



Facultad de
Ciencias Forestales

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

TESIS

“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 para optar el título de INGENIERO FORESTAL

Autor

Evelyn Mishell Núñez García

2016



UNAP

Facultad de
Ciencias Forestales

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 743

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentado por la Bachiller **EVELYN MISHELL NUÑEZ GARCIA**, titulada: "COMPORTAMIENTO AL SECADO ARTIFICIAL DE LA CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* Benth) DE 4/4 PULGADA AL ESPESOR, EN BASE A DOS (02) PROGRAMAS DE SECADO EN EL CIEFOR PUERTO ALMENDRAS. IQUITOS. PERU"; 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.

Aprubado
Buena
Apta

Iquitos, 03 de setiembre 2016


Ing. JOSE ANTONIO ESCOBAR DIAZ, Mgr.
Presidente


Ing. OLGUITA GRONERTH ESCUDERO, Mgr.
Miembro


Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA
Miembro


Ing. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Asesor

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORSTAL

TESIS

"COMPORTAMIENTO AL SECADO ARTIFICIAL DE LA CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* Benth) DE 4/4 PULGADA AL ESPESOR, EN BASE A DOS (02) PROGRAMAS DE SECADO EN EL CIEFOR PUERTO ALMENDRAS LORETO-PERÚ,"


(Aprobada el 3 de setiembre del 2016según Acta de Sustentación n° 743)



ING. JOSE ANTONIO ESCOBAR DIAZ, M.Gr.
Reg. CIP N° 18610
Presidente



ING. OLGUITA GRONERTH ESCUDERO, M.Gr.
Reg.CIP N° Miembro 45894



ING. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA
Reg. CIP N° 65945
Miembro



ING. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Reg. CIP N° 35493
Asesor

DEDICATORIA

ADIOS por darme la vida,
fortaleza y haber permitido
lograr mis metas.

A mis abuelitos OSWALDO Y LILIA
por su desprendimiento e
incondicional apoyo económico,
moral y de valores durante mi
formación profesional ya que sin sus
esfuerzos y sacrificio no hubiera
sido posible culminar mis estudios

A mis queridos hermanos ABRAHAN e
ALEXANDER, por ser motor que me
impulso a lograr esta aspiración.

A mí Adorada madre ROSILU y a mí
querido padre MARCO, por ser las
personas más importantes y
especiales en mi vida, por haber
apoyado en todo momento, de manera
incondicional, en la ejecución de este
trabajo

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento:

- ❖ A la Facultad de Ciencias Forestales, que me permitieron el ingreso a su horno industrial de secado, para desarrollar la ejecución del presente trabajo.
- ❖ A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la ejecución del presente trabajo.
- ❖ A la Facultad de Ciencias Forestales y su plana docente por el apoyo y asesoramiento brindado en mi formación profesional y culminación de mi carrera.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Lista de cuadros	v
Lista de figuras	vi
Resumen	vii
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
3.2. 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

	Pág.
VII Marco conceptual.	17
VIII Materiales y Métodos	18
8.1. Lugar de ejecución	18
8.2. Materiales y método	18
8.3. Método	19
8.3.1. Tipo y nivel de investigación	19
8.3.2. Procedimiento	19
8.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
8.3.4. Técnicas de presentación de resultados	24
IX Resultados	25
X Discusión	34
XI Conclusiones	39
XII Recomendaciones	40
Bibliografía	41
Anexo	45

LISTA DE CUADROS

Nº	TITULO	Pág.
01	Programa de secado 1 (Sr Maderas y afines EIRL)	21
02	Programa de secado 2 propuesto por el estudio.	22
03	Clasificación de secado al horno de vapor de agua.	23
04	Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL).	26
05	Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado del programa 2 (propuesto por el estudio).	28
06	Rendimiento de madera con el programa de secado 1 (Sr Maderas y afines EIRL).	29
07	Rendimiento de madera con el programa 2 (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 el programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL).	26
02	Control de descenso del contenido de humedad de la madera propuesto por programa 2 (Propuesto por el estudio).	28
03	Rendimiento de madera de la capirona después del proceso del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL).	30
04	Resumen de rendimiento de madera de la capirona del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)	30
05	Rendimiento de madera de capirona del programa 2 (Propuesto por el estudio).	31
06	Resumen de rendimiento de madera de capirona del programa 2 (Propuesto por el estudio).	32
07	Tablas de 1" de espesor de la especie "Capirona" antes del llenado de cámara. Cámara de secado listo para ser llenado	46
08	Colocación de sensores de control de contenido de humedad	46
09	Posicionamiento adecuado de las ripas separadores	47
10	Armado completo de la cámara	47
11	Encendido del caldero de agua caliente	48
12	Vista panorámica de la cámara de secado, caldero de agua caliente y dosificador de biomasa	48
13		49

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cámara de secado artificial del Ciefor Pto. Almendras, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado 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 en base a la dos programas de secado para la especie de la especie capirona en cámaras con agua caliente.

Los resultados muestran que el programa de secado para 1" de pulgada de espesor de madera de la especie capirona del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL) alcanzo una humedad final del 07% en 288 horas (12 días) y el propuesto por el estudio alcanzo una humedad final del 07% en 276 horas (11 días y medio).

