

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“ANÁLISIS DE PROGRAMAS DE SECADO PARA POSTES
AGRÍCOLAS DE *GUAZUMA CRINITA* EN HORNOS
CONVENCIONALES EN UCAYALI, PERÚ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL

TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

ADRIÁN ALONSO TAPIA GHERSI

Lima - Perú

2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

“ANÁLISIS DE PROGRAMAS DE SECADO PARA POSTES

AGRÍCOLAS DE *GUAZUMA CRINITA* EN HORNOS

CONVENCIONALES EN UCAYALI, PERÚ”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL

TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

ADRIÁN ALONSO TAPIA GHERSI

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ing. Julio Cesar Canchucaja Rojas, Mg. Sc.
Presidente

Ing. Aldo Joao Cárdenas Oscanoa, Mg. Sc.
Miembro

Ing. Neptalí Rodolfo Bustamante Guillen
Miembro

Ing. Florencio Teodoro Trujillo Cuellar, Mg. Sc.
Asesor

DEDICATORIA

A toda mi familia, en especial a mi madre por ser ejemplo de esfuerzo y constancia.

A Steffanny Bashi, por su apoyo y paciencia, que fueron el soporte para cumplir con este objetivo.

A mis amigos, por ser parte importante en este camino, brindado siempre su apoyo y entusiasmo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que estuvieron brindándome su apoyo para cumplir esta meta. A mi familia y amigos. A la empresa Maquiwood, la cual me dio la oportunidad de desarrollar lo aprendido en la universidad. Al profesor Florencio Trujillo, por sus consejos y aportes.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN.....	10
II. ABSTRACT.....	11
III. PRESENTACIÓN.....	12
IV. INTRODUCCIÓN.....	13
V. CAPITULO I.....	15
1. Descripción de la empresa.....	15
1.1 Ubicación.....	15
1.2 Actividad.....	16
1.3 Organización.....	17
2. Descripción general de experiencia.....	20
2.1 Actividad profesional desempeñada.....	20
2.2 Proceso que es objeto del informe.....	21
2.3 Resultados logrados.....	22
VI. CAPITULO II.....	23
1. Fundamentación teórica-práctica en el secado de madera.....	23
1.1 Secado de madera.....	23
1.2 Agua en la madera.....	24
1.3 Características de la madera y su relación con el secado.....	25
1.4 Parámetros de secado.....	26
1.5 Gradiente de humedad y gradiente de secado.....	30
1.6 Defectos de secado en postes de madera.....	31
1.7 Actividades previas al secado.....	32
1.8 Fases del secado.....	33
1.9 Programas de secado.....	37
2. Descripción de acciones, metodologías y procedimientos.....	39
2.1 Actividades previas al secado.....	39
2.2 Actividades durante el secado.....	41

2.3	Procesamiento de datos.	42
2.4	Análisis de procesos de secado	42
2.5	Evaluación de productividad.....	42
VII.	CAPITULO III	44
1.	Aportes en actividades previas al secado	44
1.1	Armado de paquetes y emparrillado.....	44
1.2	Capacitaciones en el empleo de equipos de secado.	46
2.	Aporte en actividades durante el secado.....	47
2.1	Reconocimiento de fallas de equipos.	47
2.2	Modificaciones en programa y aumento de producción.	48
2.3	Reducción de tiempo de secado.	49
2.4	Costos energéticos.....	53
2.5	Defectos de secado.	54
VIII.	CONCLUSIONES.....	56
IX.	RECOMENDACIONES	57
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
XI.	ANEXOS	62

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Programa de secado para tablas de 2" de la especie <i>GuazumaCrinita</i> , proveniente de plantaciones forestales.....	35
Tabla 2 Profundidad de clavo o sensor empleado en la empresa Maquiwood S.A.C.....	37
Tabla 3: Características de los procesos de secado de la figura 6.....	48
Tabla 4: Características de los procesos de secado de la figura 7.....	48
Tabla 5: Características de los procesos de secado de la figura 8.....	49
Tabla 6: Costo energético por tipo de programa empleado.....	50

Índice de figuras

	Página
Figura 1:	Localización de la empresa Maquiwood S.A.C.....14
Figura 2:	Organigrama general de la empresa Maquiwood S.A.C.....15
Figura 3:	Diagrama de flujo para la producción de postes y tablas de madera en la empresa Maquiwood S.A.C.....17
Figura 4:	Separadores de espesor inadecuado, empelados en operaciones de secado inicial.....42
Figura 5:	Rotura de emparrillado en postes de 4", empleado en operaciones de secado inicial.....42
Figura 6:	Curva de secado para postes de 4" de la especie <i>Guazuma crinita</i>47
Figura 7:	Curva de secado para postes de 4" de la especie <i>Guazuma crinita</i>48
Figura 8:	Curva de secado para postes de 5" de la especie <i>Guazuma crinita</i>49
Figura 9:	Grietas en la punta de poste de <i>Guazuma crinita</i> , producto del secado.....52
Figura 10:	Grietas en la superficie de poste de <i>Guazuma crinita</i> , producto de las tensiones en el secado.....52

I. RESUMEN

El presente trabajo desarrollado en la empresa Maquiwood S.A.C., buscó analizar y optimizar el proceso de secado de postes agrícolas de Bolaina blanca (*Guazuma crinita*). Reconociendo en principio las deficientes operaciones previas al secado y en el manejo de los parámetros de secado, para posteriormente proponer un programa alternativo en la producción de estos productos y cuantificar el beneficio obtenido con estas modificaciones. Es así que mejorando el control de los parámetros de secado como temperatura y humedad de equilibrio, el aumento de la temperatura en los programas de secado y la reducción del contenido de humedad de equilibrio, así como las modificaciones a las fases de acondicionamiento inicial y final, permitieron disminuir en promedio el tiempo de secado en 25%. Esto se tradujo en un aumento de productividad del área de secado en 16% y con estas variaciones en la producción, se pudo reducir en S/4.81/m³ el consumo de energía eléctrica utilizada en los procesos de secado, generando beneficios económicos a la empresa.

Palabras clave: Bolaina blanca, secado, postes agrícolas, curvas de secado, parámetros de secado.

II. ABSTRACT

The current work was developed by the company Maquiwood S.A.C. The main objective was to analyze and optimize the drying process of agricultural poles of White Bolaina (*Guzuma crinita*).

We must first acknowledge that the operations before the drying process and the management of drying parameters are deficient. Given those facts, we can propose an alternative drying program in the production line of the products and quantify the benefits obtained with these modifications. By improving the control of drying parameters like temperature (by rising it in the drying programs) or equilibrium moisture content (by reducing it), as well as by adjusting the initial and final conditioning phases. These modifications allowed to reduce the average drying time by 25%. Furthermore, the productivity of the drying area increased in 16%. These adjustments in the production process resulted in a decrease of 4.81 PEN/m³ of electrical energy consumption used in the drying process, generating economical profits for the company.

Keywords: White bolaina, timber drying, agricultural poles, drying rate curves, drying parameters.

III. PRESENTACIÓN

Según la resolución N°0119-2020-CU-UNALM, el trabajo de suficiencia profesional es la opción mediante el bachiller demuestra su competencia para el ejercicio de la profesión, la cual debe ser sustentada con labores propias de la carrera y se muestre la eficiencia profesional y correcta aplicación de los conocimientos adquiridos.

La experiencia profesional se desarrolló en la empresa Maquiwood S.A.C. Esta oportunidad surge por la necesidad de un supervisor que entienda y modifique los programas de secado, empleados hasta el momento, para optimizar el tiempo del proceso según las características de los sistemas del horno de secado y del producto.

Inicialmente se realizaron actividades vinculadas al área de secado tales como: manejo de inventario para el secado, programación secado según el plan de producción, control de operación de las cámaras de secado.

Posteriormente, se desarrollaron funciones en la supervisión del área de preservado. En esta área se emplearon conocimientos sobre las etapas del proceso de vacío-presión, manejo de solución preservadora (CCA), elaboración de reportes y muestreos.

Finalmente, se promovió al cargo de jefe de operaciones, en el cual se trazaban metas semanales y elaboraban planes para las líneas de producción, acorde a las solicitudes de compra. Así mismo se elaboraban balances de materiales y reportes de producción a gerencia en colaboración con los supervisores de área.

IV. INTRODUCCIÓN

La industria forestal provista de plantaciones forestales es una actividad que se viene desarrollando en el país. Dentro de las primeras empresas desarrolladas a nivel industrial se encuentra Maquiwood S.A.C, la cual dedica sus actividades a la transformación de madera Bolaina blanca, proveniente de plantaciones forestales. Siendo la elaboración de postes agrícolas y madera sólida (seca y cepillada) sus principales líneas de producción.

Uno de los problemas iniciales en la operación de la empresa era la poca información sobre el procesamiento de esta especie a nivel industrial, principalmente para la producción de postes agrícolas impregnados.

El proceso productivo de los postes impregnados está constituido por las etapas de: recepción de madera, descortezado, secado, impregnado y almacenamiento final (Tebar, 2003); siendo el secado, la etapa que emplea el mayor tiempo de todo el proceso y de la cual se tenía menos conocimiento.

Por otro lado, estando la empresa en una etapa de establecimiento comercial, la competencia en cuanto a calidad y precios de la madera, promueven la utilización y perfeccionamiento de los procesos de secado (Aguilar, 2003). Por tal motivo surge esta necesidad de entender y mejorar los procesos de secado para esta especie y de los productos que se pueden obtener de ella.

El presente trabajo busca analizar y modificar el programa de secado en la producción de postes agrícolas de Bolaina blanca (*Guazuma crinita*), empleado en la empresa Maquiwood S.A.C. Para ello procede a analizar las etapas de los programas empleados, además de identificar y resolver los principales problemas en la operación previa y durante el secado. Finalmente se deriva cuantificar el nivel de beneficio en términos de reducción de tiempo de secado, productividad y reducción de consumo eléctrico.

V. CAPITULO I

1. Descripción de la empresa

La empresa Maquiwood S.A.C. es una compañía dedicada a la transformación de madera proveniente de plantaciones forestales. Dentro de sus principales productos con valor agregado se tiene: postes impregnados en diversos diámetros y longitudes según el rubro (ideales para cercos, jardinería, sectores agrícola, avícola, ganadero, etc), así como madera dimensionada para carpintería, muebles, embalajes y pallets, marcos de puerta y ventanas, entre otros.

1.1 Ubicación.

La empresa Maquiwood S.A.C.se ubica en el distrito de Alexander Von Humboldt, provincia de Padre Abad de la región Ucayali. Se encuentra a 85.5 km al sur-oeste de la ciudad de Pucallpa, en la carretera Federico Basadre.

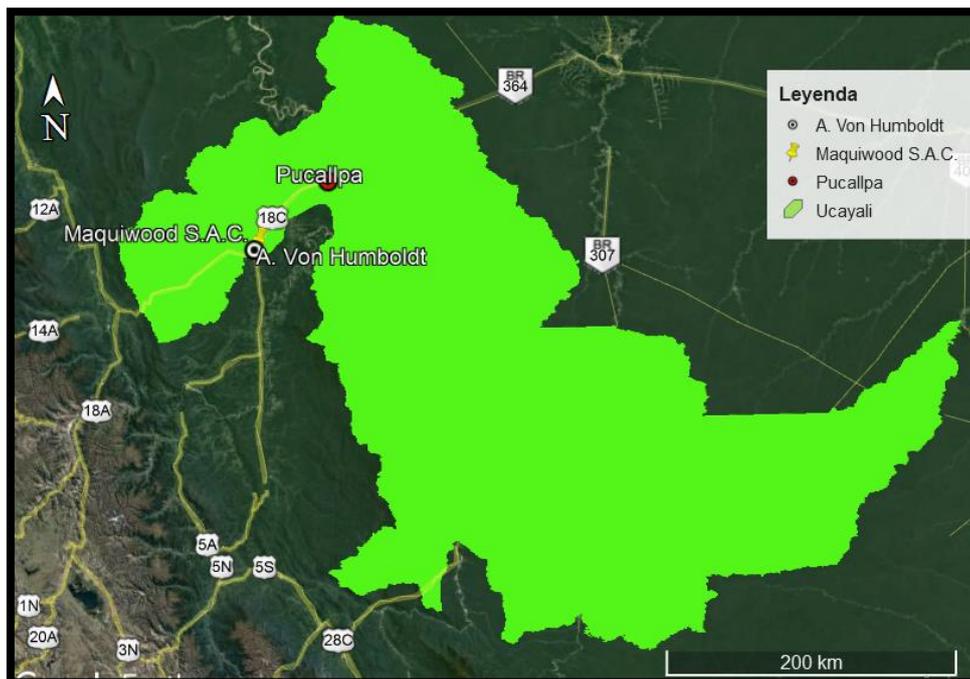


Figura 01. Localización de la empresa Maquiwood S.A.C., con coordenadas geográficas: 494557 m E, 9024701m S; ubicada al sur-oeste de la ciudad de Pucallpa

1.2 Actividad.

La empresa Maquiwood S.A.C. se dedica a la transformación de madera proveniente de plantaciones forestales, ubicadas en la provincia de Puerto Inca, región Huánuco.

Esta empresa emplea la especie Bolaina Blanca (*Guazuma crinita*) en sus procesos productivos, pero también desarrolla algunos ensayos industriales experimentales con Melina (*Gmelina arborea*) y Marupa (*Simarouba amara*), proveniente de plantaciones.

Los principales productos tenían como destino agroindustriales en la costa norte y centro del país; siendo los de mayor demanda: postes agrícolas, tablas para pallets. La producción de postes representa el 70% de la producción total y el 30% restante incluye tablas para pallets y listonería.

1.3 Organización.

La estructura organizacional se presenta en la figura 02, siendo la gerencia de operaciones la encargada de la producción y comercialización; la gerencia de desarrollo tecnológico, cuya función es adquirir o diseñar nueva maquinaria que ayude a mejorar los procesos productivos y la gerencia administrativa con sus áreas de soporte a la producción.

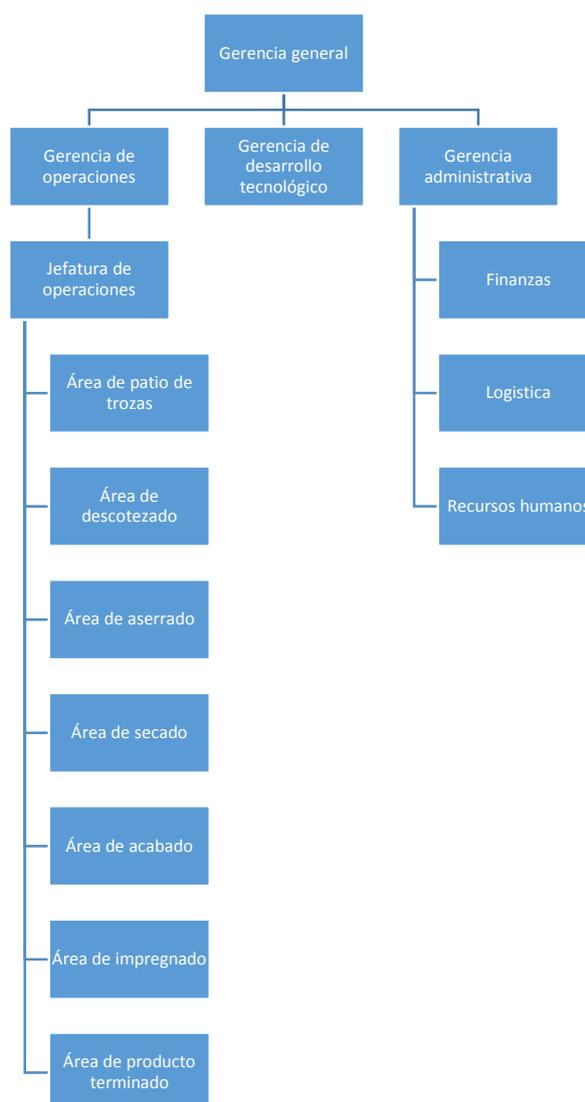


Figura 02. Organigrama general de la empresa Maquiwood S.A.C. Siendo el área de secado y posteriormente la jefatura de operaciones, los cargos desempeñados en la empresa.

