

TÍTULO DEL PROYECTO: “Desarrollo de un programa de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), mediante la técnica de vaporizado, Pucallpa - Ucayali”

RESUMEN:

El proyecto de investigación, tiene como objetivo desarrollar un programa de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado Pucallpa – Ucayali, determinando la fluctuación del tiempo, temperatura en °C y calidad del secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga); se trabajará con tablas comerciales dimensionadas de 1” y 2” pulgadas, una cámara de vaporizado con capacidad de 10,200 pt y una cámara de secado de 24,000 pt. Para evaluar la calidad del secado aplicando la técnica de vaporizado, se utilizará la norma chilena “NCH 993. EOf72. Madera para determinar la calidad de secado en función a la evaluación de defectos, debido a que en el Perú el Instituto Nacional de Calidad – INACAL no cuenta con la norma para evaluar la calidad con esta técnica.

Palabras claves:

Cámara de vaporizado, manchinga, programa de secado de la madera, Secado de la madera, técnica de vaporizado.

ABSTRACT:

The objective of the research project is to develop a drying program for *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) wood, using the Pucallpa - Ucayali vaporization technique, determining the fluctuation of time, temperature in °C and quality of drying for *Brosimum* wood. *alicastrum* Sw. (manchinga); We will work with commercial boards sized at 1” and 2” inches, a steaming chamber with a capacity of 10,200 pt and a drying chamber of 24,000 pt. To evaluate the quality of drying by applying the vaporization technique, the Chilean standard “NCH 993. EOf72. Wood to determine the quality of drying based on the evaluation of defects, because in Peru the National Institute of Quality - INACAL does not have the standard to evaluate quality with this technique.

Keywords:

Vaporization chamber, manchinga, wood drying program, Wood drying, steam technique.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El secado de la madera es un proceso vital para el desarrollo del sector maderero y del mueble de cualquier país, ya que representa el primer valor agregado que se le da a este recurso, y garantiza la calidad del producto final. EL CITEMadera forestal (2012), menciona que la mayoría de las industrias de la región Ucayali realiza el secado en hornos de tipo convencional de capacidades entre 55 a 60 m³, para ello utilizan programas o tablas de secado que permiten controlar las variables en cada etapa del proceso (Álvarez, 2020).

La especie *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga) es una madera difícil de secar al aire libre, con tendencia a deformarse de leve a acentuada. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo relativamente corto, requiere un programa moderado tal como el F (Reino Unido) o M (JUNAC) o bien T5-C3 de los EE UU. (Richter, Guzmán, Fuentes, Rodríguez y Torres, 2009).

La utilización de estos programas estaría generando una mayor demanda de energía, originada por utilizar el horno de secado mayor tiempo de lo necesario, haciendo un promedio de 11 días, según referencias del CITEMadera forestal (2012). Esto estaría generando sobrecostos a la empresa y disminuyendo la competitividad del sector, a ello debemos agregar, que en muchas empresas el porcentaje de defectos supera el 5% aceptable, generando pérdidas económicas, por la merma de materia prima, a causa de condiciones inadecuadas durante el proceso de secado (Álvarez, 2020). Existe un interés por las industrias en modificar o cambiar sus programas, con el objetivo de bajar sus costos y generar una mayor productividad, sin embargo, esto representa un gran riesgo comercial ya que se puede generar la pérdida parcial o total de una carga de madera en un horno de capacidad industrial.

La contracción se produce solamente cuando la madera pierde humedad por debajo del punto de saturación de la fibra (PSF), este punto es un dato de interés para los usos estructurales y decorativos de la madera. Está aceptado que para el uso

práctico de todas las especies el valor medio del punto de saturación de la fibra es 30 % (Álvarez, et al., 2013).

Esta problemática ocasiona en los diferentes procesos de secado que se realizaron con la especie de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), aun después del tiempo límite de secado, se obtuvieron como consecuencia principal el mal rendimiento de esta especie para distintos productos, afectando a las distintas empresas con la pérdida de material por los defectos después del secado, asimismo incrementando los costos y por consiguiente limitando su mercado nacional e internacional.