El rendimiento de secado artificial del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL) es 98,72% de madera de primera y recuperación, el 1,28% como rechazo y desperdicio y el rendimiento de secado artificial propuesto por el estudio es 98,24% de madera de primera y recuperación, el 1,27% como rechazo y desperdicio.

La clasificación por comportamiento del secado del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL) es **BUENO** y para el propuesto por el estudio es **MUY BUENO**

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

I. INTRODUCCION.

Nuestra región, se encuentra inmerso en un contexto de globalización económica que obliga a nuestras industrias madereras a adaptarse a las exigencias de la actualidad para poder competir con la industria extranjera tanto en el mercado local como en el mercado internacional, es decir que la madera sea de bajo contenido de humedad (8% – 12%). Ante esta situación, se hace necesario secar la madera de modo artificial, que permita que nuestro producto final tenga estabilidad dimensional evitando la presencia de rajaduras y otro tipo de deformación es decir madera de calidad y con bajos contenidos de humedad.

De otro lado en nuestra región, existe una especie arbórea denominada *Calycophyllum spruceanum*. Benth), cuya madera aserrada es exportada, principalmente a sus propiedades tecnológicas apropiadas para diversos usos, comportándose en forma regular al secado artificial por presentar diversos defectos que se presentan después del proceso de secado.

Los comportamientos de secado necesitan ser permanentemente evaluados a fin de plantear propuestas de mejoramiento de la calidad del secado en las empresas. Esta evaluación se lleva a cabo mediante programas de secado de acuerdo a las especies y espesores de la madera, con el que se puede identificar las diferentes etapas del proceso de secado y poder determinar los tiempos adecuados para cada etapa, teniendo en cuenta la calidad del producto final que deseamos obtener, para una mejor rentabilidad de la empresa y una mayor satisfacción del cliente.

En este contexto, se considera necesario evaluar comportamientos de secado a fin de plantear propuestas de mejoramiento de la calidad del secado en las

empresas de la especie ***Calycophyllum spruceanum*** Benth. (capirona) de 4/4 pulgada de espesor, con el que se pueda identificar las diferentes etapas del proceso de secado y poder determinar los tiempos adecuados para cada etapa que influyen de forma directa en los costos de secado, teniendo en cuenta la calidad del producto final que deseamos obtener, para una mayor rentabilidad de la empresa y una mejor satisfacción del cliente.

En tal sentido, este proyecto se considera conveniente mejorar el comportamiento del secado de la madera en base a la dos programas de secado para la especie de capirona (***Calycophyllum spruceanum*** Benth), de 4/4 de espesor en la cámara de secado en las instalaciones del Ciefor Puerto Almendras y luego proponer un programa de secado que permita el mejoramiento de la calidad del secado en la especie capirona, garantizando la inversión en la producción de madera seca de esta especie en la industria dedicadas a esta actividad económica

II. EL PROBLEMA.

Con formato: Alto: 29.7 cm, Distancia del pie de página desde el borde: 1.25 cm

2.1. Descripción del problema.

La industria de la madera por lo general, se abastecen de madera en estado húmedo en especies con densidades altas, por no contar con las técnicas de secado adecuadas para eliminar el exceso de humedad, bien sea por medio del secado al aire libre o secado artificial, lo que conlleva como consecuencia del mismo que, al pasar al proceso productivo se presenten problemas durante su manufactura, acabado y servicio final al consumidor.

El comportamiento de la madera en servicio está casi enteramente determinado por las relaciones de humedad de acuerdo al uso que se le va a proporcionar, por lo que se considera necesario y de vital importancia reducir su contenido de humedad antes de su transformación en productos, a un contenido de humedad apropiado, a fin de obtener un producto estable que se desempeñe satisfactoriamente en servicio.

Hoy en día, en la región Loreto, un número muy limitado de empresas aplica con cierto éxito las técnicas de secado para la especie con densidades altas, llevando un control estricto del contenido de humedad final y de las tensiones internas generadas durante el secado. En el caso del *Calicophyllum spruceanun* (capirona) la situación es poco conocida pero existe evidencia de que se desconoce la tecnología apropiada para esta especie, es decir el tipo de programa y criterios a aplicar, y la respuesta de la madera (pérdidas, desclasificación) frente a las exigencias.

En este sentido, se pretende disminuir los problemas de defectos de secado y mejorar la calidad del producto final aplicando un correcto procedimiento de

secado en hornos de compartimento, incrementando por lo tanto el rendimiento de la madera aserrada de buena calidad.

Por todo lo manifestado se propone realizar estudios de comportamiento al secado de madera aserrada de secado artificial que incide sobre la especie *Calycophyllum spruceanum* (capirona) de 4/4 pulgada de espesor, para cuantificar el porcentaje de rendimiento de madera aserrada que fuera sometido a un determinado programa de secado.

Teniendo en consideración lo arriba mencionado el problema de estudio queda definido mediante la siguiente interrogante: ¿En que medida la evaluación del secado artificial de la madera aserrada de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de 4/4 pulgada de espesor nos permitirá determinar su comportamiento adecuado en el secador artificial del Ciefor Puerto Almendras en base a dos (02) programas de secado y poder formular una propuesta de programa que permita el mejoramiento de la calidad del secado de la especie de capirona?

