



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Forestal**

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SECADO DE MADERA DE *Alnus
nepalensis* D. Don, PROVENIENTE DE LA ZONA DE INTAG**

AUTOR

Edisson Rubén Yépez Cevallos

DIRECTOR

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.

IBARRA – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SECADO DE MADERA DE
Alnus nepalensis D. Don PROVENIENTE DE LA ZONA DE INTAG

Trabajo de titulación revisado por director y miembros asesores, por lo cual se autoriza la
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO POR TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.
Director de trabajo de titulación



Firmado electrónicamente por:
**JOSE GABRIEL
CARVAJAL
BENAVIDES**

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc
Asesor de trabajo de titulación

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.
Asesor de trabajo de titulación

Ibarra – Ecuador

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art.- 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, por lo cual pongo a su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de ciudadanía:	100386701-5		
Nombres y apellidos:	Edisson Rubén Yépez Cevallos		
Dirección:	San Antonio de Ibarra (Tanguarin)		
Email:	eryepzc@utn.edu.ec rubencev69@gmail.com		
Teléfono fijo:	062-932-631	Teléfono celular:	0992989169

DATOS DE LA OBRA	
Título:	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SECADO DE MADERA DE <i>Alnus nepalensis</i> D. Don PROVENIENTE DE LA ZONA DE INTAG
Autoría:	Edisson Rubén Yépez Cevallos
Fecha:	8 enero de 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Forestal
Director:	Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 8 días del mes de enero de 2021

EL AUTOR:



.....
Edisson Rubén Yépez Cevallos

C.C 100386701-5

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 8 de enero 2021

Edisson Rubén Yépez Cevallos: **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SECADO DE MADERA DE *Alnus nepalensis* D. Don PROVENIENTE DE LA ZONA DE INTAG**; Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 8 de enero 2021, 88 páginas.

DIRECTOR: Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs

El objetivo general del Trabajo de Titulación fue:

- Determinar los defectos y costos causados por el secado empleando tres diferentes métodos.

Como objetivos específicos fueron:

- Analizar los defectos generados en la especie, durante el proceso de secado empleando los tres métodos.
- Evaluar los costos del secado de la madera en los tres diferentes métodos.

Fecha: 8 de enero 2021



Firmado electrónicamente por:
**JOSE GABRIEL
CARVAJAL
BENAVIDES**

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.

Director de trabajo de titulación

Edisson Rubén Yépez Cevallos

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a:

Díos, por darme fuerza cada día de mi vida, para así poder continuar en este proceso y obtener uno de los anhelos mas deseados.

A mis padres, Cristóbal Yépez y Silvia Cevallos, por todo su amor, sacrificio y trabajo a lo largo de todos estos años, gracias aquello me dieron la bendición de cumplir este sueño.

A la Universidad Técnica del Norte, mi segundo hogar, toda la vida estaré orgulloso de haberme educado en sus aulas. La Carrera de Ingeniería Forestal, donde sin duda viví los mejores años de mi vida, a sus Docentes, a todos mis compañeros, con los que compartí muchas anécdotas, las cuales recordare el resto de mi vida.

Mi tribunal, Ingeniero Gabriel Carvajal quien siempre estuvo al pendiente de mi investigación, mis asesores, Ingenieros, Hugo Vallejos y Jorge Ramirez, muchas gracias por todas sus observaciones y acompañamiento en todo el proceso de elaboración de este trabajo.

Por toda su amistad y cariño, a todas las personas que me ayudaron en la extracción de la madera, sin duda alguna fue una tarea agotadora, pero ustedes allí estuvieron muchas gracias; Jonatan, Jhon, Kevin, Bryan.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a:

A Dios, por darme la vida y estar guiándome en todo momento.

Mis padres, Cristóbal Yépez y Silvia Cevallos, por llenar mi vida con sus valiosos consejos, por su amor y apoyo incansable.

A mi hermana, por su cariño y apoyo en todo momento de mi vida, y más durante todo este proceso, por estar conmigo gracias. A toda mi familia por sus oraciones y consejos, por sus muestras de aliento cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA.....	i
APROBACIÓN.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO.....	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE ECUACIONES	6
ABREVIATURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRAC	9
CAPÍTULO I	10
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 General.....	11
1.1.2 Específicos	11
1.1.3 Hipótesis	11
CAPITULO II.....	12
2 MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Fundamentación legal.....	12
2.1.1 Constitución de la República del Ecuador.....	12

2.1.2	Código Orgánico del Ambiental (CODA).....	12
2.1.3	Objetivo del Plan Nacional de desarrollo 2017-2021 Toda una vida:.....	13
2.1.4	Código de ética de la Universidad Técnica del Norte	13
2.1.5	Línea de investigación	13
2.2	Fundamentación teórica.....	13
2.2.1	La Madera.....	13
2.2.2	Propiedades de la madera	15
2.2.3	Secado.....	19
2.2.4	Factores climáticos que influyen en el secado.....	20
2.2.5	Apilado	21
2.2.6	Defectos de la madera.....	22
2.3	Características de <i>Alnus nepelensis</i>	23
2.3.1	Habitad y distribución.....	23
2.3.2	Descripción botánica	23
2.3.3	Descripción micro anatómica	24
2.3.4	Características Físicas.....	24
2.3.5	Características Químicas	25
2.3.6	Usos	26
2.4	Evaluación económica	26
2.4.1	Costos fijos	26
2.4.2	Costos Variables	26
2.4.3	Indicadores financieros.....	26
CAPITULO III.....		29
3	MATERIALES Y MÉTODOS	29

3.1	Ubicación del sitio	29
3.1.1	Fase de campo.....	29
3.1.2	Fase de secado	29
3.2	Materiales e insumos	29
3.3	Metodología.....	30
3.3.1	Construcción de Métodos de Secado	30
3.3.2	Obtención del material.....	31
3.3.3	Establecimiento del secado.....	33
3.3.4	Toma de datos para de defectos en tablillas de (0,025 m 0,10 m 1,10 m).....	34
3.3.5	Diseño experimental de la investigación	38
3.3.6	Evaluación de costos de los métodos empleados en la investigación	40
CAPÍTULO IV.....		44
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1	Pérdida de Peso (Pp).....	44
4.1.1	Análisis estadístico para la Pérdida de peso (Pp)	45
4.1.2	Análisis de la covarianza para Pérdida de peso (Pp)	46
4.1.3	Prueba de tukey para Pérdida de peso (Pp) según tipo de corte	46
4.1.4	Prueba de tukey de Pérdida de peso (Pp) para la interacción método * corte	47
4.1.5	Interacciones para la pérdida de peso	49
4.2	Contenido de Humedad (CH)	50
4.2.1	Determinación de la normalidad y homocedasticidad.....	51
4.2.2	Análisis de la covarianza para el Contenido de humedad (CH)	52
4.2.3	Prueba de tukey para el Contenido de Humedad (CH) según tipo de corte	53
4.3	Condiciones de Secado	53

4.4	Duración del secado.....	54
4.5	Defectos	55
4.5.2	Análisis estadístico de defectos del secado	57
4.5.3	Rangos de intensidad	58
4.6	Evaluación económica.....	59
4.6.1	Precio de tablillas.....	59
4.6.2	Valores económicos de los Métodos empleados	60
CAPÍTULO V.....		63
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1	Conclusiones.....	63
5.2	Recomendaciones	64
CAPÍTULO VI.....		65
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS		1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Criterios de separación de tablas en el secado</i>	22
Tabla 2	<i>Propiedades físicas de <i>Alnus nepalensis</i>.....</i>	25
Tabla 3	<i>Especies con densidad básica menor o igual que 0,40 g/cm³</i>	25
Tabla 4	<i>Detalle de los requerimientos de la investigación.....</i>	30
Tabla 5	<i>Niveles de clasificación de intensidad alabeos.....</i>	35
Tabla 6	<i>Intensidad de alabeo</i>	36
Tabla 7	<i>Descripción del experimento</i>	39
Tabla 8	<i>Descripción del ensayo de secado.....</i>	40
Tabla 9	<i>Pérdida de valor económico en función de los defectos.....</i>	41
Tabla 10	<i>Pérdida de peso promedio en gramos</i>	44

Tabla 11 Prueba de Shapiro-Wilks para determinad la normalidad de la Pp	45
Tabla 12 Análisis de la prueba de Levene para Pp	45
Tabla 13 Análisis de la covarianza para el ensayo de Pp	46
Tabla 14 Porcentaje promedio del contenido de humedad.....	51
Tabla 15 Prueba de Shapiro-Wilks para determinad la normalidad del CH	51
Tabla 16 Prueba de Levene para determinar la homocedasticidad del CH.....	52
Tabla 17 Análisis de la covarianza para el ensayo de pérdida de CH.....	52
Tabla 18 Valores meteorológicos mensuales del periodo de secado.....	54
Tabla 19 Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, intensidad de los alabeos.....	58
Tabla 20 Valores económicos por tablillas en función de los defectos	60
Tabla 21 Tabla resumen costos e indicadores financieros de método a intemperie	61
Tabla 22 Tabla resumen costos e indicadores financieros de método Bajo cubierta.....	61
Tabla 23 Tabla resumen costos e indicadores financieros de método de Cámara solar	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte trasversal de un tronco.....	14
Figura 2. Corte radial en el tronco	18
Figura 3. Corte tangencial en el tronco.....	18
Figura 4. Corte oblicuo en el tronco.....	19
Figura 5. Tipos de cortes.....	33
Figura 6. Apilado rectangular	34
Figura 7. Terminología usada para la pieza de madera.....	36
Figura 8. Cálculo de acanaladura	37
Figura 9. Cálculo de Arqueadura	37
Figura 10. Cálculo de encorvadura	38
Figura 11. Cálculo de torcedura.....	38
Figura 12. Prueba de tukey para pérdida de peso según el tipo de corte	47
Figura 13. Prueba de tukey para la interacción entre el factor A (método) y el factor B (tipo de corte), para la Pp.	49

Figura 14. <i>Interacción Método*tipo de corte para Pérdida de peso</i>	50
Figura 15. <i>CH según tipo de corte</i>	53
Figura 16. <i>Duración del secado</i>	54
Figura 17. <i>Defectos presentados en la investigación</i>	56
Figura 18. <i>Niveles de intensidad</i>	57
Figura 219. <i>Rangos de intensidad de defectos</i>	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1 Contenido de Humedad	34
Ec. 2 Calculos para el valor económico de pila de tablillas	41
Ec. 3 Calculo para el valor económico de tablilla	41
Ec. 4 Tamaño de la muestra.....	42

ABREVIATURAS

GEY	Granja Experimental Yuyucocha.
COPANT	Comisión Panamericana de Normas Técnicas.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
PP	Pérdida de peso.
CH	Contenido de humedad.
CHM	Contenido de humedad en la madera.
DAP	Diámetro a la altura del pecho.
PV	Peso en verde de la madera.
HEH	Humedad de Equilibrio Higroscópico.
PSF	Punto de saturación de la fibra.
VAN	Valor actual neto.
TIR	Tasa interna de retorno.
B/C	Beneficio costo.

TITULO: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SECADO DE MADERA DE
Alnus nepalensis D. Don PROVENIENTE DE LA ZONA DE INTAG.

Autor: Edisson Rubén Yépez Cevallos

Director de trabajo de titulación: Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.

Año: 2021

RESUMEN

El secado antitécnico de la madera provoca defectos que disminuyen el precio de venta de esta, por ende, se plantea el estudio que se realizó en la Granja Experimental Yuyucocha (GEY), propiedad de la Universidad Técnica del Norte, este evaluó técnica y económicamente el secado de *Alnus nepalensis*, empleando tres diferentes métodos. La investigación tuvo una fase preliminar, campo y fase de secado. El cuanto a la fase preliminar se procedió a la limpieza, remoción de escombros, limpieza de vegetación y nivelación del área donde posteriormente se construyeron los métodos de secado los mismos que fueron; intemperie, bajo cubierta y cámara solar. A continuación, para la fase campo se realizó la selección, apeo y transporte de los árboles mismos que se encontraban a una altitud de 1942 m.s.n.m esto en la comunidad de Pucara, parroquia Apuela, zona de Intag, para esto se aplicó normas (COPANT e INEN). Para la fase de secado, listos ya los métodos de secado, se empleó la Norma chilena (NCh 992 Eof 72 y NCh 993) para la extracción del material experimental, secado y determinación de defectos. La evaluación económica se realizó mediante indicadores financieros como es el VAN, B/C y TIR. Se registro un contenido de humedad promedio de 33,40% siendo superior al punto de saturación de las fibras. En cuanto los defectos generados fueron en mayoría torceduras y menor cantidad acanaladuras. Mientras la evaluación económica determino que el mejor método económicamente hablando es a intemperie.

Palabras clave: *Alnus nepalensis*, cámara solar, contenido de humedad, defectos, intensidad, secado.

TOPIC: TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE WOOD
DRYING OF *Alnus nepalensis* D. Don FROM THE INTAG AREA.

Author: Edisson Rubén Yépez Cevallos

Director of degree work: Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.

Year: 2021

ABSTRAC

The anti-technical drying of the wood causes defects that reduce the sale price of this, therefore, the study that was carried out in the Yuyucocha Experimental Farm (GEY), owned by the Technical University of the North, is proposed, this evaluated technically and economically the drying of *Alnus nepalensis*, using three different methods. The investigation had a preliminary phase, field, and drying phase. Regarding the preliminary phase, we proceeded to cleaning, removal of debris, cleaning of vegetation and leveling of the area where later the drying methods were built the same as they were; outdoors, under cover and solar camera. Next, for the field phase, the selection, felling and transport of the trees themselves that were at an altitude of 1942 meters above sea level was carried out in the community of Pucara, Apuela parish, Intag area, for these standards were applied (COPANT and IN IN). For the drying phase, the drying methods ready, the Chilean Standard (NCh 992 Eof 72 and NCh 993) was used for the extraction of experimental material, drying and determination of defects. The economic evaluation was carried out using financial indicators such as NPV, B / C and IRR. An average moisture content of 33.40% was recorded, being higher than the saturation point of the fibers. As for the defects generated were mostly twists and fewer grooves. While the economic evaluation determined that the best method economically speaking is outdoors.

Keywords: *Alnus nepalensis*, solar chamber, moisture content, defects, intensity, drying

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la gran mayoría de maderas que se comercializan en la pequeña y mediana industria posee un alto contenido de humedad, por ende, esto genera un rápido deterioro en sus propiedades físico-mecánicas (MIPRO, 2011). Por tal motivo, Hector (1998) manifiesta que la madera con altos contenidos de humedad presenta un riesgo al ser empleada estructuralmente, esto debido a los cambios dimensionales que ocurren al perder agua. Este mismo autor menciona que: “La madera deber ser sometida algún método de secado antes de ser empleada, secado que es efectivo al momento que la madera logre un equilibrio higroscópico con la humedad relativa del aire circundante, esto garantiza que se conserven las propiedades de la madera” (p.73).

Los métodos que se emplean para secar madera en la zona de Intag, no brindan las condiciones adecuadas para garantizar el secado, por tal motivo se presenta un problema con el producto maderable. La madera que no se encuentra secada adecuadamente, presentara defectos los cuales generan pérdidas económicas, esto debido a que se limita la comercialización de la madera y a su vez se disminuye su inserción en el mercado (Caleron, 2014).

En la actualidad, generar tecnologías para el secado eficiente de la madera es de importancia social y económica, ya que promueve la disminución del desperdicio del producto. La actual investigación se justifica por la importancia y necesidad de desarrollar información del comportamiento de la madera de *Alnus nepalensis* frente a los métodos de secado; ya que en la zona de Intag existen 98,227 ha cubiertas con la especie, con rangos de entre cinco y 20 años, mismas que se encuentran aptas para ser aprovechadas (Cevallos, 2017).

El estudio busca generar información técnica, que ayude a la población a producir materia prima de calidad, reduciendo tiempos de secado, minimizando las pérdidas económicas ocasionadas por los defectos y su vez conservar las propiedades físico – mecánicas. De esta

manera, se generará un mejor producto el cual se verá más apreciado para su comercialización y empleo.

1.1 **Objetivos**

1.1.1 **General.**

Determinar los defectos y costos causados por el secado empleando tres diferentes métodos

1.1.2 **Específicos**

- Analizar los defectos generados en la especie, durante el proceso de secado empleando los tres métodos.
- Evaluar los costos del secado de la madera en los tres diferentes métodos.