Durante el inicio del periodo laboral se ocupó el cargo de supervisor del área de secado; en el cual se coordinaba con la jefatura de operaciones y las demás áreas las prioridades para el ingreso al horno, así como el control de todas las actividades dentro del área. Posteriormente se ascendió al cargo de jefe de operaciones, incluyendo la supervisión directa del área de impregnado y manteniendo la supervisión del área de secado.

Por otro lado, la producción en planta se dividía en dos líneas de trabajo: producción de postes y producción de tablas. Estas líneas a su vez se conformaban por las áreas de producción.

Las áreas exclusivas para la producción de postes son: área de descortezado e impregnado; mientras que las áreas de aserrado y acabado son propias de la línea de producción de tablas. Las áreas de patio de trozas, secado y producto terminado son compartidas para ambas líneas.

En la figura 03 se observa el diagrama de flujo para ambas líneas de producción, así como las áreas implicadas.

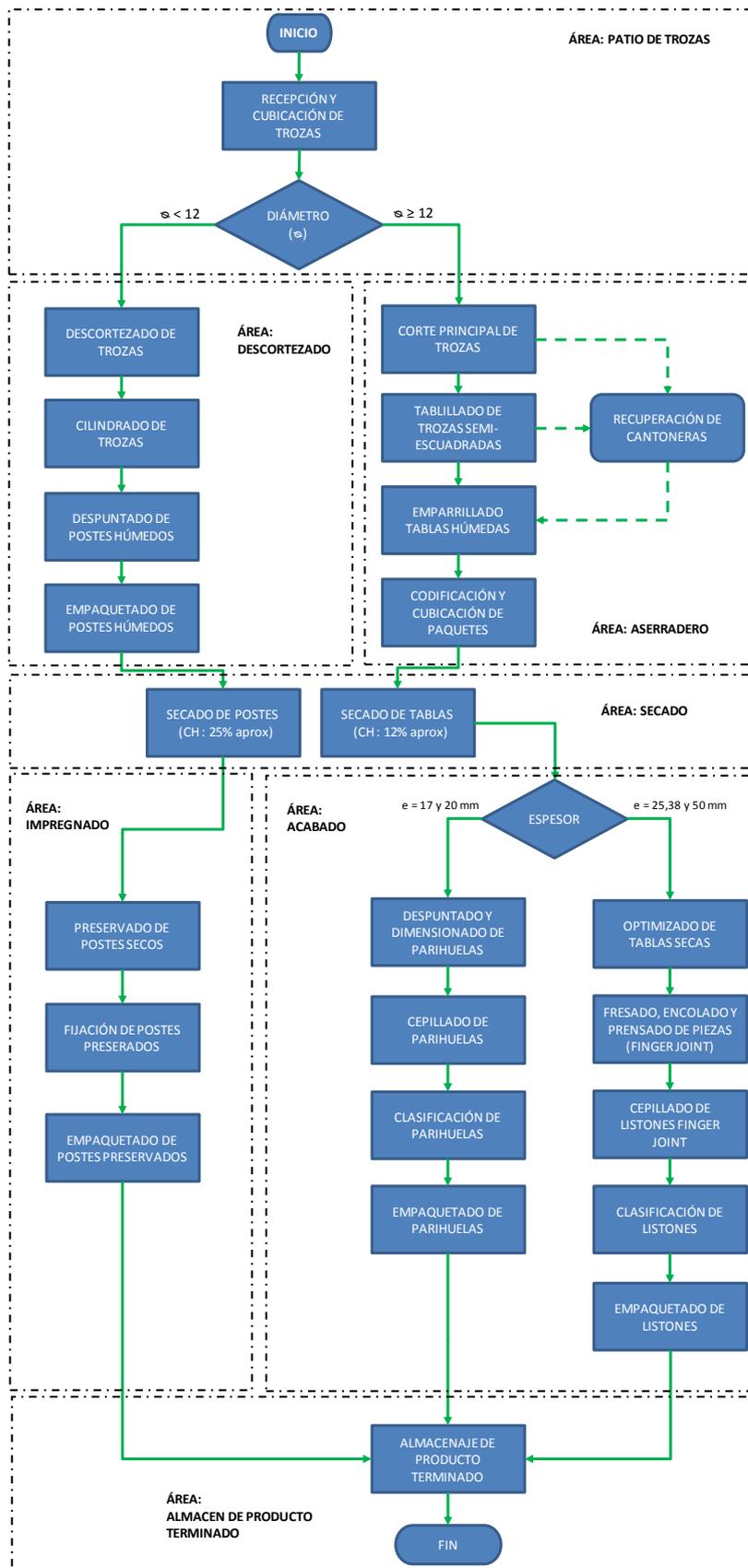


Figura 03. Diagrama de flujo para la producción de postes y tablas de madera, en la empresa Maquiwood S.A.C. Estando la línea de producción de postes conformada por las áreas de: patios de trozas, descortezado, secado, impregnado y almacén de producto terminado.

2. Descripción general de experiencia

Inicialmente se desarrollaron actividades en el área de secado, en donde se desempeñó el cargo de supervisor de producción, enfocado principalmente en la gestión del área; esto implica: control y sistematización de stocks y producción, manejo de los programas de secado, capacitaciones al personal del área, entre otras actividades.

Posteriormente, como jefe de operaciones, se tuvo a cargo nuevas responsabilidades en las coordinaciones entre el área de ventas y la producción en planta, así como soporte a las demás áreas de producción. Adicionalmente, se gestionaba directamente las áreas de secado e impregnado de postes de madera.

2.1 Actividad profesional desempeñada.

a) Supervisor de área de secado.

El supervisor de secado es el encargado de gestionar los recursos y obtener la mayor y mejor calidad de producto o subproducto. Dentro de sus funciones está recepcionar el material de ingreso, controlar el proceso de secado y despachar el producto a la siguiente área. Así también, de la capacitación constante del personal en temas de seguridad y salud laboral o cambios en el proceso.

Otras funciones complementarias, es actualizar los reportes de producción y elaborar informes sobre incidentes o anomalías presentadas durante las actividades, también se supervisaban los tratamientos térmicos para embalajes, según los parámetros iniciados por el SENASA.

Adicionalmente, a las actividades mencionadas, se asesoraba en las pruebas de secado, realizadas por el área de investigación. Así como ensayos de nuevas curvas de secado con otra tecnología (hornos con caldero de vapor).

b) *Jefe de operaciones.*

La jefatura de operaciones tiene por funciones: elaborar y coordinar los planes de producción con los supervisores de áreas, según las órdenes de compra. Así como supervisar el mantenimiento de las instalaciones, guardando siempre el correcto funcionamiento de máquinas y equipos. También, coordinar los envíos de materia prima a la planta y sistematizar la información de los reportes de producción de cada área y elaborar reportes a gerencia.

Adicionalmente al cargo de jefe de operaciones, se cumplía con las labores de supervisor en el área de secado e impregnado. Para lo cual se realizaron capacitaciones intensivas al personal de dichas áreas para que sirvan de soporte en el manejo de las mismas.

2.2 Proceso que es objeto del informe.

Se realizó en análisis de los programas de secado empleados en la producción de postes agrícolas, con la finalidad de elaborar un programa de mejorado que permita reducir los tiempos de secado.

2.3 Resultados logrados.

- Con los programas modificados, se redujo el tiempo de secado inicial en 25% en promedio, manteniéndose la calidad de los postes secos.

- La reducción del tiempo de secado se tradujo en un aumento de la eficiencia diaria del secado, el cual se incrementó en un 16%.

- El consumo eléctrico se redujo, permitiendo disminuir en S/4.81/m³ el costo de secado con respecto al costo inicial.

VI. CAPITULO II

1. Fundamentación teórica-práctica en el secado de madera

1.1 Secado de madera.

El secado de la madera es un proceso por el cual se extrae el agua contenida en este material, en el menor tiempo posible, con una calidad aceptable por los clientes, al menor costo y mínimas degradaciones. (Pezo, 2007)

Este proceso se puede clasificar en tipos: secado al aire libreo secado natural, y secado en horno o secado artificial. Dentro de este último, Vignote (2006) reconoce diferentes métodos, tales como: secado por calor, secado por deshumidificación y secado por vacío. Siendo el primero de estos métodos el más utilizado en la industria.

El desarrollo del secado convencional, según la JUNAC (1989), se basa en establecer climas artificiales inicialmente húmedos y fríos, e ir modificándolo a condiciones más cálidas y secas. Cada clima o etapa del secado, se mantiene durante un determinado lapso, de acuerdo con un programa predeterminado experimentalmente según el tipo y dimensiones de madera.

La reducción del tiempo de secado, evitar ataque por agentes biológicos, la manipulación de grandes volúmenes de madera en espacios reducidos lo que permite un mejor manejo financiero producto de bajos stocks de productos inmovilizados; son algunas de las ventajas del secado de madera en hornos respecto al secado al aire (Pezo, 2007; Vignote, 2006).

Sidney (1992), observó que una práctica industrial comúnmente empleada para la fabricación de postes preservados, es el secado de la madera en horno. Menciona también, que para esta operación el tiempo empleado se contabiliza por días en comparación con el secado al aire, el cual se cuantifica en meses.

De igual manera , en ensayos de preservación de postes, de 9 cm de diámetro, con sales de CCA, menciona que el secado al aire de postes de Melina puede tomar 35 días hasta alcanzar los valores de humedad requeridos para el proceso de preservación; mientras que en hornos de secado se emplean 9 días.

En la empresa Maquiwood S.A.C, los procesos de secado de postes agrícolas se desarrollan en hornos de secado convencional, debido a que se manejan grandes volúmenes de producción.

1.2 Agua en la madera.

La relación entre el agua y la madera resulta ser el fenómeno más importante de este material ya que afecta a la mayoría de los procesos de transformación de la madera, tales como: aserrado, secado, desenrollo, cepillado, encolado, preservado, etc. (Vignote, 2006)

El agua se mantiene en la madera como agua libre o agua ligada. La primera se encuentra contenida en las cavidades celulares (lumen), mientras que el agua ligada se mantiene dentro de las paredes celulares (Simpson, 1991). Adicionalmente la JUNAC (1989), menciona también el agua de constitución, la cual forma parte de la materia celular de la madera y no puede ser eliminada con el secado convencional.

En las primeras etapas del secado, el agua libre se perdiendo fácilmente por evaporación, ya que solo presenta fuerzas capilares o de adhesión muy débiles a las paredes del lumen. Esto sucede hasta el momento que se logra evaporar toda esta agua. Luego de haberse evaporado toda el agua libre, inicia la liberación del agua ligada en las paredes

celulares. Este proceso ocurre con mayor lentitud, hasta llegar a un estado de equilibrio higroscópico, en donde la madera ya no pierde humedad a las condiciones ambientales circundantes (JUNAC ,1989)

Silverio (1998) menciona que eliminando toda el agua libre en la madera, no se presentan cambios dimensionales y ni variaciones en sus propiedades mecánicas, hasta llegar a un nivel de humedad de 30% en la madera. A este contenido de humedad se denomina “punto de saturación de las fibras” (PSF).

Por otro lado, el agua ligada se encuentra en valores de humedad de la madera del 0% y 30 %. Esta agua está asociada a la contracción de la madera y durante el secado se traslada por difusión a través de las paredes celulares. Para evaporar esta agua, es necesaria mayor energía que la requerida para eliminar el agua libre. La energía necesaria para evaporar esta agua es mayor que la requerida para el agua libre y depende de la humedad final de la madera. (Pezo, 2007).

H.A. Spalt (1958); citado por Zaderenko (2000), expresa que a pesar de que se acepta que el PSF en la madera sea de 30%, este varía considerablemente para distintas especies. El CITEmadera (2017), calculó el PSF para la Bolaina, obteniendo un valor de 29.13%; por tal motivo, para los programas de secado de postes de bolaina, en la empresa Maquiwood S.A.C; se asumió el valor de 30% como punto de saturación de fibras.

1.3 Características de la madera y su relación con el secado

Taquire citado por Andrade (2001) describe a la madera de *Guazuma crinita*, de color blanco, sin diferencias entre la albura y el duramen, además de presentar grano recto. Así mismo, Chavesta *et. al* (2019), determinaron la densidad básica de la Bolaina Blanca en 400 kg/m³ para árboles de 8 años, lo cual la califica como madera de baja densidad. Cabe señalar

que este estudio se realizó en las plantaciones que son fuente de abastecimiento de la empresa Maquiwood S.A.C.

Las especies que presentan baja densidad, suelen presentar células con lumen más amplio y paredes más delgadas (Fachin, 1986), lo cual permite que contenga mayor cantidad de agua libre, fácil de evaporar (JUNAC, 1989).

Las maderas de baja densidad, tienden a soportar sin problemas, temperaturas altas sin comprometer su calidad durante el proceso de secado, esto debido a sus características anatómicas y baja densidad. Además, la susceptibilidad al ataque de agentes biológicos durante el secado, induce a utilizar programas de secado rápidos. (JUNAC,1989)

1.4 Parámetros de secado.

Durante el proceso de secado, el agua es removida de la superficie de la madera por evaporación, y la velocidad de evaporación es controlada por los parámetros climáticos como: la temperatura, humedad del ambiente y velocidad de aire que pasa a través de la pila de secado. Por lo tanto, para entender el desarrollo del proceso de secado, es necesario conocer la relación de los parámetros climáticos y su influencia en la evaporación (JUNAC, 1989)

a) *Temperatura.*

Este parámetro se considera como un factor de aceleración de la evaporación, ya que mantiene una relación directa con la velocidad de movimiento del agua dentro de la madera, la cual aumenta con incrementos de temperatura en la madera. Es decir, a mayor temperatura, mayor velocidad de movimiento del agua (JUNAC, 1989).

De igual manera, Denig, *et. al* (2000), señala que a medida que aumenta la temperatura de la madera, el agua en su interior se mueve más rápido, lo cual genera un secado más rápido y uniforme en la madera.

Gonzales (1977) en un estudio de secado de postes de madera tropicales, mencionó a las características del programa empleado en donde las temperaturas bajas al comienzo del proceso de secado (46°C-60°C), se utilizaron para evitar las rajaduras interiores de la madera en cada poste. Alcanzando al final temperaturas de entre 62°C a 68°C. Mugabi, *et. al* (2009), por su parte, emplearon programas de secado con temperaturas máximas de 70°C a 80°C, para el secado de postes de *Eucalyptus grandis*.

Por otra parte, en la empresa Maquiwood S.A.C; se observó en los primeros procesos de secado la baja temperatura alcanzada al interior de la cámara(50°-52°C) cuando el agua del caldero está a 90°C. CITEMADERA (2017) indica que para estos hornos de agua caliente de baja presión (menor de 1 bar), la temperatura máxima alcanzada en la cámara es 70°C, cuando el agua del caldero está a 90°C.

Así mismo, la empresa desarrolló ensayos de secado para tablas de 2" de espesor de Bolaina blanca, en hornos con sistema de calefacción a vapor (alquiler a terceros). Esto con la finalidad de observar el comportamiento de la madera al secado a mayores temperaturas.

b) Humedad relativa (HR%).