2.2. Definición del problema

¿Cual es el comportamiento al secado artificial de la especie 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?

III. HIPÓTESIS.

3.1. Hipótesis general

Existe, diferencia en el comportamiento al secado artificial de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de 4/4 pulgada de espesor, entre los dos (02) programas de secado en el Ciefor Puerto Almendras.

3.2. Hipótesis alterna(s).

No existe, diferencia en el comportamiento al secado artificial de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de 4/4 pulgada de espesor, entre los dos (02) programas de secado en el Ciefor Puerto Almendras

3.3. Hipótesis nula.

No, Existe, influencia del agua caliente en el comportamiento al secado artificial de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de 4/4 pulgada de espesor, en los dos (02) programas de secado en el Ciefor Puerto Almendras

IV. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento al secado artificial de 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

4.2. Objetivos específicos

Determinar el contenido de humedad final al secado artificial de 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

Determinar el tiempo obtenido al secado artificial de 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

Evaluar el porcentaje de defectos al secado artificial de 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

Establecer propuesta adecuada de programa de secado en el proceso de mejoramiento del comportamiento de secado artificial de la madera aserrada de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de 4/4 pulgada de espesor en el Ciefor Puerto Almendras. Iquitos. Perú.

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 “1” y “2” y la dependiente es el comportamiento al secado de madera de la especie capirona; 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
Independiente:		
Programa de Secado 1:	✓ Contenido de Humedad	❖ Porcentaje
	✓ Defectos	❖ Porcentaje
Programa de Secado 2 (Propuesto por el estudio):	✓ Contenido de Humedad	❖ Porcentaje
	✓ Defectos	❖ Porcentaje
Dependiente:		
Comportamiento al secado de madera de la especie capirona	✓ Clasificación por secado	❖ Contenido de humedad final ❖ Tiempo de secado ❖ Grados de calidad

VI. REVISION DE LITERATURA

6.1. Antecedentes

En la comparación de dos programas de secado para cumala Piscoya (1981), menciona que el criterio seguido para adoptar la temperatura inicial de los dos programas de secado, fue establecido basándose en experiencias empíricas, teniendo presente que la madera se quema a una temperatura inicial de 160°F (71,11°C). Agregando además que todos los cambios de temperatura fueron efectuados bajo principios de intervalos relativamente cortos, donde los cambios de temperatura del bulbo seco y bulbo húmedo se realizaron teniendo en consideración, el principio que durante las etapas intermedias de secado la superficie de la madera estará en compresión y puede resistir intervalos relativamente cortos, sin peligro de reventones en la superficie.

En el secado artificial para Cumala (*Virola* sp.) y Catahua (*Hura Crepitans* L.) Flores (1995) dice, 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.

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%. .

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 08% 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 06% 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 EIRL, 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

El Secado de madera es el proceso más importante para que la madera sea de calidad y esté en buen estado aunque si fallan los anteriores también fallara este.

(<http://es.wikipedia.org/wiki/Madera>)

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.

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, dentro de este hay varios métodos distintos:

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), manifiestan que se entiende por “secado” a la eliminación del exceso de agua de la madera en condiciones rápidas y económicas, reduciendo los defectos de secado a un mínimo, siendo el contenido óptimo de humedad de una madera depende del uso.

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 aspersión, 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.

Mendes, (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)

Mendes, (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).

Mendes, (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.

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.

Alvares y Fernández (1992), manifiestan que los defectos 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).

Según <http://hammer.prohosting.com/~tungying/spcapi.htm>, mencionan que la especie capirona se encuentra distribuida en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco, Madre de Dios, Loreto y Ucayali, entre 0 y 1000 msnm. La especie crece en comunidades denominados "capironales", existe en regulares cantidades en la amazonía del Perú. El árbol alcanza 35m de altura total y 0.70 a 1.80 m de diámetro a la altura del pecho. Presenta tronco de fuste recto cilíndrico. La corteza externa es de color marrón verdoso que al desprenderse en placas

coriáceas expone el tronco blanco grisáceo por ello también se le conoce como "palo mulato".

Como características tecnológicas, es una madera muy pesada con una densidad básica de 0.76 g/cm^3 , que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta.

Es una madera moderadamente fácil de aserrar y de buen comportamiento a la trabajabilidad. Al secado artificial se comporta en forma regular, requiere un programa suave para evitar los riesgos de agrietamiento. Tiene buena resistencia al ataque biológico, no requiere preservación, madera durable, especialmente en elementos fuera del contacto con el suelo.

La madera se puede utilizar para pisos, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas, vigas, carrocerías, tornería, artículos deportivos: raquetas de tenis y ping pong, mangos de herramientas.

VII. MARCO CONCEPTUAL.

El contenido de humedad se define como 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

Se entiende por **defecto de secado** cualquier característica en un producto de madera que ocurre durante el proceso de secado y reduce el valor agregado del producto. El objetivo principal es secar la madera económicamente con tan poco desarrollo de defectos como sea posible.