Por otra parte, en la región Ucayali no existe un adecuado programa de secado mediante la técnica de vaporizado para de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), y, aunque parezca poco común esta actividad, se debe realizar con el objetivo de reducir el consumo de energía y tiempo mediante esta técnica, es por eso que en este trabajo de investigación se planteo la siguiente interrogante:

1.1. Problema general:

¿Se podrá reducir los defectos del secado artificial de la madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) mediante la técnica de vaporizado?

1.2. Problemas específicos

¿Cuál es el tiempo de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado?

¿Cuál es la temperatura de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado?

¿Cuál es la calidad del secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado?

II. JUSTIFICACIÓN

El secado para *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) presenta muchas dificultades ya que el agua está ligada en las paredes celulares mediante fuerzas de gran intensidad de tipo físico y químico. Durante el proceso de secado se elimina en primer lugar toda el agua libre y a continuación empieza a eliminar una parte del agua ligada. La eliminación del agua libre se realiza rápidamente y el consumo de energía que requiere es relativamente bajo, ya que el agua libre está muy débilmente ligada a la madera. La madera empieza a perder agua hasta que se llega a un punto, denominado punto de saturación de la fibra (PSF) en el que ya no tiene agua libre que perder, durante esta fase no se producen cambios dimensionales en la madera, ya que se ha eliminado el agua que se encontraba en el interior de las células (Álvarez et al., 2013).

Asociado a los cambios de humedad se manifiestan deformaciones de la madera *Brosimum alicastrum* (manchinga). Según refieren Sokolowsky et al., (2014), la aplicación de la modelación matemática posibilita la automatización del análisis de los fenómenos que ocurren durante el proceso de secado de la madera. Se han utilizado diferentes métodos matemáticos para definir el movimiento del agua en la madera durante el secado, entre los que se destacan los trabajos desarrollados por Salinas et al. (2010 y Salinas et al., 2015), Pérez et al. (2018), Montero et al. (2020).

El tratamiento de las deformaciones asociadas a gradientes de humedad durante el proceso de secado es tradicionalmente descrito desde el punto de vista teórico haciendo uso de la Teoría de los medios continuos (Ormarsson et al., 2000). Si bien en este marco de trabajo donde se considera la anisotropía y la no homogeneidad del medio, arribándose a resultados interesantes en el tratamiento de este fenómeno, por sus puntos de partida deja fuera de su alcance la consideración de las propiedades discontinuas que son inherentes a un medio tan excepcional como la madera (González-Cruz, 2008).

Para esta especie *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) no se ha determinado un programa de secado para madera aserrada, es por eso que se llevará a cabo la investigación debido a que los métodos de secado utilizados en distintas industrias forestales de transformación primaria no obtuvieron buenos resultados, por tanto, esta investigación traerá consigo beneficios; disminuyendo costos, tiempo y se mejorará la calidad en el secado.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

- Los defectos del secado artificial de la madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) se reducirán mediante la técnica de vaporizado?

3.2. Hipótesis específica.

- El tiempo tiene un efecto significativo en el secado madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.
- La temperatura tiene un efecto significativo en el secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.
- La calidad tiene un efecto significativo en el secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.

IV. OBJETIVOS

Los objetivos son los siguientes:

4.1. Objetivo General

- Desarrollar un programa de secado para reducir los defectos del secado artificial de la madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) mediante la técnica de vaporizado

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el tiempo de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.
- Determinar la temperatura de secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.
- Determinar la calidad del secado para madera de *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga), mediante la técnica de vaporizado.