1.1.3 **Hipótesis**

- Ho: Los métodos de secado y el tipo de corte de las tablillas de Aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) producen defectos y costos derivados similares.
- Ha: Los métodos de secado y el tipo de corte de las tablillas de Aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) generan diferentes defectos y costos derivados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador

La investigación está sustentada en el **Art. 71.-** El que menciona que la naturaleza, donde se reproduce y prolifera la vida, tiene como derecho que se la respete íntegramente su existencia y mantenimiento, en otro artículo como es el **Art. 74.-** señala que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir; además en **Art. 83.-** menciona deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.1.2 Código Orgánico del Ambiental (CODA)

Se menciona en el **Art. 3** numeral 9 el establecer mecanismos que promuevan y fomenten información ambiental, así como la coordinación y articulación de las entidades públicas, privadas y sociedad civil; se señala en **Art. 17** que el estado deberá contar con datos científicos y técnicos sobre la biodiversidad y el ambiente, los cuales deberán ser actualizados permanentemente. Además, el numeral 8 del **Art. 30**, indica la importancia de promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bio-conocimiento. En el **Art. 133** La Autoridad Nacional Forestal, Autoridad Nacional de Agricultura y Ganadería, Autoridad del Ambiente y del Agua, Autoridad de Ciencia Tecnología e Innovación y Saberes Ancestrales todas estas entidades públicas, identificarán y propondrán iniciativas para la investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal en base a sus competencias (CODA, 2017).

2.1.3 **Objetivo del Plan Nacional de desarrollo 2017-2021 Toda una vida:**

El presente estudio se enmarca en el **objetivo 3:** Menciona que se debe garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, el cual se desglosa a profundidad en la **política 3.5.** la que menciona la importancia de generar una economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía, además en la **Política 3.6.** señala la responsabilidad de impulsar la generación de bio-conocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos (SEMPLADES, 2017).

2.1.4 **Código de ética de la Universidad Técnica del Norte**

Como se menciona en el **Art 1.-** el código de ética tiene como finalidad contribuir al mejoramiento del comportamiento de los integrantes de la comunidad dentro y fuera de la Universidad, valorando el talento para que asuma sus responsabilidades bajo los principios de eficacia, calidad y transparencia.

2.1.5 **Línea de investigación**

Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2 **Fundamentación teórica.**

2.2.1 **La Madera**

Se define como madera al conjunto de tejidos que forman el xilema, estos se encuentran presentes tanto en; tronco, ramas y raíces. La madera al ser un material vegetal está estructurada por celulosa (50%), lignina (30%) y (20%) de productos orgánicos; azúcares, taninos, sales minerales, resinas, látex y grasas esto menciona Alvarado (2016) citado por Ruíz (2020).

2.2.1.1 **Estructura de la madera**

Como se observa en la figura 1, el tronco cortado transversalmente permite definir desde el exterior hacia el interior diferentes estructuras, las cuales son corteza, albura, duramen, medula y anillos de crecimiento (Iglesias, 2008; Presa, 2015), mismos se detallan a continuación:

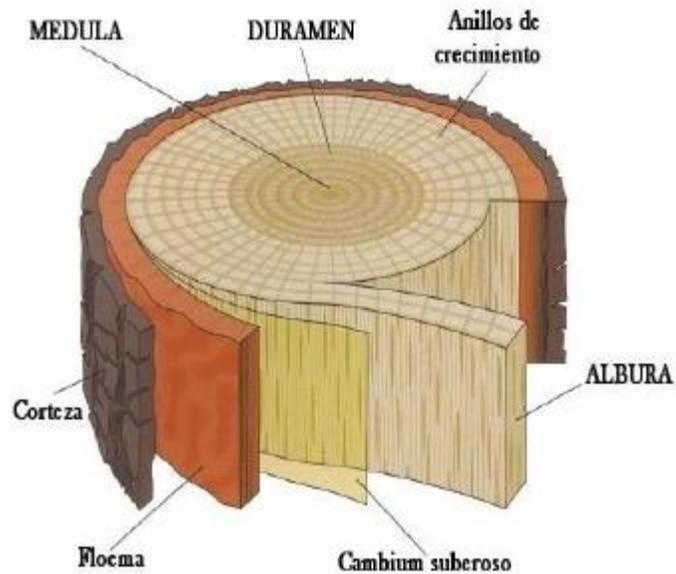


Figura 1. Corte transversal de un tronco
Fuente: Presa, (2015).

- **Corteza**

Se encuentra en la parte exterior. Está formada por células muertas, la función de esta estructura es la de proteger al árbol de agentes climáticos y patógenos. Además, la corteza se renueva constantemente (Iglesias, 2008).

- **Albura**

De tonalidad clara, debido a los anillos más jóvenes. Zona del tronco que está formada por tejidos en crecimiento, se la conoce también como xilema, cumple la función de sostén mecánico y transporte de agua y nutrientes minerales disueltos desde el suelo. A medida que el árbol crece la albura se desplaza (Iglesias, 2008).

- **Duramen**

Es la estructura más dura del árbol. Se diferencia por su tonalidad, con el color oscuro a contraparte de la albura. El duramen se encuentra compuesto por células inactivas, mismas llegaron a su máximo desarrollo y la función que cumple es la del sostén (Iglesias, 2008).

- **Medula**

La medula es la sección más vieja del árbol, dependiendo de la especie posee una diferenciación de color. Esta es, la responsable del transporte de nutrientes necesarios para el este, es decir es la que conduce la sabia. Se encuentra en la parte central del tronco (Presa, 2015).

- **Anillos de crecimiento**

Se los logra observar en un corte transversal del tronco, dependiendo de la especie pueden ser más notorios. Además, estos son círculos cóncavos que están ligados al crecimiento del árbol, en arboles de zonas con cuatro estaciones se puede realizar un cálculo matemático según los anillos que poseen y definir una edad posible (Presa, 2015).

2.2.2 Propiedades de la madera

2.2.2.1 Contenido de Humedad de la madera (CHM)

Se define como la relación entre la cantidad de agua y el peso seco (pero anhidro de la madera), esto se lo expresa en porcentajes. Además, según el % de contenido de humedad en la madera, se emplean las siguientes definiciones: agua libre, agua higroscópica y agua en saturación (Souter y De la Maza, 2011).

- **Agua libre o capilar**

Es aquella que da la condición “verde” a la madera, se encuentra en las cavidades celulares. La cantidad de agua que posee la madera es proporcional al volumen de poros que posea. Al empezar el secado, el agua capilar se pierde paulatinamente por evaporación, al no contar con agua libre en cavidades celulares, se denomina punto de saturación de las fibras (PSF) este posee un contenido de humedad que varía desde 21% hasta 32%. Por tal motivo, cuando esto ocurre anatómicamente las paredes celulares están llenas de agua, mas no sus cavidades celulares, en este punto la madera esta seca ambientalmente (León y Williams, 2010).

- **Agua higroscópica o saturación**

En las paredes celulares se encuentra el agua de saturación. Durante el proceso de secado, cuando el agua libre se ha perdido por completo, la perdida de humedad procede a mayor

lentitud en este punto, a esto se le conoce como equilibrio higroscópico, no es más que la equilibrarían de la humedad contenida en la madera y la humedad relativa de la atmosfera (Córdoba, 2005).

Además, como menciona Tapia (2014) la gran mayoría de especies, poseen un equilibrio higroscópico entre el 12% y 14% de contenido de humedad, esto depende del lugar donde se realiza el secado; Por lo tanto, la madera que es secada artificialmente solo puede alcanzar estos valores de humedad en equilibrio higroscópico (HEH).

- **Agua en constitución**

Se encuentra en la materia celular en la madera, la misma no puede ser eliminada empleando las técnicas convencionales de secado. La extracción de esta agua significa la destrucción parcial de la madera (Souter y De la Maza, 2011).

2.2.2.1.1 Higroscopicidad

Se refiere a la capacidad que posee la madera de liberar o absorber agua, esta hasta obtener un equilibrio con la humedad relativa del aire que lo circunda (Morales, 2004). A su vez, como indica la Normativa Ecuatoriana de Construcción, NEC (2014) determina que cuando se obtiene una variación de 1% (CH) en la pieza, se indica que la madera se encuentra en, humedad en equilibrio higroscópico (HEH).

2.2.2.1.2 Punto de saturación de la fibra (PSF)

Se define el PSF como el contenido de humedad donde los espacios de las células están totalmente vacíos de agua libre, y a su vez se encuentran saturadas las paredes celulares (Tiemann, 1906). Además, este mismo autor, afirma que por debajo de PSF solo se encuentra agua ligada. Por otro se menciona que el PSF es donde se producen cambios de las propiedades físicas de la madera merma, hinchazón, dureza, módulo de ruptura, conductividad eléctrica y térmica (Simón, 2015).

2.2.2.1.3 Contracción Volumétrica

Para varios autores entre ellos Salas (2005), comenta que es la reducción de dimensiones experimentadas por las tablas, al momento de perder humedad, según la dirección a analizar se

habla de reducción longitudinal, radial o tangencial, la contracción volumétrica puede generar abaleos en las piezas. Álvarez (2008) menciona, es una constante que dicha contracción se produce intensamente al largo de los anillos de crecimiento. En caso de tablas cortadas tangencialmente. Los anillos de crecimiento que son más largos al momento de estabilizarse, estos producen alabeos, esto a diferencia de los anillos más cortos los cuales en su mayoría no generan algún defecto (Ananías R. , 2005).

2.2.2.2 *Peso específico*

Es la relación que existe entre el peso de la madera con específico CH y el volumen de agua a determinada temperatura, también se menciona que a mayor peso específico la madera tiene mayor resistencia contra cualquier tipo de deformación o alabeo (León y Williams, 2010). Las características micro anatómicas de la madera como son grosor de paredes celulares, tamaño de células y cantidad de estas, determinan en gran proporción el peso específico y densidad Dudek y Werner 1978, citado por Ruiz (2020).

2.2.2.3 *Anisotropía*

Este es el término que se utiliza ya que casi todas las propiedades de la madera son diferentes en las tres formas básicas de anatomía de la madera, oblicuo, radial y tangencial (Castellanos, Sotomayor y Ramírez, 2014). La orientación de las fibras de la madera varía dependiendo del corte con que se aserró al árbol, por tal motivo, las propiedades de una pieza de madera cambian dependiendo al patrón del corte; la variación de las propiedades se presenta en la magnitud de contracciones y dilataciones percibidas durante el secado según el tipo de corte, y en el volumen de soporte para recibir cargas (Viscarra, 1988).

Lo más frecuente es que el aserrío se lo lleve a cabo desde una troza ya cuadrada, los cortes que resultan son tangencial y el oblicuo, esto se debe ya que son fáciles de aserrar además que generan menos desperdicios (Arango, 1991). Cabe mencionar que el corte radial es el que menos defectos genera en el secado y esto genera interés en su utilización en madera estructural. Rodríguez (2019), detalla la extracción e interés de los diferentes cortes mismos que son:

- **Corte radial**

Este corte va según la dirección de los radios del tronco, como se aprecia en la figura 2, es decir que el aserrío va de un extremo al otro del tronco. Es el corte menos común, porque al momento de generar tablas radiales, genera demasiado desperdicio. La veta en el corte radial es recta, se busca este tipo de veta los fabricantes de muebles de estilo victoriano (Rodríguez, 2019).

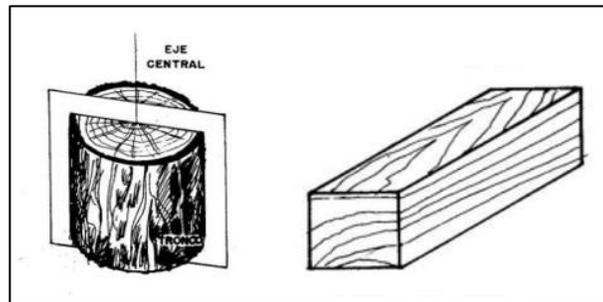


Figura 2. Corte radial en el tronco

Fuente: Viscarra (1998)

- **Corte tangencial**

Como se observa en la figura 3, este tipo de corte va perpendicularmente a los radios del tronco, ósea que forma un ángulo recto con respecto a los radios, este corte es de fácil extracción y menor coste porque no genera desperdicios al momento de aserrar el tronco. La veta de la madera se visualiza en este corte, dándole una preferencia al momento de fabricar muebles y adecuar interiores (Rodríguez, 2019).

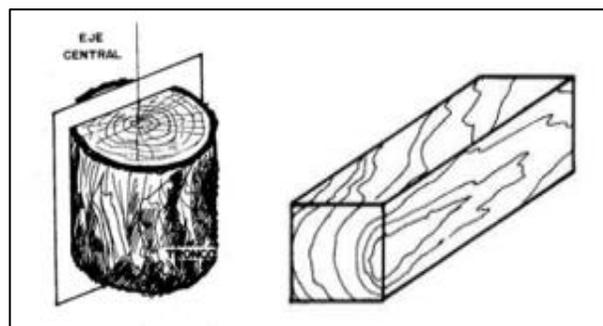


Figura 3. Corte tangencial en el tronco

Fuente: Arango, (1991)

- **Corte oblicuo**

Este corte es un corte inclinado como se mira la figura 4, cualquier tipo de corte que no sea radial o tangencial se le denomina oblicuo. Este corte se lo genera con la finalidad de utilizarlo en la fabricación de barriles, ya que su disposición genera menos poros (Rodríguez, 2019)

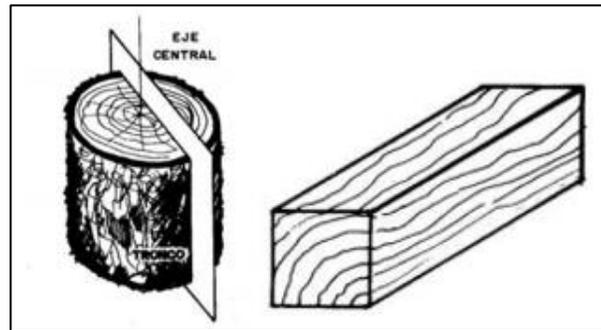


Figura 4. Corte oblicuo en el tronco
Fuente: Viscarra, (1998)

2.2.3 Secado

El secado consiste en extraer la humedad de la madera, esto se puede realizar tanto en condiciones naturales como artificiales. El secado entra en acción cuando se coloca la madera en contacto con el aire no saturado, el mismo que promueve la evaporación del agua superficial (Sedano, 2006). Así también Pomachagua (1993) menciona que es un proceso gradual, el cual dependerá también de la especie, grosor de las piezas y temperatura del sitio.

Según Ananías (2005), Los cambios volumétricos se producen en esta etapa, dependiendo de las condiciones y tipos del secado. Aquí se presentan defectos como: rajaduras, colapsos y grietas, así como también, alabeos como: torceduras, encorvaduras y curvaturas.

El secado se basa en la capacidad de la madera, de intercambiar humedad con el medio que la rodea. El secado en cámara, las piezas de madera se someten a condiciones artificiales más severas, incrementando este proceso de pérdida de humedad y así acortando el tiempo de secado (Gallo, 2009).

2.2.3.1 Tipos

Dentro de los tipos de secado, se puede definir dos tipos que son secado al aire libre y secado al horno (Tapia, 2014; Sedano, 2006; Todd, 1986).

- **Secado al aire libre**

Este método expone la madera a las condiciones ambientales, de esta manera la madera perderá humedad ya que siendo un material higroscópico termina estabilizando su CH con la HR del ambiente, en este punto se puede decir que existe un secado al aire libre (Sedano, 2006).

Como también menciona Tapia (2014), consiste en apilar la madera tanto aserrada como rolliza esta última la más común en este tipo de secado, la madera llega a un contenido de humedad en armonía al entorno que está expuesta. El éxito está en lograr un secado en un menor tiempo posible, al mínimo costo y evitando la desvalorización de las piezas que se someten a este secado. Todd (1986), menciona que el secado al aire libre no es suficiente si las piezas recibirán algún tipo de preservante, ya que todavía contienen humedad, a su vez, este autor añade que la madera seca al aire puede emplearse en exteriores, además de madera para acabados como mueblería.

- **Secado al horno**

Cita Sedano (2006), este secado se realiza en ambientes especiales, con climas interiores parcial o totalmente controlados, los que se pueden mantener constantes o variar a voluntad, de modo que se produzcan humedades de equilibrio progresivamente más bajas, para evitar fallas en la madera.

2.2.4 Factores climáticos que influyen en el secado

2.2.4.1 Temperatura

La velocidad con que se evapora el agua libre contenida en la madera depende exclusivamente de la temperatura (Nuñez, 2016). Además, cuanto más elevada sea la temperatura, aumenta la intensidad de evaporación, ya que el aire suministra calor y absorbe humedad, por ende, se determina que una temperatura de 80 °C la humedad que circula en la pieza es cinco veces mayor que si se tiene una temperatura de 25 °C (Álvarez, 2008).