Un **programa u horario 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.

El **tiempo de secado** 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 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 realizará en la cámara de secado artificial del Ciefor Pto. Almendras, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado al margen derecho del río Nanay a 22 Km de distancia en dirección Sur-Oeste desde la ciudad de Iquitos; geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas 3° 49' 40" Latitud Sur y 73° 22' 30" Longitud Oeste, a una altitud aproximada de 122 msnm. En la jurisdicción del Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Región Loreto.

8.2. Materiales y equipo

- ✓ Un horno industrial con agua caliente marca "BENECKE" modelo KM 03 - A con capacidad para 1 000 pt. de 1" de espesor.
- ✓ Separadores de madera capirona de una pulgada cuadrada de sección por 3 pies de largo.
- ✓ Tablas de la especie capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) de una pulgada de espesor, de longitud y ancho variable
- ✓ 8 pares de sensores para medir el contenido de 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 en la investigación, estará circunscrito a las siguientes actividades:

8.3.2.1. Criterio de Selección de Especies

La especie seleccionada es *Calycophyllum spruceanum* (capirona) de 4/4 pulgada de espesor, de la familia RUBIACEAE, con densidad de 760 kg/m³, por ser esta una madera referida al mayor uso local y de exportación.

Fuente www.peruwoodproducts.com/capirona.(2006).

8.3.2.2. Población

La población está referida a 1000 pt. de madera aserrada, que es el volumen de la capacidad del horno del secado del Ciefor Puerto Almendras.

8.3.2.3. Muestras

La muestra está referida a 1000 pt. de madera aserrada, que es el volumen de la capacidad del horno del secado del Ciefor Puerto Almendras; para el presente trabajo de investigación, se realizó 03 repeticiones por cada programa de secado.

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 03 a 14 pies y anchos de 04 a 16

pulgadas; 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 en forma manual directamente en el patio de apilado, la misma que consistió en colocar las tablas en forma horizontal, sobre bases de madera, separándolos con ripas de una pulgada cuadrada de sección cada 40 – 50 cm. Este proceso terminó cuando la pila alcanzó un número de 31 filas.

8.3.2.6. Control del Contenido de humedad

El control del contenido de humedad durante el proceso de secado, se realizó, mediante el controlador automático MR500 el mismo que cuenta con 08 sensores de control de contenido de humedad el cual marca la humedad directamente en un tablero electrónico.

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 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

El presente programa se puede observar en el **cuadro 1**, el mismo que se encuentra dividido en 14 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.

Cuadro 1. Programa de secado 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

ETAPAS (N°)	TIEMPO (Hrs)	TEMPERATURA (°C)		CH (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
		Bulbo seco	Bulbo Húmedo				
1	12	35	35	> 60	Calentamiento		
2	24	35	33	60	87	18	1,7
3	24	38	36	55	87	18	1,7
4	24	40	37	50	82	16	1,9
5	24	42	38	45	82	16	1,9
6	24	44	40	40	78	14	2,1
7	24	46	41	35	73	12,5	2,4
8	24	48	42	30	70	11,5	2,6
9	12	50	44	25	70	11,5	2,1
10	12	55	45	20	56	8,5	2,3
11	12	58	45	15	52	7,5	2
12	36	62	45	12	52	7,5	1,8
13	24	65	50	6	44	6	1
14	12	35	32	6	Enfriamiento		
Total	288						

FUENTE: Sr Maderas y afines EIRL

8.3.2.7.2. Programa de secado 2 (Propuesto por el estudio)

Al igual que en el programa 1, el programa 2, es el programa propuesto por el estudio, el que se presenta en el **cuadro 2**, dividido en este caso en 14 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.

Cuadro 2. Programa de secado 2 (Propuesto por el estudio)

ETAPAS (N°)	TIEMPO (Hrs)	TEMPERATURA (°C)		CH (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
		Bulbo seco	Bulbo Húmedo				
1	12	35	35	> 60	Calentamiento		
2	24	35	33	60	87	18	1,7
3	24	38	36	55	87	18	1,7
4	24	40	37	50	82	16	1,9
5	24	42	38	45	82	16	1,9
6	24	44	40	40	78	14	2,1
7	24	46	41	35	73	12,5	2,4
8	12	48	42	30	70	11,5	2,6
9	12	50	44	25	70	11,5	2,1
10	12	55	45	20	56	8,5	2,3
11	12	58	45	15	52	7,5	2
12	36	62	45	12	52	7,5	1,8
13	24	65	50	6	44	6	1
14	12	35	32	6	Enfriamiento		
Total	276						

FUENTE: Propuesta de Tesis

8.3.2.7.3. Evaluación de los programas

La evaluación de los programas de secado se basó en el porcentaje de madera de buena o mala calidad que resulte después del secado y de acuerdo al contenido de humedad final obtenido. 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 con fines de exportación.

Recuperación. (IB): Son tablas que durante el proceso de secado

presentan defectos como: grietas, rajaduras, colapso, abarquillado, alabeo y otros; que pasarán a ser canteados o despuntados para su recuperación hacia tablas de primera (A ó B).

