



UNAP

**Facultad de Ciencias
Forestales**

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

“Evaluación del comportamiento del secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones

La Oroza S.R.L. Loreto - Perú

Para optar el título profesional de

INGENIERA FORESTAL

Autor

ARACELY PINCHI REATEGUI

Iquitos - Perú

2016



UNAP

**Facultad de
Ciencias Forestales**

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 691

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por la Bachiller **ARACELY PINCHI REÁTEGUI**, titulada: **"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECADO ARTIFICIAL DE MADERA CORTA DE LA ESPECIE CUMALA (Virola Sp.), EN CÁMARAS DE AIRE CALIENTE EN LA INDUSTRIA INVERSIONES LA OROZA S.R.L. LORETO – PERÚ"** formuladas las observaciones y analizadas las respuestas, la declaramos:

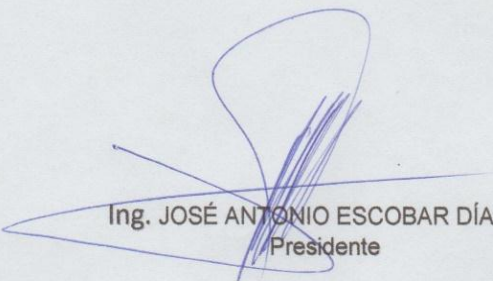
Con el calificativo de:

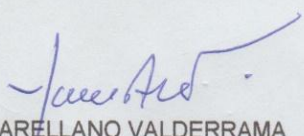
En consecuencia queda en condición de ser calificada:

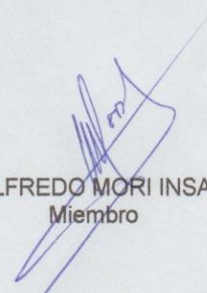
Y, recibir el Título de Ingeniero Forestal.

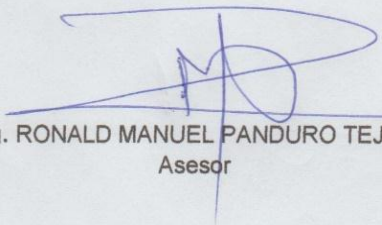
Aprubada
Bueno
Aprta

Iquitos, 09 de Enero 2016


Ing. JOSÉ ANTONIO ESCOBAR DÍAZ, Mgr.
Presidente


Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA
Miembro


Ing. WILFREDO MORI INSAPILLO.
Miembro


Ing. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Asesor

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!

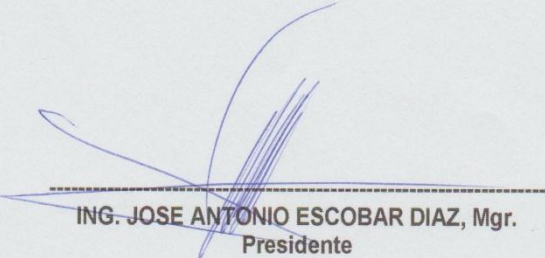
Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

TESIS SUTENTADA Y APROBADA EL 09 DE ENERO CON ACTA DE
SUSTENTACION N° 691, EN EL AUDITORIO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AL
AMAZONIA PERUANA.


JURADOS



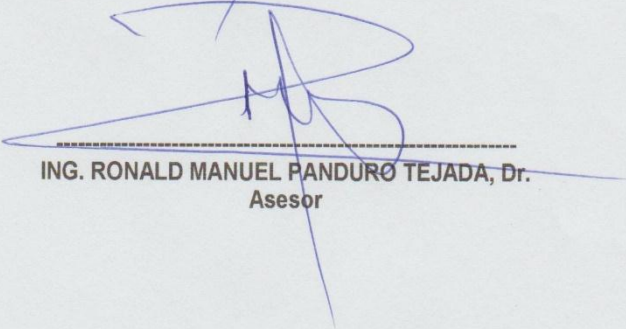
ING. JOSE ANTONIO ESCOBAR DIAZ, Mgr.
Presidente



ING. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA.
Miembro



ING. WILFREDO MORI INSAPILLO.
Miembro



ING. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Asesor

DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la vida, salud, amor, fortaleza, por su infinita bondad y haberme permitido lograr uno de mis metas trazadas.

A mí adorada madre **FIDELINA** por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Y a mi querido padre **JUAN ARNULFO** Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis queridos hermanos **ARNULFO, WILLY, SARA, JORGE Y ROY JAMES**, por ser motor que me impulsaron a lograr esta aspiración.

Y a **MOISES LOPEZ**, por ser una persona muy especial e importante en mi vida, y por haberme apoyado en todo momento.

INDICE

Nº	TITULO	Pág.
	Lista de cuadros	iii
	Lista de figuras	iv
	Resumen	v
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	EL PROBLEMA	3
	2.1. Descripción del problema	3
	2.2. Definición del problema	4
III.	HIPÓTESIS	5
	3.1. Hipótesis general	5
	3.2. Hipótesis alterna	5
	3.3. Hipótesis nula	5
IV.	OBJETIVOS	6
	4.1. Objetivo general	6
	4.2. Objetivos específicos	6
V.	VARIABLES	7
	5.1. Identificación de variables, indicadores e índices	7
	5.2. Operacionalización de las variables	7
VI.	REVISIÓN DE LITERATURA	8
	6.1. Antecedentes	8

6.2. Marco teórico	10
VII. MARCO CONCEPTUAL	18
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	19
8.1. Lugar de ejecución	19
8.2. Materiales y equipo	19
8.3. Métodos	19
8.3.1. Tipo y nivel de investigación	19
8.3.2. Procedimiento	20
8.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
8.3.4. Técnicas de presentación de resultados	24
IX. RESULTADOS	25
X. DISCUSIONES	34
XI. CONCLUSIONES	39
XII. RECOMENDACIONES	40
XIII. BIBLIOGRAFÍA	41
Anexo	45

LISTA DE CUADROS

Nº	TITULO	Pág.
01	Programa de secado de la empresa Industria Inversiones la Oroza S.R.L.	22
02	Programa de secado propuesto por el estudio.	23
03	Clasificación de secado al horno de aire caliente.	24
04	Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.	26
05	Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado propuesto por el estudio.	28
06	Rendimiento de madera con el programa de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.	29
07	Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto por el estudio.	31
08	Clasificación de secado de los 02 programas evaluados.	33

LISTA DE FIGURAS

Nº	TITULO	Pág.
01	Control de descenso del contenido de humedad de la madera propuesto por Industria Inversiones La Oroza S.R.L.	26
02	Control de descenso del contenido de humedad de la madera propuesto por el estudio.	28
03	Rendimiento de madera corta después del proceso de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.	29
04	Resumen de rendimiento de madera corta de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.	30
05	Rendimiento de madera corta después del proceso de secado por el programa de secado propuesto.	31
06	Resumen de rendimiento de madera corta por el programa propuesto.	32
07	Llenado de la cámara	46
08	Control automático del secador	46
09	Cubicación de madera corta antes del secado	47
10	Caldero del secador	47
11	Inspección del llenado de cámara	48
12	Clasificación de la madera	48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cámara de secado artificial de la empresa forestal Inversiones La Oroza S.R.L, el mismo que se encuentra ubicado en la Avenida Abelardo Quiñonez 2837, en la ciudad de Iquitos, distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto; con la finalidad de evaluar el comportamiento del secado de la madera corta en base a la dos programas de secado para la especie de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente.

Los resultados muestran que el programa de secado para 1" de espesor de madera corta propuesto por la empresa alcanzó una humedad final de 9% en 168 horas (7 días) y el propuesto por el estudio alcanzó una humedad final de 8% en 156 horas (6 días y medio).

El rendimiento de secado artificial de la empresa es 98,25% de madera de primera y recuperación, el 1,75% como rechazo y desperdicio y el rendimiento de secado artificial propuesto por el estudio es 98,24% de madera de primera y recuperación, el 1,76% como rechazo y desperdicio.

La clasificación por comportamiento del secado de la madera propuesto por la empresa es **BUENO** y propuesto por el estudio es **MUY BUENO**.

Palabras claves: Evaluación, comportamiento, secado artificial, madera corta, cámaras de aire caliente.

I. INTRODUCCION

La demanda internacional se orienta crecientemente hacia madera seca artificialmente, con un contenido de humedad entre 8 y 12%. Las nuevas normas de la prohíben la entrada de madera húmeda, incluso las parihuelas deben cumplir estrictas normas de dimensiones, resistencia mecánica y contenidos de humedad, a fin de lograr productos reciclados a varios países, por criterios ambientales y económicos. La producción de manufacturas de mayor valor agregado como muebles, molduras, paneles sobre la base de listones, puertas, etc., requiere ineludiblemente trabajar con madera secada artificialmente a un contenido de humedad final del 8%.

