5.0	25	697
VD1	VD1-D3-R1-2-L3	5.0	5.0	25	606
VD1	VD1-D3-R1-2-L4	5.0	5.0	25	637
VD1	VD1-D3-R1-2-L5	5.0	5.0	25	610
VD1	VD1-D3-R1-2-L6	5.0	5.0	25	566
VD1	VD1-D3-R2-2-L1	5.0	5.0	25	742
VD1	VD1-D3-R2-2-L2	5.0	5.0	25	668
VD1	VD1-D3-R2-2-L3	5.0	5.0	25	686
VD1	VD1-D3-R2-2-L4	5.0	5.0	25	717
VD1	VD1-D3-R2-2-L5	5.0	5.0	25	492
VD1	VD1-D3-R2-2-L6	5.0	5.0	25	642
VD1	VD1-D3-R3-2-L1	5.0	5.0	25	557
VD1	VD1-D3-R3-2-L3	5.0	5.0	25	595
VD1	VD1-D3-R3-2-L4	5.0	5.0	25	682
VD1	VD1-D3-R3-2-L6	5.0	5.0	25	612
VD1	VD1-D3-R4-2-L1	5.0	5.0	25	792
VD1	VD1-D3-R4-2-L2	5.0	5.0	25	607
VD1	VD1-D3-R4-2-L3	5.0	5.0	25	669
VD1	VD1-D3-R4-2-L4	5.0	5.0	25	699
VD1	VD1-D3-R4-2-L5	5.0	5.0	25	643
VD1	VD1-D3-R4-2-L6	5.0	5.0	25	688
VD1	VD1-D3-R5-2-L1	5.0	5.0	25	665
VD1	VD1-D3-R5-2-L2	5.0	5.0	25	882
VD1	VD1-D3-R5-2-L3	5.0	5.0	25	694
VD1	VD1-D3-R5-2-L4	5.0	5.0	25	557
VD1	VD1-D3-R5-2-L5	5.0	5.0	25	677
VD1	VD1-D3-R5-2-L6	5.0	5.0	25	520
VD1	VD1-D4-R1-2-L1	5.0	5.0	25	584
VD1	VD1-D4-R1-2-L2	5.0	5.0	25	563
VD1	VD1-D4-R1-2-L3	5.0	5.0	25	589
VD1	VD1-D4-R1-2-L4	5.0	5.0	25	470
VD1	VD1-D4-R1-2-L5	5.0	5.0	25	487
VD1	VD1-D4-R1-2-L6	5.0	5.0	25	537
VD1	VD1-D4-R2-2-L1	5.0	5.0	25	623
VD1	VD1-D4-R2-2-L2	5.0	5.0	25	545
VD1	VD1-D4-R2-2-L3	5.0	5.0	25	570
VD1	VD1-D4-R2-2-L4	5.0	5.0	25	710
VD1	VD1-D4-R2-2-L5	5.0	5.0	25	449
VD1	VD1-D4-R2-2-L6	5.0	5.0	25	646
Average		5.0	5.0	25	591
SD		0.0	0.0	0.0	107.9
COV, %					18.26

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnologia de la Madera**

**DUREZA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD1	VD1-D4-R5-2-L1	5.0	5.0	25	486
VD1	VD1-D4-R5-2-L2	5.0	5.0	25	674
VD1	VD1-D4-R5-2-L3	5.0	5.0	25	557
VD1	VD1-D4-R5-2-L4	5.0	5.0	25	752
VD1	VD1-D4-R5-2-L5	5.0	5.0	25	619
VD1	VD1-D4-R5-2-L6	5.0	5.0	25	622
VD1	VD1-D4-R4-2-L1	5.0	5.0	25	583
VD1	VD1-D4-R4-2-L2	5.0	5.0	25	553
VD1	VD1-D4-R4-2-L3	5.0	5.0	25	508
VD1	VD1-D4-R4-2-L4	5.0	5.0	25	657
VD1	VD1-D4-R4-2-L5	5.0	5.0	25	671
VD1	VD1-D4-R4-2-L6	5.0	5.0	25	198.1
VD1	VD1-D4-R5-2-L1	5.0	5.0	25	596
VD1	VD1-D4-R5-2-L2	5.0	5.0	25	578
VD1	VD1-D4-R5-2-L3	5.0	5.0	25	676
VD1	VD1-D4-R5-2-L4	5.0	5.0	25	526
VD1	VD1-D4-R5-2-L5	5.0	5.0	25	648
VD1	VD1-D4-R5-2-L6	5.0	5.0	25	562
VD1	VD1-D5-R1-2-L1	5.0	5.0	25	636
VD1	VD1-D5-R1-2-L2	5.0	5.0	25	687
VD1	VD1-D5-R1-2-L3	5.0	5.0	25	297
VD1	VD1-D5-R1-2-L4	5.0	5.0	25	706
VD1	VD1-D5-R1-2-L5	5.0	5.0	25	703
VD1	VD1-D5-R1-2-L6	5.0	5.0	25	688
VD1	VD1-D5-R2-2-L1	5.0	5.0	25	795
VD1	VD1-D5-R2-2-L2	5.0	5.0	25	842
VD1	VD1-D5-R2-2-L3	5.0	5.0	25	794
VD1	VD1-D5-R2-2-L4	5.0	5.0	25	609
VD1	VD1-D5-R2-2-L5	5.0	5.0	25	444
VD1	VD1-D5-R2-2-L6	5.0	5.0	25	499
Average		5.0	5.0	25	606
SD		0.0	0.0	0.0	136.3
COV, %					22.5