Rechazo (X): Son tablas que tienen exceso de defectos de secado y que no pueden ser recuperadas y/o ser consideradas como segunda.

Desperdicio(D): son piezas de madera que resulta de las tablas recuperadas.

8.3.2.7.4. Clasificación según comportamiento al secado

Para determinar la clasificación del secado en horno se tuvo en cuenta el contenido de humedad final exigido por el programa en 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 vapor de agua.

Características del Secado	Contenido de humedad final (%)	Volumen de madera (IA;IB) (%)	Tiempo (Horas)
Secado muy bueno	6 - 8	95 – 100	Menor 264
Secado bueno	8 – 12	85 – 95	264 - 276
Secado regular	12 – 16	85 – 60	276 - 288
Secado malo	16 a más	menor de 60	Mayor a 288

Fuente : FYSA (2000)

8.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

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

8.3.2. Técnica de presentación de resultados.

De la información revisada y obtenida se procedió a procesar los resultados, los que se presentaran en Tablas y Gráficos

IX. RESULTADOS

9.1. Programa de secado 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

En el cuadro 4, se puede observar el contenido de humedad para todas las etapas del proceso de secado, donde empezamos un contenido de humedad de inicial real del 68%, con una etapa de calentamiento de 12 horas. De la segunda etapa hasta la octava etapa cuando estamos en una temperatura de bulbo seco de 35°C la humedad real de madera desciende de 65% hasta 32%, con una duración constante por etapa de 24 horas, con 180 horas de secado.

En la siguiente etapa (9) hasta la etapa 11 la temperatura aumenta progresivamente en 5°C y 3°C, hasta llegar a los 58°C en la etapa 11, con un contenido del 12%; en la etapa 12 se programó un tiempo de 36 horas con una temperatura de 62 °C descendiendo la humedad a 11% y en la etapa 13 se llegó a una temperatura final de 65 °C en un tiempo de 24 horas y con el contenido de humedad de la madera de 7%. En la última etapa (enfriamiento), la temperatura de bulbo seco desciende a 35°C, manteniéndose el contenido de humedad final en 7 %, en un tiempo de 288 horas. Es necesario mencionar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 288 horas (12 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 del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL).

ETAPAS (N°)	DESCRIPCION DE ETAPAS	TIEMPO (Hrs)		TEMPERATURA (°C)		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
		ETAPA	ACUMULADO	Bulbo seco	Bulbo Húmedo	DESEADO	REAL
1	Calentamiento	12	12	35	35	> 60	68
2	Secado	24	36	35	33	60	65
3	Secado	24	60	38	36	55	58
4	Secado	24	84	40	37	50	52
5	Secado	24	108	42	38	45	45
6	Secado	24	132	44	40	40	38
7	Secado	24	156	46	41	35	36
8	Secado	24	180	48	42	30	32
9	Secado	12	192	50	44	25	26
10	Secado	12	204	55	45	20	18
11	Secado	12	216	58	45	15	12
12	Secado	36	252	62	45	12	11
13	Secado	24	276	65	50	6	7
14	Enfriamiento	12	288	35	32	6	7
TOTAL HORAS		288					

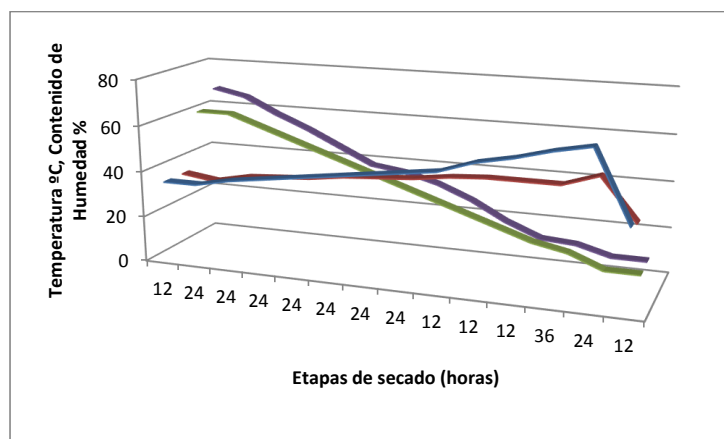


Figura 1. Control de descenso del contenido de humedad de la madera del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

9.2. Programa de secado propuesto por el estudio

En el cuadro 5, se puede observar el contenido de humedad para todas las etapas del proceso de secado, donde empezamos un contenido de humedad de inicial real del 72%, con una etapa de calentamiento de 12 horas.