2.2.4.2 Humedad relativa

Para varios autores entre ellos Tapia (2014) y Álvarez (2008), concuerdan que la humedad relativa (HR) del aire es uno de los factores más determinantes, la duración está en función HR. Cuando menor es la HR, mayor capacidad de absorción de vapor tendrá, favoreciendo la evaporación del agua en la madera.

2.2.5 Apilado

Este viene hacer el acomodar la madera, cumpliendo con ciertas normas para así evitar que se presentes defectos (Tapia, 2014). El tipo de apilado depende de las dimensiones de las piezas a ser secadas, generalmente para tener óptimos resultados se recomienda (Rueda, 2008).

- Preparar unas buenas bases, estas deben ser de pilotes de hormigón o bloque, además tener siempre limpio el lugar de maleza, si este se encuentra sin una capa asfáltica o cementada.
- Apilar la madera de una sola especie o de no ser el caso que esta posea una humedad similar.
- Las piezas deben poseer medidas similares, en caso de que tengas medidas diferentes, las de mayor longitud deberán ir en la base de la pila.
- Todas las piezas deben poseer apoyo, estos deben estar como máximo 0.60 cm entre separadores.
- Los separadores para emplear deben poseer unas buenas condiciones, es decir, que estos no deben ser de desechos.

2.2.5.1 Separadores

Los separadores son tiras de madera, se emplean para separar la madera aserrada en pilas, la cual esta presta para secar, estos separadores cumplen con mejorar la circulación del aire, acelerando el proceso de secado (Todd, 1986). Los separadores deben de encontrarse secos, bien escuadrados y libres hongos; no se debe utilizar madera desechable para su elaboración (Peña y Rojas, 2006). Este mismo autor determina dimensiones de los separadores y separación entre estos, de acuerdo con el espesor de la madera dispuesta en la pila como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1*Criterios de separación de tablas en el secado*

Espesor de tablas a secar (cm)	Espesor de separadores(cm)	Espacio de los separadores (cm)
<2	2	30 a 50
2 a 3	2,5	40 a 50
3 a 4	3	60 a 80
4 a 6	3,5	60 a 80
6 a 8	4	90 a 100
> 8	4,5	100

Fuente: Peña y Rojas, (2006).

2.2.5.2 Localización

El patio de secado deberá ser colindante con respecto al área de transformación, eso evita el transporte de la madera en largas distancias. El lugar idóneo es aquel que está en un relieve alto, o a su vez donde la influencia del aire es más pronunciada, ya que este acelera el proceso de secado (Peña y Rojas, 2006).

2.2.6 Defectos de la madera

Como menciona FPL 1999, citado por Monge (2011) se define como defecto a todo daño en la estructura o alteración en la apariencia de la madera, se pueden presentar por acción de tensiones de crecimiento, mal procesamiento en aserrío y durante el secado, en consecuencia, por la pérdida de agua de las cavidades y fibras de la madera. La mayoría de los defectos se originan en la etapa de secado y estos se pueden clasificar como fracturas a grietas, rajaduras y reventadoras, y como alabeos; torceduras, encorvaduras, arqueadoras y acanaladuras (Kollmann y Springer, 1951); (Ananías R. , 2005) y (Caleron, 2014).

2.2.6.1 Torceduras

Este defecto que se presenta transversal y longitudinalmente en simultaneo, es decir se presenta cuando las esquinas de la tabla no se encuentran en un mismo plano. Las causas para que se presente este alabeo, es que la madera no tenga sobre pesos en la carga, oh a su vez que esta tenga una fibra diagonal, espiralada o entrelazada (Sepúlveda, 2007).

2.2.6.2 Acanaladura

Los bordes longitudinales no se encuentran en el mismo plano con respecto con la zona central de la pieza, se evidencia cuando se coloca la pieza sobre una superficie plana, la parte central toca la superficie y los bordes están a su vez levantados. Este alabeo generalmente se manifiesta cuando la madera es floreada (Sepúlveda, 2007).

2.2.6.3 Arqueadura

Este defecto es la curvatura de una de las caras en dirección longitudinal. Se lo identifica al apoyar una pieza sobre una superficie plana, se observa una separación entre la cara de la pieza y la superficie de apoyo. Las piezas susceptibles a tener este defecto es la madera que posee un grano desviado (Sepúlveda, 2007).

2.2.6.4 Encorvadura

La encorvadura en una corvadura a lo largo de un canto de la pieza de madera, esta se lo puede identificar al colocar la pieza de madera en una superficie plana, se observa una separación entre el canto y la superficie de apoyo (Sepúlveda, 2007).

2.3 Características de *Alnus nepelensis*

2.3.1 Hábitad y distribución

Árbol originario de la cordillera del Himalaya, su distribución va desde Bután y Nepal, al norte la India, al suroeste de China, también se encuentra en Indochina. La adaptabilidad de la especie la llevan hacer introducida en el continente americano (centro y sur), así como también en varios países del continente africano (Joker, 2000).

2.3.2 Descripción botánica

Como menciona Duke 1983, citado por España (2016) es una especie de las 35 especies que posee el género *Alnus* el mismo que integra la familia Betulácea, este árbol tiene características semi caducifolias a caducifolias, su altura en las mejores condiciones edafoclimáticas puede ser de hasta 30 m, 60 cm de DAP, posee un tronco recto, su corteza es de un color verde oscuro a grisáceo y lenticelado. Hojas alternas, elípticas con un largo de 6-20 cm y de 5-10 de ancho. Inflorescencia es un amento, en el cual se encuentran flores

masculinas y femeninas por separado en las mismas o diferentes ramas, los amentos son de color amarillo, su longitud es de 10 – 25 cm, los amentos femeninos son mucho más cortos y leñosos, estos solo se generan en la ramificación lateral de las ramas. Frutos color marrón oscuro, se encuentran en posición vertical sobre los tallos cortos, estos son elípticos y de una consistencia leñosa, conos vacíos se mantienen durante mucho tiempo. Semillas de color marrón claro, poseen dos grandes alas membranosas de más de 2 mm de ancho, dichas semillas maduran de noviembre a marzo dependiendo de la localización geográfica.

2.3.3 Descripción micro anatómica

Es una madera porosa difusa con presencia de radios agregados, contiene anillos de crecimiento ondulados de 1,5 hasta 3,3 mm de ancho, determinados por células parenquimáticas y de 2-3 capas de traqueidas aplanadas tangencialmente. Poros numerosos y uniformemente distribuidos, su disposición es en solitario o en múltiples radiales de 2-4; poros solitarios ovales o redondos, su tamaño varía entre 17-31 μm^2 . Parénquima apotraqueal difuso, transversalmente es ovalado de 15-30 μm de diámetro. Radios homogéneos, uniseriados y agregados de, 1-34 células (48-829 μm) de alto y 15-25 μm de ancho (Suzuki, *et al.*, 1991).

2.3.4 Características Físicas

En Hawái se realizó el estudio de una plantación de 26 años, obteniendo los resultados de humedad 103% esto con una densidad básica de 0,34 gr/cm^3 , contracción tangencial 6,8%, radial 4%, longitudinal 0,24% y contracción volumétrica total 9,9% (Gerhards., 1964).

Por otra parte, Mediavilla (2016) determino las características físicas de la especie, en el cual se observan otros valores como se aprecia en la tabla 2. Este autor manifiesta que la variable edad fue la causante de esta variación, debido que su estudio se lo realizo con individuos entre los ocho a diez años.

Tabla 2*Propiedades físicas de Alnus nepalensis.*

Especie	Humedad verde (%)	Densidad (g/cm ³)	Contracción (%)				Edad	
			Tang.	Rad.	Long.	T/R		Total
<i>A. nepalensis</i> D Don.	115,39	0,31	7,68	3,49	0,39	2,63	10,91	10

Fuente: Mediavilla (2016).

En base a la densidad que presenta la madera de *Alnus nepalensis* como lo determino INEN (2011), se la clasifica como madera del tipo “D” la cual el Instituto Ecuatorino de Normalización (INEN) la clasifica como propensa a presentar defectos físicos y mecánicos y sanitarios. Por tal motivo, se puede aseverar que no son aptas para procesos de aserrado, en función a su densidad. Otras especies que poseen esta clasificación, como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3*Especies con densidad básica menor o igual que 0,40 g/cm³*

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Balsa	<i>Ochocroma pyramidale</i>	FABACEAE
Chalde	<i>Trichospermum galleoti</i>	URTICACEA
Mata Palo	<i>Ficus sp</i>	MORACEAE
Peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i>	MALVACEAE
Aliso Rojo	<i>Alnus acuminata</i>	BETULACEAE
Sapanes	<i>Trema spp</i>	URTICACEAE

Fuente: INEN, (2011).

2.3.5 Características Químicas

La ceniza presenta minerales como calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg) en pequeñas cantidades. Raramente el volumen de ceniza es más bajo que 0,2% o más alto que 1% del porcentaje en peso de madera, además como se observa en la tabla 4 se aprecia los valores de ceniza para la especie. Los porcentajes tanto de albura y duramen varían (Paz, 2008). Es por

este motivo que Mediavilla (2016), en su investigación corrobora esta variación, obteniendo valores para albura de 0,73% y 0,64% para duramen.

2.3.6 Usos

La especie se emplea para postes, artesanías, cercas, además de madera estructural, también para interiores, por otro lado, en combinación con coníferas se usa para pulpa papel (CABI, 2013). Por otra parte, Mediavilla (2016) menciona en función de sus resultados en propiedades físicas, de trabajabilidad y tallado, determinó que la madera es apta para; contrachapado, desenrollo, tallados de piezas artesanales y muebles tanto tallados como lineales.

2.4 Evaluación económica

2.4.1 Costos fijos

También denominados costos indirectos, (Sarmiento, 2004) menciona que estos costos permanecen relativamente estables no presentan ninguna variación a corto plazo, es decir no aumentan ni disminuyen. No están ligados a los volúmenes de producción, se definen a los costos fijos en; arriendo de terreno materiales de construcción, salario de empleados (Pérez, López, y Hernández, 2016).

2.4.2 Costos Variables

Según Vázquez (1992), los costos variables son aquellos rubros que dependen de la cantidad de producción de la empresa, cuyos insumos que se generan mensualmente y a su vez guardan una vinculación directamente proporcional con el nivel real de actividad. En otras palabras, son los que se erogan al producir y comercializar una unidad de producto.

2.4.3 Indicadores financieros

Los indicadores financieros son una serie de herramientas utilizadas para realizar un manejo de las finanzas que cuenta la empresa, y así poder diagnosticar la capacidad financiera del negocio. Los indicadores guían a los gerentes en la correcta dirección para obtener objetivos a mediano y largo plazo (Hernandez, Boada, Aguinalde y Quiroga, 2008).

2.4.3.1 Valor actual neto y tasa interna de retorno

Como menciona Hernandez, Boada, Aguinalde y Quiroga (2008), estos son dos indicadores financieros que se emplea en cualquier proyecto de inversión, el valor actual neto VAN es un criterio de inversión el cual el cual consiste en actualizar los cobros y pagos en un proyecto, lo cual nos indicara cuando se va a ganar y perder y se calcula mediante la ecuación 6, como indica Vázquez (1992), la Tasa interna de retorno TIR es mide la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en un proyecto este autor menciona que la TIR no toma en cuenta el dinero que se retira del negocio cada periodo por concepto de utilidades, si no el que se mantiene invertido, para onbeter la tir se emplea la ecuadion 7 .

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1 + TIR)^n} - 1 = 0$$

Fuente: Pérez, (2018).

Donde:

Qn: Flujo de caja en el periodo
n: Numero de periodos
1: Valor de la inversión inicial

$$TIR = \frac{\sum Rt}{(1 + i)^t} = 0$$

Fuente: Pérez, (2018)

Donde:

T: tiempo del flujo de caja
I: tasa de descuento
Rt: flujo neto del efectivo

2.4.3.2 *Beneficio Costo*

Como indican Triunfo, Torello, Berreta, Vicente, y Bergara (2003), este es un indicador financiero que compara entre el costo de un producto versus el beneficio que se entrega, además la evaluación de B/C indica que, si el valor obtenido por la es mayor a uno, significa que es rentable, mientras si es igual o menor a uno sería un proyecto no rentable, la ecuación aplicada para esto es la ecuación .

$$BC = \frac{VP (B)}{1 + VP (O y M)}$$

Donde:

VP (B): Valor presente de beneficios
I: Inversión inicial del proyecto
VP (O y M): Costos totales del proyecto

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio

La investigación tuvo dos fases: campo y secado

3.1.1 Fase de campo

El sitio se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia Apuela, comuna de Pucará, la cual posee una altitud entre 1600 y 2000 m.s.n.m. Con una precipitación anual de 1393,2 mm temperatura desde los 12°C hasta 15°C y humedad relativa del 70% al 80% (España, 2016).

Los árboles seleccionados se encontraron en una altitud de 1942 m.s.n.m., además estos se encontraban en un sistema agroforestal, por su ubicación esta masa boscosa es catalogada como *“bosque siempre verde montano alto de la cordillera occidental de los Andes”* (MAE, 2013).

3.1.2 Fase de secado

Se empleó tres métodos, intemperie, bajo cubierta y cámara solar tipo invernadero, los cuales fueron establecidos en la granja experimental Yuyucocha, predio de la Universidad Técnica del Norte, con condiciones de altitud de 2243 m.s.n.m., 00° - 21' - 53'' de latitud N y 78° - 06' - 32'' de longitud O y una temperatura promedio de 17,70°C, precipitación alrededor de 745,40 mm y 72% de humedad relativa (Vélez, 2016).

3.2 Materiales e insumos

Para realizar la investigación se empleó los siguientes materiales, insumos, material vegetativo e instrumentos como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4*Detalle de los requerimientos de la investigación*

Materiales	Insumos	Equipos e instrumentos	Material vegetativo
Alambre	Aceite de dos tiempos	Balanza	Tablillas de madera
Azadón	Cadena de motosierra	Calibrador	
Barra	Gasolina	Canteadora	
Caña guadua	Pintura en aerosol	Brújula	
Carretilla	Plástico para embalaje	Cámara fotográfica	
Clavos		Cierra circular	
Etiquetado		Cinta métrica (50m)	
Formulario		Higrómetro	
Grapas		Motosierra	
Marcador		Cierra circular	
Moto guadaña		Computador	
Pala		Machete	
Planchas de zinc		Navegador GPS	
Plástico de invernadero			
Plástico negro			
Separadores			
SERRUCHO			
Tijeras			

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Metodología

3.3.1 Construcción de Métodos de Secado

En primer lugar, se eliminó la vegetación herbácea, además se efectuó la nivelación del terreno, y finalmente se colocó cascarilla de coco en el piso, esto con el fin de controlar el crecimiento de maleza como observamos en el anexo B1. Una vez realizado estas labores, se procedió a instalar los métodos empleados en la investigación los cuales fueron; intemperie, bajo cubierta y cámara solar los mismo se detallan a continuación.

- **Intemperie**

En 12 m² se instaló este método, considerando que no se encuentre vegetación (árboles) que interfieran en horas efectivas de luz solar.

- **Bajo Cubierta**

Tomando en cuenta la dirección de recorrido del sol (de este a oeste) en un área de 15 m², se construyó la estructura la que fue de caña guadua, de aproximadamente 3 m de alto hacia el lado este y 3,5 m oeste; el techo fue con láminas de zinc como se aprecia en anexo B1.

- **Cámara Solar**

Se construyó este método en un área efectiva de 18 m², considerando el recorrido del sol, de esta manera garantizar las horas efectivas de luz solar. La estructura fue de caña guadua, material económicamente accesible y fácil de trabajar, se añadió marcos en el contorno, los que fueron de tiras de madera reciclada como se observa en anexo B1, se colocó plástico negro cubriendo toda la estructura, con el fin de atrapar calor, además se dejó dos ventilas en un extremo de la cámara solar, con el fin de la liberar la humedad generada al momento del secado, su techo fue de láminas de zinc.

3.3.2 **Obtención del material**

3.3.2.1 *Selección de árboles*

Se tomó como referencia la norma COPANT 458 (Comisión Panamericana de Normas Técnicas), la cual determina que los árboles para ser empleados en investigaciones de las propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad, deben tener las siguientes características; fuste cilíndrico, copa pronunciada, libre de plagas. De esta manera, se garantiza que no se presenten defectos ocasionados por mal formación en los árboles o afectación de plagas (COPANT, 1972).