La mayoría de las maderas que se utiliza en la segunda transformación, se requiere que sea secada en cámaras artificiales, la demanda de madera aserrada seca aumenta permanentemente en gran medida, debido a las exigencias de los procesos de elaboración, a la necesidad de contar con productos elaborados de alta calidad y a los volúmenes requeridos, que resultaría imposible, económicamente, mantenerlos en inventario.

Si bien es cierto existen programas de secado en nuestra región, para maderas comerciales, estas suelen secarse en un periodo promedio de 8 días con contenidos de humedades finales que oscilan de 8% a 9%; sin embargo para maderas corta no existen programas de secado y mucho menos en cámaras artificiales con aire caliente.

Bajo estas consideraciones, Inversiones La Oroza S.R.L; a fin de poder proporcionar una mayor utilización integral de sus productos madera; precisa de contar con un programa de secado para madera corta; para luego, estas ser

utilizadas en la elaboración tableros enlistonados, lo cual se necesita obtener un contenido de humedad final igual o menor de 6%, con el fin de que la cola o adhesivo que se usa para formar estos tableros se adhieran totalmente. De otro lado, el tiempo de secado artificial con este tipo de madera corta, no debe superar al tiempo de secado convencional promedio de madera aserrada comercial que es de 8 días.

En tal sentido, este proyecto se considera evaluar el comportamiento del secado de la madera corta en base a la dos programas de secado para la especie de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La OrozaS.R.L, con el que se pueda identificar las diferentes etapas del proceso de secado y luego proponer un programa de secado que permita el mejoramiento de la calidad del secado de madera corta en la especie cumala, y poder determinar la calidad del producto final que deseamos obtener, para una mayor rentabilidad de la empresa y una mejor satisfacción del cliente.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El secado es uno de los procesos más exigentes en la preparación de la madera para usos industrial y doméstico, de hecho, de su correcto desarrollo depende que este material ofrezca los requerimientos de estabilidad dimensional, cualidades de trabajabilidad y propiedades mecánicas exigidas para las maderas a procesar que son fundamentales para la calidad final de los productos. Para alcanzar la condición antes mencionada, la madera debe someterse al proceso de secado artificial.

En nuestra región, existen industrias que suelen secar maderas artificialmente para tablas comerciales de una pulgada de espesor en un periodo de 7 – 9 días.

Si se toma en cuenta que el proceso de secado de la madera como el que mayor tiempo y energía consume, se pueden entender los argumentos que tienen los industriales para disminuir los tiempos de secado y el consecuente consumo energético. Los tiempos de duración de un proceso se corresponden con la calidad requerida con el tipo de producto que se desea elaborar a partir de ese material. Dicho en otras palabras, no solo se debe contar con una cámara de secado, sino que es necesario que esta cumpla con los requisitos técnicos de ingeniería y con las prestaciones esperadas del servicio de secado en cuanto a calidad y tiempo.

En la actualidad, se requiere proporcionar un mayor valor agregado a nuestra madera, es así que se presenta la oportunidad de secar madera corta para diferentes usos tales como los tableros enlistonados.

Sin embargo, en nuestra ciudad, no existe programas de secado para tablas consideras como madera corta, y más aún en tipo de cámaras con aire caliente.

En este contexto, Inversiones La Oroza S.R.L; requiere realizar una mejor aprovechamiento en su producción, para lo que requiere utilizar madera corta para otros usos; precisando contar con un programa de secado para este tipo de madera.

Por todo lo manifestado se propone realizar una propuesta adecuada al secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L, para cuantificar el porcentaje de rendimiento de madera aserrada que fuera sometido a un determinado programa de secado.

2.2. Definición del problema

¿En qué medida la evaluación de dos programas de secado artificial de la madera aserrada corta de la especie cumala (*Virola* sp.), nos permitirá determinar su comportamiento adecuado en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L, y poder formular una propuesta de programa que permita el mejoramiento de la calidad del secado de madera corta de la especie de cumala?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Se puede determinar la diferencia en el comportamiento de dos (02) programas de secado Artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

3.2. Hipótesis alterna

Existe, diferencia en el comportamiento de dos (02) programas de secado Artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

3.3. Hipótesis nula

No existe, diferencia en el comportamiento de dos (02) programas de secado Artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento de dos (02) programas de secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

4.2. Objetivos específicos

Determinar el contenido de humedad final al secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en base a dos (02) programas de secado en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

Evaluar el porcentaje de defectos al secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en base a dos (02) programas de secado en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

Establecer propuesta adecuada de programa de secado en el proceso de mejoramiento del comportamiento de secado artificial de madera corta de la especie cumala (*Virola* sp.), en cámaras de aire caliente en base a dos (02) programas de secado en la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

V. VARIABLES

5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

Las variables de estudio con los respectivos indicadores e índices, teniendo en cuenta que la variable independiente son los programas de secado “A” y “B” y la dependiente es el comportamiento al secado de madera corta de la especie cumala; teniendo como indicadores el contenido de humedad, defectos y clasificación por secado y como índices el porcentaje, contenido de humedad final, tiempo de secado y grados de calidad de la madera.

5.2. Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
<p>Independiente:</p> <p>Programa de Secado A:</p>	<p>✓ Contenido de Humedad</p> <p>✓ Defectos</p>	<p>❖ Porcentaje</p> <p>❖ Porcentaje</p>
<p>Programa de Secado B:</p>	<p>✓ Contenido de Humedad</p> <p>✓ Defectos</p>	<p>❖ Porcentaje</p> <p>❖ Porcentaje</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Comportamiento al secado de madera corta de la especie cumala</p>	<p>✓ Clasificación por secado</p>	<p>❖ Contenido de humedad final</p> <p>❖ Tiempo de secado</p> <p>❖ Grados de calidad</p>

VI. REVISION DE LITERATURA

6.1. Antecedentes

MORI (2000), señala que la especie cumala de 1 1/2" pulgada de espesor tiene una contracción del volumen de 8,42% secado en hornos a base de vapor de agua, el contenido de humedad final fue de 8,5% en 277,5 horas, obteniéndose un aprovechamiento de 98.02% de madera de buena calidad para exportación.

SALAZAR (2004), en práctica pre profesional, manifiesta que la cumala de una pulgada de espesor en comportamiento de secado en hornos marca Benecke en Forestal Industrial Yavari S.A. tuvo un tiempo de secado de 7 días y 12 horas, con un 78,99% de madera de primera para exportación, para un contenido de humedad final del 8%.

En el secado artificial para Cumala (*Virola* sp.) y Catahua (*Hura Crepitans* L.)

FLORES (1995), señala que los primeros cambios de temperatura en ambos programas fueron realizados exclusivamente en base a horas de secado, es allí donde la madera no sufre ninguna alteración y puede resistir estos cambios, sin peligro a torceduras y agrietamientos en la superficie. Agrega además, que a partir del 50% de contenido de humedad de las muestras, se tomó como referencia el gradiente de secado. Determinándose que es posible secar en forma simultánea dos especies de similares características anatómicas y de densidades compatibles bajo un mismo programa de secado.

RAMÍREZ (2004), en práctica pre profesional en Industrias Reunidas en hornos de compartimiento marca NARDI, en tablas de 0,75 pulg, 1 pulg, 1,5 pulg y 2 pulg,

manifiesta que la cumala tuvo un tiempo de secado de 10 días y 6,31 horas y para el cedro 10 días y 10 horas, para un contenido de humedad final del 8%.

SOLIGNAC (2006), en trabajo de investigación en cámaras automáticas a vapor con ventilación lateral, experimentó dos programas de secado donde el programa "B" resultó mejor con relación al tiempo al alcanzar la humedad final del 8% en 166 horas con un aprovechamiento de madera exportable de 99,81% y 0,19% de madera rechazada, a diferencia del programa "A" que alcanzó la misma humedad en 176 horas con un aprovechamiento de 99,91%. Determino que el costo de secado de madera en horno marca "Benecke" modelo H – 35 – S para la especie *Virola* sp. Es de US\$21,40/m³ o US\$ 0,0505/pt.

PANDURO (2006), en estudio de tesis de adaptar un modelo constructivo de un secador artificial con sistema de aire caliente, y poder evaluar su comportamiento al secado artificial de la cumala (*Virola* sp) De una pulgada de espesor, señala que el tiempo empleado en el proceso de secado es de 171 horas, con un contenido de humedad final promedio del 9,33%, clasificándose dicho comportamiento como un de secado BUENO.

VELA (2008), en estudio de tesis en secado artificial de la madera aserrada de cumala (*Virola* sp) de una pulgada de espesor en cámara con ventilación frontal alcanzo una humedad final de 6% en 261 horas (10 días 19 horas); con un rendimiento de primera calidad de un promedio de 94,46% y el 1,50% de desperdicio.

RAMIRO (2011), en estudio de tesis en secado artificial de la madera aserrada *Calicophyllum spruceanun* (Capirona) de 3/4 pulgada de espesor en secado

artificial en las instalaciones de la Empresa Maderera Industrias Madex E.I.R.L., determino que el tiempo de secado establecidos para los dos programas de secado (propuesto por la empresa de 240 horas y por el estudio 216 horas). El contenido de humedad final para los dos programas propuestos se ajustaron a 6% requerido para su posterior empaquetado y exportación.