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnologia de la Madera**

**DUREZA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD1	VD1-D5-R3-2-L1	5.0	5.0	25	780
VD1	VD1-D5-R3-2-L2	5.0	5.0	25	767
VD1	VD1-D5-R3-2-L3	5.0	5.0	25	692
VD1	VD1-D5-R3-2-L4	5.0	5.0	25	774
VD1	VD1-D5-R3-2-L5	5.0	5.0	25	704
VD1	VD1-D5-R3-2-L6	5.0	5.0	25	750
VD1	VD1-D5-R4-2-L1	5.0	5.0	25	518
VD1	VD1-D5-R4-2-L2	5.0	5.0	25	540
VD1	VD1-D5-R4-2-L3	5.0	5.0	25	550
VD1	VD1-D5-R4-2-L4	5.0	5.0	25	776
VD1	VD1-D5-R4-2-L5	5.0	5.0	25	661
VD1	VD1-D5-R4-2-L6	5.0	5.0	25	376
VD1	VD1-D5-R5-2-L1	5.0	5.0	25	600
VD1	VD1-D5-R5-2-L2	5.0	5.0	25	677
VD1	VD1-D5-R5-2-L3	5.0	5.0	25	620
VD1	VD1-D5-R5-2-L4	5.0	5.0	25	668
VD1	VD1-D5-R5-2-L5	5.0	5.0	25	677
VD1	VD1-D5-R5-2-L6	5.0	5.0	25	566
Average		5.0	5.0	25	650
SD		0.0	0.0	0.0	109.4
COV, %					16.84

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnologia de la Madera**

**CIZALLAMIENTO**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD2	VD2-D1-R1-3	4.84	5.06	24.49	1096
VD2	VD2-D1-R2-3	4.90	5.00	24.50	734
VD2	VD2-D1-R3-3	4.80	5.03	24.14	659
VD2	VD2-D1-R4-3	4.93	4.89	24.11	1430
VD2	VD2-D1-R5-3	5.18	5.11	26.47	1290
VD2	VD2-D2-R1-3	4.66	5.11	23.81	835
VD2	VD2-D2-R2-3	4.68	4.95	23.17	851
Average		4.8557	5.0214	24.38	
SD		0.1757	0.0817	1.026	

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD2	VD2-D2-R3-3	4.68	5.20	24.34	1344
VD2	VD2-D2-R4-3	4.75	4.94	23.47	1078
VD2	VD2-D2-R5-3	4.94	5.14	25.39	924
VD2	VD2-D3-R1-3	4.87	5.11	24.89	1016
VD2	VD2-D3-R2-3	4.84	4.96	24.01	1072
VD2	VD2-D3-R3-3	4.73	4.87	23.04	990
VD2	VD2-D3-R4-3	4.90	5.01	24.55	816
VD2	VD2-D3-R5-3	4.99	4.96	24.75	1151
VD2	VD2-D4-R1-3	4.91	4.98	24.45	970
VD2	VD2-D4-R2-3	4.94	4.90	24.21	744
VD2	VD2-D4-R3-3	5.05	4.75	23.99	1116
VD2	VD2-D4-R4-3	4.98	5.05	25.15	743
VD2	VD2-D4-R5-3	4.99	5.17	25.80	1331
VD2	VD2-D5-R1-3	4.63	5.12	23.71	1061
VD2	VD2-D5-R2-3	4.66	4.94	23.02	1109
VD2	VD2-D5-R3-3	4.80	5.07	24.34	1569
VD2	VD2-D5-R4-3	4.76	5.01	23.85	1464
VD2	VD2-D5-R4-3	4.95	5.00	24.75	1650
Average		4.8482	5.0106	24.3	
SD		0.1292	0.1175	0.77	