Para el número de árboles, se consideró la cantidad de tablillas a obtener para la investigación 270 unidades con dimensiones de 0,025 m 0,10 m 1,10 m, por lo tanto, se seleccionó cinco árboles con características dasométricas de 45 - 50 cm de DAP y altura de 8 - 10 m.

Teniendo en cuenta la investigación realizada por Mediavilla (2016), el cual empleo la misma especie para; evaluación de propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad. Este autor seleccionó árboles entre 9 - 10 años, por lo tanto, con el fin de dar continuidad a mencionada investigación, ya que el secado está dentro del tema de comportamiento de la madera, se optó arboles con esta edad.

3.3.2.2 Tumba de árboles

Se utilizó la norma COPANT 459, la cual determina el procedimiento de tumba de árboles, que se emplearan en ensayos de propiedades físicas, químicas y trabajabilidad. En consecuencia, con una motosierra se apeó de manera técnica a 50 cm desde la base dejando el tocón, procurando que la caída de los árboles afecte mínimamente la vegetación aledaña, como medida de seguridad se apoyó la motosierra al suelo y se alejó 5 m mínimo, se dejó que estos caigan solos (COPANT, 1972).

3.3.2.3 Trozado del fuste

Para el trozado de los cinco árboles, se realizó bajo la norma INEN 1158, la cual menciona que se obtenga trozas de 2,5 m de largo, partiendo desde el DAP (un metro y treinta centímetros desde la base). Posteriormente se procedió a quitar las jampas con la finalidad de facilitar el traslado de estas (INEN, 2011).

3.3.2.4 Embalaje y transporte

Para facilitar la extracción de la madera, se procedió a escuadrar las trozas en bloques. A continuación, se embalo y transporto los bloques hasta la Central Maderera de la granja experimental Yuyucocha, propiedad de la Universidad Técnica del Norte, en un tiempo estimado de dos a tres horas.

3.3.2.5 Obtención del material experimental

Se empleó la norma chilena NCh 992 Eof 72 citada por (Arias, Degano, y Otaran, 2014). La que detalla procedimientos y criterios para la clasificación de defectos en piezas de madera aserrada. Además, podemos argumentar que se determinó emplear esta norma, por la investigación e importancia que da Chile en procesos como son el pre y secado de la madera. Por otro lado, el no contar con una norma sobre “ensayos de secado” en nuestro país.

Por este motivo, en la central maderera, según esta norma se extrajó 270 tablillas, (90 radiales, 90 tangenciales y 90 oblicuas) de las siguientes dimensiones (0.025m 0.10m 1.10m), posteriormente las tablillas fueron codificadas y etiquetadas según la orientación del corte (radial, tangencial y oblicuo) y el método de secado empleado (intemperie, bajo cubierta y cámara solar) (INN, 1972).

3.3.2.6 Corte de caras

Para el corte de caras siguiendo lo que determina la norma chilena (NCh 992 Eof 72 y NCh 993), como se observa en la figura 5, se extrajó 90 tablillas de corte tangencial, 90 tablillas de corte radial y 90 tablillas de corte oblicuo, con un total de 270 tablillas entre la suma de los tres cortes (INN, 1972).

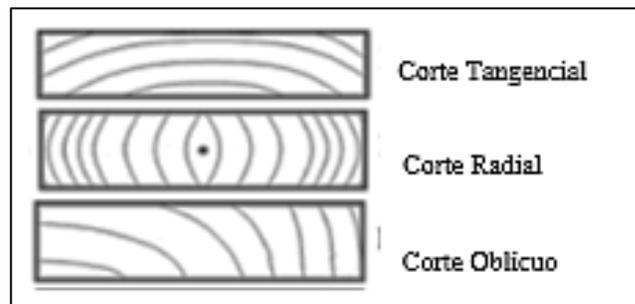


Figura 5. Tipos de cortes
Fuente: INN, (1972).

3.3.3 Establecimiento del secado

Se apilo las 270 tablillas, separándolas de la siguiente forma; 90 tablillas que constan de 30 radiales, 30 tangenciales y 30 oblicuos, se ubicó de manera aleatoria para cada uno de los tipos de secado (90 tablillas a intemperie, 90 tablillas bajo cubierta y 90 tablillas en cámara solar). Se empleó el apilado rectangular como se observa en la figura 6, con el uso de separadores los cuales tienen 3cm de espesor, para una mayor aireación y una separación de 60cm como lo determinan varios autores entre ellos (Peña y Rojas, 2006). Cabe mencionar que las tablillas se colocaron sobre plintos, para que la humedad del suelo no afecte a las mimas.

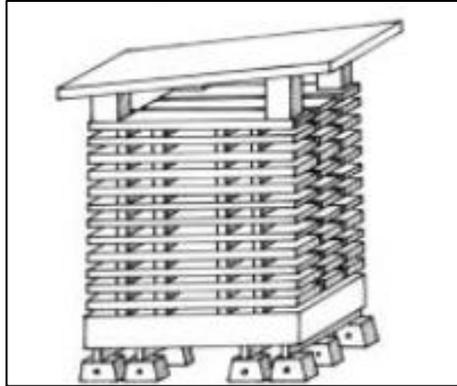


Figura 6. *Apilado rectangular*
Fuente: INN, (1972).

3.3.4 Toma de datos para de defectos en tablillas de (0,025 m 0,10 m 1,10 m)

El registro de información se realizó en función de la metodología propuesta por la Norma (NCh 992 Eof 72), y que propone las siguientes variables y procesos (INN, 1972).

3.3.4.1 *Pérdida de peso*

Se evaluó de manera semanal hasta que se llegue a una diferencia de peso de 6gr, posteriormente se evaluó cada dos días hasta que dos mediciones consecutivas se registre una variación de ± 2 g (estabilización de las tablillas con el ambiente).

3.3.4.2 *Contenido de humedad*

Se determino el contenido de humedad (CH), en estado verde y una vez se registren en dos mediciones consecutivas con valores con una variación de ± 2 g estabilización de la probeta con la humedad del ambiente, se calculó el CH de cada una de las 270 tablillas; se utilizó la ecuación 1 (Córdoba, 2005).

$$CH = \frac{P_i - P_o}{P_i} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Fuente: Córdoba, (2005).

Donde:

CH: Contenido de humedad (%).

P_i: Peso inicial estado verde de la probeta (gr).

P_o: Peso final humedad en equilibrio de la probeta (gr).

3.3.4.3 *Temperatura y Humedad relativa*

Se registro todos los días, a las 9:00 y 15:00 horas con la ayuda de un termómetro-higrómetro para la cámara solar, a su vez, para determinar los datos meteorológicos para los métodos a intemperie (temperatura, humedad relativa y precipitación) y bajo cubierta (temperatura y humedad relativa), se utilizó datos del INNAMI de los años 2012-2017 con los cuales se realizó un promedio por cada uno de los días que duro cada método.

3.3.4.4 *Días de secado*

Se contabilizo el tiempo de duración de cada método de secado (intemperie, bajo cubierta y cámara solar), desde el inicio del secado hasta la estabilización general del peso de las tablillas.

3.3.4.5 *Identificación y Categorización de defectos*

En primer lugar se identificó el tipo de alabeo en la tablilla (acanaladura, encorvadura, torcedura y arqueadura), posteriormente se tomó su intensidad de alabeo por medio de un pie de rey digital como se observa en el anexo B5, una vez determinada la desviación del alabeo (mm) se procedió a categorizar como lo determina la norma chilena observar tabla 5, por ejemplo; si el valor de una torcedura es fue mayor a 3,1 mm y menor a 5,8 mm, corresponde a un subíndice de clasificación categórica “B”(INN, 1972).

Tabla 5

Niveles de clasificación de intensidad alabeos

Defectos / alabeos	Unidad	Niveles de Clasificación			
		A	B	C	D
Arqueadura	Mm	0	2,6	5,2	7,8
Acanaladura	Mm	0	4,0	7,0	12,0
Encorvadura	Mm	0	1,0	1,5	2,0
Torcedura	Mm	0	3,1	5,8	9,0

Fuente: INN, (1972).

Una vez se identificó los alabeos según su tipo (acanaladura, encorvadura, torcedura y arqueadura) y su categoría (A, B, C, D), la norma chilena indica una segunda clasificación (intensidad de alabeos), esta determina que, para cada nivel de categoría, se determina una clasificación y un valor como se observa en la tabla 6 (INN, 1972).

Tabla 6

Intensidad de alabeo

Niveles de clasificación	Detalle de intensidad	Unidad de clasificación
A	sin alabeo	0
B	alabeo leve	0,5
C	alabeo leve-fuerte	1,0
D	alabeo intenso	1,5

Fuente: Elaborado a partir de INN, (1972).

Se empleo la siguiente terminología utilizada por la norma chilena, la cual nos otorga nombres a cada lado de la pieza de madera, en nuestra investigación (tablilla), como se observa en la Figura 7 (INN, 1972).

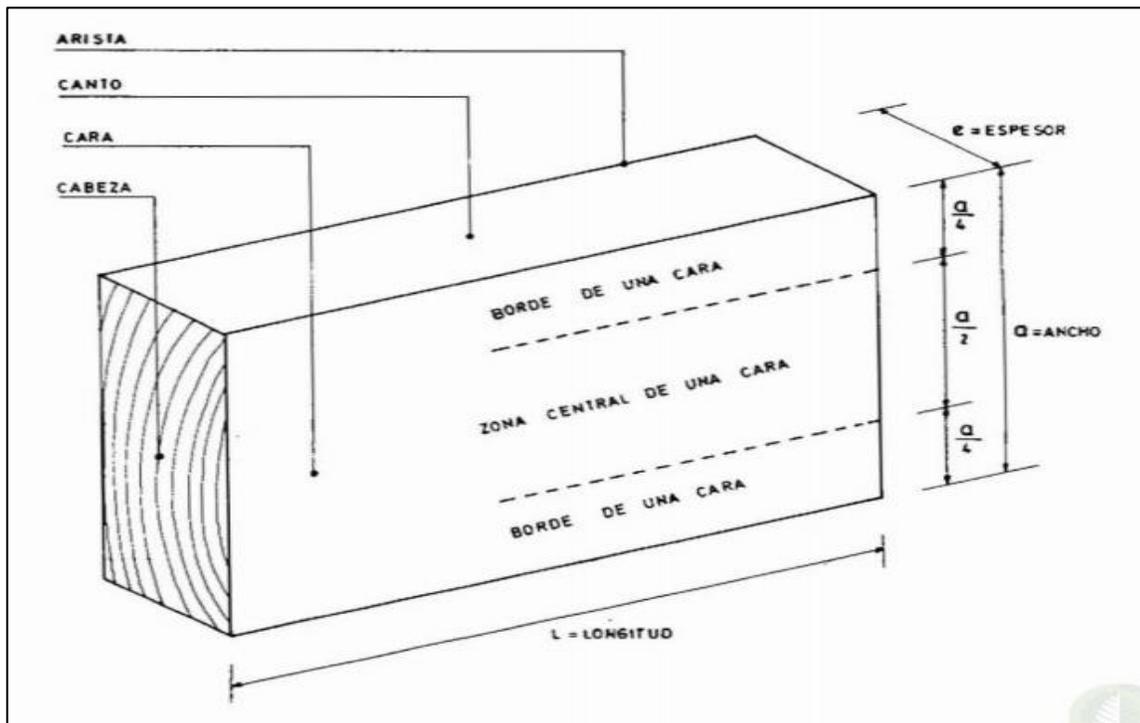


Figura 7. Terminología usada para la pieza de madera

Fuente: INN, (1972).

- **Acanaladura**

Como se aprecia en la figura 8 para la identificación y medición de acanaladuras. Se midió con el pie de rey como se observa en el anexo B5, la deformación máxima en (mm) que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por sus aristas.

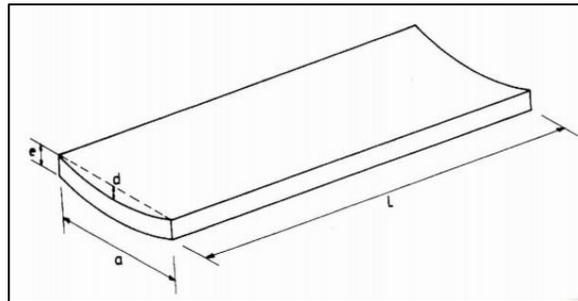


Figura 8. *Cálculo de acanaladura*

Fuente: INN, (1972).

- **Arqueadura**

La figura 9, nos permitió identificar la arqueadura, podemos mencionar que en este tipo de alabeo se midió la deformación máxima en (mm), que presenta una cara con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza.

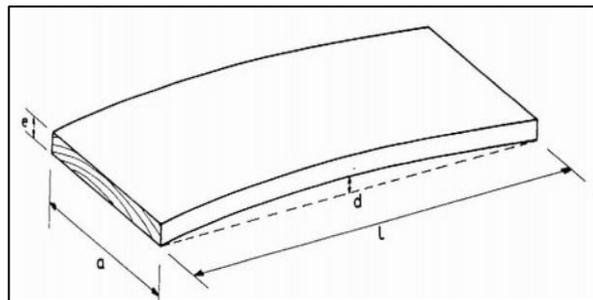


Figura 9. *Cálculo de Arqueadura*

Fuente: INN, (1972).

- **Encorvadura**

La encorvadura se midió la deformación máxima (mm) que presenta un canto con respecto a una línea recta trazada por las cabezas de la pieza, como se la puede apreciar en la figura 10.

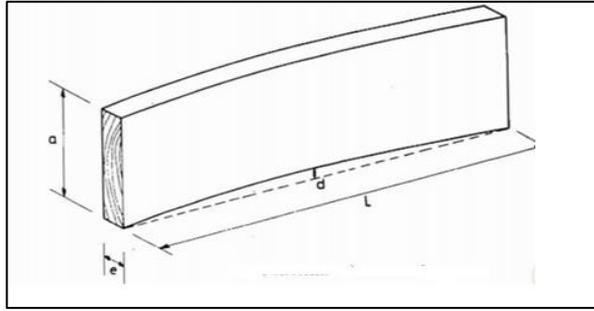


Figura 10. *Cálculo de encorvadura*
Fuente: INN, (1972).

- **Torcedura**

En la torcedura se midió la deformación mediante la distancia (mm), de una esquina de la cara a una superficie plana sobre la cual están apoyadas las otras tres esquinas, como se aprecia en la figura 11.

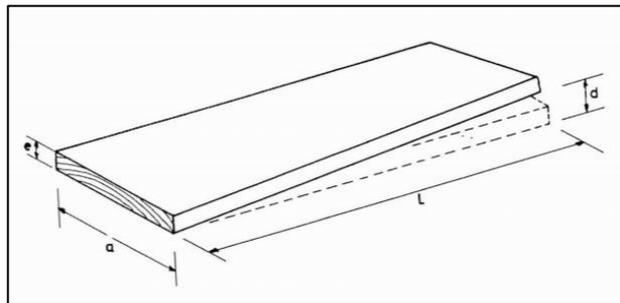


Figura 11. *Cálculo de torcedura*
Fuente: INN, (1972).

3.3.5 Diseño experimental de la investigación

Se empleó el diseño irrestricto al azar con arreglo factorial A x B; Donde el factor A corresponde al tipo de secado (intemperie, bajo cubierta y cámara solar) y B será los cortes (oblicuo, radial y tangencial), con nueve tratamientos tres repeticiones un total de veintisiete unidades experimental como se aprecia en la tabla 8.

3.3.5.1 *Procesamiento estadístico para Pérdida de peso y Contenido de humedad*

La madera posee diferentes variables que afectaran la toma de Peso en Verde (PV) como lo son; albura y duramen, tipo de corte, contenido de humedad al momento de la tumba, edad del árbol, contenido sanitario de la pieza, entre otros, tomando en cuenta esto, se empleó el análisis estadístico de la covarianza (ANCOVA) (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1989).

3.3.5.2 *Procesamiento estadístico para defectos en las tablillas*

En este caso la norma chilena nos otorga niveles categóricos, en este caso cuatro los mismo que se otorgan a las letras A, B, C y D, por lo tanto, al tratarse de la evaluación de variables cuantitativas, discretas y categóricas, se empleará pruebas no paramétricas en este caso como lo es Kruskall Wallis.

3.3.5.3 *Características del experimento*

Tabla 7

Descripción del experimento

Descripción	Unidad
Tipos de cortes	3
Tipos de secado	3
Número de tratamientos	9
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	27
Número de tablillas por unidad experimental	10
Número de tablillas por tratamiento	30
Número de tablillas totales	270

Fuente: Elaboración propia.