6.2. Marco teórico

ATENCIA (2006), manifiesta que cuando hablamos de secado de madera nos estamos refiriendo a la relación entre la madera y la humedad, que es sin duda uno de los aspectos más importantes de la tecnología de la madera.

ZAVALA (1991), señala que el secado es una forma de mejorar las propiedades tecnológicas de la madera, lo cual se refleja en una mayor resistencia a esfuerzos mecánicos y a la conductividad eléctrica y térmica, que adicionalmente se mejoran las características adherentes con pegamentos y el ensamblado con clavos y tornillos. A su vez, se reducen las probabilidades de ataque de hongos e insectos y se mejoran las características de acabado haciéndola más estable dimensionalmente y con una superficie más adecuada a los barnices y/o pinturas.

LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1989), indican que el secado artificial se desarrolla en recintos cerrados dentro de los cuales se establecen climas artificiales progresivamente más cálido y secos. Cada clima o etapa del sedado se mantiene durante un determinado tiempo, de acuerdo con un programa pre determinado experimentalmente según el tipo de dimensiones de la madera. El secado convencional es el sistema más generalizado en el mundo y se distinguen varias formas, según la intensidad de la temperatura aplicada y las características de las instalaciones.

FUENTES Y SILVA (1992), indican que es necesario considerar otros factores para secar madera, como los tipos de secadores, el apilado y los separadores, la velocidad del movimiento del aire, la humedad de equilibrio de la madera, el gradiente de secado y las etapas que integran el proceso.

FERNÁNDEZ (1998), señala, que la condición de un secado correcto es que a cada contenido de humedad de la madera corresponde una temperatura y una humedad relativa bien determinada de aire interior del secador. El horno capaz de realizar tal operación debe estar provisto de una instalación susceptible de crear y mantener una atmósfera artificial debidamente determinada. Para tal efecto todo horno tiene una construcción especial o célula de secado provista de dispositivos, que permitan acondicionar el aire interno es decir un sistema de calentamiento del aire y un sistema de humidificación del aire y un sistema de ventilación del mismo.

EL INSTITUTO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA (1988), señalan que el secado de la madera es importante porque aporta las siguientes ventajas:

- Aumento de la estabilización dimensional de madera seca. El secado previo permite la estabilización en forma y dimensiones de la madera en uso, minimizando los cambios que puedan presentarse como respuesta a variaciones en su contenido de humedad.
- Aumento notable de la resistencia biológica de la madera seca contra la pudrición y manchas causadas por hongos xilófagos, cromógenos y moho. Se admite como regla general, que la degradación de la madera se da por actividad biológica.
- El secado, una condición indispensable para la preservación de la madera. La madera verde con un contenido de humedad mayor del punto de saturación de

las fibras ($CH > 30\%$) no puede ser tratada ni por el proceso de vacío y presión ni por inmersión o aspersion, pues no se puede inyectar un preservante líquido a una madera con los poros llenos de agua.

- El secado, una condición indispensable para los acabados de superficies de madera: La apariencia final de muchos productos de madera determina su rendimiento económico. Todos los procesos de acabado como el laqueado, el barnizado, y el pintado o el teñido requieren para su aplicación una superficie seca y limpia.
- Aumento de los esfuerzos admisibles de la madera por secado: Las propiedades físicas y mecánicas de todas las maderas dependen del contenido de humedad. Al secar la madera por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF) aumenta su resistencia mecánica. El contenido de esta relación existente entre el contenido de humedad y la resistencia mecánica permite al ingeniero proponer y determinar en forma exacta el uso de la madera como el elemento estructural.

MÉNDEZ (1996), indica que la madera contiene agua en su complicada estructura que está formada por células. Esta agua, nada más es aquel líquido que compone la savia del árbol. Cuando toda el agua es retirada de la madera, nosotros decimos que ella está absolutamente seca, y si la pesamos en una balanza, estaremos obteniendo su peso seco.

LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1989), señalan que el contenido de humedad en la madera, puede ser determinado a través del: Método de Secado en Estufa: que es el método más exacto y el único científicamente satisfactorio para determinar el agua contenida en la madera. Es realizado

mediante probetas extraídas de muestras de madera y calculados por diferencias de pesos (húmedo y seco).

MÉNDEZ (1996), manifiesta que saber cuándo y cómo alterar las condiciones de secado en el interior del secador, como la temperatura y la humedad relativa del aire, es fundamental para conducir un secado con éxito. Esas alteraciones, en las condiciones de secado, son hechas en función del contenido de humedad de la carga de madera y regidas por un programa de secado, pre-establecido para la madera que se está secando.

Los factores que aceleran el proceso de secado son: la temperatura, la humedad relativa del aire y la ventilación. Teniendo en cuenta que en la mayoría de los secadores para madera la velocidad de la circulación del aire es constante, la temperatura y la humedad relativa del aire pasan a ser las principales variables en el control del proceso de secado. Para saber la temperatura de secado, la humedad relativa del aire (HRA), y hasta el contenido de humedad de equilibrio (CHE) se utilizan dos termómetros, localizados en posiciones estratégicas en el interior del secador; uno de ellos tiene el bulbo envuelto en una franela humedecida (TBH).

MÉNDEZ (1996), manifiesta que en un programa de secado se dan los valores de temperatura y humedad relativa del aire que es recomendable tener en la cámara para los sucesivos estados de humedad en la madera. Hay dos formas principales de presentar los programas de secado: según el contenido de humedad controlado en muestras de la madera y según el tiempo transcurrido desde el comienzo del secado. La primera es la forma más utilizada, siendo su aplicación más general y sobre todo independiente del tipo de instalación; en cambio, para

establecer un programa sobre la base de horas de secado, se requiere experimentación previa con un determinado tipo de madera (por especie, por espesor, por tipo de corte) y en un horno determinado.

Un secado artificial se obtiene cuando se hace circular aire caliente y seco uniformemente a través de una pila de madera. En tanto, el ritmo de secado y los riesgos de daños causados durante el secado, son diferentes, dependiendo de las características estructurales de la especie. Por esta razón las maderas requieren variaciones climáticas y de intensidad diferente, los programas de secado varían en función de la especie, espesor y humedad deseada, la humedad relativa del aire y la temperatura son factores fundamentales necesarios para conducir adecuadamente el secado (**KLITZKE**, 2005).

Con respecto al programa de secado **SCHREWE** (1984), dice que considerando que muchos son los factores que influyen en la confección de un programa de secado, por ejemplo, tipo de secador, especies, espesores o método de aserrío, los programas no representan más que una guía que debe ser adecuada por el operador acorde con las condiciones y requerimientos específicos existentes. Por tal razón, es imprescindible que los operadores preparen sus propios programas de secado para cada especie y espesor, con el fin de obtener resultados óptimos dentro del tiempo más corto posible.

El mismo autor (1984), manifiesta que cuanto más alta la temperatura y menor la humedad relativa, tanto más rápido se seca la madera. No obstante no puede llevarse esta regla al extremo sin producir defectos. Si no se dispone de un programa de secado comprobado para una cierta especie y espesor.

Según **LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA** (1989), la diferencia que se presenta entre el contenido de humedad de la madera en el centro y en la superficie, es denominada gradiente de humedad, da origen a la circulación interna del agua del centro a la periferia y es la causa del secado. Mientras más elevado sea el gradiente de humedad, más rápido secará la madera.

Cuando se llega al estado en el que dentro del secadero, teóricamente se termina el movimiento de humedad en la madera y esta no se seca más por falta de un gradiente de humedad.

ALVARES Y FERNÁNDEZ (1992), manifiestan que los defecto de secado son todas aquellas imperfecciones que se presentan en una pieza de madera durante el proceso de secado, afectando tanto las propiedades físicas, mecánicas y/o químicas, disminuyendo su calidad, determinando generalmente una limitación en su uso o aplicaciones, la contracción es la causa de defectos como endurecimiento, colapso celular, grietas (internas y externas), rajaduras y alabeo (abarquillado, arqueadura, encorvadura y torcedura).

ZAVALA (1991), afirma que desde el punto de vista económico, la madera de clase (selecta, primera y segunda) es la más rentable para secar en estufa, debido a que el mayor valor agregado que adquiere este tipo de madera es secándola al contenido de humedad demandado en el mercado (8-10%), por el mayor tiempo de la inversión que representa el capital almacenado si se pretende secar al aire libre, y por la recuperación en la pérdida económica si no se evitan los defectos ocasionados por un mal secado (manchado, rajaduras, alabeos, etc.), sobre todo al aire libre por la falta de control de los factores determinantes del secado (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire).