La humedad relativa del aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en un volumen determinado de aire y la cantidad máxima posible de vapor de agua que puede contenerse en ese volumen de aire a la misma temperatura. (JUNAC, 1989)

Esta humedad relativa suele medirse a través de psicrómetro, el cual está conformado por dos termómetros, uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo. La diferencia entre las dos lecturas se denomina depresión psicrométrica, que junto con la lectura del termómetro seco determina la humedad relativa con la ayuda de una tabla psicrométrica. (Viscarra, 1998).

c) Humedad de equilibrio.

La madera gana o pierde humedad hasta que está en equilibrio con la atmósfera circundante. La cantidad de humedad de la madera, en este punto de equilibrio se llama contenido de humedad de equilibrio (CHE, con siglas en inglés EMC “equilibrium moisture content”). Este valor va a estar en función a la humedad relativa y la temperatura del aire en el ambiente. (Simpson, 1991)

Conocer el contenido de humedad de equilibrio (CHE) de la madera es importante para la conducción del secado artificial, ya que este parámetro ayuda a guiar la manipulación de la temperatura y la humedad en el interior del horno, hasta alcanzar el nivel de humedad de la madera final requerido. (Viscarra, 1998).

Por otro lado, el control o regulación de los secaderos, hoy en día, se emplean ordenadores conectados a terminales o sensores que dan lectura de los parámetros de secado. Siendo el terminal basado en xilohigrómetro dispuesto con una placa de celulosa, el empleado hornos con mayor tecnología (Vignote, 2006). Este sistema es el empleado en la empresa Maquiwood S.A.C. para el control de sus cámaras de secado.

d) *Velocidad del aire.*

La velocidad del aire es un parámetro que tiene como funciones principales transmitir la energía requerida para calentar el agua dentro de la madera y transportar la humedad evaporada de esta. (JUNAC, 1989).

La circulación efectiva y uniforme de aire involucra varios factores: tamaño, ubicación y velocidad de los ventiladores, provisión para reversión de la circulación de aire, instalación y uso de deflectores. (Simpson, 1991).

Si la velocidad del aire es demasiado lenta, más tiempo se requiere para que la superficie de la madera alcance el equilibrio de humedad. Esta es una de las razones por las que la circulación de aire es tan importante en el secado en horno (Pezo, 2007).

En la mayor parte de los casos, se presentan condiciones óptimas de secado cuando la velocidad del aire circula a 2 m/s a través de las pilas. Si se utiliza velocidades mayores sin un debido control puede comprometerse la calidad de las piezas de madera (JUNAC, 1989).

Las ventajas obtenidas por las velocidades altas de aire dentro del horno se reducen cuando el secado es de piezas de mayor espesor, cuando presentan bajo contenido de humedad inicial o cuanto menor sea la temperatura inicial del proceso de secado. (Hoheisel 1973)

Sidney (1992), indica que una práctica general en diseño de hornos para secar postes de madera es emplear equipos que ofrezcan velocidades de aire más bajas en comparación a un horno diseñado para secar tablas. El mismo autor señala que esta diferencia de flujos de aire empleados en el secado de postes y tablas se debe a la diferencia de forma de la madera y masa de agua.

Cabe señalar que la velocidad de viento, empleada en los procesos de secado en la empresa Maquiwood S.A.C. es constante; ya que no cuenta con la tecnología para variar el flujo de viento, pero si la dirección de este.

1.5 Gradiente de humedad y gradiente de secado.

Las fibras de la superficie de la mayoría de las especies alcanzan el equilibrio de humedad con el aire circundante poco después de que comienza el secado. Este es el comienzo del desarrollo de un gradiente de humedad, es decir, la diferencia en el contenido de humedad entre las partes interior y exterior de una tabla, lo que da origen a la circulación interna del agua del centro a la periferia y es la causa del secado (FLP, 2010) (JUNAC, 1989)

Durante el proceso de secado, es de gran importancia establecer un gradiente de humedad óptimo, que reduzca el tiempo de secado a un mínimo sin correr el riesgo de ocasionar daños a la madera. (JUNAC, 1989)

Por otro lado, el gradiente de secado (GS) es una variable muy importante para la conducción del secado artificial. Esta se define como la relación entre el contenido de humedad de la madera (CH) y el contenido de humedad de equilibrio (CHE) de la cámara en un momento determinado. Mientras mayor sea la diferencia entre el CH y el CHE de la cámara, mayor será el GS y la madera secará más rápido, sin embargo se corre el riesgo de que puedan ocurrir defectos en la madera por un secado demasiado severo. Para madera con valores de contracción elevados se recomienda emplear gradientes de secado menores a 2 (JUNAC, 1989; CITEmadera, 2014)

1.6 Defectos de secado en postes de madera.

Mugabi (2007). En ensayos de secado de postes de *Eucalyptus grandis*, menciona 3 defectos más frecuentes durante el secado de postes: grietas superficiales, grietas internas y colapso. Menciona también que una grieta es una separación longitudinal de madera que generalmente se extiende a través de los anillos de crecimiento y paralelo a los rayos de la madera.

Durante el secado, una alta tasa de secado hace que las capas superficiales de la madera se secan y encogen rápidamente, mientras que el centro está todavía húmedo. La tendencia a encogerse de la parte externa, opuesta y prevenida por el centro muy húmedo causa una gran cantidad de tensión en conjunto en la parte exterior, con lo cual da paso a la formación de grietas en las piezas de madera. (Zarate, 2006; Mugabi, 2009)

Pezo (2007) menciona también las grietas terminales o “en las puntas”, las cuales son comunes en el secado, especialmente en piezas con presencia de médula. Las puntas se secan más rápido que el resto de la pieza debido a que las puntas están más expuestas a corrientes de aire.

Las grietas presentes en los postes producidos en la empresa Maquiwood S.A.C. están dentro de la clasificación de grandes y profundos según las normas NTP 251.102 (2016) y NTP 251.101:1988 (revisada 2017), sin embargo; para la producción, se consideraba como ancho máximo tolerable 2mm y que el largo de la rajadura no sea mayor a la mitad del largo del poste. Según experiencias con los compradores, estas características no ponen en riesgo la resistencia de la madera para el fin empleado.

1.7 Actividades previas al secado.

a) Clasificación de madera.

La clasificación de la madera antes del secado simplifica el apilado y también ayuda a colocar material de características de secado similares en la misma carga del horno. El alcance de la clasificación depende sobre consideraciones prácticas, algunos tipos son casi inevitables, mientras que otras se omiten a veces. La madera se puede clasificar por especie, contenido de humedad, duramen y albura, espesor y longitud (Simpson, 1991). Adicionalmente, la JUNAC (1989) añade también otros criterios como: estado fitosanitario y contenido de humedad final.

Con la intervención en el área de secado, en la empresa Maquiwood S.A.C., se manejó una clasificación para el secado de postes, la cual se basaba en un criterio dimensional, (diámetro de postes) y fecha de producción con similar contenido de humedad inicial.

b) Emparrillado de paquetes.

El CITEmadera (2009) menciona como puntos críticos a tener en cuenta previos al secado: el apilado o emparrillado y la elección de un adecuado programa de secado. Señala además que la importancia del primer punto radica en la influencia sobre la cantidad de mermas y óptimo desarrollo del secado; y la adecuada elección del programa deberá definirse en función a la especie, espesor y nivel inicial de humedad en la madera.

Denig, et al (2000), indica que el mayor propósito de apilar madera de una manera específica es promover una circulación de aire uniforme, que a su vez resulta en un buen secado.

Por otro lado, una de las posibles causas de presentar valores diferentes de humedad en distintos puntos de una pieza de madera, es producto de una mala circulación de aire por deficiente apilado y/o llenado del horno (CITEMadera, 2014).

Los separadores, como una característica importante, deben presentar dimensiones uniformes, para permitir la circulación homogénea de aire a través de las piezas de madera; además de prevenir las torceduras que se puedan presentar durante el secado (JUNAC, 1989; Pontes, 2000)

Sin embargo, durante las actividades de emparrillado de postes en la empresa Maquiwood S.A.C, no se tenía presente los cuidados sobre el emparrillado. Esto originaba alta variabilidad en el contenido de humedad entre las piezas de madera de un lote.

1.8 Fases del secado.

Todo proceso de secado convencional cumple las siguientes fases: calentamiento, secado (por encima del PSF y por debajo del PSF), acondicionamiento final y enfriamiento (JUNAC, 1989). A ello, el CITEMadera (2017) por su parte considera las mismas fases, pero adiciona el acondicionamiento inicial como una fase posterior al calentamiento.

a) Calentamiento.

Consiste en elevar gradualmente la temperatura dentro del horno hasta alcanzar el primer valor para la iniciación del programa de secado. Como regla general se calcula una hora de calentamiento por centímetro de espesor para las maderas livianas, cuando su contenido de humedad está por encima de 30%. (JUNAC, 1989).

Una vez que la cámara ha alcanzado la temperatura inicial programada, se necesita un tiempo adicional para que la madera interna alcance esa temperatura y se iguale todo el perfil de la pieza (CITEmadera, 2017); ya que uno de los principales objetivos del calentamiento es aumentar la temperatura de la madera y con esto se logra mejorar el transporte interno de humedad (Pezo ,2007).

Durante esta fase es sumamente importante controlar la humedad de equilibrio y manejarla constantemente en un valor elevado(16%-19%), para impedir el secado de la madera durante esta fase. (CITEmadera, 2017).

Cabe señalar que, inicialmente, en la empresa Maquiwood S.A.C., no existía un procedimiento estandarizado en esta fase; ya que se desconocía la relación de los parámetros de temperatura y humedad de equilibrio. Posteriormente, bajo las consideraciones anteriormente señaladas, se modificó el procedimiento.

Así mismo, en esta fase, el sistema de humidificación permanecía encendidos todo el tiempo ya que los rociadores de agua dentro de la cámara inyectaban agua en forma gotas y no de neblina, como lo recomienda Simpson (1991). Esto ocasiona un incremento lento de la humedad de la cámara debido a que el agua inyectada debe vaporizarse para humectar la madera y evitar su resecamiento superficial.

b) *Acondicionamiento inicial.*

Esta fase consiste en saturar el ambiente de la cámara, para poder igualar la humedad de interior con la exterior dentro de las piezas de madera, eliminando así las tensiones de secado. Esto se realiza ya que la madera ha estado expuesta a un secado natural durante su procesamiento previo al secado en el horno, con lo que la parte superficial probablemente esté más seca que el interior. Además, este acondicionamiento esto favorece la llegada de calor al centro de las piezas. (CITEmadera, 2017)

En la empresa Maquiwood. S.A.C, debido a las condiciones iniciales del sistema de calefacción, el acondicionamiento inicial se realizaba con una temperatura de 50° C y una humedad de equilibrio de 19% - 20%.

c) *Secado antes del punto de saturación de fibras (PSF).*

Antes de que la madera llegue al PSF, la velocidad de secado permanece constante, liberándose el agua libre dentro de ella. Además, durante la evaporación del agua libre no se producen tensiones de secado dentro de la madera y solamente se modifica la distribución del contenido de humedad del exterior al interior de la pieza. Cabe señalar que, por encima del punto de saturación de las fibras se debe evitar temperaturas muy elevadas. (JUNAC, 1989). Los programas de secado comienzan con bajas temperaturas porque no necesitan de mucha energía para evaporar el agua que está en la superficie de la madera (Connors, 2012).

Así mismo, el gradiente de secado en esta fase se aplica en base al punto de saturación de fibra (CITEmadera, 2017); para lo cual, en la empresa Maquiwood, maneja el valor de 30% en el caso de la Bolaina.

d) *Secado después del punto de saturación de fibras (PSF).*

El secado con humedades inferiores al PSF se debe realizar en condiciones ambientales más cálidas y secas. Al aumentar la temperatura dentro de la cámara, esta se debe realizar progresivamente ya que pueden existir piezas que aún no alcanzan esos valores de humedad (PSF), pudiéndose producir defectos durante este cambio de fase. El gradiente de secado ahora se determina en base a la humedad actual de la madera (CH). (CITEmadera 2017)

e) Acondicionamiento final.

Esta fase consiste en disminuir la temperatura de la cámara y aumentar la humedad del ambiente, con la finalidad de establecer condiciones climáticas tales que el valor de contenido de humedad de equilibrio se sitúe en un nivel ligeramente superior al CH de la madera en su superficie. (JUNAC, 1989). Esto debido a que cuando se ha alcanzado en promedio el contenido de humedad deseado, la diferencia de humedad interna y externa genera tensiones en la superficie de las piezas, además de presentar contenido de humedad bastante variable entre las ellas.

Por tal motivo, la función del acondicionamiento final, es igualar las diferencias de humedades en las piezas de madera y entre ellas. El tiempo recomendado de acondicionamiento es mínimo 2 horas por cada cm de espesor de madera. (CITEMadera 2017)

f) Enfriamiento.

Durante esta última fase es necesario bajar la temperatura progresivamente hasta alcanzar un valor compatible con la temperatura exterior y mantener una humedad casi igual a la fijada en el acondicionamiento final (JUNAC, 1989).

1.9 Programas de secado

Los programas de secado consisten en una tabla de temperaturas y humedades del ambiente, que sirven de guía al operador para secar una madera dada. En vista de los múltiples factores que intervienen en el secado de la madera y la variedad existente de diseños de hornos en funcionamiento, ningún programa u horario se considera como ideal. (Vizcarra, 1998)

Por su parte JUNAC (1989) menciona que un programa de secado consiste en una secuencia de condiciones climáticas, temperatura y humedad relativa del aire, aplicables durante las fases de secado previamente establecidas para una determinada especie.

El CITEmadera (2017), como parte de su proyecto “Desarrollo de tecnología de secado para especies nativas de rápido crecimiento, reforestadas y de importancia comercial”, generó un programa de secado para la Bolaina blanca proveniente de plantaciones (tabla 1), con el cual obtuvieron como resultado un tiempo de secado de 162 horas para tablas de 2” de espesor.

Tabla 1

Programa de secado para tablas de 2” de la especie Guazuma Crinita, proveniente de plantaciones forestales.

Etapas	CH (%)	T (°C)	HR (%)	CHE (%)	GS
1	70-60	62	83	14	2,1
2	60-50	62	74	12	2,5
3	50-40	62	74	11	2,7
4	40-35	62	60	8,5	3,5
5	35-30	65	58	8	3,8
6	30-25	67	44	6	4,6
7	25-20	73	46	6	3,8
8	20-15	77	46	5	3,5
9	15	80	40	5	3
"Acond: 10 h (T=-5°C; CHE=+5%)"	-	75	-	10	-

Nota: Fuente CITEmadera (2017). Proyecto: “Desarrollo de tecnología de secado para especies nativas de rápido crecimiento, reforestadas y de importancia comercial”

Por otro lado, la empresa Maquiwood S.A.C realizó ensayos de secado de tablas de 2” en las instalaciones de la empresa MAPESA, la cual contaba con hornos de secado cuyo sistema de calefacción permitía alcanzar temperaturas mayores a 60°C. Como resultados de dicho ensayo se obtuvo, 6 días de tiempo desecado con temperaturas que oscilan entre 60°C y 66°C, pudiendo aplicar temperaturas mayores.

El programa de secado empleado, para postes de bolaina, en la empresa constaba de 6 fases: calentamiento, acondicionamiento inicial, secado antes del PSF, secado después del PSF, acondicionamiento final y enfriado (anexo 1-a).

Posteriormente se recibieron recomendaciones, por asesores técnicos de la empresa, para la modificación del programa de secado, principalmente en las fases del acondicionamiento inicial y final.

Simpson (1991) indica que el primer paso en la modificación de un programa de secado es cambiar la depresión del bulbo húmedo, el segundo es cambiar los valores de temperatura y el tercer es modificar ciertos pasos dentro del programa.