3.3.5.4 *Tratamientos*

Se describe en la tabla 8 la interacción de los tratamientos a analizarse se puede mencionar como factores al método de secado; intemperie, bajo techo y cámara solar y corte de la madera; radial, oblicuo y tangencial.

Tabla 8*Descripción del ensayo de secado*

Tratamiento	Factor A (Método)	Factor B (Corte)	Código
T1	A1 (secado al aire)	B1 (radial)	A1 – B1
T2	A1 (secado al aire)	B2 (tangencial)	A1 – B2
T3	A1 (secado al aire)	B3 (oblicuo)	A1 – B3
T4	A2 (secado bajo cubierta)	B1 (radial)	A2 – B1
T5	A2 (secado bajo cubierta)	B2 (tangencial)	A2 – B2
T6	A2 (secado bajo cubierta)	B3 (oblicuo)	A2 – B3
T7	A3 (secado cámara solar)	B1 (radial)	A3 – B1
T8	A3 (secado cámara solar)	B2 ((tangencial)	A3 – B2
T9	A3 (secado cámara solar)	B3 (oblicuo)	A3 – B3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Evaluación de costos de los métodos empleados en la investigación

Para la evaluación económica se siguieron los siguientes pasos:

- Determinar los costos fijos y variables del establecimiento de cada método.
- Establecer el costo de tablillas.
- Analizar los indicadores financieros de los métodos empleados.

3.3.6.1 Costos de instalación de los métodos de secado

Se llevó un registro de materiales e insumos empleados, así como el tiempo efectivo en mano de obra, todo esto para los tres métodos. El registro empezó desde la nivelación del espacio donde se ubicó cada método, hasta la construcción del sotechado y la cámara solar.

Posteriormente con todo lo registrado se procedió a clasificar los costos fijos y costos variables, como se puede observar en los anexos A1, A2 y A3.

3.3.6.2 Determinación de precio de tablillas

Se recopiló información del valor (USD) de 1 m³ de aliso, gracias al proyecto de vinculación “Asistencia técnica para fortalecer la cadena de valor de *Alnus nepalensis* en las parroquias de Apuela, Peñaherrera y Cuellaje, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura”, establecido el precio del metro cúbico, se cubió 90 tablillas es decir la pila que estuvieron en

cada método de secado, una vez hecho esto, se buscó el valor a pagar por cada pila esto gracias a la ecuación 2.

$$A = \frac{C \cdot D}{B} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- A: Valor de la pila (90 tablillas) (usd)
- B: Valor del metro cubico de aliso (usd)
- C: Un metro cubico de aliso (m³)
- D: 0,223 metros cúbicos (m³)

Aplicando esta ecuación, matemáticamente conocida como regla de tres, se determinó el valor por 0, 223 m³ o 90 tablillas de aliso, que se encuentran en cada método de secado, posteriormente se generó la ecuación 3 una división, de esta manera se estableció el valor de la tablilla “sin ningún defecto”.

$$H = \frac{F}{G} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- H: Precio de la tablilla (usd)
- F: Valor a pagar por 0,223 m³ (usd)
- G: Numero de tablillas (90 unidades)

Obteniendo el valor de la tablilla sin defectos se procedió a dar valores económicos en función a la categoría de intensidad de alabeo, determinada por la norma chilena como se aprecia en la tabla 9.

Tabla 9

Pérdida de valor económico en función de los defectos

Clasificación de intensidad	Descripción	Valor Estimado a pagar 100%
A	Sin alabeo	100%
B	Alabeo leve	75%
C	Alabeo fuerte	50%
D	Alabeo intenso	25%

Fuente: Elaboración propia a partir de INN, (1972).

La tablilla sin defectos corresponde a la letra A, por otra parte, para obtener los valores de las demás categorías (B, C, D), se dividió el valor de la tablilla para el número de categorías, en este caso cuatro, de esta manera se obtuvo el valor para cada categoría.

Una vez obtenidos los valores económicos para cada categoría (A, B, C, D) se realizó una encuesta a los Artesanos de San Antonio de Ibarra, para corroborar los valores económicos, como se observa en el anexo B5, en la cual se plantea los valores económicos calculados como se observa en el anexo B3.

- **Población y muestra para realización de Encuesta**

En la parroquia de san Antonio de Ibarra existe alrededor 30 microempresas dedicadas a la elaboración de mueblería de todo tipo, según información tomada por la Asociación de Artesanos (Garrido, 2020). De lo cual se determinó solo a un segmento, aplicando la formula finita del tamaño de la muestra de los cuales se calculará con el 5% de probabilidad estadística y el 0,5 de error de muestreo como indica la ecuación 4.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Ec. 4

Fuente: Enric y Casal, (2003)

Donde:

- N: Tamaño de la población
- Z: Nivel de confianza
- P: Probabilidad de éxito, o proporción esperada
- Q: Probabilidad de fracaso
- D: Precisión

Determinado el tamaño de la muestra, se obtuvo como resultado 3,51% por lo cual se consideró encuestar cuatro microempresas dedicadas a la elaboración de muebles, las mismas fueron seleccionadas de forma aleatoria.

3.3.6.3 Indicadores financieros para los métodos de secado empleados

Se aplico una proyección de cinco años de vida útil a cada método, cada año se contabilizará ingresos por venta de lote de tablillas (90 unidades) para cada método y egresos (mantenimiento de cada método), el valor económico por la venta de las tablillas dependerá de

su afectación por los defectos (para determinar la pérdida económica por la afectación se efectuó la tabla de valores económicos que lo concordaron los Artesanos de san Antonio mediante encuesta), a continuación, se definirán los indicadores financieros (VAN, TIR, B/C), para cada método.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detalla los resultados alcanzados y su discusión. Cabe mencionar que al ser una investigación pionera sobre el secado de *Alnus nepalensis*, empleando los métodos; intemperie, bajo cubierta y cámara solar. Es importante manifestar que, no se encuentra aún información disponible afín, por tal motivo, se procedió a contrarrestar con especies con su misma densidad para realizar la discusión del primer objetivo. Por otra parte, la evaluación económica de los métodos se presenta mediante una comparativa de estos, con el fin de determinar el mejor método a emplear.

4.1 Pérdida de Peso (Pp)

Para la especie *Alnus nepalensis* aserrada en tablillas de dimensiones de 0,025 m 0,10 m 1,10 m, desde su estado verde hasta llegar al punto de equilibrio higroscópico, tuvo una duración en promedio de 71 días. Al finalizar la etapa de secado se tomó el valor de pérdida de peso general mismo fue de 802 g, como se aprecia en la tabla los valores tanto de los métodos y cortes presentan disparidad.

Tabla 10

Pérdida de peso promedio en gramos

Estadístico	Métodos de secado			Tipos de corte		
	Intemperie	Bajo cubierta	Cámara solar	Radial	Tangencial	Oblicuo
Promedio	728	837	841	815	801	790

Fuente: Elaboración propia.

Para Varela (1994) el cual determino tiempos de secado y contenidos de humedad para *ocroma pyramidale*, mismo obtuvo un valor para Pp de 1230 g, en 30 días de secado; tal pérdida de peso en tan corto tiempo se debe a la composición anatómica de esta especie, además de que el estudio se lo llevo a cabo en la costa ecuatoriana, donde como menciona INEN (2011) la madera pierde más rápido peso. Por otra parte, Bustos (2020), el cual, a los 45 días de secado de *eucaliptus grandis* Hill ex Maiden, manifiesta que esta especie tuvo una pérdida de peso de

115 g. a pesar de ser una especie con la misma densidad que la estudiada y haber realizado el secado en similares condiciones, presenta una mayor retención de agua en su estructura, esto debido a sus condiciones micro anatómicas. Así podemos manifestar que la madera de estudio presenta una cercanía en comportamiento de Pp con *ocroma pyramidale*, guardando las distancias en tiempo de secado.

4.1.1 Análisis estadístico para la Pérdida de peso (Pp)

- **Determinación de Normalidad y Homocedasticidad**

Como se aprecia en la tabla 11 por medio de la prueba de Shapiro, se obtuvo un p-valor mayor a 0,05 para la variable pérdida de peso, lo cual nos indica que se cumple con la normalidad.

La homocedasticidad se determinó por medio del estadígrafo de Levene como se observa en la tabla 12, la cual indica que el p-valor de la interacción (método*corte) es 0,7312, siendo significativamente mayor a 0,05 esto indica que existe homocedasticidad.

Tabla 11

Prueba de Shapiro-Wilks para determinad la normalidad de la Pp

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Pérdida de peso	27	0,00	13,76	0,95	0,4337

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

Análisis de la prueba de Levene para Pp

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	795,00	9	88,33	1,50	0,2239	
Método de Secado	94,57	2	47,28	0,81	0,4633	
Tipo de Corte	361,57	2	180,78	3,08	0,0723	
Peso Verde	149,83	1	149,83	2,55	0,1286	-0,03
Método de secado*Corte	119,13	4	29,78	0,51	0,7312	
Error	998,34	17	58,73			
Total	1793,35	26				

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Análisis de la covarianza para Pérdida de peso (Pp)

El análisis de la covarianza, al 5% de probabilidad estadística como se observa en la tabla 13, se obtuvo como resultado para el factor A (método de secado) un p-valor de 0,1186, lo que demuestra que posee un resultado estadístico no significativo, estadísticamente se determina que, en función a los métodos de secado empleados; intemperie, bajo cubierta y cámara solar, no existe variación en Pp, por tal motivo se descarta su análisis.

Por otra parte, el factor B (tipo de corte) y la interacción A*B (Método de secado*tipo de corte) poseen una probabilidad estadística altamente significativa, lo que indica que poseen diferencias entre cortes y la interacción de método y corte, por lo que se procedió a realizar análisis de las medias, en estos casos Tukey.

Tabla 13

Análisis de la covarianza para el ensayo de Pp

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	152727,49	9	16969,72	58,62	<0,0001	**
Método de Secado	1403,03	2	701,52	2,42	0,1186	ns
Tipo de Corte	3207,28	2	1603,64	5,54	0,0140	**
Peso Verde	46710,82	1	46710,82	161,36	<0,0001	**
Método de Secado*Corte	6495,34	4	1623,83	5,61	0,0046	**
Error	4921,18	17	289,48			
Total	157648,67	26				

Altamente significativo (**)

Significativo (*)

No significativo (ns)

4.1.3 Prueba de tukey para Pérdida de peso (Pp) según tipo de corte

Como podemos apreciar en la figura 12, existen diferencias en la Pp según el tipo de corte esto debido a la propiedad de la madera conocida como Anisotropía esto indica Viscarra, (1998), la madera presenta diferente comportamiento en sus direntes cortes. Además, algo muy importante para la Pp es la estructura micro - anatómica, porque la especie al poseer vasos y radios medulares muy grandes, facilitan la pérdida de agua (peso) como se determinó en la investigación micro anatómica de esta llevada por Suzuki, *et al.*, (1991).

Podemos mencionar, que la Pp de las tablillas con respecto a sus cortes es normal, como lo explicó en su investigación sobre Pp de cortes de madera Leon y Williams, (2009), el corte radial, los vasos y radios medulares quedan expuestos, y en estas estructuras es donde se encuentra el agua libre, a su vez, el corte tangencial los vasos son parcialmente expuestos, lo que disminuye la pérdida de agua y por ende la Pp, finalmente el corte oblicuo, al tratarse de un corte que no es tangencial ni radial, un porcentaje menor de vasos están expuestos, y otros no, esto se evidencio en los resultados obtenidos.

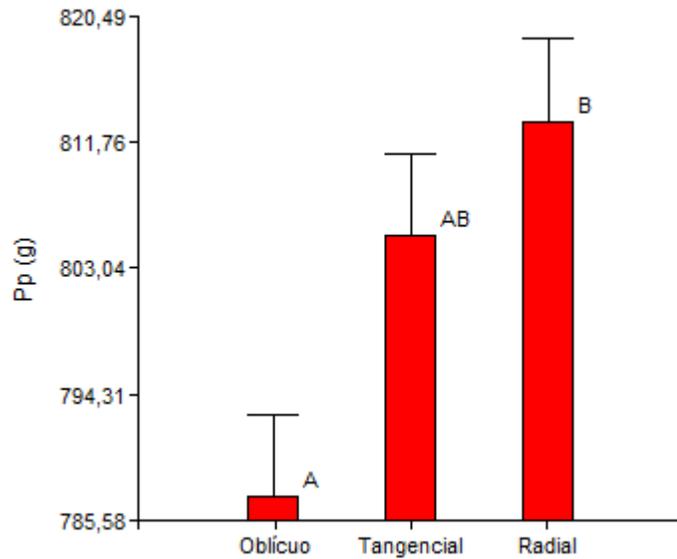


Figura 12. Prueba de tukey para pérdida de peso según el tipo de corte
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Prueba de tukey de Pérdida de peso (Pp) para la interacción método * corte

En los tratamientos empleados existe gran diferencia de Pp, siendo el T2 el que más peso perdió, contrarrestando con lo que menciona León y Williams, (2016), con respecto a la Pp, con respecto al corte, ya que estos autores manifiestan que el corte radial tiende a perder más peso, por tal motivo, infiere el método empleado, siendo este a intemperie, podemos manifestar que, las condiciones meteorológicas como se observa en la tabla 18 . Fueron las más apropiadas, además como cita Morales (2004), la madera posee higroscopia, es decir intercambia humedad con el ambiente, esto sumado a los vientos, ya que la investigación se efectuó en el mes de agosto, época del año con más viento.

El T4, se ubicó en segundo lugar, cumpliendo con lo mencionado por Leon y Williams, (2016), y determinando que el corte radial, es por sus propiedades el corte más propenso a Pp, podemos mencionar que el método empleado (Bajo cubierta) tuvo poca incidencia ya que los demás tratamientos empleados en este método no figuran en la pérdida de peso.

Los Tratamientos (T7; T8; T9), agrupándose, cumplen con la constante de Pp, según el tipo de corte empleado, esto añadiendo que estos tres tratamientos, fueron en Cámara solar, podemos mencionar con estos resultados que el mantener las condiciones controladas, refuerzan la teoría del comportamiento de los cortes de madera.

Los tratamientos (T3; T1), separándose únicamente con un gramo, tienen una semejanza ya que fueron por método a intemperie, no cumpliéndose lo que menciona Leon y Williams (2016), ya que el corte oblicuo sobre el radial fue el que más peso perdió, pero no alejándose demasiado.

Por otra parte, los tratamientos (T5;T6) mismos que se lo realizaron bajo cubierta y cumpliendo lo que menciona la bibliografía sobre el comportamiento de madera según el tipo de corte, podemos mencionar que este tratamiento es el menos eficiente, tratándose se Pp, ya que dista mucho sus valores con los demás tratamientos.

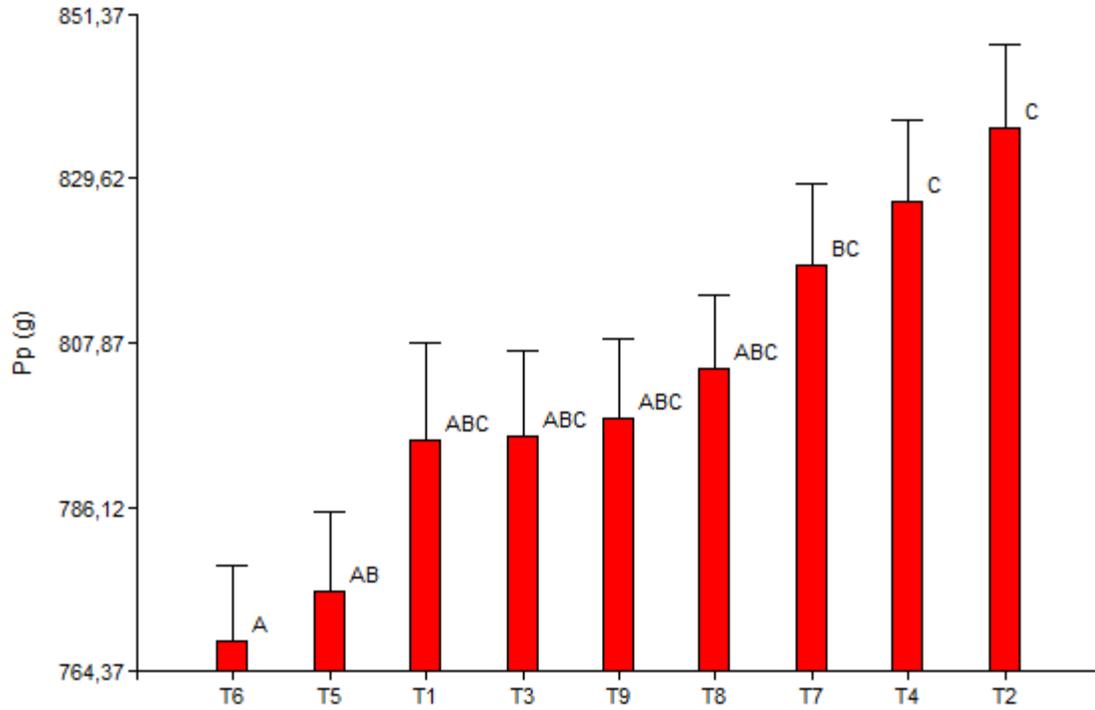


Figura 13. Prueba de tukey para la interacción entre el factor A (método) y el factor B (tipo de corte), para la Pp.