V. ANTECEDENTES

Pincay (2021), en su tesis “Diseño de una cámara de secado para madera balsa mediante el empleo de un sistema híbrido, para reducir la energía suministrada por la caldera a los hornos convencionales de secado”. Se diseñó una cámara de secado híbrida que contribuya al aprovechamiento de la energía solar para el secado de la madera de balsa. El diseño de la cámara de secado seleccionado en la etapa de conceptualización contiene los siguientes componentes: colector solar, ventiladores ubicados en la parte del colector, caldera de biomasa, serpentines y ventoleras. Las dimensiones del diseño propuesto son de 3.2 metros de longitud, 4.8 metros de ancho y 2.1 metros de altura, se compone de una cubierta de vidrio y debajo de ella se encuentra ubicada la placa absorbedor (pintada de color negro mate) con una inclinación de 10 grados. La eficiencia del colector solar plano es de 32.35 % y su energía útil es de 1.47 *kilovatios* al día, equivalente a 44 *kilovatios* al mes y 530 *kilovatios* de energía por año, aproximadamente. Por último, mediante simulación fluidodinámica se verificó que el diseño propuesto con deflectores en las esquinas de la cámara presenta una adecuada distribución de velocidades cuando el aire caliente fluye por la pila de madera.

Pinilla et al. (2019), En su investigación “Tensiones admisibles de la madera aserrada de aramo (*Acacia dealbata* D. Link.) clasificada visualmente”. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la madera aserrada de *Acacia dealbata*, mediante clasificación visual, en dos grados de calidad (N°2 y mejor, y N°4 y mejor), según norma chilena NCh 1970/1 y la ejecución de ensayos físicos y mecánicos bajo norma chilena NCh 3028 para definir sus propiedades físicas y mecánicas asociadas. La muestra empleada para los ensayos constó de 699 piezas de 3,2 m o 4 m de largo y 2” x 4” de escuadría, obtenidas del área de Loncoche, Provincia de Cautín en la Región de Araucanía. Todos los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR) en Concepción, laboratorio acreditado ISO 17025.

Juacida & Barria (2005). Efecto del vaporizado inicial en el secado artificial de madera de coigüe de Magallanes. El trabajo consistió básicamente en someter madera aserrada de *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst. a tres distintos niveles de vaporizado inicial (4, 8 y 10 horas, respectivamente) y a un posterior proceso de secado artificial convencional único. Se evaluó el efecto del vaporizado inicial sobre la calidad de la madera obtenida y el tiempo de secado requerido para alcanzar el contenido de humedad deseado de un 8%. La madera utilizada para los ensayos se obtuvo de la producción diaria de una planta industrial, ubicada en la ciudad de Punta Arenas, XII Región, Chile. Se seleccionó en forma aleatoria un total de 150 tablas, recién aserradas y en estado verde, equivalente a 1.5 m³. Los resultados obtenidos indican que a medida que se aumentan las horas de pretratamiento, en el rango seleccionado, se mejora en cierta medida la calidad y tiempo final del secado, siendo el vaporizado de 10 horas el que otorgó mejores resultados. El índice que más incidió en desclasificar la madera fue el alabeo, siendo la encorvadura el defecto más importante. Con respecto a grietas, fueron principalmente superficiales, no evidenciándose internas. El tiempo total de secado fue de 302 horas, reduciendo según el testigo en un 8% el tiempo total.

Barrientos & Alejandro (2003), en su tesis “Efecto del vaporizado final en las tensiones de la madera aserrada, en *Pinus radiata*.”. Después de un período de enfriamiento que varió entre 8 y 10 horas se midieron las tensiones transversales, longitudinales a $T = 0$ y después de 48 horas ($T = 48$). El análisis de los resultados de determinó con un diseño factorial Taguchi. En el análisis de los resultados la temperatura fue el factor más determinante en el grado de tensión, tanto transversal como longitudinal. Los tratamientos 12 y 4 del estudio, fueron los mejores para la obtención de madera menos tensionada. Las mejores combinaciones que aminoran las tensiones transversal y longitudinal fueron: Sin ventilación y el primer paso, con ventilación en el segundo paso; Temperaturas de bulbo húmedo y seco de 90/90 para el primer paso; Duración primer paso de 2 horas; Sin enfriamiento intermedio; Temperaturas de bulbo húmedo y seco de 95/95 para el segundo paso. Sin ventilación en el primer paso, con ventilación en el segundo paso; Temperaturas de bulbo húmedo y seco de 95/95 para el primer paso; Duración primer paso de 2,5 horas; Enfriamiento intermedio de 1,5 horas; Temperaturas de bulbo húmedo y seco de 95/95 para el segundo paso.