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnología de la Madera**

**COMPRESIÓN PARALELA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOE (Referencial) kg/cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Length mm	Max Load kg	Support Span mm
VD2	VD2-D1-R1-4	4.93	4.97	24.5	11293	2241	4095	0.1215	150	4095	16
VD2	VD2-D1-R2-4	4.93	5.03	24.8	12162	2250	3810	0.1119	150	3810	16
VD2	VD2-D1-R3-4	5.00	4.83	24.2	16315	1710	2699	0.0651	150	2699	16
VD2	VD2-D1-R4-4	4.98	4.93	24.6	22606	1802	2610	0.0487	150	2610	16
VD2	VD2-D1-R5-4	4.96	4.99	24.8	5772	1832	3975	0.1924	150	3975	16
VD2	VD2-D1-R1-4	4.92	4.81	23.7	27070	2610	3465	0.0611	150	3465	16
VD2	VD2-D2-R2-4	4.85	4.91	23.8	16718	1802	2871	0.0681	150	2871	16
VD2	VD2-D2-R3-4	4.87	4.86	23.7	55075	1721	2117	0.0198	150	2117	16

Average		4.93	4.9163	24.2							
SD		0.0513	0.0787	0.476							

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOE (Referencial) kg/cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Length mm	Max Load kg	Support Span mm
VD2	VD2-D2-R4-4	4.91	4.94	24.26	4130	1267	2601	0.1897	150	2601	16
VD2	VD2-D2-R5-4	4.93	5.00	24.65	10719	2061	4284	0.1170	150	4284	16
VD2	VD2-D3-R1-4	5.03	4.93	24.80	13913	2061	4410	0.0896	150	4410	16
VD2	VD2-D3-R2-4	4.91	5.05	24.80	4335	2365	4125	0.3300	150	4125	16
VD2	VD2-D3-R3-4	4.92	5.02	24.70	5056	2848	4410	0.3420	150	4410	16
VD2	VD2-D3-R4-4	4.90	5.00	24.50	6101	2641	4481	0.2650	150	4481	16
VD2	VD2-D3-R5-4	4.93	5.02	24.75	17538	2824	4493	0.3341	150	4493	16
VD2	VD2-D4-R1-4	4.93	4.90	24.16	5123	2322	3900	0.0822	150	3900	16
VD2	VD2-D4-R2-4	5.07	5.16	26.16	12678	2808	4485	0.1270	150	4485	16

Average		4.9617	5.00	24.8							
SD		0.07	0.097	0.717							

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOE (Referencial) kg/cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Length mm	Max Load kg	Support Span mm
VD2	VD2-D4-R3-4	4.96	5.17	25.64	50181	2376	4050	0.0277	150	4050	16
VD2	VD2-D4-R4-4	4.98	5.02	25.00	12146	2241	3900	0.1107	150	3900	16
VD2	VD2-D4-R5-4	4.98	5.00	24.90	14680	2934	4620	0.1204	150	4620	16
VD2	VD2-D5-R1-4	5.04	5.02	25.30	15021	2232	4155	0.0881	150	4155	16
VD2	VD2-D5-R2-4	4.98	5.04	25.10	4631	2162	4050	0.2790	150	4050	16
VD2	VD2-D5-R3-4	5.00	4.97	24.85	11650	2007	3990	0.1048	150	3990	16
VD2	VD2-D5-R4-4	4.93	5.08	25.04	23163	2610	4425	0.0675	150	4425	16
VD2	VD2-D5-R5-4	4.83	4.97	24.01	37484	2934	4635	0.0489	150	4635	16