Fuente: Elaboración propia.

T1 (intemperie * radial); **T2** (intemperie * tangencial); **T3** (intemperie * oblicuo);
T4 (bajo cubierta * radial); **T5** (bajo cubierta * tangencial); **T6**(bajo cubierta * oblicuo);
T7 (cámara solar * radial); **T8** (cámara solar * tangencial); **T9** (cámara solar * oblicuo)

4.1.5 Interacciones para la pérdida de peso

Como se observa en la figura 14, la interacción entre cortes y métodos es particular. Se asegura que el comportamiento de la madera fue en torno a sus características micro anatómicas y condiciones meteorológicas de cada método. Los cortes expuestos a intemperie fueron los que menos peso perdieron, esto se asume por los meses que fue la investigación (meses lluviosos), ya que la madera al tener la capacidad higroscópica es decir absorbe y libera agua, por lo que se puede aseverar que los cortes expuestos a intemperie aun contienen agua libre.

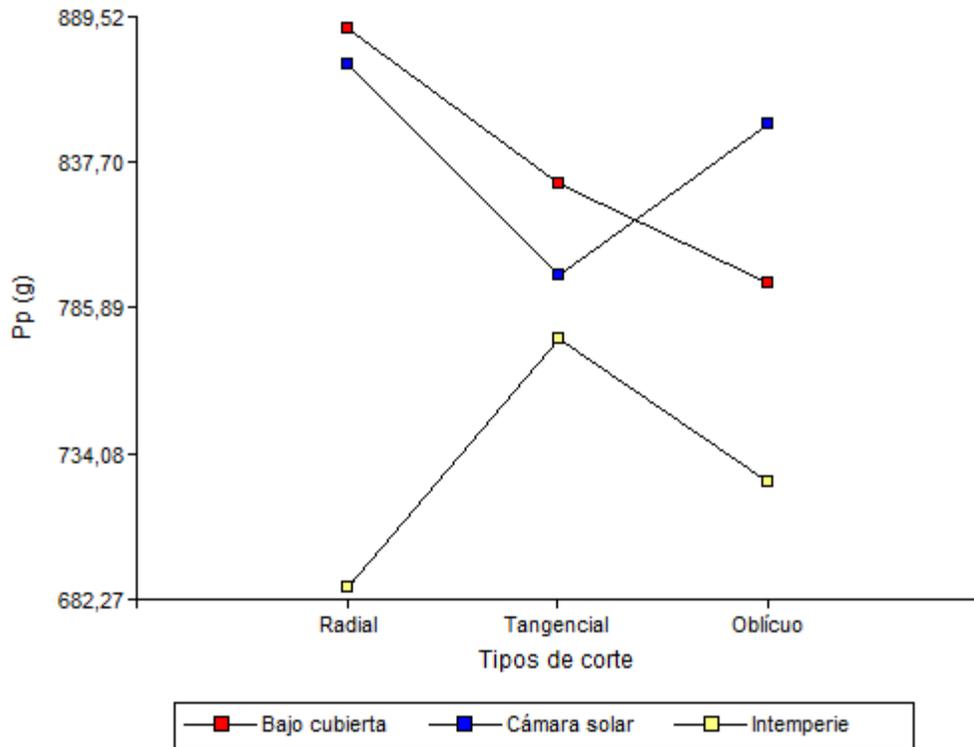


Figura 14. Interacción Método*tipo de corte para Pérdida de peso

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Contenido de Humedad (CH)

Se empleó arboles de nueve a diez años de igual manera que Mediavilla (2016), mismo que en su investigación determino el CH de *Alnus nepalensis* (peso en verde) en 110%, lo cual indica que es una especie que contiene más agua que madera. Como resultado promedio del estudio el CH fue de 33,40%, es decir que se perdió un 70% de CH desde su estado verde, esto demuestra que se perdió una gran cantidad de agua.

Además, el valor del CH nos indica que la madera está cerca del punto de saturación de la fibra como menciona Simón (2015), por otra parte, como podemos evidenciar en la tabla 14, la heterogeneidad tanto en los métodos como en los cortes empleados lo que nos indica realizar análisis estadísticos.

Tabla 14*Porcentaje promedio del contenido de humedad*

Estadístico	Métodos de secado			Tipos de corte		
	Intemperie	Bajo cubierta	Cámara solar	Radial	Tangencial	Oblicuo
Promedio	33,72	34,16	32,33	30,78	33,56	35,87

Fuente: Elaboración propia.

Como determino Ruiz, (2020), en *fraxinus americana* L. y Bustos, (2020) con *eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, especies con densidad similar a la estudiada (tipo- D). Estos autores presentaron en sus estudios valores de contenidos de humedad de 65,38% para *fraxinus americana* L. y 50% *eucalyptus grandis* Hill ex Maiden respectivamente. El contenido de humedad promedio para la especie estudiada llega a ser la mitad del contenido de humedad de las especies mencionadas, esto indica que la estructura microanatomica de *Alnus nepalensis* infiere altamente en su contenido de humedad final, liberando mas agua capilar y asi llegando a contenidos de humedad muy bajos.

4.2.1 Determinación de la normalidad y homocedasticidad

- **Normalidad y Homocedasticidad**

Por medio de la prueba Shapiro-Wilks como se detalla en la tabla 15, se obtuvo un p-valor superior a 0,05 por lo cual queda demostrada normalidad.

Mediante la prueba de Levene como se observa en la tabla 16, se obtuvo un p-valor de la interacción Método*Corte superior a 0,05 y de esta manera se comprueba que si existe homocedasticidad.

Tabla 15*Prueba de Shapiro-Wilks para determinad la normalidad del CH*

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Contenido de Humedad	27	0,00	2,85	0,96	0,6267

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16*Prueba de Levene para determinar la homocedasticidad del CH*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	64,70	9	7,19	3,72	0,0095
Método de Secado	6,19	2	3,10	1,60	0,2303
Tipo de Corte	3,83	2	1,92	0,99	0,3912
Peso Verde	2,75	1	2,75	1,42	0,2491
Método de secado*Corte	20,24	4	5,06	2,62	0,0716
Error	32,84	17	1,93		
Total	97,53	26			

Fuente: Elaboración propia.**4.2.2 Análisis de la covarianza para el Contenido de humedad (CH)**

Como podemos apreciar en la tabla 17, el análisis de la covarianza con una probabilidad estadística de 5%, se obtuvo como resultado un p-valor 0,3916 para el factor A (Método de secado) el cual nos indica que no posee un resultado estadístico significativo, por lo que se descarta su análisis al tratarse que no tiene resultados con diferencia significativa.

De igual manera, interacción (Método*Corte) posee un p-valor de 0,3121, esto infiere que también los resultados para CH no poseen diferencias estadísticas por lo cual no se presenta la necesidad de su análisis. Por otra parte, el factor B (tipo de corte), posee diferencias altamente significativas, por lo que se analiza mediante una prueba de medias, en este caso Tukey.

Tabla 17*Análisis de la covarianza para el ensayo de pérdida de CH*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	239,75	9	26,64	2,15	0,0833	Ns
Método de Secado	24,57	2	12,28	0,99	0,3916	Ns
Tipo de Corte	117,85	2	58,92	4,75	0,0229	**
Peso Verde	18,09	1	18,09	1,46	0,2436	Ns
Método de secado*Corte	64,08	4	16,02	1,29	0,3121	Ns
Error	210,68	17	12,39			
Total	450,43	26				

Altamente significativo (**)

Significativo (*)

No significativo (ns)

4.2.3 Prueba de tukey para el Contenido de Humedad (CH) según tipo de corte

Como se aprecia en la figura 15, los CH finales según el tipo de corte presentaron diferencias, estos responden a la anisotropía de la madera, esta indica que la forma del corte altera significativamente sus propiedades, una de ellas los Contenidos de humedad final (León y Williams, 2010). Como menciona en su investigación Viscarra (1998), los cortes influyen en el comportamiento de la madera, en especial su CH, a lo cual podemos evidenciar en el estudio, ya que los resultados se acoplan al natural comportamiento de la madera (según el tipo de corte).

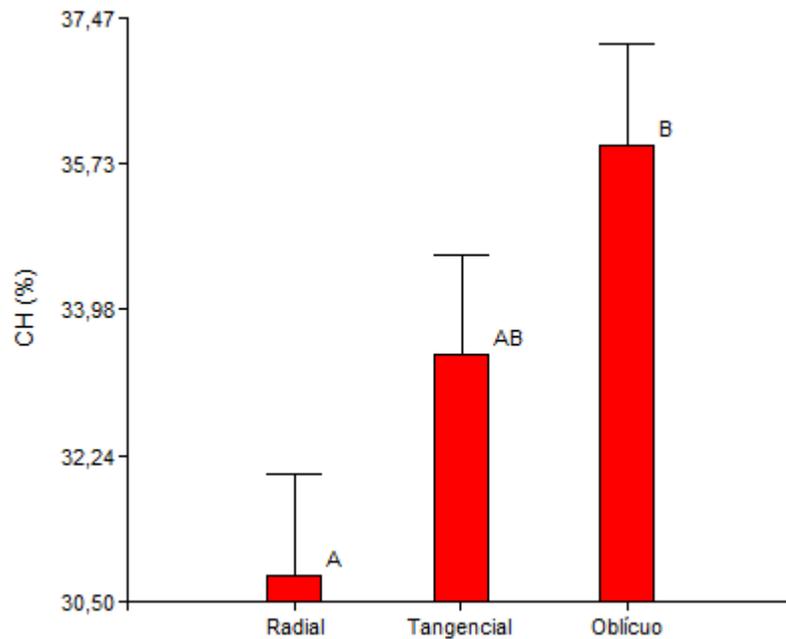


Figura 15. CH según tipo de corte

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Condiciones de Secado

Con respecto a las condiciones meteorológicas se obtuvieron los siguientes resultados como se aprecia en la tabla 18, en el método a intemperie se tiene promedios de 17,06 °C, 73,22% de humedad relativa y 1,67 mm de precipitación, por su parte el método bajo cubierta tiene los mismos valores promedios de los tres meses, a excepción de la precipitación la cual debido a los métodos de secado usados techado y cámara solar no incide directamente en los

mismos, el método de cámara solar se obtuvo datos promedios de 23,00 °C y 81,00% de humedad relativa.

Tabla 18

Valores meteorológicos mensuales del periodo de secado

Método se Secado	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Precipitación (mm)		
	Junio	Julio	Agosto	Julio	Julio	Agosto	Junio	Julio	Agosto
Intemperie	16,96	17,12	17,10	78,3	71,8	69,54	1,83	1,45	1,73
Bajo Cubierta	16,96	17,12	17,10	78,3	71,8	69,54	-	-	-
Cámara de Secado	23,00	23,00	-	80,00	82,00	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INAMHI, (2018).

4.4 Duración del secado

Con respecto a la especie estudiada, se contabilizó los días de duración de secado hasta obtener CH estable en los tres métodos lo que se conoce como Punto de saturación de la fibra. Como se observa en la figura 16, los métodos tuvieron una duración (días) diferentes, en promedio se puede manifestar que la especie se estabiliza con el ambiente a los 71 días.

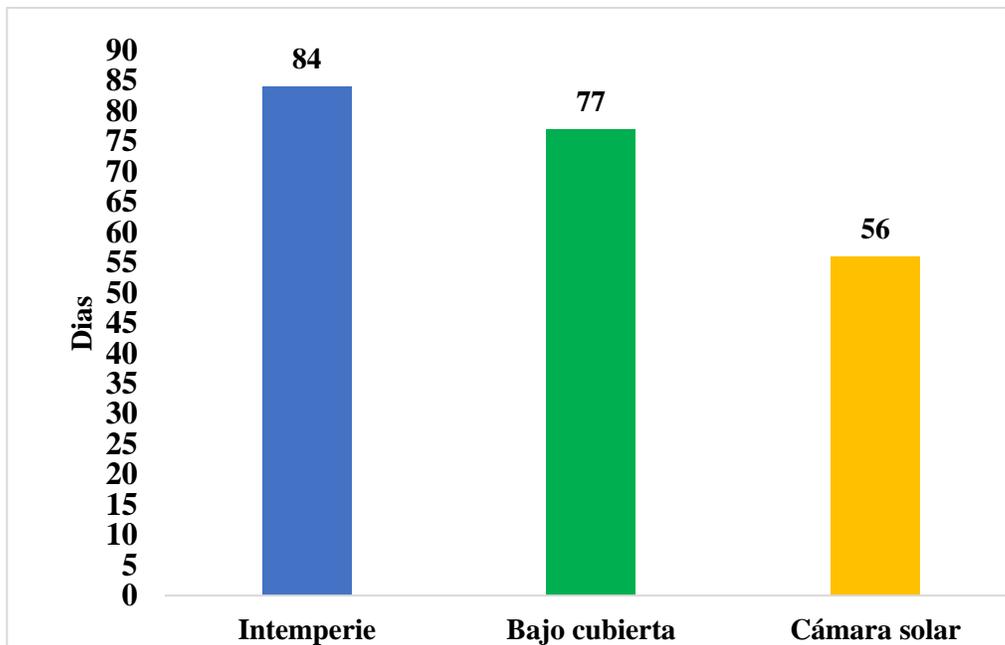


Figura 16. Duración del secado

Fuente: Elaboración propia.

El método menos eficiente en duración de secado fue el método a intemperie, debido a las condiciones ambientales del lugar en el que se llevó a cabo la investigación, Todd (1986), menciona que el tiempo estimado para un buen secado, estabilización con el ambiente de maderas semi blandas densidad tipo- D de hasta 3 cm, es de 45-75 días, por lo que corrobora que este método empleado es el menos eficiente en tiempo de duración de secado, Se debe tener en cuenta que el resultado obtenido por el método bajo cubierta no se aleja demasiado a lo mencionado por Todd, (1986). Se debe considerar que las condiciones para este método son controladas medianamente y el resultado de la madera con respecto a las características organolépticas son similares con respecto al método anterior.

Por último, se puede decir que el método más adecuado es la cámara solar, debido a que el periodo de duración de secado fue mucho menor con respecto a los dos métodos anteriores. Como menciona Arango (2016) en su investigación, debido que las condiciones ambientales fueron completamente controladas y así también el resultado de la madera en relación con sus características organolépticas fue la más idónea, ya que conservaron en su mayor porcentaje las características de esta especie.

4.5 Defectos

Una vez finalizado el secado en cada uno de los métodos empleados en la investigación, se procedió a evaluar e identificar los defectos presentados. A lo cual podemos mencionar que; 270 tablillas es decir el 100% del material empleado en la investigación presento algún defecto, como se puede observar en la figura 17.

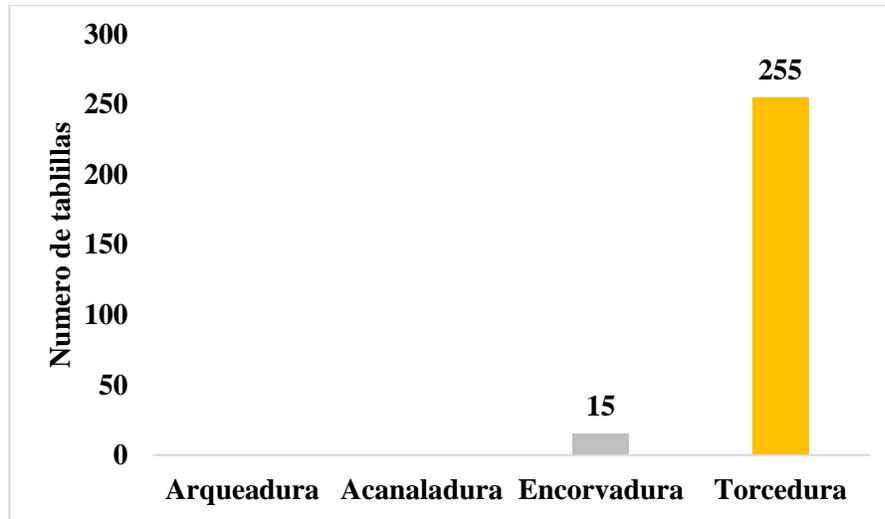


Figura 17. Defectos presentados en la investigación
Fuente: Elaboración propia.