LA CONFEDERACIÓN PERUANA DE LA MADERA (2008), mencionan que la especie cumala, en el Perú se encuentra principalmente en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali. Se desarrolla en las partes bajas de las formaciones ecológicas de bosque húmedo tropical (bh-T) y en los bosques secundarios en suelos inundables y en altitudes entre 80 a 1000 m.s.m. Se asocia con *Terminalia* sp, *Manilkara* sp, *Protium* sp, *Schizolobium* sp, otros.

Es un árbol de fuste recto y cilíndrico. Altura total de hasta 30 m altura comercial de 17 a 20 m diámetro a la altura del pecho de 60 cm de copa plana a redonda, con ramificaciones más o menos verticales. El fuste posee fisuras anchas y poco profundas, desprendimiento de escamas gruesas.

Como características tecnológicas, con una densidad básica de 0.45 gr/cm³, contracción tangencial de 9,87%, radial 4,45% y volumétrica de 13,40%.

La madera es de color blanco. Olor y sabor ausentes o no distintivos. Brillo elevado. Grano recto y textura mediana. Es una madera fácil de aserrar y de regular a buen comportamiento a la trabajabilidad con máquinas de carpintería. Resistencia mecánica baja, buena para cepillado, torneado y moldurado y regular para taladrado. El secado al aire se realiza de forma rápida. Presenta un buen comportamiento al secado artificial con un programa severo.

Madera poco durable, muy susceptible al ataque de termites, hongos e insectos de maderas secas. De fácil preservación en los tratamientos baño caliente-frío y vacío a presión. Impregnabilidad buena.

La madera se puede utilizar en carpintería de obra, laminado, cajonería y mueblería.

FUENTES *et al* (1996), indican que la madera de latifoliadas presenta una amplia gama de propiedades y factores que caracterizan y definen su comportamiento durante su secado, que en general presentan mayor grado de dificultad que las coníferas para ser secadas, sobre todo las especies clasificadas como duras y semiduras.

VII. MARCO CONCEPTUAL

El contenido de humedad definido por **ALVAREZ Y FERNANDEZ** (1992), es el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresado en función del peso de esa pieza en condición seca al horno o anhidra.

Defecto de secado: **ALVARES Y FERNÁNDEZ** (1992), señala que el defecto de secado se entiende por cualquier característica en un producto de madera que ocurre durante el proceso de secado y reduce el valor agregado del producto.

Programa u horario de secado: **SCHREWE** (1983), manifiesta que un programa de secado, consiste en una secuencia de condiciones climáticas, temperatura y humedad relativa del aire, aplicables durante etapas de secado previamente establecidas para una determinada especie.

Tiempo de secado: de acuerdo a **MÉNDEZ** (1996), es el parámetro que, tal vez, más interesa a quien debe secar maderas de la madera, y tantos otros factores; por tales motivos se lo puede calcular solo en forma aproximada. Pero lamentablemente es de difícil previsión. El tiempo de secado está, efectivamente, sujeto a muchos factores y por lo tanto muy variable: según la especie, el espesor

Conducción de secado: **LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA** (1989), que el proceso de secado se basa en aprovechar la capacidad de la madera para **intercambiar** humedad con el ambiente en que se ubique. En el secado en cámara, la madera se somete artificialmente a condiciones más severas, forzando ese intercambio de humedad.

VIII. MATERIALES Y MÉTODO

8.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la cámara de secado artificial de la empresa forestal Inversiones La Oroza S.R.L, el mismo que se encuentra ubicado en la Avenida Abelardo Quiñonez 2837, en la ciudad de Iquitos, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto; el que se puede acceder partiendo de la ciudad de Iquitos a 20 minutos de distancia en vehículo motorizado saliendo de la plaza de Armas de la ciudad de Iquitos.

8.2. Materiales y equipo

- ✓ Un horno industrial con aire caliente marca con capacidad para 18 000pt.
- ✓ Separadores de madera cumala de una pulgada cuadrada de sección por 5 pies de largo.
- ✓ Tablas cortas de la especie cumala (*Virola* sp) de una pulgada de espesor, de 1 a 6 pies de longitud y ancho variable.
- ✓ Sensores para medir la humedad.
- ✓ Útiles de escritorio y papelería en general.
- ✓ Wincha métrica.
- ✓ Computadora personal.

8.3. Método

8.3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo experimental. El nivel de la investigación es descriptivo- cualitativo.

8.3.2. Procedimiento

El procedimiento a seguir, estuvo circunscrito a las siguientes actividades:

8.3.2.1. Criterio de selección de especies

La especie seleccionada es *Virola* sp (cumala) de madera corta, de la familia Miristicácea, con densidad de 450 kg/m³, por ser esta una madera referida al mayor uso local y de exportación (Dirección Forestal y de Fauna, 2013).

8.3.2.2. Población

La población está referido a 18 000 pt de madera aserrada, que es el volumen de madera corta que ingreso al horno del secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

8.3.2.3. Muestra

La muestra está referida a 18 000 pt de madera aserrada, que es el mismo volumen de la población.

8.3.2.4. Selección y preparación de las muestras

Las muestras de madera para el ensayo de secado, fueron de una pulgada de espesor, longitudes de 01 a 6 pies y anchos variables; seleccionadas las maderas que presentan condiciones de cara limpia, sin rajaduras, grietas, ni ataques de agentes biológicos.

8.3.2.5. Armado de las pilas

El armado de las pilas se realizó primero en forma manual en el patio de apilado, la misma que consiste en colocar las tablillas en forma horizontal, sobre bases de madera, separándolos con tabiques de una pulgada cuadrada de sección cada 40 – 50 cm. Con una altura de 18 filas. Luego se procedió a llenar la cámara

mecánicamente con ayuda de un cargador frontal hasta completar la carga de la cámara (18 000 pt).

8.3.2.6. Control del contenido de humedad

El control del contenido de humedad durante el proceso de secado, se realizó tomando medida en forma diaria de las piezas de madera hasta su contenido de humedad final deseado.

8.3.2.7. Programas de secado

Se realizó en base a dos programas, teniendo en cuenta 03 repeticiones por programa.

8.3.2.7.1. Programa de secado de la empresa Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

El presente programa se puede observar en el cuadro 1, el mismo que se encuentra dividido en 11 etapas, considerándola como cada etapa, los respectivos cambios de temperatura y humedad relativa desde un estado inicial de humedad hasta el contenido de humedad requerido, en un tiempo establecido de 168 horas.

Cuadro 1. Programa de secado de la empresa Industria Inversiones la Oroza S.R.L.

Etapas (Nº)	Etapas	Tiempo (Hrs)	Temperatura (°C)		Contenido Humedad Deseado (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
			Bulbo Seco	Bulbo Húmedo				
1	CALENT.	10	55	53	70	90	18	3,9
2	SECADO	24	55	51	60	80	13,5	4,4
3	SECADO	24	55	50	50	76	12,5	4,0
4	SECADO	24	55	49	40	72	11,5	3,5
5	SECADO	24	55	48	35	67	10,5	3,3
6	SECADO	24	58	50	28	63	10	2,8
7	SECADO	8	60	50	25	58	8,5	2,9
8	SECADO	8	65	50	15	42	6	2,5
9	SECADO	8	70	50	10	35	5	2,0
10	SECADO	8	75	50	8	28	3,5	2,3
11	ENFRIAM.	6	60	45	8	40	6	1,3
TOTAL		168						

Fuente: Programa de secado de la Industria Inversiones La Oroza

S.R.L

8.3.2.7.2. Programa de secado propuesto por el estudio

Al igual que en el programa A, el programa B, se presenta en el cuadro 2, dividido en 11 etapas, considerando como cada etapa los respectivos cambios de temperatura y humedad relativa desde un estado inicial de humedad hasta el contenido de humedad requerida, en un tiempo de secado establecido de 156 horas.

Cuadro 2. Programa de secado propuesto por el estudio

Etapas (Nº)	Etapas	Tiempo (Hrs)	Temperatura (°C)		Contenido Humedad Deseado (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
			Bulbo Seco	Bulbo Húmedo				
1	CALENT.	10	55	53	70	90	18	3,9
2	SECADO	24	55	51	60	80	13,5	4,4
3	SECADO	24	55	50	50	76	12,5	4,0
4	SECADO	20	55	49	40	72	11,5	3,5
5	SECADO	20	55	48	35	67	10,5	3,3
6	SECADO	20	58	50	28	63	10	2,8
7	SECADO	8	60	50	25	58	8,5	2,9
8	SECADO	8	65	50	15	42	6	2,5
9	SECADO	8	70	50	10	35	5	2,0
10	SECADO	8	75	50	8	28	3,5	2,3
11	ENFRIAM.	6	60	45	8	40	6	1,3
TOTAL		156						

Fuente: Programa propuesto

8.3.2.7.3. Evaluación de los programas

La evaluación de los programas de secado se realizó basándose en el porcentaje de madera de buena o mala calidad que resulte después del secado. Teniéndose la siguiente clasificación:

Primera (IA): Son tablas que no presentan defectos de secado, como: grietas, rajaduras, colapso, abarquillado, alabeo y otros. Esta madera está destinada a su posterior proceso de productos de valor agregado. Molduras y tableros enlistonados.