CITEmadera, C. (2019). En su publicación titulada “Tecnología de secado para garantizar la calidad de la madera de plantaciones en el Perú. *Xilema*, 29(1), 22-24”. Para el desarrollo de la industria forestal maderable en el país es indispensable realizar investigación en diferentes aspectos relacionados al procesamiento de la madera que permitan obtener productos de calidad con una mayor eficiencia. Esto conseguirá mejorar la competitividad de las empresas del sector frente a la madera importada. A partir de ello y conociendo el gran potencial de las plantaciones para obtener madera a corto plazo, generar empleo y recuperar áreas degradadas, el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la madera - CITEmadera, entidad pública de promoción y fortalecimiento tecnológico del sector, ha ejecutado el proyecto “Desarrollo de la tecnología de secado para especies reforestadas, nativas y de rápido crecimiento, con potencial e incremental valor comercial hacia un aseguramiento de la calidad, rentabilidad y competitividad de las industrias y el bosque” - Convenio

N°142-InnovatePerú–IAPIP-2017, el cual busca contribuir al conocimiento del secado artificial de la madera de las especies mencionadas.

Álvarez (2020), en su investigación “Perfeccionamiento de un programa de secado para madera de *Myroxylon balsamun harms* (estoraque) a nivel laboratorio, en la ciudad de Pucallpa-Perú”. Para ello se realizaron 4 ensayos en un prototipo de horno convencional, con ajustes sucesivos de las variables de secado del programa inicial, que permita disminuir el tiempo del proceso. El efecto de los programas en la calidad de secado, se evaluó siguiendo los estándares del Grupo Europeo de Secado (EDG), para; contenido de humedad, tensión en la madera, grietas y colapso, mientras que para los alabeos se utilizó la norma Chilena “NCH993. EOF72”. El ultimo reajuste al programa inicial, permitió reducir el tiempo de secado de 156 a 85 horas, aplicando temperatura mínima - máxima de 53 y 58 °C respectivamente y un contenido de humedad de equilibrio máximo de 10% y mínima de 4%.

La calidad en función al contenido de humedad se clasificó como un secado “Estándar, en cuanto a la tensión de la madera se clasificó como un secado de “Calidad”, en referencia a la intensidad de defectos de grietas y colapso, el secado se clasificó con intensidad “Leve”. Finalmente, el índice de calidad en base a los alabeos fue de 0,05, definiéndose el proceso como un secado “Excelente” y de certificación “Adecuada”.

Espejo (2011), estudio la “Caracterización de las industrias de secado artificial de madera aserrada en Pucallpa-2010”. Obtener un producto de buena calidad es uno de los desafíos de las empresas madereras en el Perú, ya que la madera presenta defectos si no está tratada adecuadamente. Es por ello, que el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la industria del secado de madera aserrada en la ciudad de Pucallpa. La aplicación metodológica fue descriptiva, se realizó la descripción desde el momento en que la madera es apilada, hasta que es despachada. Se realizó un inventario exhaustivo de los equipos y maquinarias utilizadas para el secado, como

también se determinó la capacidad instalada en Pucallpa del año 2010. Como consecuencia del inventario realizado en la ciudad de Pucallpa se obtuvo una capacidad instalada de 3581 m³. Este resultado tiene una tendencia creciente ya que los equipos se van innovando y se van adquiriendo más instalaciones de secado, aumentando así su producción.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. La manchinga

Es un árbol de la familia de las Moraceae, división de las angiospermas, que incluye las del género Ficus y las moreras. Árbol: Alcanza 40 m de altura y 150 cm de diámetro; aletones gruesos, empinados, medianamente a bien desarrollados. Copa de color verde claro. La corteza superficial del tronco es de color oliva, de apariencia lisa, a veces con fisuras superficiales. Corteza viva de color crema amarillento; al corte exuda látex abundante, blanco, pegajoso. Distribución geográfica: Es endémico de Mesoamérica: desde México hasta Perú, pasando por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Guyana, Venezuela, Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador. También se encuentra en las islas del Caribe: Cuba, Jamaica y Trinidad y Tobago.