El secado de los postes en la empresa Maquiwood, se enfocaba en alcanzar los valores de humedad (25% -28%) a la profundidad requerida para el preservado. Por factores económicos de la empresa, en el preservado de postes se buscaba una penetración parcial homogénea, según la definición de la NTP 251.032, formando un anillo preservador de 1” (en postes de diámetro de 4” o menos) o 1.5” (en postes mayores a 4” de diámetro); lo cual se alcanzaba estos requerimientos con los programas manejados.

2. Descripción de acciones, metodologías y procedimientos

2.1 Actividades previas al secado.

a) *Clasificación de la carga.*

Para realizar el análisis de los programas empleados (anexo 1), se seleccionaron datos de curvas de secado con características similares como: dimensiones de postes y contenido de humedad inicial, ya que son parámetros muy influyentes en el tiempo de secado.

Esta selección se conformó de 6 procesos de secado de las cuales, 3 curvas de secado pertenecieron al programa inicial y 3 curvas de secado que emplearon el programa de secado modificado.

En ambos casos se consideró 2 curvas de secado de postes de 4" de diámetro y 1 curva de secado de postes de 5" de diámetro.

b) *Calibración de sensores de humedad de madera.*

Antes de iniciar el proceso de secado, se empleaba el higrómetro de clavos, modelo RTU600 de la marca GANN para realizar calibraciones de los sensores de humedad de madera empleados en la cámara de secado. Esto con la finalidad de validar una correcta lectura de la humedad durante el proceso de secado.

Cabe señalar, que esta medición de humedad por resistencia eléctrica es muy confiable cuando la humedad de la madera se encuentra entre 5-25%. Además, a humedades superiores al 60% la medición con estos instrumentos no resulta confiable (CITEmadera, 2017)

c) ***Colocación de sensores de humedad.***

Los procedimientos se basaron en lo indicado por la JUNAC (1989) y el CITEmadera (2014). Siendo colocados de manera perpendicular a la fibra, con una separación entre electrodos de 30mm y colocados por la parte inferior de los postes. La profundidad de los sensores es una adaptación de la norma NTP 251.022.1974 (revisada 2017), la cual indica una profundidad de medición de 5 cm, para postes de tendido eléctrico, por lo cual se manejó de la siguiente manera:

Tabla 2
*Profundidad de clavo o sensor empleado en la empresa
Maquiwood S.A.C.*

Diámetro de poste	P. Superficial	P. Interior
≤ 4"	1/2"	1"
> 4"	1/2"	2"

Nota: Con la diferencia de profundidades P. superficial y P. interior se busca conocer el gradiente de humedad. La P. interior se basa en la profundidad requerida para el preservado según la empresa.

La cámara de secado estaba equipada con 8 sensores de humedad de madera, los cuales eran distribuidos en pares, dentro de una misma pieza de madera. Cada par, se colocaba en cada fila de paquetes dentro del horno.

2.2 Actividades durante el secado.

a) Conducción del secado.

El control del secado se realizaba de manera semi-automática; es decir, el establecimiento de los parámetros de secado se realizaba de manera manual y el sistema se encarga de forma automática de controlar las válvulas para alcanzarlos valores fijados (CITEmadera, 2017). Los programas de secado empleados, tanto el inicial como el modificado se presentan en el anexo 1.

El controlador empleado en la empresa es de la marca NIGOS, modelo 600. Este equipo está compuesto de: sensores de temperatura, sensores de humedad de equilibrio y sensores de humedad de la madera.

b) Registro de parámetros de secado.

Para el control de variables y registro de datos de los procesos de secado se empleó el software Dryer Manager, el cual estaba instalado en un PC. La frecuencia de registro de datos fue cada 1 hora durante todo el proceso de secado.

Posteriormente estos datos fueron descargados para ser procesados y graficados en una tabla de Excel.

2.3 Procesamiento de datos.

Los valores registrados de los parámetros de secado y humedad de la madera de cada proceso, fueron graficados en pares; seleccionando un proceso de secado que empleó el programa inicial y otro proceso con el programa modificado. Siempre y cuando, ambas cargas de madera presenten características similares en dimensiones, humedad inicial y volumen de carga.

Se considera como tratamiento de “50°” a los procesos de secado que emplearon el programa inicial y tratamiento de “54°” a los procesos de secado que emplearon el programa modificado; ya que estos indican los valores de temperatura empleada en la fase de secado inicial de cada programa.

2.4 Análisis de procesos de secado

Con los gráficos de secado obtenidos, se comparó el comportamiento de la humedad de la madera y los valores de los parámetros empleados en cada programa. Así mismo, se contrastó el comportamiento de los parámetros de temperatura y humedad de equilibrio producto de cada programa, para observar la respuesta de estos a los cambios procedimentales previos y durante el proceso de secado.

2.5 Evaluación de productividad

Producto de la variación de tiempo en los procesos de secado, se presentaron cambios en la productividad del área. Por ello, se emplearon los reportes de producción de la empresa para comparar los volúmenes producidos y el tiempo empleado para cada uno.

El resumen de los reportes (anexo 2) de los años 2015 y 2017 corresponden a periodos durante los cuales se empleó el programa de secado inicial y modificado respectivamente.

Para el cálculo de la productividad, se promedió cada valor de productividad por proceso de secado en cada año; los cuales se obtuvieron mediante la división del volumen total de la carga y el tiempo de secado empleado.

a) *Consumo energético.*

El consumo de energía eléctrica por metro cúbico, se calculó empleando la productividad obtenida por cada programa, utilizado un volumen constante a fin de estimar el tiempo de secado y posteriormente, con el apoyo de la ficha técnica de los motores involucrados en el área de secado y el consumo de energía eléctrica por hora indicado, se cuantificó el valor de energía requerida. Luego, este consumo eléctrico se valorizó empleando el precio por kW-h estipulado por la empresa prestadora de este servicio.

VII. CAPITULO III

1. Aportes en actividades previas al secado

1.1 Armado de paquetes y emparrillado.

En la empresa, se contaban con distintos tipos y espesores de separadores, los cuales se mezclaban al armar los paquetes. Esto sería el principal causante de la variación de humedad entre las piezas de un paquete y también dentro de la misma pieza de madera, como lo señala Denig, *et. al* (2000) y CITEMadera (2014).

La JUNAC (1989) y Pontes (2000) mencionan que estos separadores deben presentar dimensiones uniformes, para permitir la circulación homogénea de aire a través de las piezas de madera. Por tal motivo y sumado a la falta de presupuesto para adquirir separadores nuevos y estandarizarlos, se optó por organizar los disponibles en la empresa. Separando los de madera dura y de 25 mm de espesor para el secado de postes; y por otro lado los de madera blanda y de 20 mm de espesor para el secado de tablas.

Así mismo se estableció, en procedimientos internos, que no se deben secar en una misma carga paquetes de postes o tablas de distintos espesores; ya que, aparte de tener distinto programa de secado, presentan diferentes dimensiones y obstaculiza el flujo homogéneo de aire.

Lo indicado anteriormente, se efectuó en simultáneo con capacitaciones al personal involucrado en el armado de paquetes y a los operadores del área de secado. A fin de que puedan mejorar la técnica de emparrillado y sensibilizar la importancia de este en el proceso de secado.



Figura 4. Separadores de espesor inadecuado, empleados en operaciones de secado iniciales, antes de capacitaciones en la empresa Maquiwood S.A.C.



Figura 5. Rotura de emparrillado en postes de 4", en operaciones de secado inicial, empleando separadores de madera blanda en la empresa Maquiwood S.A.C.

1.2 Capacitaciones en el empleo de equipos de secado.

Debido a la falta de capacitación en secado al personal técnico encargado del área, no existía diferenciación en las condiciones de humedad y temperatura para todos los procesos de secado, inclusive sin diferenciar el tipo de producto a secar, como postes o tablas.

Por tal motivo, se realizaron capacitaciones al personal del área en la teoría básica de los parámetros de secado, así como la interpretación de los resultados obtenidos a través de la curva de secado del proceso en curso (anexo 3)

Se detalló la importancia de la temperatura como factor de aceleración de la evaporación (JUNAC, 1989), además de conservar la temperatura dentro de los parámetros establecidos, con una variación máxima de 0.5°C (Denig, *et. al*, 2000). Para ello, también se explicó la importancia de mantener la temperatura de trabajo del caldero entre $85^{\circ}\text{-}90^{\circ}\text{C}$. Menor a ese rango, se presenta respuestas lentas para los incrementos de temperatura dentro de horno; mayor a ese rango, se produce vapor el cual obstruye el paso del agua en los radiadores y por ende no se desarrolla una transferencia de calor adecuada.

Por otro lado, se resaltó la importancia de controlar la humedad de la cámara a través de las ventilas y rociadores; por lo cual se capacitó en el manejo del software de secado y las funciones para la apertura o cierre de ventilas y rociadores.

Inicialmente, la deficiente entrega de calor por parte del caldero ocasionaba que los incrementos de temperatura dentro de la cámara reaccionen lentamente. Esto ocasionaba descensos abruptos en la temperatura del horno, cuando se realizaba el intercambio de aire por las ventilas; motivo por el cual los operadores debieron estar capacitados para reaccionar cuando se presenten estos inconvenientes y cuidar que las condiciones climáticas de la cámara no se desvíen de los parámetros establecidos.

2. Aporte en actividades durante el secado

2.1 Reconocimiento de fallas de equipos.

Con el registro de los primeros procesos de secado, se observó la baja temperatura alcanzada al interior de la cámara (50°-52°C) cuando el agua del caldero está a 90°C. CITEmadera (2017) indica que para estos hornos de agua caliente de baja presión (menor de 1 bar), la temperatura máxima alcanzada en la cámara es 70°C, cuando el agua del caldero está a 90°C. Por tal motivo se realizaron inspecciones al sistema de calefacción a fin de encontrar alguna irregularidad que pueda afectar la entrega de calor.

Inicialmente se observó falta de aislamiento en los tubos del agua caliente, los cuales además se encontraban por afuera de los hornos, facilitando la pérdida de calor. Luego, durante las operaciones de secado, se observó la necesidad de purgar frecuentemente el sistema de calefacción, lo cual se tomó como un indicador de problemas en el diseño de las tuberías.

Con estos problemas presentados, se contactó al proveedor, el cual realizó evaluaciones del sistema de calefacción. Luego de ello, se hicieron cambios en el sistema: incrementando el diámetro (aumentando el caudal) y cambiando la ubicación de los tubos de ida y retorno por dentro de la cámara.

En cuando al sistema de humidificación, se observó que se presentaban demoras en la reacción para el incremento de humedad en la cámara. Esto se debía a que el tamaño de partículas pulverizada por los aspersores no eran lo suficientemente pequeñas para incorporarse al ambiente, y humectar la madera de manera correcta; por el contrario, produciéndose acumulaciones de agua dentro de la cámara y madera mojada, antes de su evaporación. Esto generaba un deficiente manejo en las fases de acondicionamiento inicial y especialmente en el final.

2.2 Modificaciones en programa y aumento de producción.

Los procesos de secado iniciales estaban caracterizados por presentar piezas de madera de distintos diámetros, lo que ocasionaba retrasos en el secado y aumentaba la aparición de defectos como grietas o rajaduras (JUNAC, 1989).

En el anexo 2-a se observa los procesos de secado realizados el año 2015, empleando el programa de secado inicial, el cual contaba con las 6 fases descritas anteriormente. En ellos se presentó una tasa de secado de 7.3 m³/día en promedio.

Cabe mencionar que los postes secos obtenidos bajo este programa presentaban alta variabilidad de contenido de humedad final, presentándose generalmente valores desde 20% hasta 30%, en algunos casos se presentaban valores arriba 30%.

Posteriormente, con las modificaciones en el sistema de calefacción del horno, se propuso modificar los parámetros de secado empleados hasta este momento, debido a que la temperatura del horno podía alcanzar mayores valores y los ensayos previos de secado de tablas de 2" de Bolaina a 65°C mostraron buenos resultados.

Además, se varió las fases de acondicionamiento inicial y final. En el primero, las condiciones se redujeron, buscando iniciar el proceso con un ambiente más seco.

La fase de acondicionamiento final se omitió debido a los inconvenientes presentados en el sistema de aspersion. Esto producía que los postes secos, con un contenido de humedad de 25%-27% antes de esta fase, incrementen su humedad y se presenten problemas en el preservado.

Este contenido de humedad en los postes, va acorde con lo indicado en la norma NTP 251.022.1974 (revisada 2017), para la preservación de postes con el método de vació-presión, empleando soluciones inorgánicas.

En el anexo 1-b se muestra el programa de secado empleado luego de las modificaciones en el sistema de calefacción.

Con estas modificaciones empleadas se aumentó la tasa de secado promedio en 8.5 m³/día, según los reportes de producción del año 2017 (anexo 2-b). Esto representa un incremento del 16% respecto a la productividad obtenida bajo el programa de secado anterior.

2.3 Reducción de tiempo de secado.

Según lo indicado por Denig *et.al* (2000) y JUNAC (1989), el incremento de temperatura en los procesos de secado favorece el movimiento del agua dentro de la madera, lo cual hace que esta se seque más rápidamente.

En estos programas de secado, la temperatura manejada antes del punto de saturación de fibras aumentó de 50°C a 54°C, y para la fase por encima del punto de saturación de fibras se hizo de 52°C a 58°C.

Cabe señalar que se incrementó también la diferencia entre las temperaturas utilizadas antes y después del PSF, de 2°C a 4°C ya que pasado este punto se requiere de mayor energía para continuar con el secado.

Gonzales (1977), en su ensayo de secado de postes, trabajó con temperaturas entre 46°C y 60°C durante la fase de secado antes de llegar al punto de saturación de fibras y posterior a ello, aumentó a valores de 62° y 68°.

Adicionalmente, la humedad de equilibrio se redujo en 3% para la fase de acondicionamiento inicial; ya que, por las condiciones de funcionamiento del horno, no es posible trabajar con las ventilas abiertas por periodos de tiempo prolongados ni alta frecuencia de apertura, antes del PSF.

Esto debido a que, en esta acción, existe una gran pérdida de calor y descenso de temperatura en el horno, perjudicando los valores establecidos en el programa.

Por otro lado, los programas de secado iniciales empleaban gradientes de secado de 2 antes del PSF y de 2.5 luego de alcanzar el PSF; mientras que luego de realizar las modificaciones en los programas, estos valores cambiaron a 2.3 y 2.8 respectivamente. Esto nos indica que el programa modificado presenta un mayor grado de severidad en el secado.

Estos cambios en los parámetros de secado influenciaron en el tiempo de secado total, esto se puede observar en las curvas de secado analizadas (figuras 6, 7 y 8), en donde el tiempo de secado se redujo 25% en promedio.