Como indica Ananías, Salvo, Estrada, y Briones, (1997) en su investigación sobre defectos de maderas latifoliadas (*Acacia melanoxylon* y *Acacia dealbata*), se determinó la presencia de alabeos en todo el material de estudio, pero a diferencia de lo presentado en aliso, estas especies presentaron defectos como son: acanaladuras, encorvaduras y arqueadura. En el estudio se menciona que las especies empleadas presentaron una alta presencia de defectos debido a su particular anisotropía, así como también a sus características micro anatómicas.

La presencia de torceduras en un 95% en todo el material (tablillas) se atribuye al grosor de los macro poros y radios medulares como menciona Suzuki, *et al.*, (1991) mismos que al ser de tal grosor inciden en la presencia de este defecto. Por otra parte, como menciona Peña y Rojas (2006), el distanciamiento (mayor a 60 cm) de los separadores puede generar alabeos, por lo general torceduras. Por otra parte, INEN (2011) indica que las maderas clasificadas con densidades tipo- D y que a su vez posean altos contenidos de humedad en verde son propensas a generar problemas (defectos) en el periodo de secado.

4.5.1.1 Niveles de intensidad de defectos

La clasificación por niveles de defectos se utilizó la norma chilena INN (1972), la cual otorga valores de intensidad estos son A (sin alabeo), B (alabeo leve), C (alabeo leve-fuerte) y D (alabeo intenso) como se detalla en la tabla 6. Los niveles de intensidad en el estudio como

se observa en la figura 18, se identifica una heterogeneidad en los resultados, lo cual nos indica realizar análisis estadístico.

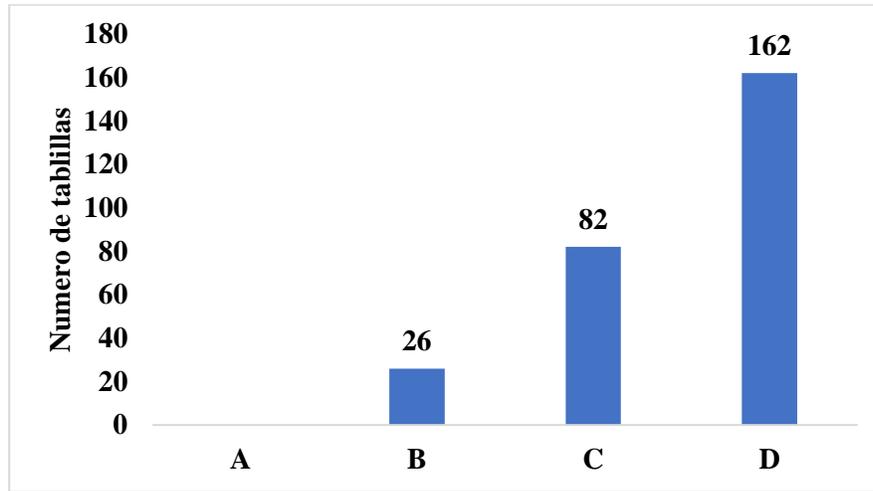


Figura 18. Niveles de intensidad

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INN, (1972).

Arias, Degano, y Otaran (2014), identificaron los niveles de intensidad del secado en tablillas para la especie *Bumelia obtusifolia*, un 95% de las piezas empleadas presentaron niveles de intensidad tipo D (alabeo intenso), lo cual es mucho mayor a los valores presentados en el estudio los cuales fueron del 60% del total de las piezas con intensidades tipo-D. Para estos autores la presencia de intensidades tipo-D se debieron a la presencia de cortes mixtos (oblicuos), así como también el espesor y distancia de los separadores, lo cual también Peña y Rojas (2006), también consideran un causante de defectos.

4.5.2 Análisis estadístico de defectos del secado

Una vez obtenidos los resultados de niveles de intensidad, se procedió a realizar el análisis estadístico de intensidad de alabeo para cada tratamiento (Método de secado* Tipo de corte). Para ello se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, como se aprecia en la tabla 19 se obtuvo un p-valor inferior a 0,05 por tal motivo, se concluye que si existen diferencias significativas de intensidad de defectos en los tratamientos.

Tabla 19*Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, intensidad de los alabeos*

Variable	Tratamiento	Mediana	H	p- valor	Significancia
Intensidad de defectos	T1	1,50	78,04	0,001	**
	T2	1,50			
	T3	1,50			
	T4	1,50			
	T5	1,50			
	T6	1,50			
	T7	1,00			
	T8	1,00			
	T9	1,00			

Altamente significativo (**)

Significativo (*)

No significativo (ns)

4.5.3 Rangos de intensidad

Se obtuvo como rangos de intensidad de defectos como se aprecia en la figura 19, lo cual nos indica que los tratamientos T9, T8, T7 son los tratamientos en que menos intensidad existió en las tabillas, esto se lo puede atribuir a las condiciones controladas de la cámara de secado, como lo menciona Todd (1986), los secadores solares minimizan la presencia de defectos, así como su intensidad. Por otra parte, los demás tratamientos presentaron rangos de intensidad muy altos, es decir que las condiciones de secado tanto bajo cubierta y a intemperie no son adecuadas para la especie, esto se puede atribuir a la lluvia vertical y en el caso de bajo cubierta

horizontal.

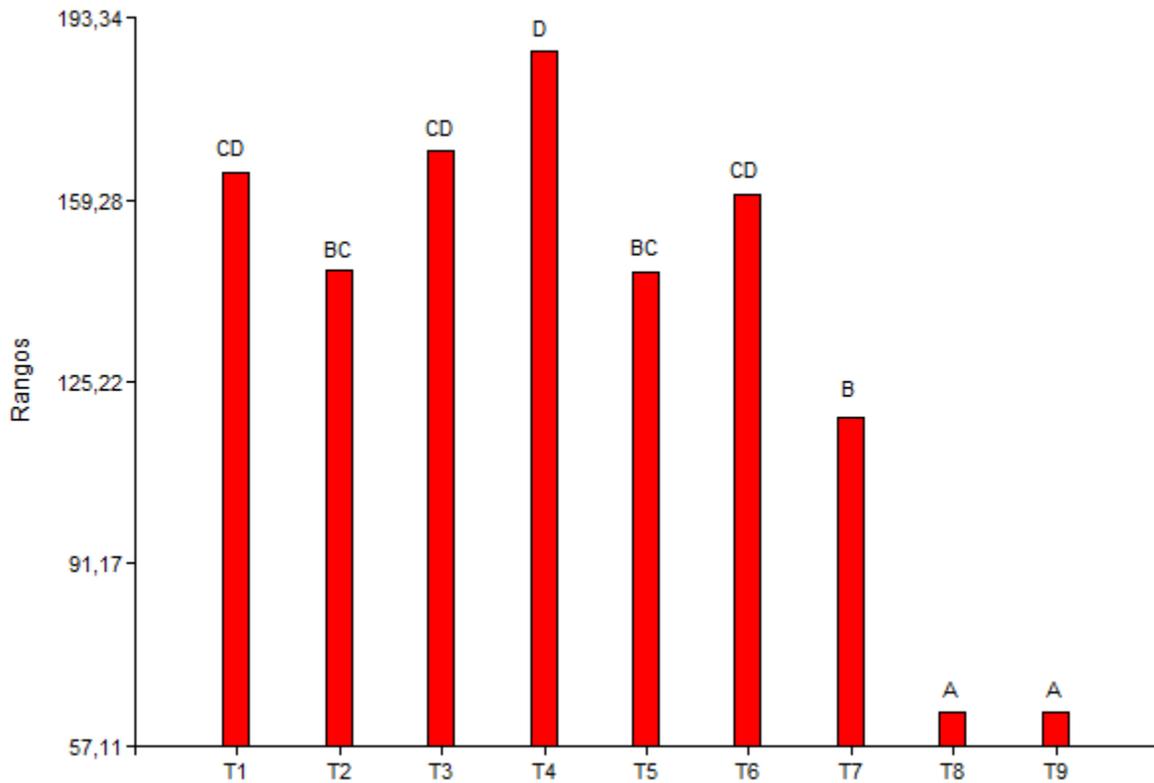


Figura 19. Rangos de intensidad de defectos

Fuente: Elaboración propia.

T1 (intemperie * radial); **T2** (intemperie * tangencial); **T3** (intemperie * oblicuo);
T4 (bajo cubierta * radial); **T5** (bajo cubierta * tangencial); **T6** (bajo cubierta * oblicuo);
T7 (cámara solar * radial); **T8** (cámara solar * tangencial); **T9** (cámara solar * oblicuo)

4.6 Evaluación económica

4.6.1 Precio de tablillas

Como podemos observar en la tabla 20 se presenta los valores económicos de las tablillas, los cuales fueron determinados con los siguientes valores; 1m³ de aliso en 230 USD, el precio de la pila (90 tablillas) en 58 USD, y finalmente el precio de venta de tablilla es de 0,66 USD. La encuesta realizada dio como resultado que los valores propuestos (Precios de tablillas según intensidad de defecto) son aceptables para los encuestados.

Tabla 20*Valores económicos por tablillas en función de los defectos*

Clasificación de intensidad por la norma chilena	Descripción	Valor Estimado a pagar (USD) resultado de la encuesta
A	Sin alabeo	0,66
B	Alabeo leve	0,49
C	Alabeo fuerte	0,33
D	Alabeo intenso	0,16

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INN, (1972).

4.6.2 Valores económicos de los Métodos empleados

- **Costo Método a Intemperie**

Con una duración de 82 días, se demoró en estabilizar las tablillas con el ambiente este método. por otra parte, el contenido de humedad final nos indica que las tablillas llegaron a un promedio de 35% es decir no llegaron al PSF, es decir aun contenían agua libre. Como podemos evidenciar en la tabla 21, los costos de instalación sugieren que este método es el más económico a comparación de los otros dos métodos empleados, además de sus indicadores financieros indican una rentabilidad superior, ya que este método no posee egresos significativos.

No obstante, los resultados de los niveles de intensidad de defectos indican, que este método genera más intensidad en los defectos. Además, emplear este método con tablillas de *Alnus nepalensis* no es adecuado ya que e primer lugar las tablillas no alcanzan el CH adecuado, y esto generaría problemas en las propiedades físico-mecánicas.

Tabla 21*Tabla resumen costos e indicadores financieros de método a intemperie*

Método a Intemperie		
Detalle	Unidad (USD)	Unidad de medida
Costos fijos	43,00	Dólares americanos
Costos Variables	35,91	Dólares americanos
Coste de instalación	78,91	Dólares americanos
Turnos de secado/año	4	Turnos
Coste venta de madera/año	79,2	Dólares americanos
VAN	2,85	Dólares americanos
B/C	187,94	Dólares americanos
TIR	894	Porcentaje

Fuente: Elaboración propia.

- **Costo Método Bajo cubierta**

Con una duración de secado de 77 días, este método económicamente fue de bajo coste a su comparación del secador solar, no obstante, como se indica en la tabla 22, es el que más beneficio/costo genera de los tres métodos empleados. Por otra parte, podemos mencionar que en los resultados técnicos del secado no tuvo un comportamiento aceptable.

Tabla 22*Tabla resumen costos e indicadores financieros de método Bajo cubierta*

Método Bajo Cubierta		
Detalle	Valores	Unidad de medida
Costos fijos	99,25	Dólares americanos
Costos Variables	34,97	Dólares americanos
Coste de instalación	134,22	Dólares americanos
Turnos de secado/año	4	Turnos
Coste venta de madera/año	75,84	Dólares americanos
VAN	111,58	Dólares americanos
B/C	1,68	Dólares americanos
TIR	74	%

Fuente: Elaboración propia.

- **Costo Método Cámara Solar**

Siendo el método que menos tiempo tardo en llevar a las tablillas al PSF, además podemos mencionar que el contenido de humedad en este método fue en general de 30% es decir que la estructura de la madera se encontraba sin agua libre. También podemos mencionar que en este método se generaron menos intensidad de defectos como se indica en resultados de defectos figura

A su vez como se aprecia en la tabla 23, si bien el valor de instalación es alto a comparación de los dos métodos anteriores, los indicadores financieros nos otorgan cifras positivas, es decir económicamente es viable. Lo anteriormente indicado nos da la posibilidad de aseverar quede este método es el más apto para secar tablillas de *Alnus nepalensis*.

Tabla 23

Tabla resumen costos e indicadores financieros de método de Cámara solar

Método Cámara Solar		
Detalle	Valores	Unidad de medida
Costos fijos	164,25	Dólares americanos
Costos Variables	82,46	Dólares americanos
Coste de instalación	246,71	Dólares americanos
Turnos de secado/año	6	Turnos
Coste venta de madera/año	162,78	Dólares americanos
VAN	2,34	Dólares americanos
B/C	376,41	Dólares americanos
TIR	178	Porcentaje

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El contenido de humedad para *Alnus nepalensis* fue superior al punto de saturación de la fibra; el menor periodo de tiempo para lograr la estabilización de las tablillas en el proceso de secado se presentó en la cámara solar, lo que permite que la madera este en condiciones de uso de manera más rápida.
- Con respecto a los defectos ocasionados por el secado se concluye que, en los tres métodos de secado se evidenció la presencia general de defectos, siendo principalmente torceduras con poca incidencia de encorvaduras, pero en la cámara solar se presentaron menos defectos, por lo que se obtiene madera de mejor calidad.
- Los costos de establecimiento fueron menores a intemperie, debido a que no se necesita una infraestructura, sin embargo, los indicadores financieros fueron positivos en los tres métodos.
- El mejor método de secado de madera de *Alnus nepalensis* es la cámara solar, que presento la menor incidencia de defectos y mayor rentabilidad, de tal manera que es un método factible para su empleo en la zona de Intag.

5.2 Recomendaciones

- Debido a que el contenido de humedad en las tablillas, se estabilizó en un menor tiempo y además se presentó una menor intensidad de defectos, se recomienda emplear el método de cámara solar para el secado de piezas de *Alnus nepalensis*.
- Si bien los tres métodos de secado poseen indicadores financieros favorables, en función de que existe mayor cantidad de turnos de secado al año y menos pérdida económica por intensidad de defectos, se recomienda emplear la cámara solar.
- Se recomienda realizar estudios en otras piezas como son tablas y tablonés, provenientes de árboles de diferentes edades de esta especie, de esta manera identificar la intensidad con que se presentan los defectos en estas, y generar una comparativa del nivel de intensidad presentado, para evidenciar si existe una incidencia en función del tamaño de las piezas.
- Se recomienda socializar los resultados en la zona de Intag, de tal manera que las personas que aprovechan el producto maderable de esta y otras especies, posean alternativas para secar la madera y evitar pérdidas económicas debido a los defectos ocasionados por el secado antitécnico.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, H. (2008). *Madera secada al aire libre*. Publicaciones de extensión agraria Corazón de María 8 - 28002-Madrid. Madrid, España.
- Ananías, R., Salvo, L., Estrada, R., & Briones, R. (1997). *Estudio experimental del secado a temperaturas convencionales de acacias* (Vol. 2). Santiago de Chile, Chile: INFOR.
- Arias, E., Degano, W., & Otaran, J. (2014). *Defectos producidos por el secado artificial en Bumelia obtusifolia*. Formosa: Revista Forestal Yvyrareta 21.
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. Montecristi, Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito, Ecuador.
- CABI. (2013). *The CABI Encyclopedia of Forest Trees*. CAB International, Michigan, USA.
- Caleron, A. (2014). Secado de la madera. En D. d. Agropecuaria, *Secado de la Madera* (pág. 23). Uncuyo, Perú.
- Castellanos, J., Sotomayor, R., & Ramírez, M. (2014). Anisotropía del módulo de elasticidad y de resistencia en compresión de la madera de *Pinus michoacana*, *Pinus douglasiana* y *Pinus pringlei*. *Acta Universitaria*, 24(5), 3-12.
- Cevallos, J. (2017). *Determinación de la ubicación geográfica de Alnus nepalensis D. Don en la zona de Intag*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Editorial Universitaria.
- COPANT. (1972). *Comisión Panamericana de Normas Técnicas*. La Paz, Bolivia.
- Córdoba, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal*, 2, 1-5.