6.2. Cámara de vaporizado

Las tensiones de la madera secada en cámara influyen negativamente en la elaboración o mecanización posterior a las piezas de madera, si no se ha realizado la operación de acondicionamiento o si esta se ha realizado de forma incorrecta. El vaporizado se entiende como la aplicación de vapor saturado a presión reducida a la cámara de secado, y según el trabajo de Barría (2000), dice que el vaporizado es el más simple de los métodos empleados y el de mayor potencial de uso industrial. Según Torres (1991), para reducir la condición de tensión, es conveniente realizar un proceso de acondicionado al final del ciclo de secado, con el objeto de generar en la periferia

de la madera una contracción permanente que neutralice su estado de compresión. De igual forma, Álvarez y Fernández-Golfín (1992), concluyen que las tensiones de las maderas producidas en el proceso de secado pueden ser eliminadas mediante el acondicionamiento. Este consiste en la aplicación de altas y temperaturas humedades relativas, de forma que al humidificarse las capas superficiales se plastifica la madera en cierto grado, con lo que se liberan las tensiones.

6.3. Secado de la madera

Cada vez que el mercado requiera una mejor calidad en los productos derivados de la industria maderera, por lo cual es necesario gestionar eficientemente y eficazmente los recursos y los procesos productivos. El secado de la madera forma parte de una serie de procesos que participan en la transformación de la madera, y como todo proceso, es determinante en la calidad del producto final. Por lo anterior, Álvarez y Fernández-Golfín (1992) define la calidad del secado como las propiedades y los posibles defectos presentes en la madera seca como consecuencia del proceso de secado. También explican que esta calidad está influenciada por las características de calidad de la madera que se va a secar. De igual manera Juacida e Inzunza (1990), mencionan que la calidad final de la madera está determinada por las deformaciones y defectos que se pueden originar por la elección de un tratamiento de secado.

VII. METODOLOGÍA

7.1. Lugar de Estudio.

La investigación se desarrollará en la empresa “SERVICES FOREST SAC”, ubicada en la Ctra. Manantay Km. 5.8, ubicada geográficamente en:

Distrito / Ciudad: Manantay

Provincia: Coronel Portillo

Departamento: Ucayali, Perú

7.2. Población y tamaño de muestra.

Población.

La población estará conformada por 5000 piezas, siendo igual a 40000 pt de tablas comerciales de madera de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), que será de 20000 pt de 1" de espesor y 20000 de 2" de espesor, correspondiente a la producción de 4 días en la industria maderera.

Muestra

La muestra será no probabilística, conformada por 272 piezas de tablas comerciales de madera de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), siendo esta muestra en función a la capacidad de la cámara de vaporizado (10200 pt), dichas muestras serán de 1" y 2" pulgadas de espesor, repartidas en número de 136 piezas para cada uno de los 2 experimentos realizados, de acuerdo a la capacidad del prototipo de horno convencional.

7.3. Descripción detallada de los métodos, uso de materiales, equipos o insumos.

a. Diseño de muestreo.

El diseño de muestreo será al azar, seleccionando 10 piezas por cada paquete antes de ingresar a la cámara de vaporizado, las mismas que serán evaluadas después del vaporizado y después del secado respectivamente, para determinar la calidad de secado se utilizará como fuente la norma chilena "NCH 993. EOf72. Madera, expresados en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 respectivamente. Es preciso señalar que en el Perú no contamos con normas para realizar estas evaluaciones.

Tabla 1.*Niveles de alabeos admisibles en mm.*

Alabeo	Espesor	S/alabeo	Leve	Moderado	Intenso
Acanaladura		0	1-3	3-5	>5
Arqueadura		0	1-3	3-6	>6
Encorvadura	25mm	0	1-2	2-3	>3
Torcedura		0	1-2	2-7	>7

Fuente: NCH 993. EOf72

Con los datos obtenidos se calculará el índice de calidad, mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{Na * 0 + Nb * 0,5 + Nc * 2 + Nd * 2,5}{M}$$

I : Índice de Calidad.

Na : N.º de piezas sin defectos.

Nb : N.º de piezas con defecto leve.

Nc : N.º de piezas con defecto moderado.

Nd : N.º de piezas con defecto severo.

M : N.º de piezas totales de la carga.