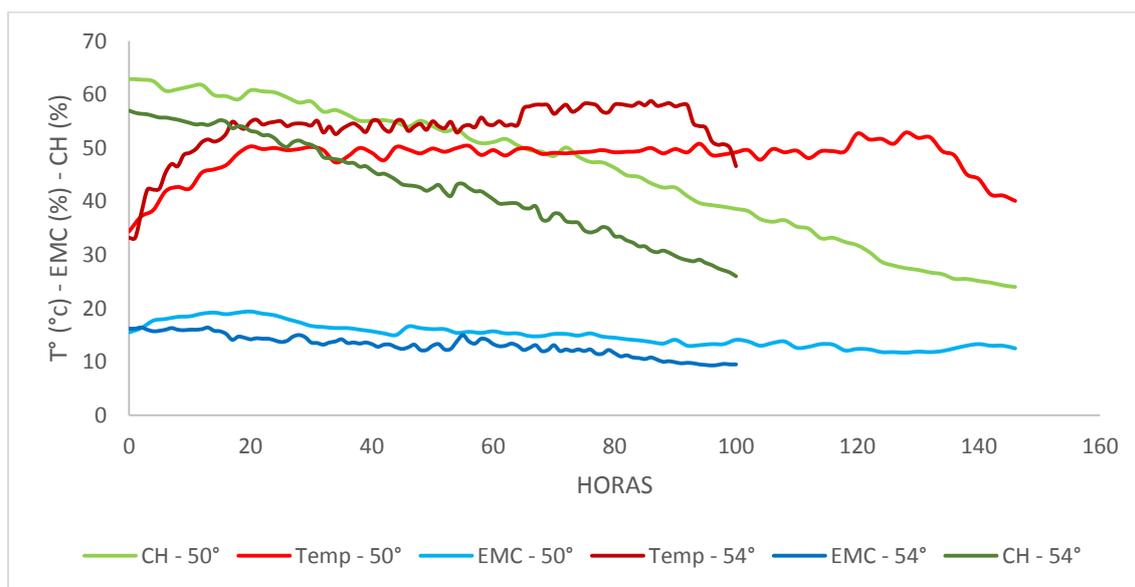


Figura 6. Curvas y parámetros de secado para postes de 4" de la especie *Guazuma crinita*. Las curvas con tonalidades más oscuras: Temp-54°, EMC-54° y CH-54°; pertenecen al proceso de secado modificado, con una temperatura inicial del 54°; mientras que las curvas con tonalidades más claras: CH-50°, Temp-50° y EMC-50°; grafican el proceso de secado al inicio de las operaciones, empleando una temperatura inicial de 50°C.

Cabe señalar que, si bien las dimensiones de los postes presentados en las curvas de las figuras 6 y 7 son las mismas, el tiempo de secado varió ligeramente (tablas 3 y 4) debido al contenido de humedad inicial de las cargas. Agrupándose por semejanza al contenido de humedad inicial para realizar la comparación.

Tabla 3
Características de los procesos de secado de la figura 6

	Tratamiento	Dimensiones de postes	Volumen de carga (m ³)	CH inicial prom. (%)	CH final prom. (%)	Horas de secado
Programa inicial	50°	4" x 2.4 m	58.84	63	24	146
Programa modificado	54°	4" x 2.4 m	58.84	57	26	100

Nota: El programa modificado presentó una reducción de tiempo de 31.5% respecto al programa inicial de comparación

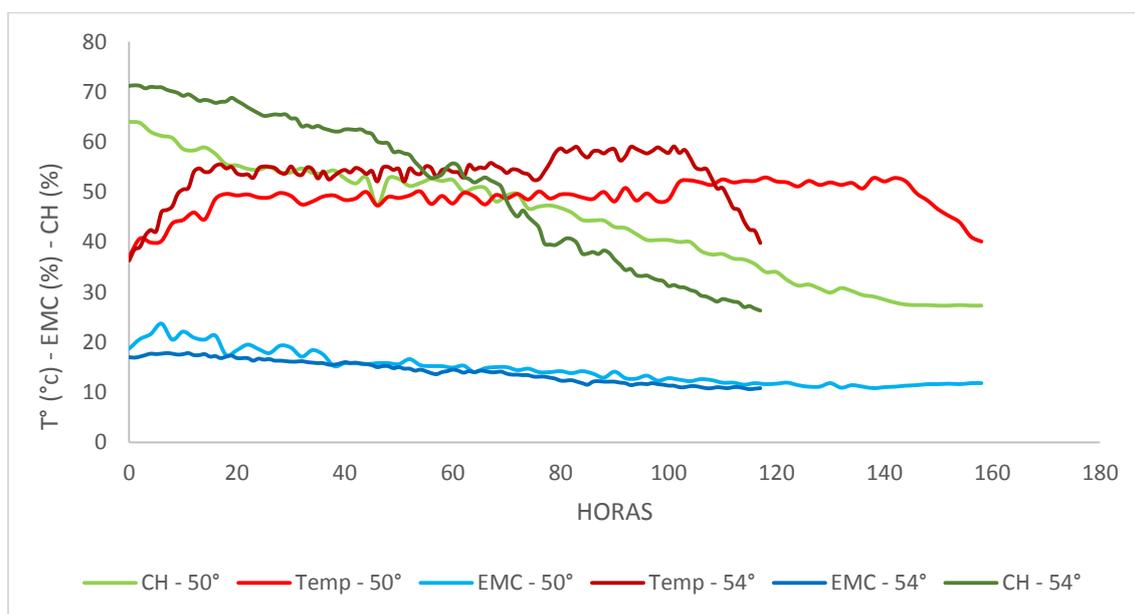


Figura 7. Curvas y parámetros de secado para postes de 4" de la especie *Guazuma crinita*. Las curvas con tonalidades más oscuras: Temp-54°, EMC-54° y CH-54°; pertenecen al proceso de secado modificado, con una temperatura inicial del 54°; mientras que las curvas con tonalidades más claras: CH-50°, Temp-50° y EMC-50°; grafican el proceso de secado al inicio de las operaciones, empleando una temperatura inicial de 50°C.

Tabla 4
Características de los procesos de secado de la figura 7

	Tratamiento	Dimensiones de postes	Volumen de carga (m ³)	CH inicial (%)	CH final (%)	Horas de secado
Programa inicial	50°	4" x 2.4 m	58.84	64	27	158
Programa modificado	54°	4" x 2.4 m	57.11	71	26	117

Nota: El programa modificado presentó una reducción de tiempo de 25.9% respecto al programa inicial de comparación

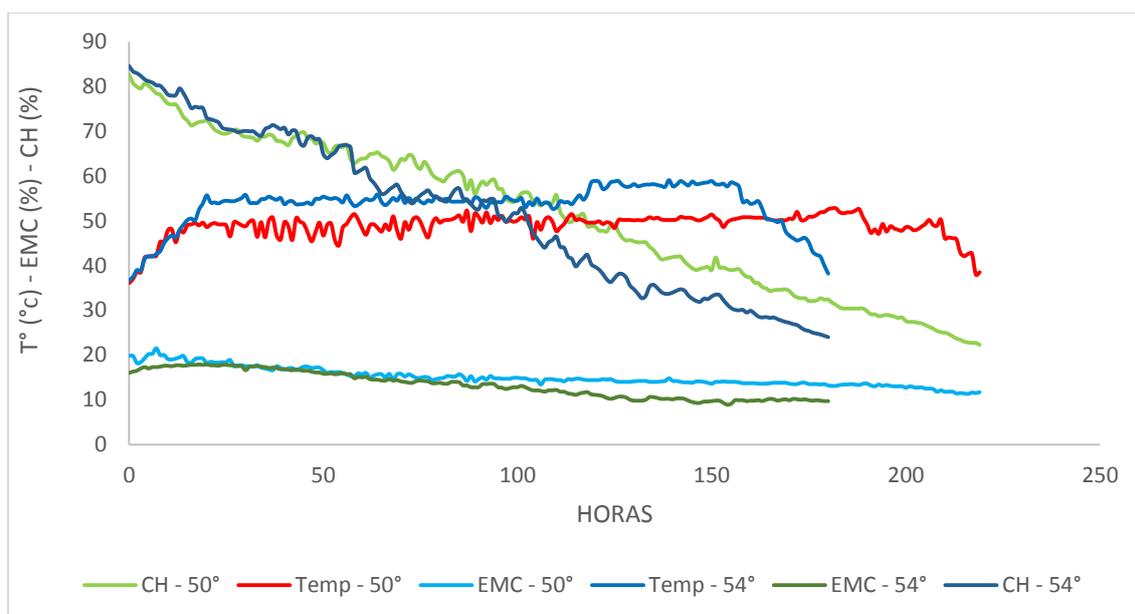


Figura 8. Curvas y parámetros de secado para postes de 5" de la especie *Guazuma crinita*. Las curvas con tonalidades más oscuras: Temp-54°, EMC-54° y CH-54°; pertenecen al proceso de secado modificado, con una temperatura inicial del 54°; mientras que las curvas con tonalidades más claras: CH-50°, Temp-50° y EMC-50°; grafican el proceso de secado al inicio de las operaciones, empleando una temperatura inicial de 50°C.

Tabla 5

Características de los procesos de secado de la figura 8

	Tratamiento	Dimensiones de postes	Volumen de carga (m ³)	CH inicial (%)	CH final (%)	Horas de secado
Programa inicial	50°	5" x 3 m	42.56	83	22	219
Programa modificado	54°	5" x 3 m	44.24	85	24	180

Nota: El programa modificado presentó una reducción de tiempo de 17.8% respecto al programa inicial de comparación

En las figuras 6, 7 y 8 se observa un mejor control de la temperatura en la cámara, reduciendo las fluctuaciones de los valores reales respecto al valor programado. Esto debido a las mejoras en operatividad de los trabajadores, tanto en el manejo del software como de las actividades en el caldero.

Por otro lado, se aprecia también oscilaciones en la curva de humedad de madera pero manteniendo una tendencia a disminuir.

Estas oscilaciones resaltan más en la curva de secado de los postes de 5" (figura 8), lo cual puede estar influenciado por el limitado paso del aire a través de las piezas de madera, haciendo que no se homogenice el ambiente dentro de la cámara.

2.4 Costos energéticos.

El tiempo empleado en los procesos de secado resultó ser el punto crítico dentro de la empresa Maquiwood S.A.C., ya que condiciona los tiempos de inmovilización de la materia prima, con la consecuente incidencia en el flujo de producción de la empresa (JUNAC, 1989).

Así mismo, los costos de secado, en especial los costos operativos, están muy influenciados por el consumo energético (CITEmadera, 2017) y este a su vez depende del tiempo de secado empleado. Es por tales motivos, que se realizaron ensayos para reducir el tiempo de secado en ambas líneas de producción.

Según los cuadros de costos de la empresa, el consumo de energía del horno es de 12 kW-h y del caldero es de 9.6 kW-h.

Asumiendo un volumen constante de 1000 m³ de madera para secar, se obtendrían los siguientes resultados para ambos programas de secado:

Tabla 6
Costo energético por tipo de programa empleado

	Producción (m ³ /día)	Días empleados	Horas	kW h consumidos	Costo de kW h consumidos	S/ x m ³
Programa inicial	7.3	137.0	3287.7	71013.70	34051	34.05
Programa modificado	8.5	117.6	2823.5	60988.24	29244	29.24

Nota: Los cálculos presentados son elaborados en base de 1000m³ de producción y considerando un costo de Kw-h de S/ 0.4795 registrado por la empresa Electro Ucayali el año 2017.

Se puede observar en la tabla 6 que existe una reducción de costo por m³ de S/4.81, lo cual muestra otro beneficio producto de la reducción de tiempo de secado.

2.5 Defectos de secado.

Los defectos presentados en los postes secos, tanto con el programa inicial y modificado, fueron grietas: superficiales y en las puntas. Estos defectos resultan ser comunes en el secado de postes (Mugabi, 2007 y Pezo, 2007) y más aún debido a las condiciones buscadas, en donde el secado se enfocaba en reducir la humedad, al 25%, a una profundidad aceptable, para el comprador y la empresa, en el preservado de postes.

Si bien la aplicación del programa modificado no contribuyó en la reducción ni aumento en la aparición de grietas; se obtuvo una carga más homogénea en cuanto a su humedad final, producto a las mejoras en la circulación de aire y modificaciones en los parámetros de secado.

El porcentaje de presencia de postes que superaban el límite máximo tolerable en cuanto a grietas era del 5% de la carga, lo cual no se percibió variación luego de modificar el programa de secado.

Por otro lado, como criterio de clasificación en la empresa, no se aceptaban postes con presencia de rajaduras, las cuales pueden comprometer trabajo del poste puesto en campo. Este defecto se presentaba en una proporción menor al 5% de la carga y se mantuvo constante luego del cambio de programa de secado.



Figura 9. Grietas en la punta de poste de bolaina, producto del secado rápido en esta sección de la pieza de madera. Empresa Maquiwood S.A.C.



Figura 10. Grietas en la superficie de poste de bolaina, producto de las tensiones ocasionadas durante el secado. Empresa Maquiwood S.A.C.

VIII. CONCLUSIONES

- Las mejoras en la clasificación, emparrillado, y apilado de postes, disminuyó la variabilidad de contenido de humedad final y entre postes de madera, en la empresa Maquiwood S.A.C.
- El aumento de la temperatura y reducción del contenido de humedad de equilibrio disminuyó el tiempo de secado, sin presentar variaciones en los defectos de secado de los postes de madera.
- La reducción de humedad en la fases de acondicionamiento inicial y omisión del acondicionamiento final, favorecieron en la reducción del tiempo de secado.
- La reducción del tiempo de secado produjo un aumento en el número de cargas mensuales, lo cual se traduce en un aumento de productividad del área de secado, además de disminuir el consumo de energía eléctrica.

IX. RECOMENDACIONES

- Mejorar el sistema de humidificación de la cámara, ya que presenta serias deficiencias en su funcionamiento, pudiendo perjudicar el secado de la madera.
- Antes de invertir en la instalación de un horno convencional, se debe considerar la especie, los tipos de productos, y el objetivo del secado. A fin de no incurrir en gastos adicionales por rediseño.
- Realizar más ensayos de secado, a fin de ajustar aún más los tiempos de secado, sin perjudicar la calidad de la madera.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade, B. 2001. Evaluación de dos tipos de acabado en la madera de Guazuma crinita Martius (Bolaina blanca). Tesis Lic. Ing. For. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 92 p.
2. Centro de innovación tecnológica de la madera (CITEmadera). 2009. Técnicas de secado de la madera. Serie 1: Competencias básicas para la producción industrial de muebles de madera. Ministerio de la Producción. Lima, Perú.
3. Centro de innovación tecnológica de la madera (CITEmadera). 2014. Buenas prácticas para el secado de madera en hornos convencionales. Serie 2: Competencias básicas para la producción industrial de madera. Ministerio de la Producción. Lima, Perú.
4. Centro de innovación tecnológica de la madera (CITEmadera). 2017. Memoria descriptiva del proyecto “Desarrollo de tecnología de secado para especies nativas de rápido crecimiento, reforestadas y de importancia comercial”. Lima, Perú
5. Centro de innovación tecnológica de la madera (CITEmadera). 2017. Manual para operadores de secadores convencionales para madera. Ministerio de la Producción. Lima, Perú.
6. Chavesta, Manuel; Montenegro, Rolando; Tomazello-Filho, Mario; Carnerio, Mayara; Nisgoski, Silvana. (2019). Physical properties of Guazuma crinita by conventional methods and near infrared spectroscopy. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 21(4), 521-530. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2019005000408>.

7. Conners, T. 2012. Hardwood dry kiln operation. A manual for operators of small dry kilns. Wood Products Extension Specialist Department of Forestry, University of Kentucky. EE.UU.
8. Denig, J; Wengert, E.; Simpson, W. 2000. Drying Hardwood Lumber. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison. EE. UU.
9. Fachin, C.E. 1986. Estudio de las propiedades físico - mecánicas y su variación en el tronco de la *Parkia veutina* R. Benth (pashaco curtidor), En los bosques de plantación de Jenaro Herrera. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 98 p.
10. Forest Products Laboratory (FLP). 2010. Wood handbook - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Wisconsin, U.S
11. Gonzales, R. 1977. Preservación y secado de postes de madera de 5 especies forestales de la zona de Pucallpa. Revista Forestal del Perú Volumen 7. N°1-2
12. Hoheisel, H; Escobar, O; López y L.C. Mejía. 1973. Manual de secado de la madera. Departamento de Recursos Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
13. Junta del acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Primera edición. Lima, Perú.
14. MAQUIWOOD. 2016. Informe de secado de tablas de Bolaina de 2" en empresa MAPESA
15. Moya, R; Leandro, L; Monge, F. 2004. Preservación de postes de melina mediante el método de vacío-presión con sales de CCA-C. Kurú: Revista Forestal 1(3). Costa Rica.
16. Mugabi, P. 2007. Moisture content and drying defects in kiln-dried *Eucalyptus grandis* poles. Dissertation presented for the degree of Doctor of Forestry (Wood Science) at the University of Stellenbosch. Stellenbosch, South Africa.