De la segunda etapa hasta la séptima etapa cuando estamos en una temperatura de bulbo seco de 35°C la humedad real de madera desciende de 72% hasta 34%, con una duración constante por etapa de 24 horas, con 156 horas de secado. En la siguiente etapa (8) hasta la etapa 11 la temperatura aumenta progresivamente, hasta llegar a los 58°C en la etapa 11, con un contenido del 15%; en la etapa 12 se programó un tiempo de 36 horas con una temperatura de 62 °C descendiendo la humedad a 10% y en la etapa 13 se llegó a una temperatura final de 65 °C en un tiempo de 24 horas y con el contenido de humedad de la madera de 7%. En la última etapa (enfriamiento), la temperatura de bulbo seco desciende a 35°C, manteniéndose el contenido de humedad final en 7 %, en un tiempo de 276 horas. Es necesario mencionar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 276 horas (11.5 días). 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 del programa 2 (Propuesto por el estudio)

ETAPAS (N°)	DESCRIPCION DE ETAPAS	TIEMPO (Hrs)		TEMPERATURA (°C)		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
		ETAPA	ACUMULADO	Bulbo seco	Bulbo Húmedo	DESEADO	REAL
1	Calentamiento	12	12	35	35	> 60	72
2	Secado	24	36	35	33	60	64
3	Secado	24	60	38	36	55	54
4	Secado	24	84	40	37	50	50
5	Secado	24	108	42	38	45	46
6	Secado	24	132	44	40	40	41
7	Secado	24	156	46	41	35	34
8	Secado	12	168	48	42	30	28
9	Secado	12	180	50	44	25	25
10	Secado	12	192	55	45	20	19
11	Secado	12	204	58	45	15	15
12	Secado	36	240	62	45	12	10
13	Secado	24	264	65	50	6	7
14	Enfriamiento	12	276	35	32	6	7
TOTAL HORAS		276					

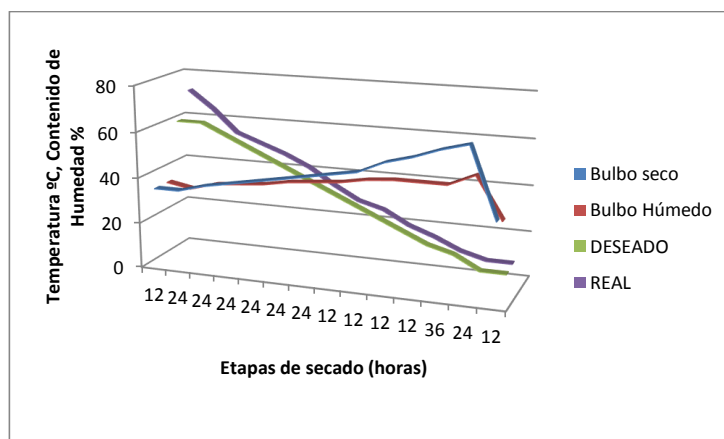


Figura 2. Control de descenso del contenido de humedad de la madera del programa 2 (Propuesto por el estudio).

9.3. Rendimiento de madera con el programa de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

El rendimiento de secado artificial se muestra en el cuadro 6, figura 3, obteniéndose un 97,63% de madera de primera, 1,09% de recuperación, 1,11% de rechazo y 0,17% como desperdicio..

En la figura 4, se puede observar en forma resumida es decir agrupada, que el 98,72% de madera de primera y recuperación, el 1,28% como rechazo y desperdicio..

Cuadro 6. Rendimiento de madera con el programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

Repetición	Volumen Inicial		Rendimiento							
			Primera		Recuperación		Rechazo		Desperdicio	
	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%
R-1	1010.00	100	987.50	97.77	10.00	0.99	11.50	1.14	1.00	0.10
R-2	995.00	100	969.00	97.39	12.00	1.21	12.00	1.21	2.00	0.20
R-3	1014.00	100	991.00	97.73	11.00	1.08	10.00	0.99	2.00	0.20
Promedio	1006.33	100	982.50	97.63	11.00	1.09	11.17	1.11	1.67	0.17
Resumen Primera y Rechazo			993.50		98.72		12.83		1.28	

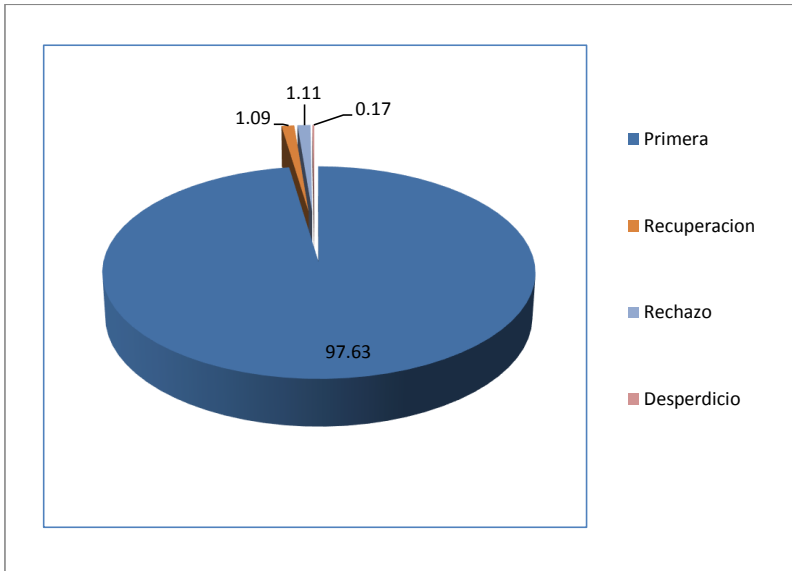


Figura 3. Rendimiento de madera de la capirona después del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