Tabla 2.*Atributos de calidad según alabeos.*

Índice de calidad	Atributo	Certificación de calidad
Menor a 0,1	Excelente	Adecuada
0,1 - 0,5	Muy bueno	
0,51 - 1,0	Bueno	
1,1 – 1,5	Satisfactorio	Poco adecuada
1,51 – 2,0	Regular	
2,1 – 3,0	Defectuoso	Inadecuado
3,1 – 5-0	Malo	
> 5,0	Muy malo	

Tabla 3.*Tolerancia del CH final según EDG.*

Clase de calidad	90% de las lecturas deben estar en el rango	Rango admisible para C.H al 10%
S	C.H X 0,3	7,0 - 13,0
Q	C.H X 0,2	8,0 - 12,0
E	C.H X 0,1	9,0 – 11,0

Fuente: Recomendaciones del EDG**Tabla 4.***Intensidad de grietas y colapso.*

Intensidad	GI (%)	SG (mm)	GE (cm)	CO (mm)
Severa	>10	>5	>20	>6
Moderada	2-10	2-5	5-20	3-6
Leve	<2	<2	<5	<3

Fuente: Recomendaciones del EDG**Elaboración:** Ananías et. al., (2008)**Tabla 5.***Clase de tensionamiento admisible después del acondicionamiento*

Clase de calidad	El 90% de las probetas deberán presentar una abertura menor a:
S estándar	<3 mm
Q calidad	<2 mm
E exclusivo	<1 mm

Fuente: Recomendaciones del EDG

b. Descripción detallada del uso de materiales, equipos o insumos, entre otros.

Materiales

- Tablero: para recopilación de datos (espesor, largo, ancho y contenido de humedad)
- Crayolas: para la codificación de paquetes
- Equipo de protección: guantes, mascarilla, tampones, casco, zapato industrial.
- Etiqueta: para distinción de las muestras.

Equipos

- Calibrador de vernier: para determinar el defecto de agrietamiento (mm)
- Wincha: para medir espesor, largo, ancho
- Sierra circular: para sacar las probetas y determinar el tensionamiento
- Higrómetro: para medir el contenido de humedad.

c. Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

1. Variable dependiente

- Programa de secado de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga)

2. Variable independiente

- Tiempo de secado
- Temperatura de secado.
- Calidad del secado

3. Tratamientos

- **T₁**. Tablas comerciales de 1" pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío.
- **T₂**. Tablas comerciales de 2" pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío.
- **T₃**. Tablas comerciales de 1" pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío y vaporizadas a una temperatura máxima de 90 °C por 72 horas.
- **T₄**. Tablas comerciales de 2" pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío y vaporizadas a una temperatura máxima de 90 °C por 72 horas.
- **T₅**. Tablas comerciales de 1" pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío y vaporizadas a una temperatura máxima de 90 °C por 72 horas y secado por 17 días.
- **T₆**. Tablas comerciales de 2 pulgadas de *Brosimum alicastrum* Sw. (manchinga), Obtenidas después del aserrío y vaporizadas a una temperatura máxima de 90 °C por 72 horas y secado por 17 días.

Tabla 6.

Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente:		
Tablas de <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. (manchinga)	Tablas comerciales dimensionadas.	Largo (m) Ancho (m) Espesor (mm)
Dependiente:		
Fluctuación del tiempo óptimo de secado	Tiempo	Tiempo de secado en (horas).
Fluctuación de la temperatura óptima de secado.	Temperatura	Temperatura de secado en (°C).
Calidad “NCH 993. EOf72. Madera.	Calidad	Acanaladura (mm). Arqueadura (mm). Torcedura en (mm). Encorvadura (mm). Índice de calidad. Contenido de humedad en (%). Intensidad de grietas en (mm). Tensionamiento admisible en (mm).

d. Aplicación de prueba estadística inferencial.

Los resultados del tiempo de secado de los ensayos realizados, se presentarán en figuras para una descripción estadística y análisis comparativo del tiempo por fase de secado. En referencia a la calidad de secado de la madera, se determinará la clase de calidad según el contenido de humedad final, tensión de secado, grietas y colapso en base a las Recomendaciones del Grupo de Secado Europeo (EDG). Mientras que para determinar el nivel de secado en función de alabeos se utilizara la norma Chilena “NCH 993. EOf72. Madera.