Recuperación. (IB): Son tablas que durante el proceso de secado presentan defectos como: grietas, rajaduras, colapso, y otros; que pasarán a ser canteados o despuntados para su recuperación hacia tablas de primera.

Rechazo (X): Son tablas que tienen exceso de defectos de secado y que no pueden ser recuperadas.

Desperdicio (D): Es la madera inservible que resulta de la recuperación al que se le suma la madera rechazada.

8.3.2.7.4. Clasificación según comportamiento al secado

Para la clasificación del secado en horno se tuvo en cuenta el contenido de humedad final, el tiempo establecido para cada uno y el volumen final expresada en porcentaje de madera aserrada de primera, que es exclusivamente para exportación. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de secado al horno de aire caliente

Características del secado	Contenido de humedad final (%)	Volumen de madera (IA;IB) (%)	Tiempo (Horas)
Secado muy bueno	8 - 10	95 – 100	147- 147
Secado bueno	10 – 12	85 – 95	147 - 159
Secado regular	12 – 16	85 – 60	147 - 171
Secado malo	16 a más	menor de 60	147 - 183

Fuente: FYSA (2000)

8.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la interpretación y análisis de los resultados se empleó la estadística descriptiva referida al registro de las evaluaciones de los programas, defectos y tiempos.

8.3.4. Técnica de presentación de resultados

De la información revisada y obtenida se procedió a procesar los resultados, los que se presentan en tablas y gráficos.

IX. RESULTADOS

9.1. Programa de secado propuesto por la empresa

En el cuadro 4, se puede observar el contenido de humedad para todas las etapas del proceso de secado, donde empezamos con un contenido de humedad de inicial del 78%, con una etapa de calentamiento de 10 horas.

De la segunda etapa hasta la sexta quinta etapa cuando estamos en una temperatura de bulbo seco de 55°C la humedad real de madera desciende de 72% hasta 39%, con una duración constante por etapa de 24 horas, con 130 horas de secado.

En la siguiente etapa (7) hasta la etapa 10 la temperatura aumenta progresivamente en 5°C, hasta llegar a los 75°C en la etapa 10, con un contenido del 8%, en la última etapa 11, que es la etapa de enfriamiento, la temperatura de bulbo seco desciende a 60°C, con un contenido de humedad final del 9% en un tiempo de 168 horas.

Es necesario mencionar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 168 horas (7 días). Apreciándose de mejor manera en la figura 1, donde están registradas las temperaturas del bulbo seco y bulbo húmedo y la comparación de los contenidos de humedades deseadas por el programa establecido y las humedades reales de las piezas de madera.

Cuadro 4. Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

Número de Etapas	Descripción de Etapas	Tiempo (Hrs)		Temperatura (°C)		Contenido Humedad (%)	
		Etapa	Acumulado	Bulbo Seco	Bulbo Húmedo	Deseado	Real
1	CALENT.	10	10	55	53	70	78
2	SECADO	24	34	55	51	60	72
3	SECADO	24	58	55	50	50	65
4	SECADO	24	82	55	49	40	57
5	SECADO	24	106	55	48	35	45
6	SECADO	24	130	58	50	28	39
7	SECADO	8	138	60	50	25	33
8	SECADO	8	146	65	50	15	18
9	SECADO	8	154	70	50	10	12
10	SECADO	8	162	75	50	8	8
11	ENFRIAM.	6	168	60	45	8	9
TOTAL		168					

Fuente: Programa de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L

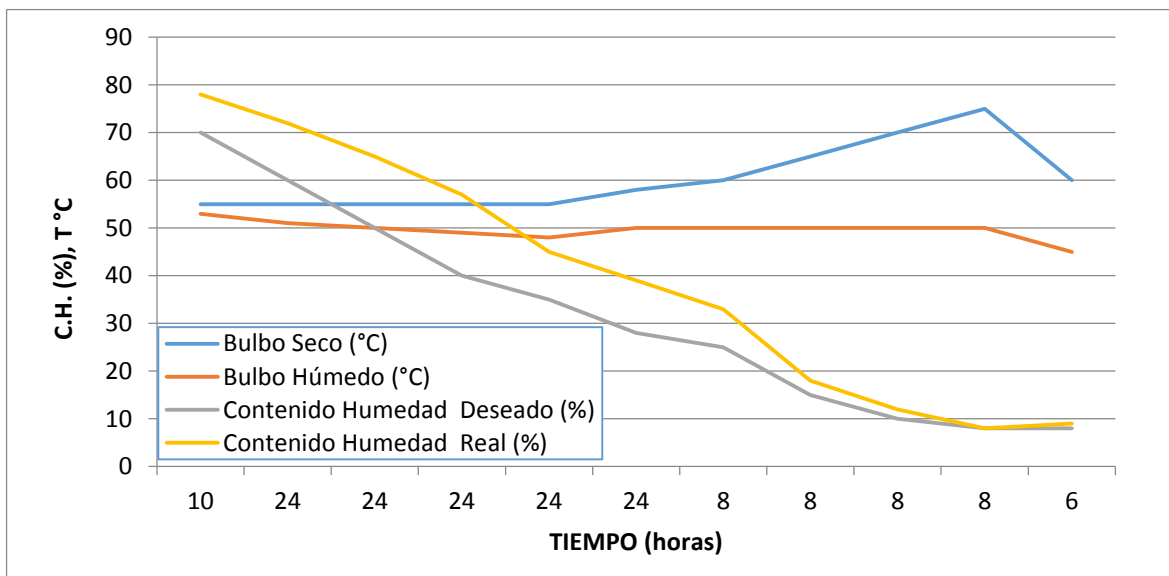


Figura 1. Control de descenso del contenido de humedad de la madera propuesto por Industria Inversiones La Oroza S.R.L

9.2. Programa de secado propuesto por el estudio

En el cuadro 5, se puede apreciar el contenido de humedad para todas las etapas del proceso de secado, donde empezamos con un Contenido de humedad de inicial del 74%, con una etapa de calentamiento de 10 horas.

De la segunda etapa hasta la sexta quinta etapa cuando estamos en una temperatura de bulbo seco de 55°C la humedad real de madera desciende de 64% hasta 38%, con una duración constante de la segunda y tercera etapa de 24 horas y de la cuarta, quinta y sexta etapa de 20 horas, con 118 horas de secado.

En la próxima etapa (7) hasta la etapa 10 la temperatura aumenta progresivamente en 5°C, hasta llegar a los 75°C en la etapa 10, con un contenido del 8%, en la última etapa 11, que es la etapa de enfriamiento, la temperatura de bulbo seco desciende a 60°C, con un contenido de humedad final del 8% en un tiempo de 156 horas, que es el tiempo programado y requerido por la empresa.

Es necesario mencionar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 156 horas (6 días y medio). Apreciándose de mejor manera en la figura 2, donde están registradas las temperaturas del bulbo seco y bulbo húmedo y la comparación de los contenidos de humedades deseadas por el programa establecido y las humedades reales de las piezas de madera.

Cuadro 5. Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado propuesto por el estudio

Número de Etapas	Descripción de Etapas	Tiempo (Hrs)		Temperatura (°C)		Contenido de Humedad (%)	
		Etapa	Acumulado	Bulbo Seco	Bulbo Húmedo	Deseado	Real
1	CALENT.	10	10	55	53	70	74
2	SECADO	24	34	55	51	60	64
3	SECADO	24	58	55	50	50	53
4	SECADO	20	78	55	49	40	45
5	SECADO	20	98	55	48	35	38
6	SECADO	20	118	58	50	28	32
7	SECADO	8	126	60	50	25	28
8	SECADO	8	134	65	50	15	17
9	SECADO	8	142	70	50	10	10
10	SECADO	8	150	75	50	8	8
11	ENFRIAM.	6	156	60	45	8	8
TOTAL		156					