17. Mugabi, P; Rypstra, T; Vermaas; H. F; Ner, D. 2009.Effect of kiln drying schedule on the quality of South African grown Eucalyptus grandis poles. European Journal of Wood and Wood Products. Stellenbosch, South Africa.
18. Norma Técnica Peruana 251.032.1979 (revisada 2017). Clasificación de maderas nacionales por sus características de preservación. Lima, Perú.
19. Norma Técnica Peruana 251.102.2016. Madera y carpintería para construcción. Madera aserrada. Defectos. Clasificación y método de medición. Lima, Perú.
20. Norma Técnica Peruana 251.101.1988 (revisada 2017). Madera aserrada. Defectos. Definiciones y clasificación.
21. Norma Técnica Peruana 251.022.1974 (revisada 2017). Postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía. Requisitos generales.
22. Pezo, J. 2007. MAHILD DRYING TECHNOLOGIES. Edición Nro 1. Nürtingen, Alemania.
23. Pontes, I. 2000. Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada. CIRCULAR TÉCNICA N° 191. Brasil
24. Reportes de producción de la empresa Maquiwood S.A.C.de los años 2015 y2017.
25. Sidney, R. 1992. Drying of southern pine poles for preservative treatment. Proceedings of the 1st southeastern pole conference, 157–162; 1994. Forest Products Society. Wisconsin, EE.UU.
26. Silverio, V. 1998.Guía para el secado de la madera en hornos. Documento técnico Nro 69.Proyecto de manejo forestal sostenibleBOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
27. Simpson. W. 1991. Dry kiln operator's manual. Agriculture Handbook N° 188. Forest Products Laboratory. USDA. Wisconsin, EE.UU.Vignote, S; Martínez, I. 2006.Tecnología de la madera. Tercera edición. Madrid, España. Viscarra, S. 1998. Guía para el secado de madera en hornos. Documento técnico 69/1998. USAID. Bolivia.

28. Zaderenko, C. 2000. Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de Misiones. Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina.
29. Zarate, J. 2006. Evaluación de un programa de secado de *Pinus radiata* D.Don impregnado con sales CCA. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar el Título de Ingeniero en Maderas. Valdivia, Chile.

XI. ANEXOS

ANEXO 1

PROGRAMAS DE SECADO EMPLEADOS EN LA EMPRESA

MAQUIWOOD S.A.C.

a) *Programa de secado inicial para postes*

Fase	Parámetros	
	Temp (°C)	CHE (%)
	Incremento de 4°C cada	
Calentamiento	6 horas	Aspersores abiertos
Acondicionamiento Inicial	50°	19 -20
Secado (CH>PSF)	50°	12
Secado (CH<PSF)	52°	10
Acondicionamiento Final	48°	11-12
Enfriado		

b) *Programa de secado modificado para postes*

Fase	Parámetros	
	Temp (°C)	CHE (%)
	Incremento de 3°C cada	
Calentamiento	4 horas	16-17
Acondicionamiento Inicial	54°	16-17
Secado (CH>PSF)	54°	12
Secado (CH<PSF)	58°	9
Enfriado		

ANEXO 2

DETALLES DE PRODUCCIÓN DEL AREA DE SECADO

a) Detalles de procesos de secado antes de realizar modificaciones

Fecha de inicio de secado	Días de secado	Volumen (m ³)	Diámetros (Pulgadas)				CH inicial	CH Final
01/06/2015	11	58.05	3	4	5	6	82	26
15/06/2015	9	58.96		4	5	6	80	27
22/08/2015	9	60.55	3	4		6	68	28
31/08/2015	9	42.56			5		83	22
26/09/2015	7	56.63	3	4			73	28
02/10/2015	6	59.51	3	4	5		68	28
08/10/2015	6	55.01	3				67	29
14/10/2015	8	60.56	3	4			82	29
28/10/2015	7	44.89	3	4	4.5		65	27
13/11/2015	9	57.14		4	4.5		60	29
22/11/2015	6	57.53	3	4	4.5		68	29
28/11/2015	9	56.85		4	5	6	69	29
15/12/2015	7	58.84	4				64	27

b) Detalles de procesos de secado después de realizar modificaciones

Fecha de inicio de secado	Días de secado	Volumen (m ³)	Diámetros (Pulgadas)			CH inicial	CH Final
15/06/2017	7	58.84		4		69	25
11/07/2017	5	57.11		4		71	26
22/08/2017	7	56.74	2	4		62	24
29/09/2017	7	54.64	2	4		65	25
21/10/2017	6	52.58	2	2.5		61	23
11/11/2017	6	52.58	2	2.5		67	25
21/11/2017	6	54.72		2.5		66	25
09/12/2017	8	44.24			5	85	24

ANEXO 3

**PROCEDIMIENTO OPERACIONALES VINCULADOS AL SECADO
DE POSTES**

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PC-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	1 / 10

1. CONDICIONES NECESARIAS

1.1. MATERIALES Y EQUIPOS

a) Herramientas:

- Pala cuchara
- Carretilla
- Rastrillo

b) Equipos:

- Motosierra
- Caldero con agua caliente
- Sistema de calefacción
- Tablero de control de bombas de agua
- Extractor de humo "turbina"
- Inyector de aire "soplador"

c) Equipos de Protección personal:

- Casco de seguridad
- Guantes
- Lentes
- Zapatos de cuero con punta de acero

1.2. SEGURIDAD / SALUD / MEDIO AMBIENTE

Antes de iniciar las actividades dentro de proceso en horno, se debe de verificar que las siguientes condiciones se encuentren controladas:

SEGURIDAD

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Aplastamiento o Contusión	Monta carga con leña	Mantener una distancia segura y utilizar EPP's
Electrocución	Equipo electrónico empleado en el área	Uso de EPP's Inspeccionar el área de trabajo y dar conocimiento al supervisor del área.
Corte con motosierra	Trozado de leños largos (>1.5m)	Posición segura para cortar, equipo en buen estado

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PC-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	2 / 10

Quemaduras	Zonas del caldero con altas temperaturas	Reconocer y evitar los lugares de altas temperaturas en el sistema
------------	------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

SALUD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Daño a la salud	Aspiración de cenizas	Uso de mascarilla al momento de limpieza de caldero
Deshidratación	Sudoración excesiva / deshidratación	Tener dispensador de agua a la mano. Sales rehidratantes en caso de emergencia.

MEDIO AMBIENTE:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Contaminación del aire	Emisión de CO2 a causa de la combustión de madera	No controlable

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**ACTIVIDADES PREVIAS AL ENCENDIDO DEL CALDERO:**

- Colocarse todos los EPP's indicados en el punto 1.1



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PC-001
		Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	3 / 10

2. El calderista debe revisar el nivel de agua en el caldero, en el cual no debe aparecer espacios vacíos (meniscos).



3. Seguido, abrir la llave para el llenado de agua de todo el sistema. Se cerrará la llave cuando empiece a caer agua del tanque de expansión. De esta manera se asegurará que todo el sistema de esté lleno de agua.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PC-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	4 / 10

DURANTE LA OPERACIÓN:

4. Encender el tablero de control de las bombas, "turbina" y "soplador". Esto se realizará girando el botón de parada de emergencia. Luego de encendido aparecerá lecturas (números) en el panel de electrónico.



5. Colocar la perilla de la "turbina" en modo **automático**, girándola al lado izquierdo. El "soplador" se encenderá **manualmente** si es necesario más aire para la combustión de la leña; esto se realizará girando la perilla de este hacia el lado derecho.



Turbina y soplador apagados



Turbina en automático y soplador encendido en manual

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PC-001
		Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	5 / 10

6. Encender el fuego del caldero; para ello se colocará viruta seca, con la pala cuchara, SOLO para el encendido. No emplear combustibles para el encendido del fuego ya que puede ocasionar explosiones.
7. Alimentar el caldero según el consumo de leña en la hoguera (fuego). No alimentar más del 75% del volumen de la hoguera del caldero. La leña debe ser lo más seca posible.



8. El agua dentro del caldero no debe superar los **90°C**, para ello, alimentar con leña hasta que la lectura del sensor del caldero marque **85°C**



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PC-001
		Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	6 / 10

9. Si se necesita iniciar la calefacción del horno, revisar el procedimiento operacional de secado "actividades previas al secado".

10. En caso se esté trabajando **2 cámaras**, el rango de temperatura de trabajo del caldero es de **80°- 90°**, indicado por el sensor A



11. En caso se esté trabajando con **una cámara**, la temperatura del caldero debe manejarse en el rango: **70°-80°**, indicado por el sensor A

12. En caso se supere la temperatura de **90°C** abrir ligeramente la llave que llena con agua al caldero (punto 3), hasta bajar 2" al agua. No alimentar el caldero en esta situación hasta que se prenda automáticamente la "turbina"

13. Si se sobrecalentó el agua dentro del caldero y este empieza a sacudirse; purgar el caldero a través de la llave ubicada en la parte superior del mismo (cerca de la tapa).



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PC-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	7 / 10

14. La purga durará el tiempo necesario hasta que deje de salir vapor y vuelva a salir agua.

ACTIVIDADES ADICIONALES

15. Rociado de agua hacia residuos de viruta INFLAMABLES

15.1 Cerrar la llave de paso hacia los tanques elevados y cerciorarse que la llave de paso hacia el vivero se encuentre cerrada.



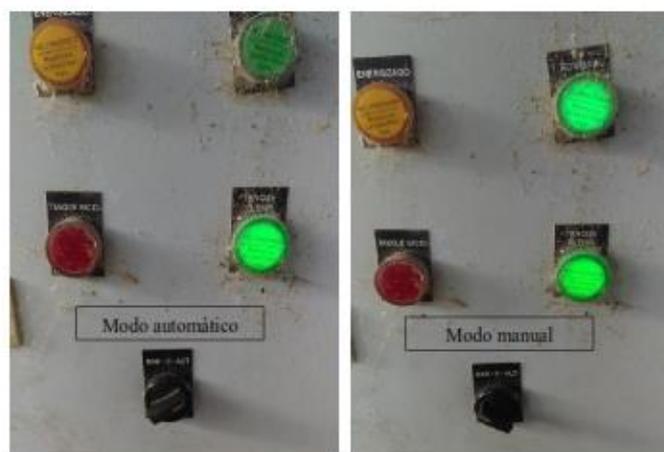
Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código PO-MW-PC-001
		Versión V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área SECADO
		Páginas 8 / 10

15.2 Abrir la llave de paso hacia la manguera contra incendios.



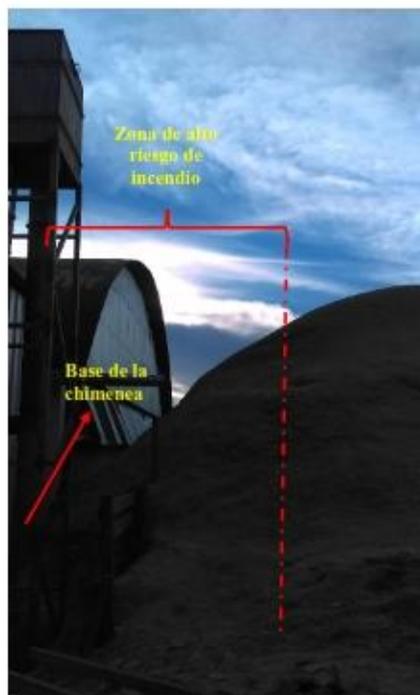
15.3 Pasar el encendido de la bomba de **modo automático a modo manual**.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PC-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	9 / 10

15.4 Rociar, con **abundante agua**, la viruta; principalmente la que se encuentra más cercana a la chimenea del caldero (Zona de alto riesgo de incendio). Posteriormente, rociar el resto de viruta con menor cantidad de agua. Se deberá rociar a las 7 am., 12:30 pm., 7 pm. y 12:30 am.



15.5 Luego de rociar la viruta, se deberá regresar la bomba a modo automático y al estado inicial todas las llaves que fueron empleadas.

3. RESULTADOS ESPERADOS

- Mantener el caldero en temperaturas de 85° - 90° para que los hornos trabajen de manera adecuada.
- Evitar cualquier accidente dentro de las labores realizadas.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PC-001
		Versión	V. 2.0
	Título: OPERACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERO	Área	SECADO
		Páginas	10 / 10

c) Reducir la probabilidad de ocurrencia de un incendio cerca del área de secado.

4. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN

ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
No calienta adecuadamente los radiadores del horno.	Obstrucción por burbujas de vapor en las tuberías del sistema de calefacción	Abrir ligeramente las llaves de "purga" por 5 min o más hasta observar que la salida de agua sea continua.
No se puede mantener temperatura constante en el caldero.	Alimentación del caldero con leña muy húmeda o podrida	Alimentar el caldero con leña seca y/o en buen estado principalmente.
No sube la temperatura del caldero.	Obstrucción de los tubos de escape, "soplador" o "turbina"	Limpiar la ceniza debajo de la parrilla de leña y la ceniza adherida a los tubos de escape del caldero.
Pequeños fuegos en la viruta	Falta de rocío con agua a viruta seca	Rociar con abundante agua y remover las zonas con virutas encendidas

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PCH-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	1 / 9

1. CONDICIONES NECESARIAS

1.1. MATERIALES Y EQUIPOS

- a) Herramientas:**
- Wincha
 - Separador de clavos para sensores
 - Martillo
- b) Materiales:**
- Crayolas
 - Lápiz
 - Libreta de apuntes
- c) Equipos:**
- Monta carga
- d) Equipos de Protección personal:**
- Casco de seguridad
 - Lentes
 - Zapatos de cuero con punta de acero

1.2. SEGURIDAD / SALUD / MEDIO AMBIENTE

Antes de iniciar las actividades dentro de proceso en horno, se debe de verificar que las siguientes condiciones se encuentren controladas:

SEGURIDAD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Aplastamiento o Contusión	Pilas de madera inestables	Utilizar EPP's y correcto apilado.
Aplastamiento o Contusión	Monta carga	Mantener una distancia segura y utilizar EPP's
Muerte	Caída de pilas de madera	Utilizar EPP's y correcto apilado.

Elaborado por:
Adrián Tapia

Uso:
Uso interno del negocio

Aprobado por:
Luis Solari

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PCH-001
		Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	2 / 9

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES PREVIAS AL INICIO DEL CARGUÍO:

- Colocar la guía del portón, frente al horno a abrir, fijándose la coincidencia del gancho del portón y de la guía.



- Bajar el seguro de la guía del protón, el cual debe ingresar a un orificio frente al horno que se vaya a cargar.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PCH-001
		Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	3 / 9

3. Girar en sentido horario la manivela de la guía hasta su tope o no pueda girar más. Cerciorarse también que al levantar y correr el portón no golpee al portón contiguo.



4. Correr el portón, empujando desde el asa del seguro



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PCH-001
		Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	4 / 9

5. Verificar la limpieza de la cámara del horno, retirar los "tacos" del suelo y demás objetos que puedan afectar el tránsito del montacarga.

6. La operación de carguío se debe hacer con el **montacarga**.



7. Para el carguío de postes agrícolas, se deberá emplear también el bob cat para aproximar los paquetes, al horno, desde zonas no aptas para el tránsito del montacarga.

8. Antes de ingresar los paquetes al horno, revisar su estabilidad. En el caso de postes agrícolas, reacomodar el paquete, colocando tacos o re-enzunchando si fuera necesario. Para madera aserrada, se debe revisar la inclinación del paquete, el cual deberá ir en la parte superior de la pila si no presenta la escuadría adecuada.