- De la Mata , J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas*. Madrid, España.
- Díaz, P. (2005). *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes*. Universidad de Talca, Talca, Perú.
- Enric, M., & Casal, J. (2003). Tamaño de la muestra. *Epidem Med Prev Universitat Autònoma de Barcelona*, 08193-Bellaterra, Barcelona, España.
- Fernández, G. (2001). *Causas de las deformaciones en la madera estructural de Pinus nigra*. *Forest Systems*, 10(2), 245-252.
- Gallo, A. (2009). *Características del secado al natural en técnicas de apilado triangulo y caballete de la especie forestal Calycophyllum spruceanum Bentham " Capirona"*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Madre de Dios, Perú.
- Garrido, F. (10 de Febrero de 2020). Asociación de Artesanos de San Antonio. (E. Yépez, Entrevistador)
- Gerhards. (1964). *Limited evaluation of physical and mechanical properties of Nepal Alder*. Forest service reseach note FPL-036, Hawaii, USA.
- Gimenez, A. M. (2004). Anatomía de leño y corteza de *Tabernaemontana catharinensi* A. DC (Apocinaceae). *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 11, 22-32.
- Haro, B., Narváez, M., Terán, D., Tutillo, A., & Villota, J. (2019). *“Asistencia técnica para fortalecer la cadena de valor de Alnus nepalensis (Aliso) en las parroquias de Apuela, Peñaherrera y Cuellaje de la zona de Intag, cantón Cotacachi, Provincia De Imbabura.”* . Informe técnico Carrera de Ingenieroa Forestal Ibarra.
- Héctor, R. (1998). *Un criterio de selección de uso de la madera en construcción*.(Tesis de Maestría). Instituto de Tecnología de Productos Forestales. Valdivia: Bosque. Universidad Austral de Chile.

- Hernandez, N., Boada, N., Aguinalde, Y., & Quiroga, C. (2008). *Gerencia de mantenimiento de costos y presupuestos*. Universidad Nacional Experimental Politécnica " Antonio José de Sucre". Puerto Ordaz: Dirección de Investigación y posgrado. Sucre, Bolivia.
- Iglesias, F. (2008). *Tratamientos y Procesado de Maderas para Estructura*. Vigo: Universidad de Vigo.
- INEN. (2011). *Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales*. Quito, Ecuador.
- INN. (1972). *Instituto Nacional De Normalizacion. NCh 992 Eof 72 y NCh 993*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Santiago, Chile.
- Joker, D. (2000). *Alnus Nepalensis D. Don. Sedd Leaflet, 2*. University of Copenhagen. Copenhagen, Denmark.
- Junta del Acuerdo de Cartagena. (1989). *Manual del Grupo Andino para el secado de maderas*. (1 ed.). Junac. Lima, Perú.
- Kollmann, F., & Springer, V. (1951). *Técno-logía de la Madera y sus Apliacaciones*. Instituto De Investigación y Técnica de la Madera de Munich. Munich: Graficas Reunidas, S.A.
- León, H., & Williams, J. (2010). *Anatomía y densidad o peso específico de la madera*. La Revista Forestal Venezolana, 56, 67. Ureña, Venezuela.
- MAE. (2013). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012*, 86-88. Quito, Ecuador.
- Mediavilla, F. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de alnus nepalensis d. don en Intag, zona Andina del Ecuador*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Editorial Universitaria.
- MIPRO. (2011). *Propuesta de un Plan de Mejora Competitiva Valorada de la Cadena de la Madera Aserrada* (Vol. 1). Quito, Ecuador.

- Monge, K. (2011). *Factores de Variación del Contenido De Humedad, Color y Defectos en la Madera de Acacia mangium (WILLD) Antes y Despues del Secado*. (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Morales, E. (12 de Mayo de 2004). *Humedad de equilibrio Higroscópico y sus valores Caracteristicos*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de ([http://www.google.com/search/Humedad de equilibrio Higroscópico y sus valores caracteristicos.com](http://www.google.com/search/Humedad+de+equilibrio+Higroscópico+y+sus+valores+caracteristicos.com))
- NEC. (2014). *Estructuras de Madera*.: Dirección de Comunicación Social, Miduvi. Quito.
- Nuñez, E. (2016). “*Comportamiento al Secado Artificial de la Capirona (Calycophyllum spruceanum Benth.) de 4/4 Pulgada de Espesor, en base a dos (02) programas de secado en el Ciefor Puerto Almendras. Iquitos. Perú*”. (Tesis de pregrado). Iquitos, Perú: Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Forestal.
- Nutsch, W. (1996). *Tecnología de la madera y del mueble*.(Tesis de pregrado) (Reverté, Ed.). Cuenca, Ecuador.
- Paz, F. (2008). Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. *Composición Química de Madera, Celulosa*. (Tesis de Maestría). Lima, Perú.
- Peña, S., & Rojas, I. (2006). *Tecnología de la Madera* (Vol. 3). Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Pérez , A., López, J., & Hernández, J. (14 de Marzo de 2016). *SlidePlayer*. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/9399956/>
- Pérez, A. (2018). Enciclopedia Financiera. *Acercando la Economía* , 7.
- Pomachagua, J. (1993). *Industria de la madera*. Perú: 1ra.
- Presa, J. (Abril de 2015). Estructura, composición y clasificación de la madera. *CEDRÍA*, Recuperadoel 12 de 1 de 2020: <https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/c>

ontido/31_composicin_estructura_y_propiedades.html#:~:text=Composición%20de%20la%20madera,y%20dureza%20a%20la%20madera.

- Rodriguez, R. (28 de 1 de 2019). *La Misión, Maderas Finas*. (Ocus, Editor) Recuperado el 8 de 1 de 2020, de La Misión, Maderas Finas: <https://maderaslamision.com/nosotros/>
- Rueda, R. (15 de Diciembre de 2008). *Norma Técnica Ntc Colombiana 947-1*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de <http://www.footword.edu.co/mpp/html>
- Ruíz, J. (2020). *Propiedades Físicas, Mecánicas y Trabajabilidad de Fresno (Fraxinus americana L.) Proveniente De La Estación Experimental "La Favorita", Santo Domingo De Los Tsáchilas (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Editorial Universitaria.
- Sanchez Barraza, B. (2014). *Problemática de conceptos de costos y clasificación de costos*. UNMSM, Lima - Perú
- Sarmiento, M. (2004). *Conceptos De Economía Genral Útiles En Economía Ambiental*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero: Facultad de Ciencia Naturales.
- Secretaría Nacional de planificación y desarrollo [SEMPLADES]. (2017). *Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021*. Quito.
- Sedano, F. J. (2006). *Diseño de un horno tipo Bach para secar madera*. (Tesis de pregrado). Madre de dios, Perú.
- Sepúlveda, C. (2007). *Aplicación de un programa de secado convencional en base a pérdida de humedad para madera de Aromo Australiano (Acacia melanoxylon R. Brown)*. (Tesis de pregrado). Valdivia, Chile: Universidad Autral de Chile.
- Simón, C. (2015). *Determinación de la Higroscopicidad y conportamiento Termodinámico de la madera juvenil y madura a través de sus isotermas de sorción*. (Tesis de Maestria). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

- Souter, R., & De la Maza, J. (2011). Normas De Calidad Comercialización Productos Madereros Del Bosque Nativo Chuleno: Evaluación y Recomendaciones. *Conaf*, 167. Santiago, Chile.
- Suzuki, M., Noshiro, S., Takashi, A., Yoda, K., & Joshi, L. (1991). Wood Structure Of Himalayan Plants. *UMTU Bulletins*, 2, 34.
- Tapia, R. (2014). *Manual de Secado y Preservado de la Madera* (Vol. 1). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del centro del Perú.
- Tiemann. (1906). *Este corte es buscado por fabricante de barriles, ya que hace la tabla menos porosa*. (Vol. 63). USDA Forest Service.
- Todd, F. (1986). *Procesos de Secado Para Evitar Defectos en la Madera Verde*. Louisiana State University Agricultural Center. Louisiana: AgCenter. Recuperado el 11 de diciembre de 2019, de www.Isuagcenter.com
- Triunfo, A., Torello, M., Berreta, N., Vicente, L., & Bergara, M. (2003). *Economía para no economistas*. Montevideo: Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la Republica.
- Varela, M. (1994). *Pruebas para la Determinación de Programas de Secado en Madera de Balsa, en Cámaras de Vapor*. Guayaquil, Ecuador (Tesis de pregrado) Universidad del Litoral.
- Vélez, N. (2016). *Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad crespa salad en la Granja Experimental Yuyucocha provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado) Universidad Técnica del Norte. Ibarra: Editorial Universitaria.
- Viscarra, S. (1998). *Guía práctica para el secado de madera en hornos*. Santa Cruz, Bolivia.

ANEXOS

Anexo A: Tablas

A1. Tabla Costos fijos y variables de método a Intemperie

Establecimiento Método a Intemperie									
#	Actividad/Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD) (1 año)	2 año	3 años	4 años	5 años
Costos Variables									
1	Mano de obra/ Instalación del Método								
1.1	Remoción de escombros	jornal (días /hombre)	60,0	17,95	2,24				
1.2	limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	45,0	17,95	1,68				
1.3	Construcción del techado	jornal (días /hombre)	360,0	17,95	13,46				
1.5	Apilamiento	jornal (días /hombre)	20,0	17,95	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
1.4	Nivelación del terreno	jornal (días /hombre)	155,0	17,95	5,80				
1.5	Colocación de aislante	jornal (días /hombre)	45,0	17,95	1,68				
2	Mantenimiento								
2.1	Limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	30,0	17,95	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49
3	Materia prima/Insumos para el apilado								
3.1	Separadores	unidad	32	0,08	2,56				
3.2	plintos	Unidad	4	0,25	1				
Subtotal Costos Variables					35,91				

Costos Fijos									
		Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD)				
4	Materiales e insumos								
4.1	Palancón	Unidad	1	5,00	5,00				
4.2	Carretilla	Unidad	1	35,00	35,00				
4.4	Cinta métrica	Unidad	1	3,00	3,00				
	Subtotal Costos fijos				43,00				
5	Precio de la madera								
5.1	Precio de lote sin defectos	Lote	99		58				
5.2	Precio de lote con defectos	Lote	99		19,8				
Ingresos y Egresos anuales									
INGRESOS CONCEPTO VENTA DE MADERA					79,2	79,2	79,2	79,2	79,2
SUMA DE EGRESOS ANUALES					7,48	7,48	7,48	7,48	7,48
GANANCIA NETA					71,72	71,72	71,72	71,72	71,72
COSTO DE INSTALACIÓN					78,91				

A2. Tabla Costos fijos y Variables de Método Bajo Cubierta

Establecimiento del Método Bajo Cubierta									
#	Actividad/Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD) (1 año)	Venta de la madera			
						2 año	3 años	4 años	5 años
Costos Variables									
1	Mano de obra/ Instalación del Método								
1.1	Remoción de escombros	jornal (días /hombre)	60,0	17,95	2,24				
1.2	limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	45,0	17,95	1,68				
1.3	Construcción del techado	jornal (días /hombre)	360,0	17,95	13,46				
1.4	Nivelación del terreno	jornal (días /hombre)	130,0	17,95	4,86				
1.5	Apilamiento	jornal (días /hombre)	20,0	17,95	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
1.6	Colocación de aislante	jornal (días /hombre)	45,0	17,95	1,68				
2	Mantenimiento								
2.1	limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	30,0	17,95	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49
3	Materia prima/Insumos para el apilado								
3.1	Separadores	unidad	32	0,08	2,56				
3.2	plintos	unidad	4	0,25	1				
	Subtotal Costos Variables				34,97				
N	Costos Fijos								
		Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD)				
4	Materiales e insumos/Construcción del Techado								

4.1	Palancón	Unidad	1	5,00	5,00				
4.2	Carretilla	Unidad	1	35,00	35,00				
4.3	Hoyadora	Unidad	1	15,00	15,00				
4.4	Cinta métrica	Unidad	1	3,00	3,00				
4.5	Clavos	Libras	3	0,50	1,50				
4.6	Martillo	Unidad	1	4,00	4,00				
4.7	Playo	Unidad	1	3,00	3,00				
4.8	Eternit	Unidad	8	4,00	32,00				
4.9	Clavos para Eternit	Libras	1	0,75	0,75				
	Subtotal Costos fijos				99,25				
6	Precio de la madera								
	Precio de la madera sin defecto	lote			58				
6.1	Precio de la madera con defectos	Lote			18,96				
	Ingresos y Egresos anuales								
	INGRESOS CONCEPTO VENTA DE MADERA					75,84	75,84	75,84	75,84
	SUMA DE EGRESOS ANUALES					7,48	7,48	7,48	7,48
	GANANCIA NETA					68,36	68,36	68,36	68,36
	COSTO INSTALACIÓN				134,22				

A2. Tabla Costos fijos y Variables de Método Cámara Solar

Establecimiento del Método Bajo Cubierta									
#	Actividad/Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD) (1 año)	Venta de la madera			
						2 año	3 años	4 años	5 años
Costos Variables									
1	Mano de obra/ Instalación del Método								
1.1	Remoción de escombros	jornal (días /hombre)	60.0	17.95	2.24				
1.2	limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	45.0	17.95	1.68				
1.3	Construcción del techado	jornal (días /hombre)	360.0	17.95	13.46				
1.4	Nivelación del terreno	jornal (días /hombre)	130.0	17.95	4.86				
1.5	Apilamiento	jornal (días /hombre)	20.0	17.95	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49
1.6	Colocación de aislante	jornal (días /hombre)	45.0	17.95	1.68				
2	Mantenimiento								
2.1	limpieza de vegetación	jornal (días /hombre)	30.0	17.95	6.73	6.73	6.73	6.73	6.73
3	Materia prima/Insumos para el apilado								
3.1	Separadores	unidad	32	0.08	2.56				
3.2	tiras de madera/estructura	unidad	35	1.25	43.75				
3.3	plintos	unidad	4	0.25	1				
	Subtotal Costos Variables				82.46				
Costos Fijos									
4	Materiales e insumos/Construcción del Techado		Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD)			

4.1	Palancón	Unidad	1	5.00	5.00					
4.1	Carretilla	Unidad	1	35.00	35.00					
4.3	Hoyadora	Unidad	1	15.00	15.00					
4.4	Cinta metrica	Unidad	1	3.00	3.00					
4.5	Plástico de invernadero	m	8	1.50	12.00					
4.6	Plástico negro	m	14	2.50	35.00					
4.7	Grapas	libras	4	0.50	2.00					
4.8	Clavos	libras	3	0.50	1.50					
4.9	Martillo	Unidad	1	4.00	4.00					
4.10	Playo	Unidad	1	3.00	3.00					
4.11	Eternit	Unidad	12	4.00	48.00					
4.12	Clavos para Eternit	libras	1	0.75	0.75					
	Subtotal Costos fijos				164.25					
5	Precio de la madera									
5.1	Precio de lote sin defectos	lote	99		58					
5.2	Precio de lote con defectos	lote	99		27.13					
	Ingresos y Egresos anuales									
	INGRESOS CONCEPTO VENTA DE MADERA					162.78	162.78	162.78	162.78	162.78
	SUMA DE EGRESOS ANUALES					11.22	11.22	11.22	11.22	11.22
	GANANCIA NETA					151.56	151.56	151.56	151.56	151.56
	COSTO DE INSTALACIÓN					246.71				

Anexo B: Fotografías

B1. Preparación y construcción de métodos de secado.



Limpeza del sitio



Construcción método Bajo cubierta



Construcción de estructura para la cámara solar



Instalación de planchas eternit



Colocación de cubierta con plástico negro



Ventilas

B2. Tumba, trozado y movilización de madera.



Extracción de bloques de madera, para facilitar su transporte y posterior extracción de tablillas.



Preparación de bloques de Aliso



Transporte de piezas escuadradas

B3. Extracción de material experimental y apilado.



Transformacion de bloque a tablilla



Tablillas dimensiones



Identificación de diferentes cortes



Codificación de tablillas según tipo de corte y método de secado a emplearse



Elaboración de apilado rectangular



Pila dentro de Cámara solar

B4. Toma de datos pérdida de peso y metrológicos para cada método



Utilización de balanza digital para toma de Pp



Análisis visual de posibles defectos



*Toma de Pp, 35 días de secado
"método bajo cubierta"*



*Toma de temperatura ambiental secado
"Intemperie"*



Instalación y toma de datos con termómetro higrómetro en método de "cámara solar"

B5. Clasificación y medición de defectos, encuesta a artesanos de parroquia de San Antonio de Ibarra.





Clasificación de defectos y toma de datos “intensidad de defectos”, empleando pie de rey digital



Encuesta en talleres de san Antonio