Fuente: Programa propuesto

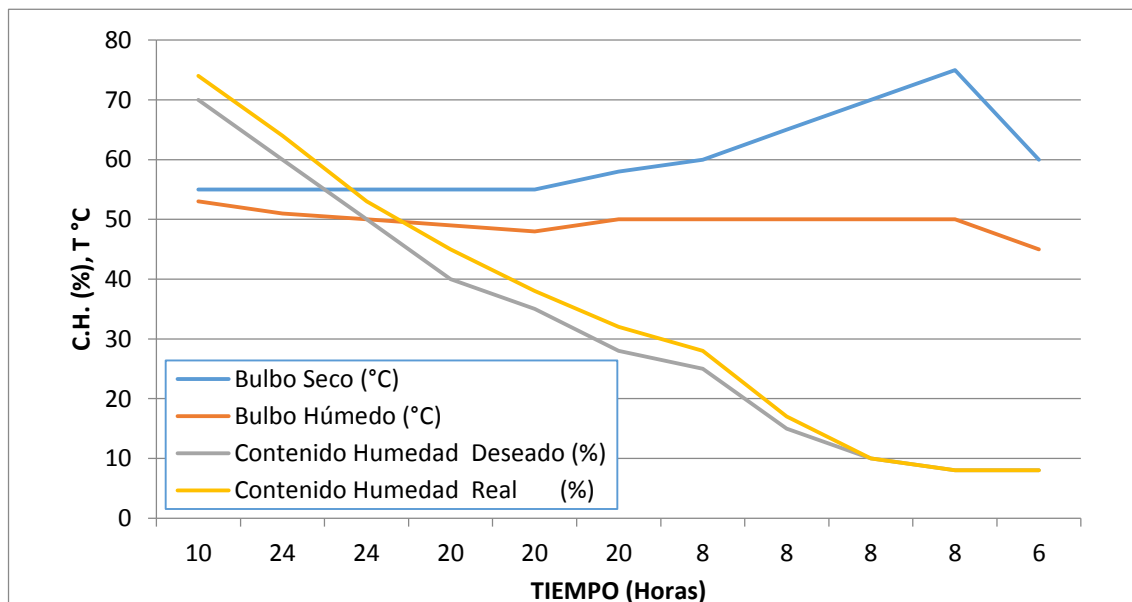


Figura 2. Control de descenso del contenido de humedad de la madera propuesto por el estudio.

9.3. Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto por la empresa

El rendimiento de secado artificial se muestra en el cuadro 6, figura 3, obteniéndose un 96,03% de madera de primera, 2,22% de recuperación, 0,96% de rechazo y 0,79% como desperdicio.

En la figura 4, se puede observar en forma resumida es decir agrupada, en el 98,25% de madera de primera y recuperación, el 1,75% como rechazo y desperdicio.

Cuadro 6. Rendimiento de madera con el programa de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

Repetición	Volumen Inicial		Rendimiento							
			Primera		Recuperación		Rechazo		Desperdicio	
	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%
R-1	18 250	100	17 511,3	95,95	400,8	2,20	187,9	1,03	150	0,82
R-2	18 320	100	17 571,6	95,91	406,4	2,22	197	1,08	145	0,79
R-3	18 013	100	17 334,2	96,23	403,2	2,24	138,6	0,77	137	0,76
Promedio	18 194,3	100	17 472,3	96,03	403,4	2,22	174,5	0,96	144	0,79
Resumen Primera y Rechazo			17 875,83		98,25		318,50		1,75	

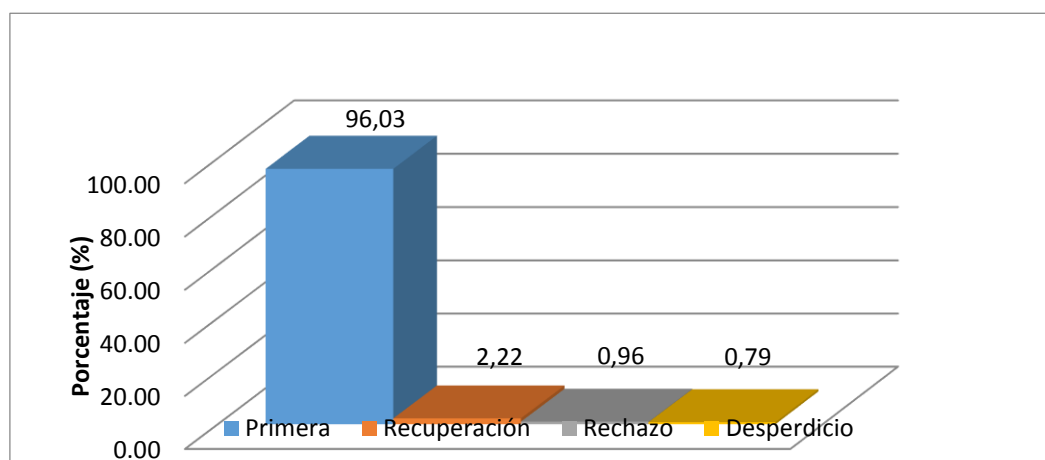


Figura 3. Rendimiento de madera corta después del proceso de secado de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L.

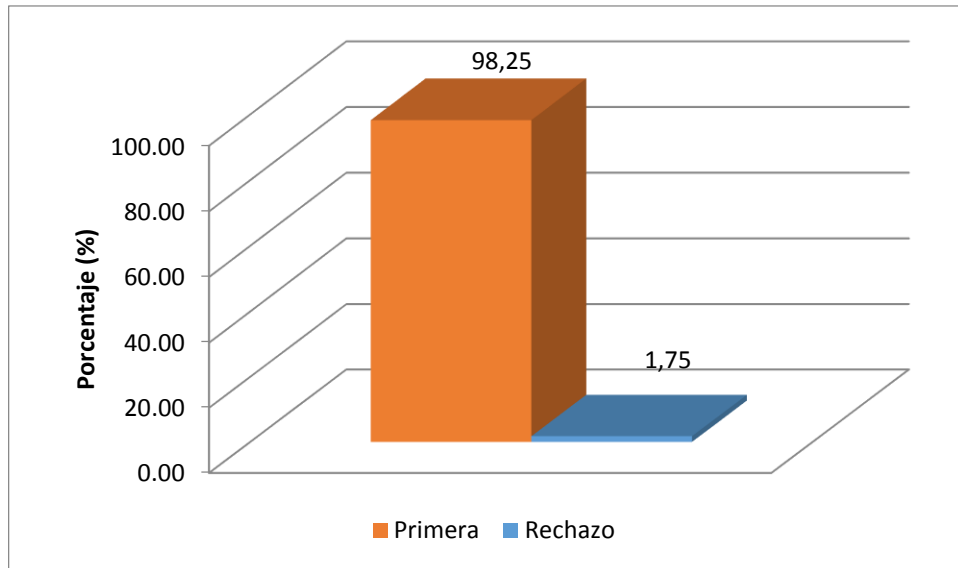


Figura 4. Resumen de rendimiento de madera corta de la Industria Inversiones La Oroza S.R.L

9.4. Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto en el estudio

El rendimiento de secado artificial del programa propuesto, se muestra en el cuadro 7, figura 5, obteniéndose un 96,12% de madera de primera, 2,11% de recuperación, 0,93% de rechazo y 0,84% como desperdicio.

En la figura 06, se puede observar en forma resumida es decir agrupada, en el 98,24% de madera de primera y recuperación, el 1,26% como rechazo y desperdicio.

Cuadro 7. Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto por el estudio

Repetición	Volumen Inicial		Rendimiento							
			Primera		Recuperación		Rechazo		Desperdicio	
	P.T	%	P.T	%	P.T	%	P.T	%	P.T	%
R-1	18 756	100	18 030,5	96,13	378,3	2,02	180,2	0,96	167	0,89
R-2	18 243	100	17 513,1	96,00	389,6	2,14	185,3	1,02	155	0,85
R-3	18 278	100	17 590,9	96,24	399,1	2,18	146	0,80	142	0,78
Promedio	18 425,6	100	17 711,5	96,12	389,0	2,11	170,5	0,93	154,6	0,84
Resumen Primera y Rechazo			18 100,50		98,24		325,17		1,76	

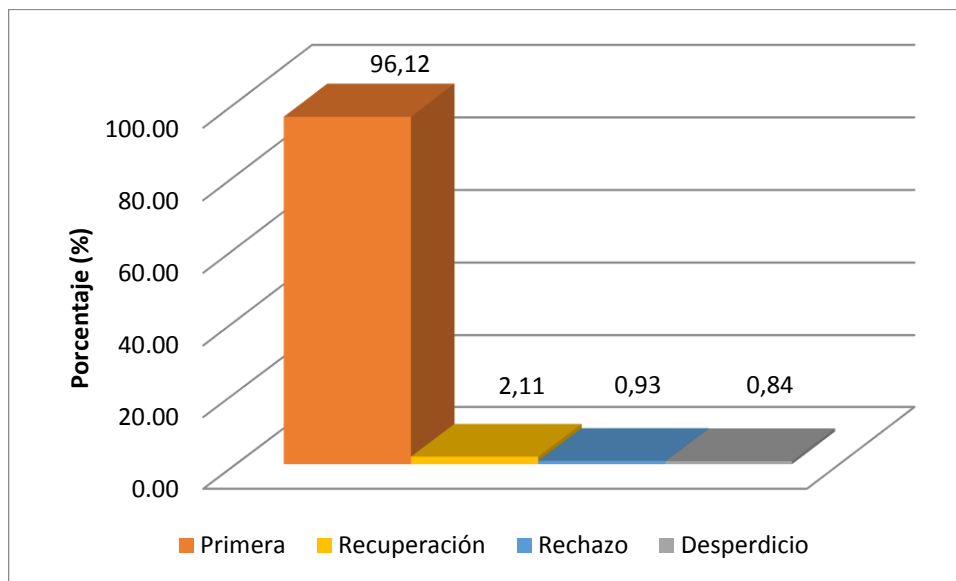


Figura 5. Rendimiento de madera corta después del proceso de secado por el programa de secado propuesto