Falta de "tacos" en varales

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PCH-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	5 / 9

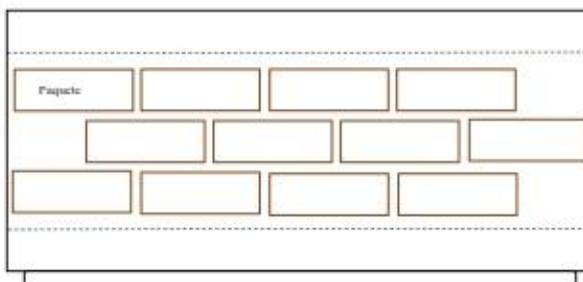
DURANTE LA OPERACIÓN:

9. Se necesitarán 3 personas para realizar este proceso cuyas funciones son:

- Operador de montacarga: realiza el carguio de paquetes dentro del horno.
- Ayudante de montacarga: consta en apoyar en los movimientos de carguio y colocación de "tacos" en la carga de madera.
- Supervisor de recepción: consta en realizar un chequeo de los paquetes que van ingresando al horno.

10. Empezar el llenado de izquierda a derecha o viceversa.

Vista de planta
horno



11. Para el carguio de **madera aserrada** colocar un "taco" por cada línea de varales en la base de cada carga, procurando que sean dimensionalmente lo más homogéneos posibles, para reducir la inestabilidad de la carga. En el caso de **postes agrícolas** es necesario colocar solo 3 "tacos" por paquete cargado.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PCH-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	6 / 9

12. El guiado brindado por el ayudante de montacarga se deben realizar de manera clara y mantener constante comunicación con el montacarguista. El ayudante no debe estar dentro del radio de giro del montacarga ni transitar por debajo de las "uñas" del mismo.

13. Realizar el llenado del horno evitando dejar espacios vacíos (o reduciendo al mínimo): entre los paquetes de madera (tablas o postes); entre los paquetes y las paredes del horno; entre los paquetes y el techo. Para evitar el paso del aire en zonas indebidas.

14. Para el caso del llenado con tablas de madera, pasar los sensores traseros del horno entre los paquetes. 2 pares se colocarán delante de la 1era fila cargada. Los segundos pares se colocará delante de la 2da fila cargada.

15. De los 4 pares de sensores delanteros, 2 pares se colocarán en la 3era y 4ta fila cargada respectivamente.

16. Los clavos guía de los sensores de humedad se deben colocar teniendo las siguientes consideraciones:

Distancia entre clavos	3.0 cm
Profundidad de clavado	<ul style="list-style-type: none"> • 1/3 - 1/2 del espesor de la tablas. • 1 pulg en postes (dependiendo del diámetro de postes).
Orientación de la línea formada entre los clavos	Perpendicular al sentido de las fibras de la madera.



17. Conectar los clavos guía con el cable de sensores hacia la caja de sensores.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PCH-001
		Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	7 / 9



- 18.** Inspeccionar la inclinación de las pilas de madera dentro de la cámara, tanto en la parte delantera y trasera de la carga. En caso la pila esté inclinada, colocar puntales. Si el llenado es con postes, se debe colocar **obligatoriamente** puntales.
- 19.** Los puntales deben estar apoyados en los varales centrales del 3er o 4to paquete, (dependiendo del estado) empezando desde la base de la pila. Dichos puntales se deben colocar por debajo de los varales y empujando el paquete con el puntal hasta que quede fijo.
- 20.** En la base del puntal, colocar "tacos" para evitar que se deslice en el suelo.
- 21.** Se procede a cerrar el horno, llevando el portón nuevamente frente al horno. Se asegura la puerta y se gira la manivela en sentido anti-horario.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PCH-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	8 / 9

22. Se debe fijar que los rodillos del portón encajen y sean los que se asientan en los ángulos.



23. Bajar todo el portón hasta que quede completamente asentado y todos los rodillos queden fijos.

3. RESULTADOS ESPERADOS

- a) Reducir al mínimo la ocurrencia de accidentes o incidentes de seguridad, principalmente
- b) Minimizar el tiempo de carguio, teniendo presente las medidas de seguridad.

4. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN

ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
Caída de paquetes	Mal acomodo de paquetes Falta colocación de puntales	Guiado correcto en el acomodo de paquetes. Asegurar columnas de cargas empleando puntales.
Lecturas erróneas de sensores dentro de la cámara.	Mala colocación de los equipos de sensores.	Anular la recepción de esos datos.
Torcedura en tablas	Falta de separadores (tacos) entre paquetes. Mal estivado de paquetes.	Colocación de separadores por cada línea de varales. Correcto guiado en el

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PCH-001
		Versión	V. 2.0
	Título: Procedimiento de Carguio de Horno	Área	SECADO
		Páginas	9 / 9
		estivado de paquetes.	

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	1 / 15

1. CONDICIONES NECESARIAS

1.1. MATERIALES Y EQUIPOS

a) Herramientas:

- Escalera
- Linterna

b) Materiales:

- Lápiz
- Libreta de notas

c) Equipos:

- Higrómetro de contacto
- Higrómetro de clavos
- Computadora

d) Equipos de Protección personal

- Casco de seguridad
- Zapatos de cuero con punta de acero

1.2. SEGURIDAD / SALUD / MEDIO AMBIENTE

Antes de iniciar las actividades dentro de proceso en horno, se debe de verificar que las siguientes condiciones se encuentren controladas:

SEGURIDAD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Aplastamiento o Contusión	Pilas de madera dentro del horno	Observar por donde se va a transitar dentro de la cámara, sin sobre exponerse
Mareo	Exposición a altas temperaturas	Uso de EPP's Apagar los ventiladores antes de ingresar a la cámara. Aclimatarse antes de entrar y salir de la cámara en funcionamiento

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	2 / 15

SALUD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Deshidratación	Sudoración excesiva / deshidratación	Tener dispensador de agua a la mano. Sales rehidratantes en caso de emergencia.

MEDIO AMBIENTE:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Contaminación del aire	Emisión de CO2 a causa de la combustión de madera	No controlable

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**ACTIVIDADES PREVIAS AL CONTROL:**

1. Este procedimiento se aplicará solo en el caso de evaluar la humedad de las tablas o postes; así como también en caso se observen anomalías en proceso de secado.

2. Colocarse todos los EPP's indicados en el paso 1.1



Elaborado por:
Adrián Tapia

Uso:
Uso interno del negocio

Aprobado por:
Luis Solari

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	3 / 15

3. Reconocer las siguientes abreviaturas:

- **HE = UGL = CHE (%)**: Humedad de equilibrio del ambiente (o cámara de secado).
- **CH (%)**: Contenido de humedad en la madera.
- **Set Temp**: Temperatura seteada.
- **Set UGL**: Humedad de equilibrio seteada.

DURANTE LA OPERACIÓN:

4. Ingreso y reconocimiento del software de secado

- 4.1** Encender la computadora y la pantalla, para ello se presionará los botones indicados.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	4 / 15

4.2 Posteriormente se ingresará la clave para acceder a la computadora.
CLAVE: **SECADOMAQUI**.



Ingreso de clave para acceso a la PC

Escritorio de PC

4.3 En el escritorio, se buscará el icono del software de secado "Dryer manager" y hará doble "click"; aparecerá otra ventana para ingresar la clave de acceso al software. CLAVE : **administrator**



Icono de software "Dryer manager"

Ingreso de clave para acceso a software

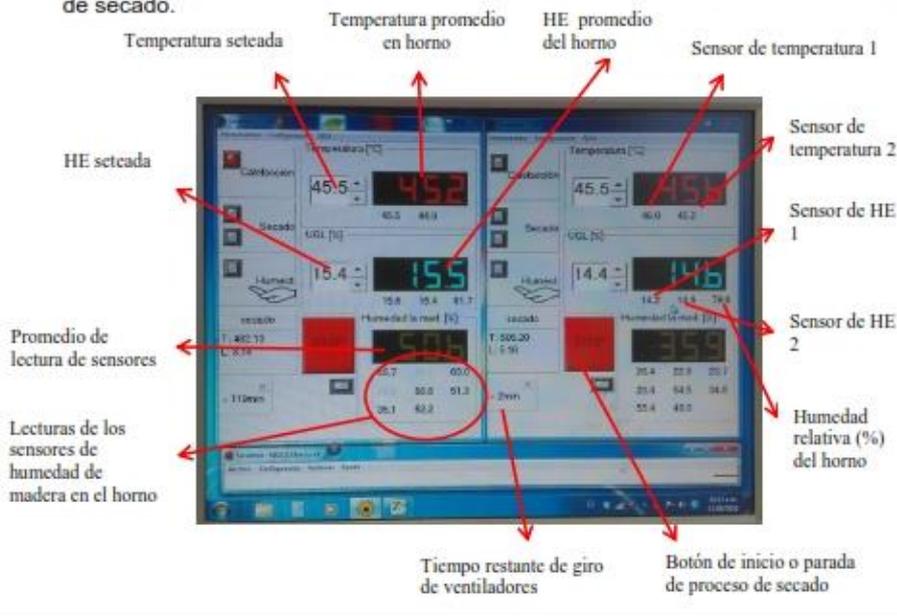
Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	5 / 15

4.4 Luego de ingresar la clave, aparecerá 3 ventanas del software: Secadora 1 (horno 1), Secadora 2 (horno 2), Secadora – Nigos (opciones generales).



4.5 Reconocer los indicadores que se presentan en la ventana principal del programa de secado.



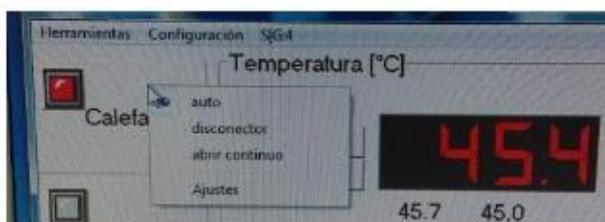
Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	6 / 15

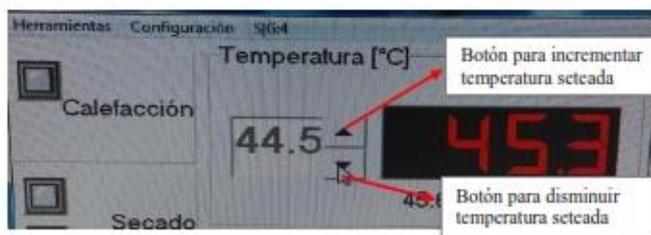
5. Para control de temperatura del horno

Modo automático

5.1 El modo automático se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "**calefacción**". Luego de ello aparecerán 3 opciones, de las cuales se seleccionará la opción "**auto**" haciendo "click" izquierdo sobre ella.



5.2 La temperatura del horno se manejará (en modo automático) partir de la temperatura seteada, la cual presenta botones graduadores.



5.3 La temperatura seteada se incrementará o disminuirá realizando un "click" izquierdo sobre el botón respectivo.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	7 / 15

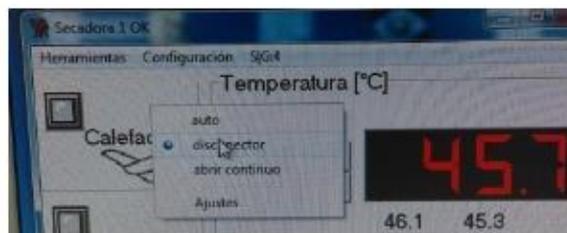
5.4 El sistema de calefacción se encenderá cuando la temperatura del horno esté 0.5° por debajo de la temperatura seteada, y se apagará cuando la temperatura del horno esté 0.5° por encima de la temperatura seteada.



Modo Manual

5.5 El modo manual se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "calefacción". Luego de ello aparecerán 3 opciones, siendo solo las opciones "disconector" y "abrir continuo" las empleadas en este modo manual.

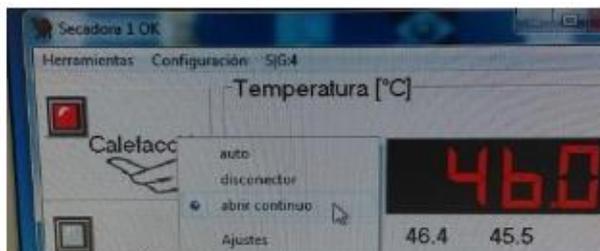
5.6 La opción "disconector" cierra (apaga) el sistema de calefacción y por ende no calienta el horno.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	8 / 15

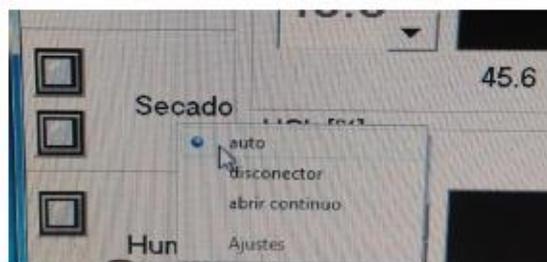
5.7 La opción "abrir continuo" abre (enciende) el sistema de calefacción y empieza a calentar el horno.



6. Para el control de humedad de equilibrio del horno

Modo automático

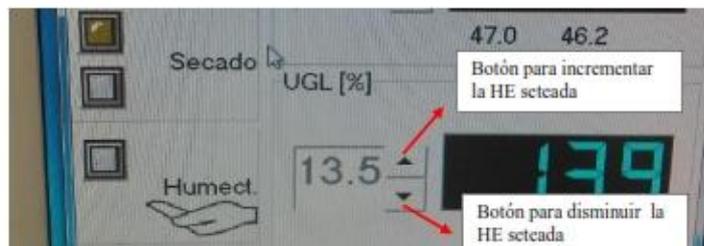
6.1 El modo automático se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "**secado**". Luego de ello aparecerán 3 opciones, de las cuales se seleccionará la opción "**auto**" haciendo "click" izquierdo sobre ella.



6.2 La humedad de equilibrio del horno se manejará (en modo automático) partir de la humedad de equilibrio seteada, la cual presenta botones graduadores.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	9 / 15



6.3 La humedad de equilibrio (HE) setcada se incrementará o disminuirá realizando un "click" izquierdo sobre el botón respectivo.

6.4 La ventilación se encenderá (apertura de ventilas) cuando la HE del horno esté 0.4% por encima de la HE setcada, y se apagará (cerrado de ventilas) cuando la HE del horno esté 0.2% por encima de la HE setcada.

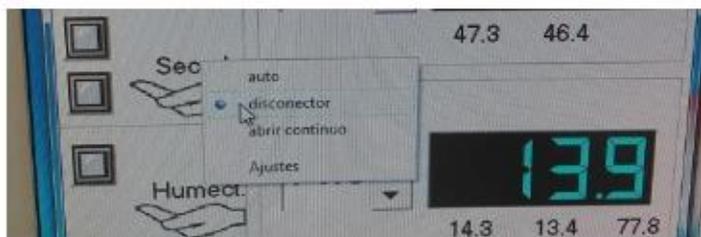


Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

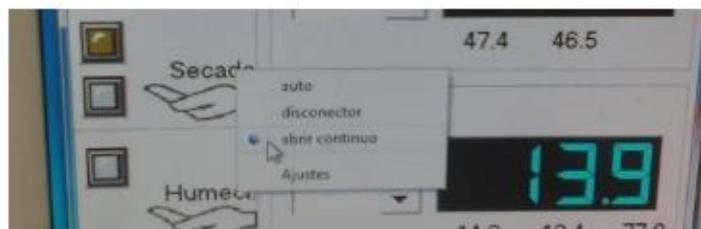
	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	10 / 15

Modo Manual

- 6.5 El modo manual se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "**secado**". Luego de ello aparecerán 3 opciones, siendo solo las opciones "disconector" y "abrir continuo" las empleadas en este modo manual.
- 6.6 La opción "disconector" cierra (apaga) las ventilas y por ende no disminuye la humedad de equilibrio de la cámara.



- 6.7 La opción "abrir continuo" abre (enciende) las ventilas y empieza a disminuir la humedad de equilibrio de la cámara.