Average		4.9625	5.0338	25							
SD		0.062	0.0659	0.468							

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnología de la Madera**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg	DLP cm
VD2	VD2-D1-R1-5	4.98	5.02	25.00	2560	4080	0.1360
VD2	VD2-D1-R2-5	5.03	5.06	25.45	1450	3170	0.0790
VD2	VD2-D1-R3-5	5.05	5.02	25.35	1590	3760	0.0765
VD2	VD2-D1-R4-5	5.01	4.77	23.90	1261	4010	0.0538
VD2	VD2-D1-R5-5	4.91	5.01	24.60	1320	3250	0.0466
VD2	VD2-D2-R1-5	4.99	4.70	23.45	2070	3050	0.1298
VD2	VD2-D2-R2-5	4.91	4.88	23.96	1274	4050	0.0469
VD2	VD2-D2-R3-5	4.82	4.79	23.09	1259	3850	0.0523
VD2	VD2-D2-R4-5	4.74	5.01	23.75	1236	3250	0.0721
VD2	VD2-D2-R5-5	4.42	5.08	22.45	3390	4220	0.1693
VD2	VD2-D3-R1-5	4.92	4.97	24.45	1739	3870	0.0861
VD2	VD2-D3-R2-5	4.95	4.89	24.21	3720	4630	0.1684
Average		5.06	4.8942	24.8			
SD		0.0	0.1735	0.878			

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg	DLP cm
VD2	VD2-D3-R3-5	5.05	5.06	25.50	3520	5170	0.1206
VD2	VD2-D3-R4-5	4.85	4.86	23.57	2590	3440	0.0543
VD2	VD2-D3-R5-5	4.97	4.99	24.80	3650	3440	0.1160
VD2	VD2-D4-R1-5	5.09	5.09	25.91	2010	3680	0.0989
VD2	VD2-D4-R2-5	5.06	5.04	25.50	1323	3580	0.0601
VD2	VD2-D4-R3-5	4.94	4.86	24.01	1577	4580	0.0584
VD2	VD2-D4-R4-5	4.91	5.10	25.04	3630	3770	0.2360
VD2	VD2-D4-R5-5	4.96	4.88	24.20	1297	3960	0.0529
VD2	VD2-D5-R1-5	5.13	5.05	25.91	1511	4550	0.0500
VD2	VD2-D5-R2-5	5.07	4.80	24.34	1430	3710	0.0337
VD2	VD2-D5-R3-5	4.90	4.99	24.45	1210	2720	0.0304
VD2	VD2-D5-R4-5	4.86	5.05	24.54	1260	2550	0.0791
VD2	VD2-D5-R5-5	4.95	5.05	25.00	1570	3670	0.0747
Average		5.06	4.9877	25.2			
SD		0.0	0.0944	0.477			

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnologia de la Madera**

**FLEXION ESTÁTICA**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOR kg/cm <sup>2</sup>	MOE kg/cm <sup>2</sup>	CLP CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Support Span mm
VD2	VD2-D1-R1-6	4.96	5.02	24.90	113	13170	94	134	0.9730	700
VD2	VD2-D1-R2-6	5.02	4.86	24.40	125	14341	98	141	1.0217	700
VD2	VD2-D1-R3-6	5.06	4.85	24.54	122	14315	97	138	1.0022	700
VD2	VD2-D1-R4-6	4.98	5.02	25.00	122	13117	100	143	1.0411	700
VD2	VD2-D1-R5-6	4.95	4.96	24.55	117	13681	95	136	0.9876	700
VD2	VD2-D2-R1-6	4.98	5.12	26.21	63	8225	67	80	1.0150	700
VD2	VD2-D2-R2-6	5.03	5.04	25.35	72	9035	75	88	1.1040	700
VD2	VD2-D2-R3-6	4.90	4.92	24.11	62	8999	66	71	1.0810	700

Average		0.4981	0.4984	0.248						
SD		0.0052	0.0071	0.00397						

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOR kg/cm <sup>2</sup>	MOE kg/cm <sup>2</sup>	CLP CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Support Span mm
VD2	VD2-D2-R4-6	5.16	5.13	26.47	72	7777	79	93	1.2450	700
VD2	VD2-D2-R5-6	4.97	5.04	25.05	75	8610	76	90	1.1960	700
VD2	VD2-D3-R1-6	5.09	5.05	25.70	80	9138	75	99	1.0780	700
VD2	VD2-D3-R2-6	5.10	4.97	25.35	50	7749	59	60	1.0340	700
VD2	VD2-D3-R3-6	5.05	5.01	25.30	62	7637	70	75	1.2360	700
VD2	VD2-D3-R4-6	5.21	5.12	26.68	52	7277	65	67	1.0920	700
VD2	VD2-D3-R5-6	4.96	5.03	24.95	79	7653	71	94	1.2650	700
VD2	VD2-D4-R1-6	5.10	5.07	25.86	67	6027	71	84	1.5196	700
VD2	VD2-D4-R2-6	5.09	5.11	26.01	74	5898	79	93	1.6998	700
VD2	VD2-D4-R3-6	5.13	5.05	25.91	50	7007	61	62	1.1300	700
VD2	VD2-D4-R4-6	5.09	5.06	25.76	77	6075	81	95	1.7343	700
VD2	VD2-D4-R5-6	4.95	4.94	24.45	81	6713	79	93	1.6847	700
VD2	VD2-D5-R1-6	4.93	4.93	24.30	108	10982	73	130	0.9589	700
VD2	VD2-D5-R2-6	5.07	4.80	24.34	116	11570	76	123	1.0069	700