Procedimientos y criterios de clasificación”. Los resultados se presentarán en tablas y figuras, para su descripción técnica y análisis comparativo.

7.4. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos.

Tabla 7.

Recolección de datos

Objetivos	Dimensión	Acciones metodológicas
Objetivo 1	Tiempo	✓ Se recopilará datos del tablero de control de la cámara de secado cada hora durante los días que durará el programa.
Objetivo 2	Temperatura	✓ Se recopilará datos del tablero de control de la cámara de secado cada hora durante los días que durará el programa.
Objetivo 3	Calidad	✓ Se recopilará los datos de las muestras que se tomó antes del ingreso a la cámara de vaporizado, para ver su estado actual y como esto variará después de la salida de la cámara de secado

Técnicas

Observación estructurada

Esta técnica nos permitirá observar y controlar sistemáticamente los experimentos de secado de la madera. Para lo cual se realizarán los ensayos en el prototipo de horno convencional a nivel laboratorio para el secado de la madera *Brosimum alicastrum* Sw (manchinga) de manera que para cada nuevo ensayo se aplicarán programas de secado con condiciones más intensas que la anterior (mayor gradiente de secado), con el objetivo evaluar el comportamiento de la madera en su velocidad y calidad de secado.

Instrumentos

Se elaborarán formatos de registro, estos formatos nos permitirán registrar: las dimensiones, contenido de humedad, presencia de alabeos, agrietamiento y hongos, asimismo, se elaborarán formatos que nos permitirán registrar datos cada hora del tablero de vaporizado y secado.

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 8.

Cronograma de actividades del trabajo de investigación.

Actividad	Duración	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06
Redacción del perfil		X					
Sustentación y aprobación de perfil		X	X				
Ubicación de área experimental			X				
Instalación y ubicación de tratamientos.				X			
Ensayo y evaluación inicial				X			
Primera y segunda evaluación					X		
Tercera y cuarta evaluación final.					X		
Recolección de datos					X		
Análisis de datos						X	
Redacción de tesis						X	
Presentación del primer borrador							X

IX. PRESUPUESTO

Tabla 9.

Presupuesto total de la investigación.

Rubros	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario S/.	Total S/.
MATERIALES Y MANO DE OBRA				
Tablero	Und.	03	350.00	1050.00
Plumones	Und.	01	20.00	20.00
Equipo de protección	Und.	09	60.00	540.00
Guantes	Caja	01	55.00	55.00
Botas	Und.	01	25.00	25.00
Mascarilla	Caja	01	160.00	160.00
Etiqueta	Und.	12	5.00	60.00
Letreros	Und.	04	10.00	40.00
TOTAL				1950.00
MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS				
Tableros de madera	Und.	01	90.00	105.00
Vernier	Und.	01	105.00	105.00

Madera en cortes para Caja muestra		01	122.00	122.00
Medidor de humedad	Litros	01	200.00	200.00
Secador	Und.	01	300.00	300.00
			TOTAL	832.00
ANALISIS E INERPRETACIÓN DE DATOS				
Base de datos	Prueba	01	150.00	150.00
Ensayo y prueba estadística	Prueba	01	300.00	300.00
Análisis de datos	Prueba	01	350.00	350.00
Interpretación de datos	Prueba	01	250.00	250.00
			TOTAL	1050.00
OTROS GASTOS				
Pasajes interno	Pasaje	32	50.00	1600.00
Impresión	Libro	08	45.00	360.00
Empastado	Und.	04	45.00	180.00
Imprevistos 5%				320.00
			TOTAL	2460.00
			TOTAL, A INVERTIR	6292.00

X. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Acuña, L. O. (2020). Perfeccionamiento de un programa de secado para madera de *Myroxylon balsamun harms* (estoraque) a nivel laboratorio, en la ciudad de Pucallpa-Perú.
- Aquino-González, L. V., Rodríguez-Ramírez, J., Méndez-Lagunas, L. L., & SandovalTorres, S. (2010). Evaluación de programas de secado para madera de chalamite (*Pinus pseudostrobus*). *Madera y bosques*, 16(2), 35-46.
- Arriagada Navarrete, I., Troncoso Cancino, L., Hernández, C., & Elgueta, M. (2020). Características de crecimiento y defectos de procesamiento mecánico y secado de la madera de Pino radiata.
- Barrientos, D. A. C., & Alejandro, D. (2003). Efecto del vaporizado final en las tensiones de la madera aserrada, en *Pinus radiata*.