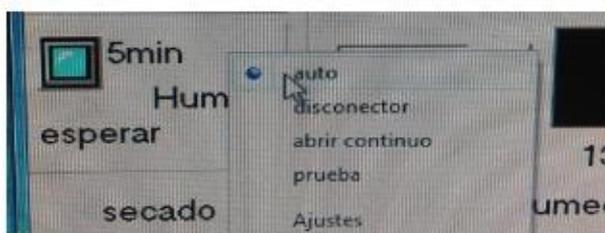
Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	11 / 15

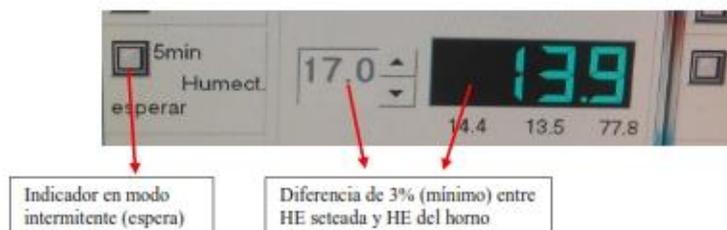
6. Para el control de sistema de humidificación (rociadores)

Modo automático

6.1 El modo automático se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "**Humect.**". Luego de ello aparecerán 3 opciones, de las cuales se seleccionará la opción "**auto**" haciendo "click" izquierdo sobre ella.



6.2 Los rociadores (para humectación o humidificación) se activarán cuando, como mínimo, la humedad de equilibrio del horno esté 3% por debajo de la humedad de equilibrio seteada; y se apagarán cuando la HE del horno = HE seteada.



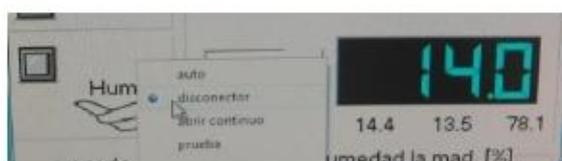
6.3 En modo automático, los rociadores funcionarán por periodos de tiempo establecidos (5 min, 10 min, 24 min, 45 min) de manera intermitente (encendido y apagado cada 30 segundos) hasta que la HE del horno sea igual a la HE seteada.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

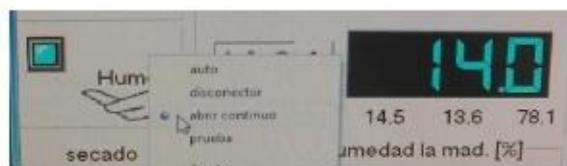
	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	12 / 15

Modo Manual

- 6.5** El modo manual se accionará realizando "click" derecho sobre el recuadro donde aparece la palabra "**Humenct.**". Luego de ello aparecerán 3 opciones, siendo solo las opciones "disconector" y "abrir continuo" las empleadas en este modo manual.
- 6.6** La opción "disconector" cierra (apaga) los rociadores y por ende no incrementa la humedad de equilibrio de la cámara.



- 6.7** La opción "abrir continuo" abre (enciende) los rociadores y empieza a elevar la humedad de equilibrio de la cámara.

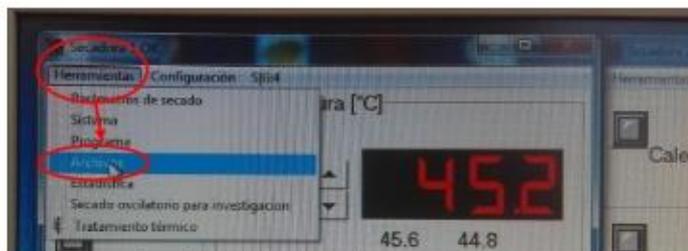


7. Para control del desarrollo del proceso de secado

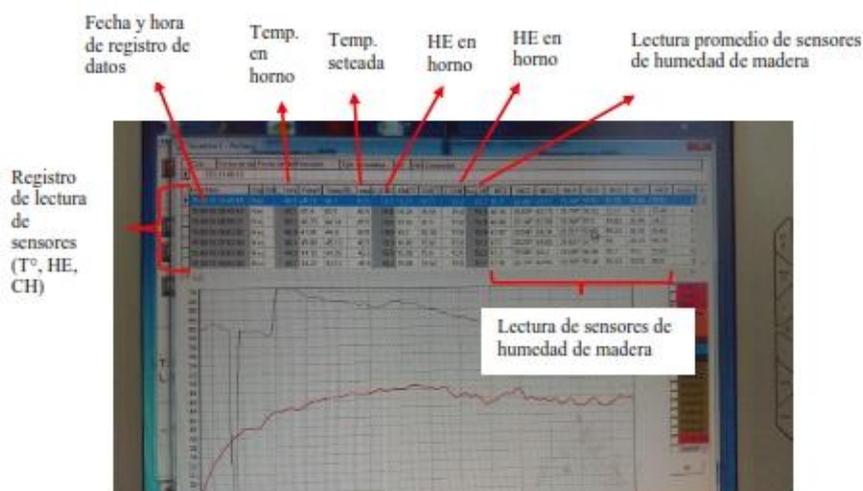
- 7.1** Dentro de las ventanas de control de los hornos, en la parte superior, se ingresará a la opción "**Herramientas**". Luego de ello, aparecerán otras opciones y se seleccionará la opción "**Archivos**".

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
----------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	13 / 15



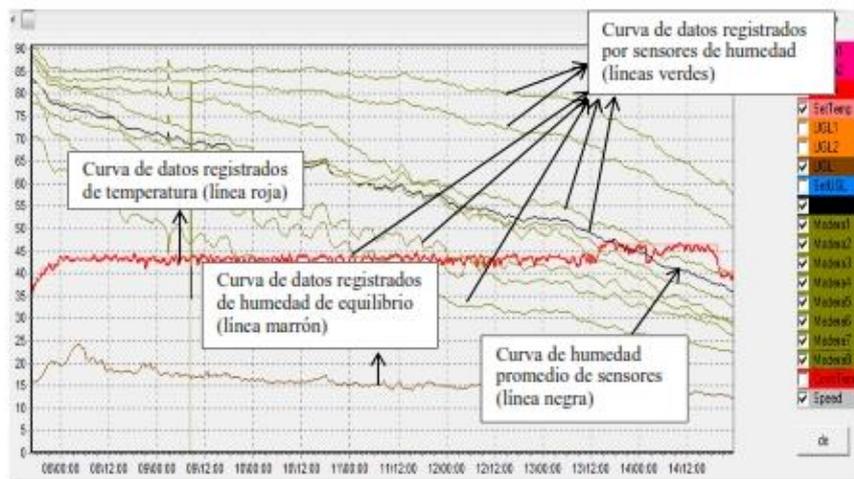
7.2 Al dar "click" en la opción "archivos", aparecerá una ventana como se muestra a continuación:



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PH-001
	Procedimiento Operacional	Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Área	SECADO
		Páginas	14 / 15

7.3 Se deberá reconocer los siguientes curvas:



3. RESULTADOS ESPERADOS

- a) Controlar adecuadamente los parámetros de secado, bajo los diferentes modos.
- b) Identificar posibles problemas en el secado tales como: encostramientos, sobre saturaciones, falta de temperatura, etc.

4. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN

ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
La temperatura no alcanza los valores seteados o se demora en alcanzarlos	Obstrucción por burbujas de vapor en las tuberías del sistema de calefacción	Abrir ligeramente las llaves de "purga" por 5 min o más hasta observar que la salida de agua sea continua.
La temperatura no alcanza los valores seteados o se demora en alcanzarlos	Filtros obstruidos	Limpieza de filtros

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PH-001
		Revisión	
	Título: Procedimiento para Control de Secado	Area	SECADO
		Páginas	15 / 15

No se puede mantener temperatura constante en el caldero.	Alimentación del caldero con leña muy húmeda o podrida	Alimentar el caldero con leña seca y en buen estado principalmente.
No sube la temperatura del caldero.	Obstrucción de los tubos de escape, "soplador" o "turbina"	Limpiar la ceniza debajo de la parrilla de leña y la ceniza adherida a los tubos de escape del caldero.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PSM-001
		Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Área	SECADO
		Páginas	1 / 7

1. CONDICIONES NECESARIAS

1.1. MATERIALES Y EQUIPOS

a) Equipos:

- Hornos de secado
- Sensores de Temperatura , Humedad de equilibrio y Humedad de madera
- Panel de control
- Computadora
- Software de secado

b) Equipos de Protección personal:

- Casco de seguridad
- Zapatos de cuero con punta de acero

1.2. SEGURIDAD / SALUD / MEDIO AMBIENTE

Antes de iniciar las actividades dentro de proceso en horno, se debe de verificar que las siguientes condiciones se encuentren controladas:

SEGURIDAD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Electrocución	Equipo electrónico empleado en el área	Uso de EPP's Inspeccionar el área de trabajo

SALUD:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Daño a la salud	Cambios bruscos de temperatura entre el horno y el ambiente	Acclimatarse progresivamente al cambio de temperatura, permaneciendo en la puerta de salida del horno antes y después de ingresar

MEDIO AMBIENTE:

Consecuencia	Riesgo/ Factor de riesgo	Control
Liberación de vapor a la ambiente	Emisión de vapor de agua a causa del secado de la madera.	No controlable

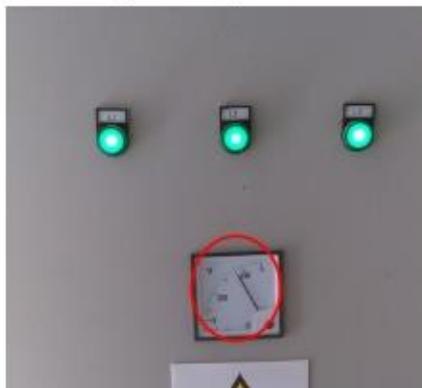
Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PSM-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Area	SECADO
		Páginas	2 / 7

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES PREVIAS AL INICIO DE SECADO:

1. Verificar que todos los componentes estén en buen estado.
2. Fijarse, en el panel eléctrico, que el voltaje sea de **360 - 380** Voltios.



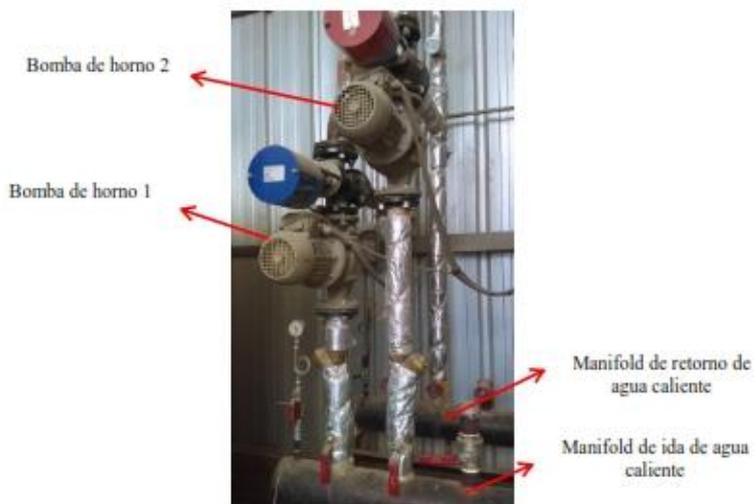
3. Abrir las llaves de ida y retorno de los tubos de agua del caldero al manifold



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PSM-001
		Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Área	SECADO
		Páginas	3 / 7

4. Abrir las llaves de paso del sistema de calefacción, dependiendo con que horno se vaya a trabajar. La posición de apertura de llaves visualiza en la siguiente imagen:



Elaborado por:
Adrián Tapia

Uso:
Uso interno del negocio

Aprobado por:
Luis Solari

	MW-Operaciones-Pucallpa Procedimiento Operacional	Código	PO-MW-PSM-001
		Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Area	SECADO
		Páginas	4 / 7

5. Encender las bombas con el panel de control eléctrico, girando las perillas en sentido horario.



6. Encender el panel de control eléctrico del horno con el que se va a trabajar, girando la perilla del botón de seguridad en sentido horario.



Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PSM-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Área	SECADO
		Páginas	5 / 7

7. Encender la computadora y entrar al programa *Dryer Manager* .El encendido y el ingreso al programa se detalla en el procedimiento de control de secado.

8. Inicie el secado presionando el botón **START** (recuadro amarillo)



Horno en pausa

Horno en funcionamiento

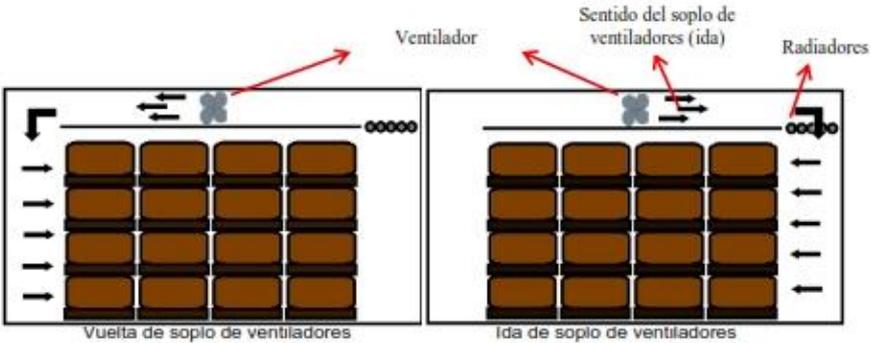
DURANTE LA OPERACIÓN:

9. Para Postes:

- 9.1 Iniciar un periodo de calentamiento del horno, subiendo la temperatura gradualmente (3° cada 4 horas) hasta alcanzar la temperatura inicial de 54°.
- 9.2 Abrir los aspersores cada 2 horas por un lapso de 20 min. Evitando que la humedad de equilibrio baje de 16% ni supere 18%. En caso se alcance valores mayores, suspender la apertura de aspersores.
- 9.3 Llegado a la temperatura de 54°C±0.5, se procede a calentar el horno en esta temperatura por un lapso de 4 – 6 horas (dependiendo del diámetro)
- 9.4 Antes de llegar a una humedad de 30% en la madera, la temperatura se debe de mantener constante (± 0.5°) en 54°C e ir bajando gradualmente el contenido de humedad en equilibrio, hasta un valor de 12%, no debe ser menor a este.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

	MW-Operaciones-Pucallpa	Código	PO-MW-PSM-001
	Procedimiento Operacional	Versión	V. 1.0
	Título: Procedimiento de Secado de Madera	Área	SECADO
		Páginas	6 / 7



9.5 Cuando se alcance valores de 30% de humedad de madera en promedio, y el contenido de humedad en equilibrio este en 12%, se procede a elevar la temperatura a 58°C. Y se cierran las ventilas manualmente por un lapso de 6 horas para que caliente la madera.

9.6 Luego que se llegue a una humedad de equilibrio (en la cámara) de 12%, se deberá reducir la humedad de equilibrio seteada lo necesario para mantener una diferencia de 0.4% por debajo del CHE de la cámara en ese momento.

9.7 Cuando la frecuencia de apertura de ventilas se observe muy prolongada, reducir el CHE seteado lo necesario para mantener la diferencia de 0.4% por debajo del CHE de la cámara en ese momento.

9.8 En esta etapa la temperatura, para el secado de postes, deberá de mantenerse en 58°C todo el proceso de secado.

9.9 El secado de postes se detendrá cuando el promedio de humedad registrada por los sensores esté en valores cerca nos a 25% ± 1 (dependiendo de la desviación de valores de los sensores).

9.10 Finalmente, la etapa de enfriamiento de la cámara se desarrollará en un lapso de 6-8 horas, bajando 1° (aprox) por cada hora. Para detener el funcionamiento de la cámara, se presionará el botón "STOP" del horno correspondiente.

Elaborado por: Adrián Tapia	Uso: Uso interno del negocio	Aprobado por: Luis Solari
---------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------