Average		0.5105	0.5025	0.257						
SD		0.005	0.0087	0.00575						
COV, %										

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	MOR kg/cm <sup>2</sup>	MOE kg/cm <sup>2</sup>	CLP CLP kg	C MAX kg	DLP cm	Support Span mm
VD2	VD2-D5-R3-6	5.02	4.97	24.95	112	10527	78	132	1.0261	700
VD2	VD2-D5-R4-6	5.08	5.09	25.86	100	9683	74	126	0.9770	700
VD2	VD2-D5-R5-6	4.97	4.93	24.50	122	10894	82	140	1.0894	700

Average		0.505	0.503	0.254						
SD		0.0042	0.0085	0.00642						

**Universidad Nacional de Ucayali**  
**car Fed Basadre Km 6.200 - Pucallpa**  
**Fac CS Forestales y Ambientales**  
**Lab de Tecnología de la Madera**

**TENSIÓN PERPENDICULAR**

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD2	VD2-D1-R1-8	2.48	4.86	12.05	282
VD2	VD2-D1-R2-8	2.45	5.13	12.57	351
VD2	VD2-D1-R3-8	2.29	4.97	11.38	286
VD2	VD2-D1-R4-8	2.57	4.85	12.46	442
VD2	VD2-D1-R5-8	2.37	5.06	11.99	266
Average		4.974	2.432	12.09	
SD		0.1226	0.1069	0.47	

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Area cm <sup>2</sup>	C MAX kg
VD2	VD2-D2-R1-8	2.51	4.93	12.37	347
VD2	VD2-D2-R2-8	2.22	4.89	10.86	142.2
VD2	VD2-D2-R3-8	2.29	4.75	10.88	233
VD2	VD2-D2-R4-8	2.11	4.88	10.30	261
VD2	VD2-D2-R5-8	2.41	4.90	11.81	449
VD2	VD2-D3-R1-8	2.51	5.06	12.70	218
VD2	VD2-D3-R2-8	2.06	4.82	9.93	107.9
VD2	VD2-D3-R3-8	2.33	5.03	11.72	276
VD2	VD2-D3-R4-8	2.38	4.82	11.47	150.9
VD2	VD2-D3-R5-8	2.03	4.92	9.99	188.2
VD2	VD2-D4-R1-8	2.25	5.04	11.34	374.75
VD2	VD2-D4-R2-8	2.31	5.01	11.57	395
VD2	VD2-D4-R3-8	2.45	4.95	12.13	353
VD2	VD2-D4-R4-8	2.32	4.89	11.34	349
VD2	VD2-D4-R5-8	2.52	4.71	11.87	402
VD2	VD2-D5-R1-8	2.35	4.92	11.56	345
VD2	VD2-D5-R2-8	2.08	5.01	10.42	212
VD2	VD2-D5-R3-8	2.48	4.96	12.30	416
VD2	VD2-D5-R4-8	2.42	4.98	12.05	342
VD2	VD2-D5-R5-8	2.46	5.00	12.30	295.4
Average		4.9168	2.3174	11.4	
SD		0.0976	0.1575	0.82	

## OTROS

### TABLAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS REALIZADOS EN EL SOFTWARE SPSS POR CADA UNO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO

#### PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA DENSIDAD

**Tabla 87.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Densidad*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Densidades				
(gr/cm3)	D1	,867	5	,254
por Dosificación	D2	,913	5	,485
	D3	,684	5	,006
	D4	,967	5	,853
	D5	,923	5	,548

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 88.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Densidad*

Prueba de Homogeneidad de Varianza		Estadístico de			Sig.
		Levene	gl1	gl2	
Densidades	Se basa en la media	3,277	4	20	,032
(gr/cm3)	Se basa en la mediana	2,419	4	20	,082
por Dosificación	Se basa en la mediana y con el ajustado	2,419	4	11,63 3	,108
	Se basa en la media recortada	3,201	4	20	,035