- CITEMadera, C. (2019). Tecnología de secado para garantizar la calidad de la madera de plantaciones en el Perú. *Xilema*, 29(1), 22-24.
- CITEMadera. (2012). Identificación y Levantamiento de Información de las Características Técnicas de los Hornos de Secado de Madera de las 76 Empresas de Pucallpa. Pucallpa: Centro de Innovación Tecnológica de la Madera.
- Espejo Salazar, R. (2011). Caracterización de las industrias de secado artificial de madera aserrada en Pucallpa-2010.
- García Navarro, V. (2019). Efecto de tres sistemas de producción en plántulas de manchinga (*Brosimum alicastrum bolivarense*), para siembra a alta densidad en la región San Martín.
- González Cruz, I., Velázquez Abad, L., & Álvarez Lazo, D. (2020). Movimiento del agua en la madera durante el secado. Modelo discreto. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(3), 468-477.
- Pincay de la Rosa, J. R. (2021). *Diseño de una cámara de secado para madera balsa mediante el empleo de un sistema híbrido, para reducir la energía suministrada por la caldera a los hornos convencionales de secado* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Pinilla Suárez, J. C., Vásquez, V., Hernández, C., Luengo Vergara, K., Campos, P., Elgueta, M., ... & Navarrete, T. (2019). Tensiones admisibles de la madera aserrada de aroma (*Acacia dealbata* D. Link.) clasificada visualmente.
- Richter, G., Antonio, J., Guzmán, S., Fuentes Talavera, F. J., Rodríguez Anda, R., Andrea, P., & Rosa Morada Tzalam, R. (2009). Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas. México: Departamento de Madera, Celulosa y Papel. CUCEI. Universidad de Guadalajara.
- Rosen H. N, 1983. Recent advances in the theory of drying lumber. Proceedings of the IUFRO. Division V Conference, Southern Illinois University, USDA, Madison. p 32–64.

XI. ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación del problema	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>Problema general: ¿Se podrá reducir los defectos del secado artificial de la madera de <i>Brosimum alicastrum</i> Sw (manchinga) mediante la técnica de vaporizado?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuál es el tiempo de secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw) Manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa?</p> <p>¿Cuál es la temperatura de secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw) Manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa?</p> <p>¿Cuál es la calidad del secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw) Manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa?</p>	<p>Objetivo general: Desarrollar un programa de secado para reducir los defectos del secado artificial de la madera de <i>Brosimum alicastrum</i> Sw (manchinga) mediante la técnica de vaporizado</p> <p>Específicos: Determinar el tiempo de secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.) manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa.</p> <p>Determinar la temperatura de secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.) manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa.</p> <p>Determinar la calidad del secado para la madera de (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.) manchinga, mediante la técnica de vaporizado en la ciudad de Pucallpa.</p>	<p>Dependiente: <input type="checkbox"/> Programa de secado (<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.) Manchinga.</p> <p>Independiente: <input type="checkbox"/> Tiempo de secado</p> <p><input type="checkbox"/> Temperatura de secado.</p> <p><input type="checkbox"/> Calidad según la norma chilena "NCH 993. EOf72. Madera.</p>	<p>Tablas comerciales dimensionadas</p> <p>Tiempo</p> <p>Temperatura</p> <p>Calidad</p>	<p>Largo (m) Ancho (m) Espesor (mm).</p> <p>Horas.</p> <p>°C</p> <p>Acanaladura (mm). Arqueadura (mm). Torcedura en (mm). Encorvadura (mm). Índice de calidad Contenido de humedad en (%). Intensidad de grietas en (mm). Tensionamiento admisible en (mm).</p>