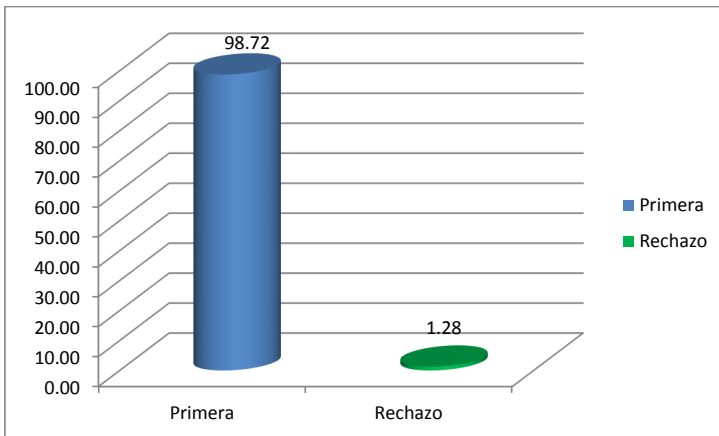


Figura 4. Resumen de rendimiento de madera de la capirona del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

9.1. Rendimiento de madera con el programa de secado 2 (propuesto en el estudio)

El rendimiento de secado artificial del programa propuesto, se muestra en el cuadro 7, figura 5, obteniéndose un 97,79% de madera de primera, 0,94% de recuperación, 1,07% de rechazo y 0,19% como desperdicio.

En la figura 06, se puede observar en forma resumida es decir agrupada, en el el 98,73% de madera de primera y recuperación, el 1,27% como rechazo y desperdicio.

9.2. Cuadro 7. Rendimiento de madera con el programa de secado 2 (propuesto en el estudio)

Repetición	Volumen Inicial		Rendimiento							
			Primera		Recuperación		Rechazo		Desperdicio	
	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%	pt	%
R-1	1022.50	100	999.00	97.70	10.00	0.98	11.50	1.12	2.00	0.20
R-2	1026.50	100	1003.00	97.71	10.00	0.97	11.50	1.12	2.00	0.19
R-3	1028.00	100	1007.00	97.96	9.00	0.88	10.00	0.97	2.00	0.19
Promedio	1025.67	100	1003.00	97.79	9.67	0.94	11.00	1.07	2.00	0.19
Resumen Primera y Rechazo			1012.67		98.73		13.00		1.27	

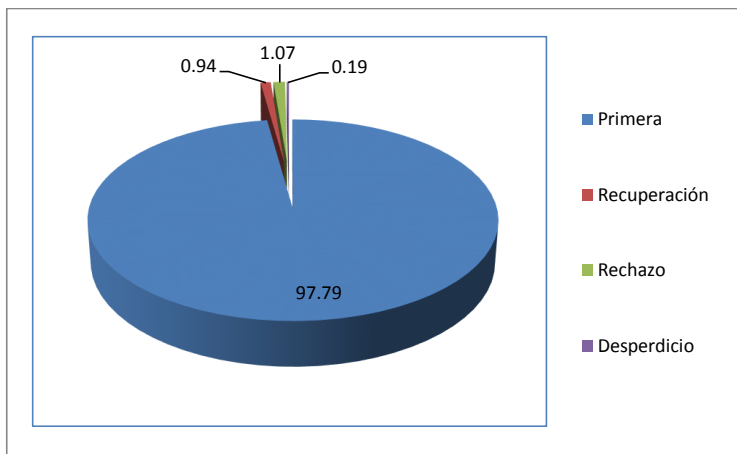


Figura 5. Rendimiento de madera capirona del programa de secado 2 (propuesto en el estudio)

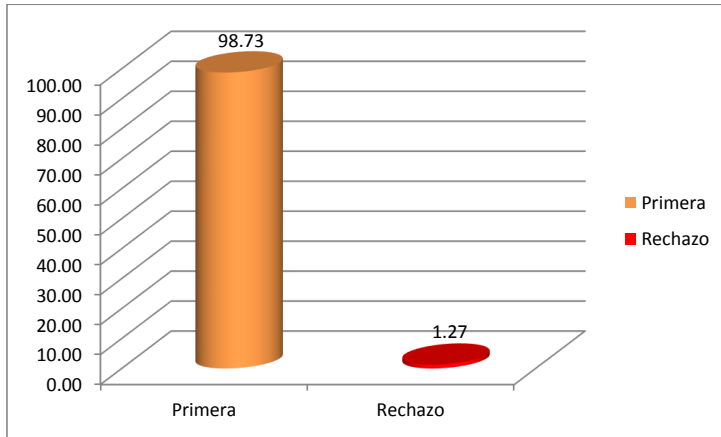


Figura 6. Resumen de rendimiento de madera capirona del programa de secado 2 (propuesto en el estudio)

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 1 000 pt. en el programa de la empresa se requiere de 12 días, mientras que en el programa propuesto en el estudio se requiere de 11 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
1	MUY BUENO	MUY BUENO	REGULAR	BUENO
2	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

X. DISCUSION

10.1. Programa de secado propuesto del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

En el cuadro 4, se observa que a partir de la octava etapa (8) y antes de entrar al punto crítico de todo proceso de secado (punto de saturación de las fibras) la temperatura se encuentra en 48°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 octava etapa de 180 horas, la humedad se encuentra con un porcentaje de contenido de humedad de 32%, a partir de la siguiente etapa (9) se nota ya el descenso paulatino de humedad hasta obtener el contenido de humedad real final del 7%, no obteniendo lo deseado que sería del 6%.