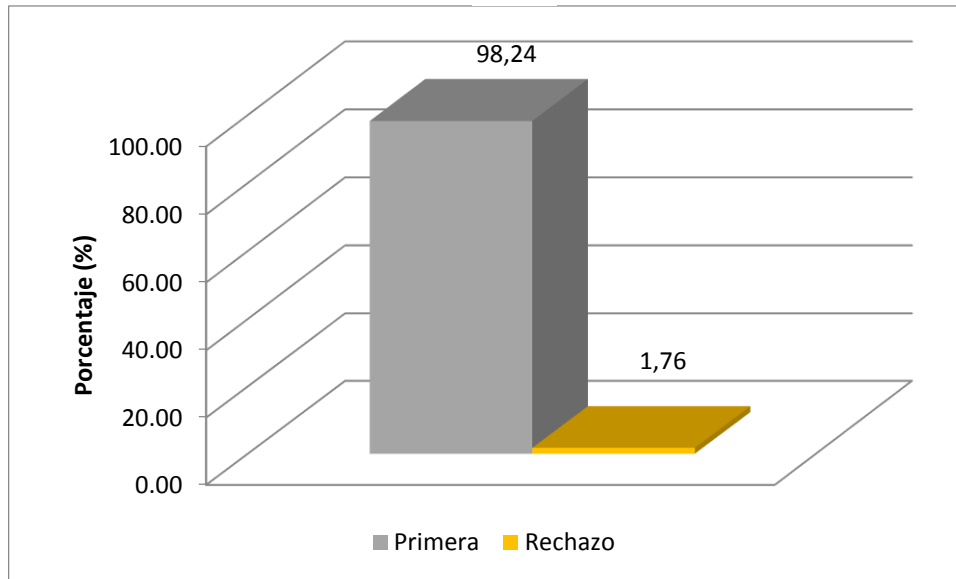


Figura 6. Resumen de rendimiento de madera corta por el porgrama propuesto.

En el cuadro 8, se aprecia la clasificación de los dos programas evaluados, en la que se observa que teniendo en cuenta los resultados obtenidos en lo referente a contenido de humedad final obtenido, volumen de madera y tiempo en horas podemos clasificar al programa de secado por la empresa clasificación de secado **BUENO** y el programa de secado propuesto por el estudio tiene una clasificación de secado **MUY BUENO**. Esta clasificación final se le está otorgando un mayor peso relativo al tiempo de secado, toda vez que el industrial requiere en el menor tiempo la mayor producción de madera seca para poder ofertar al mercado de exportación y podemos resumir que para secar un volumen de 18 000 pt en el programa de la empresa se requiere de 7 días, mientras que en el programa propuesto en el estudio se requiere de 6 días y medio.

Cuadro 8. Clasificación de secado de los 02 programas evaluados

Programa de secado	Contenido de humedad final	Volumen de madera de primera	Tiempo horas	Clasificación de secado
A	MUY BUENO	MUY BUENO	REGULAR	BUENO
B	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

X. DISCUSION

10.1. Programa de secado propuesto por la empresa

En el cuadro 4, se observa que a partir de la etapa (7) y antes de entrar al punto crítico de todo proceso de secado (punto de saturación de las fibras) la temperatura se encuentra en 60°C, temperaturas relativamente bajas por considerar la eliminación del agua libre y además para evitar gradientes de secado altos entre la superficie y el interior de la madera, de esta manera impedir posibles alabeos o colapsos de las piezas que se encuentran en proceso de secado.

Claramente se puede apreciar el contenido de humedad real, concluida la quinta etapa de 106 horas, la humedad se encuentra con un porcentaje de contenido de humedad de 45%, a partir de la siguiente etapa (6) se nota ya el descenso paulatino de humedad hasta obtener el contenido de humedad real final del 9%, no obteniendo lo deseado que sería del 8%.

10.2. Programa de secado propuesto por el estudio

En el cuadro 5, se presenta al igual que en el programa de secado propuesto por la empresa, en el propuesto por el estudio, también se tiene en cuenta que en la etapa (7) y antes de entrar al punto crítico de todo proceso de secado (punto de saturación de las fibras) la temperatura se encuentra en 60°C, temperaturas relativamente bajas por considerar las mismas razones líneas arriba señaladas.

Asimismo, se puede apreciar el contenido de humedad real, concluida la quinta etapa de 98 horas la humedad se encuentra con un porcentaje de contenido de humedad de 38%, a partir de la siguiente etapa (6) se nota ya el descenso

paulatino de humedad hasta obtener el contenido de humedad real final del 8%, que es el programado y deseado por la empresa.

En términos generales, se puede señalar que los tiempos de secado programados para los dos programas de secado (propuesto por la empresa y propuesto por el estudio) no sufrieron incremento alguno, es decir se cumplieron satisfactoriamente sin incrementar o disminuir sus tiempos programados. Sin embargo es necesario recalcar que con el programa de secado propuesto en el estudio, se logró una disminución de 12 horas en comparación con el programa propuesto por la empresa, trayendo consigo disminución en los costos de producción de secado.

10.3. Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto por la empresa

En el cuadro 6, figura 4, se observa que el rendimiento obtenido de madera de primera es de 96,03%, es decir madera que pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 2,22% es madera de recuperación lo cual tuvo defectos leves de secado pero sin ninguna incidencia para pasar a un posible proceso de recuperación de las piezas; mientras que el 0,96% son piezas de madera que tienen exceso de defectos de secado y que no pueden ser recuperadas y son rechazadas y el 0,79% que resultan como desperdicios.

En el cuadro 6, figura 5, se presenta que el 98,25% resulta de primera y el 1,75% como desperdicios; resultados que consideramos como ACEPTABLE, dado que **SALAZAR** (2004), en práctica pre profesional, manifiesta que la cumala de una pulgada de espesor en comportamiento de secado en hornos marca Benecke en Forestal Industrial Yavari S.A. tuvo un tiempo de secado de 7 días y 12 horas, con un 78,99% de madera de primera para exportación, para un contenido de

humedad final del 8%; de igual manera **VELA** (2008), en estudio de tesis en secado artificial de la madera aserrada de cumala (*Virola* sp) de una pulgada de espesor en cámara con ventilación frontal alcanzo una humedad final de 6% en 261 horas (10 días 19 horas); con un rendimiento de primera calidad de un promedio de 94,46% y el 5,54% de desperdicio y **PANDURO** (2006), en estudio de tesis de adaptar un modelo constructivo de un secador artificial con sistema de aire caliente, y poder evaluar su comportamiento al secado artificial de la cumala (*Virola* sp) de una pulgada de espesor, señala que el tiempo empleado en el proceso de secado es de 171 horas, con un contenido de humedad final promedio del 9,33%.

10.4. Rendimiento de madera con el programa de secado propuesto en el estudio

En el cuadro 7, figura 6, se presenta el rendimiento de madera para el programa propuesto, en la que se nota que primera es del orden del 96,12%, es decir madera que pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 2,11% es madera de recuperación lo cual tuvo defectos leves de secado pero sin ninguna incidencia para pasar a un posible proceso de recuperación de las piezas; el 0,93% son piezas de madera rechazadas que por efectos del proceso de secado tuvieron defectos de alabeos, grietas o rajaduras y el 0,84% figuran como desperdicios.

En el cuadro 7, figura 7, se presenta que el 98,24% resulta de primera y el 1,76% como desperdicios; resultados que consideramos como ACEPTABLE, por los antecedentes que se señala líneas arriba.

En términos generales, se puede acotar que el rendimiento de madera de primera calidad con el primer programa de secado establecido por la empresa fue de 98,25% en comparación con el programa de secado establecido por el estudio fue de 98,24%, es decir son rendimientos muy similares. De igual manera el porcentaje de desperdicio presentan resultados similares para ambos programas; en el programa propuesto por la empresa (1,75%), en comparación con el programa propuesto por el estudio (1,76%).

A pesar de que se disminuyó el tiempo de secado en 12 horas con el programa propuesto en el estudio, no se incrementó los defectos de secado, al contrario se disminuyó el mismo a porcentajes menores.

10.5. Clasificación por secado

En el cuadro 8, se puede apreciar que en ambos programas de secado el contenido de humedad final y volumen de madera para exportación resultaron estar dentro del rango de 08% - 10% de contenido de humedad y 95% - 100% de madera para exportación al término del secado correspondiente, considerándoles entonces como un secado **MUY BUENO**; lo que no sucede con el tiempo de secado establecido de 147 horas para ambos programas para ser considerados como tal; puesto que, en el Programa de secado de la empresa se obtuvo 168 horas clasificándose como **REGULAR** y el Programa propuesto por el estudio en el orden de 156 horas, clasificándose como **BUENO**; teniendo finalmente una clasificación de secado **BUENO** para el programa propuesto por la empresa y **MUY BUENO** para el programa propuesto por el estudio.