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

## PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA DUREZA

**Tabla 89.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Dureza*

	Dosificaciones	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Fuerzas Admisibles (kg) por Dosificación	D1	,934	5	,627
	D2	,951	5	,747
	D3	,936	5	,641
	D4	,948	5	,722
	D5	,923	5	,551

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 90.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Dureza*

Prueba de Homogeneidad de Varianza	Estadístico de				
	Levene	gl1	gl2	Sig.	
Fuerzas Admisibles (kg) por Dosificación	Se basa en la media	1,611	4	20	,210
	Se basa en la mediana	1,300	4	20	,304
	Se basa en la mediana y con el ajustado	1,300	4	14,517	,316
	Se basa en la media recortada	1,627	4	20	,206

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

## PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN EL CORTE

**Tabla 91.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Corte*

	Dosificaciones	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	D1	,933	5	,619
	D2	,828	5	,135
	D3	,898	5	,397
	D4	,918	5	,516
	D5	,864	5	,242

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 92.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Corte*

	Prueba de Homogeneidad de Varianza	Estadístico			Sig.
		de Levene	gl1	gl2	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	Se basa en la media	1,850	4	20	,159
	Se basa en la mediana	,745	4	20	,573
	Se basa en la mediana y con el ajustado	,745	4	16,211	,575
	Se basa en la media recortada	1,857	4	20	,158

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

## PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA COMPRESIÓN PARALELA

**Tabla 93.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Compresión Paralela*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición	D1	,782	5	,058
	D2	,962	5	,823
	D3	,894	5	,377
	D4	,910	5	,467
	D5	,890	5	,358

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 94.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Compresión Paralela*

Prueba de Homogeneidad de Varianza		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Repetición	Se basa en la media	,495	4	20	,740
	Se basa en la mediana	,245	4	20	,909
	Se basa en la mediana y con el ajustado	,245	4	16,173	,909
	Se basa en la media recortada	,471	4	20	,757

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR**

**Tabla 95.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Compresión Perpendicular*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	D1	,709	5	,012
	D2	,759	5	,036
	D3	,885	5	,331
	D4	,774	5	,049
	D5	,918	5	,518

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 96.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Compresión Perpendicular*

Prueba de Homogeneidad de Varianza	Estadístico de				
	Levene	gl1	gl2	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	Se basa en la media	1,951	4	20	,141
	Se basa en la mediana	,619	4	20	,654
	Se basa en la mediana y con el ajustado	,619	4	12,550	,657
	Se basa en la media recortada	1,722	4	20	,185

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

## PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA FLEXIÓN ESTÁTICA

**Tabla 97.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Flexión Estática*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	D1	,982	5	,944
	D2	,896	5	,390
	D3	,841	5	,167
	D4	,945	5	,701
	D5	,993	5	,988

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 98.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Flexión Estática*

Prueba de Homogeneidad de Varianza		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	Se basa en la media	1,590	4	20	,216
	Se basa en la mediana	,636	4	20	,643
	Se basa en la mediana y con el ajustado	,636	4	14,631	,645
	Se basa en la media recortada	1,518	4	20	,235

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA TENSIÓN PARALELA**

**Tabla 99.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Tensión Paralela*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Esfuerzo Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	D1	,919	5	,525
	D2	,920	5	,530
	D3	,898	5	,397
	D4	,947	5	,715
	D5	,879	5	,306

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 100.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Tensión Paralela*

Prueba de Homogeneidad de Varianza		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Esfuerzo Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	Se basa en la media	18,865	4	20	,000
	Se basa en la mediana	3,468	4	20	,026
	Se basa en la mediana y con el ajustado	3,468	4	4,636	,111
	Se basa en la media recortada	18,679	4	20	,000

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD EN LA TENSIÓN PERPENDICULAR**

**Tabla 101.**

*Prueba de Normalidad en Ensayo de Tensión Perpendicular*

Dosificaciones	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	D1	,878	5	,300
	D2	,990	5	,980
	D3	,977	5	,920
	D4	,887	5	,345
	D5	,982	5	,947

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.

**Tabla 102.**

*Prueba de Homogeneidad de Variables en Ensayo de Tensión Perpendicular*

Prueba de Homogeneidad de Varianza	Estadístico				
	de Levene	gl1	gl2	Sig.	
Esfuerzos Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) por Dosificación	Se basa en la media	1,159	4	20	,358
	Se basa en la mediana	,995	4	20	,433
	Se basa en la mediana y con el ajustado	,995	4	12,596	,446
	Se basa en la media recortada	1,162	4	20	,357

Fuente: Resultados Obtenidos del Software SPSS.