Es necesario mencionar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 288 horas (12 días), la que se observa en la figura 1.

10.2. Programa de secado propuesto del programa de secado 2 (propuesto en 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 46°C, temperaturas relativamente bajas por considerar las mismas razones líneas arriba señaladas.

Asimismo, se puede apreciar el contenido de humedad real, concluida la séptima etapa es de 156 horas, donde la humedad se encuentra con un porcentaje de contenido de humedad de 30%, a partir de la siguiente etapa (8) se nota ya el descenso paulatino de humedad hasta obtener el contenido de humedad real final del 7%, siendo el deseado el 6%.

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 se puede notar que el tiempo requerido para esta programación de secado fue de un total de 276 horas (11.5 días), lo que se aprecia en la figura 2; lográndose 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 del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL)

En el cuadro 6, figura 4, se observa que el rendimiento obtenido de madera de primera es de 97,63%, es decir madera que pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 1,09% 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 1,11% son

piezas de madera que tienen exceso de defectos de secado y que no pueden ser recuperadas y son rechazadas y el 0,17% que resultan como desperdicios.

En el cuadro 6, figura 5, se presenta que el 98,72 % resulta de primera y el 1,28% 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 06% 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%.

Rendimiento de madera con el después del proceso de secado del programa de secado 2 (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 98,73%, es decir madera que pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 0,94% 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 1,07% son piezas de madera rechazadas que por efectos del proceso de secado tuvieron defectos de alabeos, grietas o rajaduras y el 0,19% figuran como desperdicios.

En el cuadro 7, figura 7, se presenta que el 98,24 % resulta de primera y el 1,27% 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 98,72% 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 (1,28%), en comparación con el programa propuesto por el estudio (1,27%).

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 por el estudio de 276 horas y en el Programa de secado del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL) se obtuvo 288 horas clasificándose como REGULAR y el Programa propuesto por el estudio en el orden de 276 horas, clasificándose como **BUENO**; teniendo finalmente una clasificación de secado **BUENO** para el programa propuesto por al empresa y **MUY BUENO** para el programa 2 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 1 000 pt. en el programa de la empresa se requiere de 12 días, mientras que en el programa propuesto por el estudio se requiere de 11 días y medio.

XI. CONCLUSIONES

1. El programa de secado para 1" de pulgada de espesor de madera de la especie capirona propuesto del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL), alcanzo una humedad final del 07% en 288 horas (12 días).
2. El programa de secado para 1" de pulgada de espesor de madera de la especie capirona propuesto por el estudio alcanzo una humedad final del 07% en 276 horas (11 días y medio).
3. El rendimiento de secado artificial del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL), es 98,72% de madera de primera y recuperación, el 1,28% como rechazo y desperdicio..
4. El rendimiento de secado artificial propuesto por el estudio es 98,24% de madera de primera y recuperación, el 1,27% como rechazo y desperdicio..
5. La clasificación por secado del proceso de secado del programa 1 (Sr Maderas y afines EIRL) es **BUENO** y para el estudio es **MUY BUENO**

XI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el programa propuesto en el estudio por el menor tiempo que requiere para obtener el 07% de humedad final en la madera de la especie capirona 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. 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 de otras especies y espesores con este tipo de horno industrial con agua caliente marca "BENECKE" modelo KM 03 - A

XI. 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 pág.
- ATENCIÓN, M. 2006." Secado de la madera". 9 pág.
- CONFEDERACIÓN PERUANA DE LA MADERA 2008. Compendio de Información Técnica de 32 especies forestales. Tomo II. 2da edición. Lima. 74 pág.
- DIRECCIÓN FORESTAL Y DE FAUNA 2013. Perú Forestal en Números 2013. La Unidad Técnica de Generación de la Información. Lima, 223 pág.
- 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 pág.
- 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 pág.
- 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 pág.
- INSTITUTO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA. 1988. "Secado y Preservado de la madera". Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 105 pág.
- 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 pág.
- MENDES. 1996. "A Secagem da Madeira". Instituto Nacional de Pesquisas Amazónicas (INPA). Brasil. 38 pág.
- 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 pág.
- 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 pág.

- 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 pág.
- 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 pág.
- 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 pág.
- 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 pág.
- SCHREWE. 1984. "Manual de secado de la Madera". Proyecto PNUD/FAO/PER. Lima, Perú. 78 pág.

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 pág..

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. Tablas de 1" de espesor de la especie "Capirona" antes del llenado de cámara.



Figura 8. Cámara de secado listo para ser llenado.

Figura 9. Colocación de sensores de control de contenido de humedad



Figura 10. Posicionamiento adecuado de las ripas separadores.

Figura 11. Armado completo de la cámara



Figura 12. Encendido del caldero de agua caliente



Figura 13. Vista panorámica de la cámara de secado, caldero de agua caliente y dosificador de biomasa