Esta clasificación final se le está otorgando un mayor peso relativo al tiempo de secado, toda vez que el industrial requiere en el menor tiempo la mayor

producción de madera seca para poder ofertar al mercado de exportación y podemos resumir que para secar un volumen de 18 000 pt en el programa de la empresa se requiere de 7 días, mientras que en el programa propuesto por el estudio se requiere de 6 días y medio.

XI. CONCLUSIONES

1. El programa de secado para 1" de espesor de madera corta propuesto por la empresa alcanzo una humedad final de 9% en 168 horas (7 días).
2. El programa de secado para 1" de espesor de madera corta propuesto por el estudio alcanzo una humedad final de 8% en 156 horas (6 días y medio).
3. El rendimiento de secado artificial de la empresa es 98,25% de madera de primera y recuperación, el 1,75% como rechazo y desperdicio.
4. El rendimiento de secado artificial propuesto por el estudio es 98,24% de madera de primera y recuperación, el 1,76% como rechazo y desperdicio.
5. La clasificación por secado de la empresa es **BUENO** y para el estudio es **MUY BUENO**.

XII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el programa propuesto en el estudio por el menor tiempo que requiere para obtener el 8% de humedad final en la madera corta y por encontrarse el porcentaje permisible para madera de primera.
2. Trabajar con humedades relativas alta en las etapas iniciales a fin de controlar las grietas y rajaduras que se generan cuando las tensiones capilares en la madera son mayores.
3. Capacitar a los operadores en el manejo de las máquinas dentro de la empresa para el mejor aprovechamiento de la producción.
4. Que el personal en el área de secado, sean profesionales calificados, en lo posible egresados de las aulas universitarias.
5. Determinar el comportamiento al secado de madera corta de cumala en otro tipo de secadores, con diferentes especies y espesores.

XIII. BLIOGRAFÍA

ALVAREZ, H. y FERNÁNDEZ, J. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. 193 p.

ATENCIA, M. 2006. "Secado de la madera". 9 p.

CONFEDERACIÓN PERUANA DE LA MADERA 2008. Compendio de Información Técnica de 32 especies forestales. Tomo II. 2da edición. Lima. 74 p.

DIRECCIÓN FORESTAL Y DE FAUNA 2013. Perú Forestal en Números 2013. La Unidad Técnica de Generación de la Información. Lima, 223p.

FERNÁNDEZ, J. 1998. "Manual de Secado de Maderas". Centro de investigación Forestal (CIFOR- INIA). Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM).Madrid, España. 170 p.

FLORES, A. 1995. "Secado artificial para Cumala (*Virola* sp) y Catahua (*Hura crepitans*. L) en un mismo compartimiento en IMPULSA Iquitos – Perú". Trabajo Profesional Ing. Forestal. Iquitos – Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/Universidad Nacional de la Amazonía. Peruana. 43 p.

FUENTES, T, y SILVA, G. 1992. Comportamiento de la madera en el proceso de secado técnico convencional. Influencia de los factores independientes de la madera In Tiempos de Ciencia. Morelia, Michoacán. p. 62-68.

FUENTES, T; SILVA, G. y MONTES, R. 1996. Manual del secado técnico convencional de la madera. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 122 p.

INSTITUTO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA. 1988. “Secado y Preservado de la madera”. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 105 p.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1989. “Manual del Grupo Andino para el Secado de maderas”. Proyecto Sub regional de la promoción industrial de la madera para la construcción. Colombia.

KLITZKE, R. 2005 Curso de secagem da madeira, Universidade Federal Do Paraná. 45 p.

MENDEZ, 1996. “A Secagem da Madeira”. Instituto Nacional de Pesquisas Amazónicas (INPA). Brasil. 38 p.

MORI, W. 2000. “Comportamiento al secado en hornos de compartimiento de la especie cumala (*Virola* sp). de una pulgada y media de espesor”. Islandia – Perú. Práctica pre- profesional. Bach. Ingeniería Forestal. Iquitos – Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/ Universidad Nacional de la Amazonia Peruana 18 p.

PANDURO, M. 2006. Construcción de un Secador Convencional y Evaluación del Comportamiento al Secado con Aire Caliente de la *Virola* sp. (cumala) de una Pulgada de Espesor, Iquitos – Perú”. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/ Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 87 p.

RAMIREZ, C. 2004. “Comportamiento al secado automatizado en hornos de comportamientos de la especie cumala (*Virola* sp) y cedro (*Cedrela odorata*) en la empresa industrias reunidas E.I.R.L. “Practica pre profesional-. Bach. Ingeniería Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de

Ingeniería Forestal / Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 28 p.

RAMIRO, F. 2011. “Rendimiento y costo de secado artificial de la madera aserrada de *calicophyllum spruceanun* (capirona) de 3/4 pulgada de espesor, Iquitos – Perú. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/ Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 60 p.

SALAZAR, C. 2004. “Comportamiento de secado artificial en hornos de comportamientos Benecke de la especie cumala (*Virola* sp) de una pulgada de espesor en Forestal Industria Yavari – FIYSA”. Practica pre profesional-. Bach. Ingeniería Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de Ingeniería Forestal / Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 30 p.

SOLIGNAC, J. 2006. “Determinación de costos operativos del secado artificial de la *Virola* sp de una pulgada de espesor” Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/ Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 70 p.

SCHREWE. 1984. “Manual de secado de la Madera”. Proyecto PNUD/FAO/PER. Lima, Perú. 78 p.

VELA, I 2008. “Comportamiento al secado artificial de la madera aserrada de cumala (*Virola* sp) de diferentes espesores en cámara con ventilación frontal. Iquitos-Perú. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Facultad de Ingeniería Forestal/ Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 80 p.

ZAVALA, Z, 1991. Determinación de la capacidad de secado de estufas en función de la producción de madera aserrada en la madera, revista de tecnología de la madera.

ANEXOS



Figura 7. Llenado de la cámara de secado.

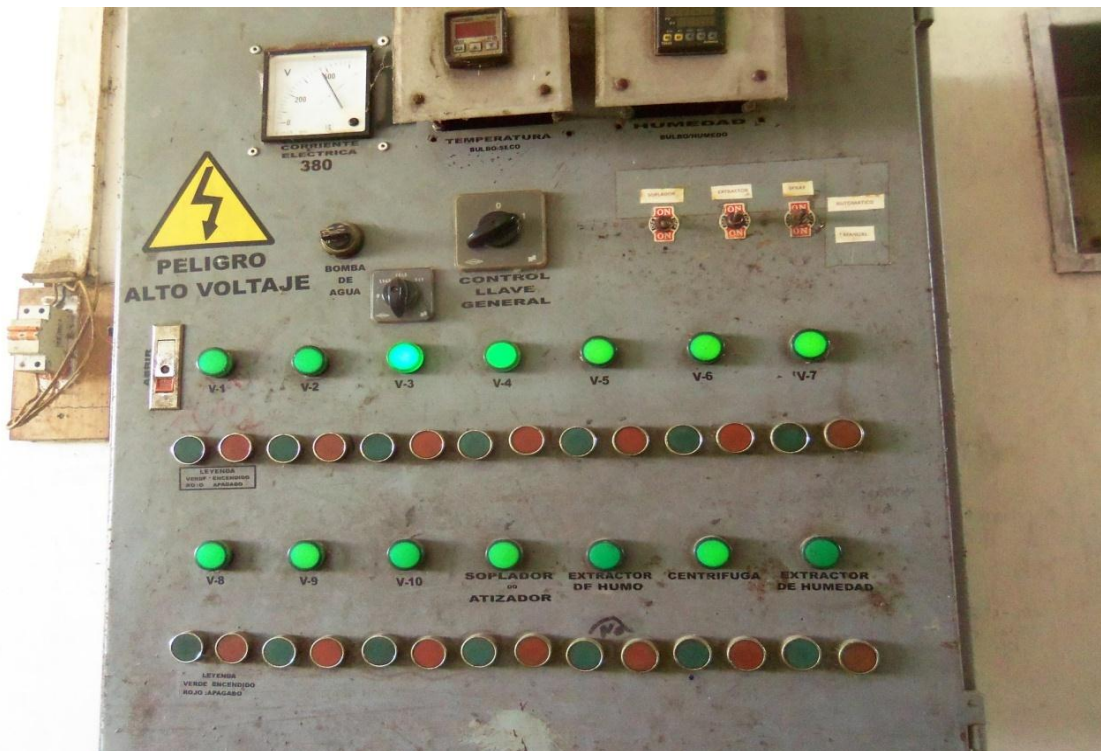


Figura 8. Control automático de secado.



Figura 9. Cubicación de la madera corta antes del secado



Figura 10. Caldero del secador



Figura 11. Inspección del llenado de la cámara



Figura 12. Clasificación de la madera