

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA DE
CEDRELA MONTANA MORITZ
PROCEDENTE DE SATIPO EN LA
OBTENCIÓN DE CHAPAS DECORATIVAS
POR CORTE VERTICAL**

Presentado por:

Dina Vilma Torres Cisneros

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

Lima - Perú
2015

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. DINA VILMA TORRES CISNEROS, intitulado “RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA DE *CEDRELA MONTANA MORITZ* PROCEDENTE DE SATIPO EN LA OBTENCIÓN DE CHAPAS DECORATIVAS POR CORTE VERTICAL”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 17 de julio de 2015

Mg. Sc.Miguel Meléndez Cárdenas
Presidente

Mg. Sc.Carlos Chuquicaja Segura
Miembro

Mg. Sc.Julio Canchucaya Rojas
Miembro

Mg. Sc.Leónidas Miguel Castro
Asesor

DEDICATORIA

A mi familia quienes con su amor y apoyo incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida con palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi patrocinador el Mg. Sc. Leonidas Miguel por la orientación y el apoyo recibido a lo largo de este tiempo.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a todas aquellas personas de Peru Lumber S.A.C., quienes me apoyaron con su tiempo y contribuyeron con su experiencia en la fase de campo.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue estudiar el rendimiento de madera rolliza de “cedro virgen” (*Cedrela montana Moritz*), especie forestal procedente de satipo, en la obtención de chapas decorativas por corte plano vertical en función de la calidad de la troza y bajo las condiciones tecnológicas de procesamiento actual en la empresa de chapas Peru Lumber S.A.C. ubicada en Ate – Lima. Se evaluó una muestra de 32 trozas tomadas al azar de un lote de 204 trozas recepcionadas en la fábrica. El rendimiento de cada troza fue determinado mediante la cuantificación de la producción de chapas decorativas; así como la evaluación de los residuos generados en el proceso productivo, de acuerdo a la metodología planteada por Miguel (1988) y Romero (1990). Asimismo con un análisis de regresión se encontró un modelo que mejor explica el comportamiento de las variables diámetro menor de troza en centímetros y rendimiento para la obtención de chapas decorativas. Para “cedro virgen” se obtuvo un rendimiento promedio de 35,8% para las trozas de calidad B, correspondiéndole un 64,2% de residuos; concentrándose el mayor porcentaje de estos en la etapa del guillotinado, los cuales podrían haber sido influenciados por la calidad de la troza.

Palabras claves: Chapas de madera, trozas, corte.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura.....	3
1. Antecedentes.....	3
1.1. Corte plano vertical.....	3
1.2. Factores que determinan el rendimiento en el laminado y la calidad de la chapa.....	4
1.3. Propiedades de la madera que influyen en la obtención de chapas	6
1.4. Principales defectos en la madera rolliza.....	8
1.4.1. Nudos.....	8
1.4.2. Acebolladura.....	9
1.4.3. Excentricidad de la médula.....	10
1.4.4. Madera de reacción.....	11
1.4.5. Grano irregular.....	13
1.4.6. Tensiones de crecimiento	13
1.4.7. Curvatura del tronco	14
1.4.8. Ahusamiento o conicidad.....	15
1.4.9. Grietas y rajaduras	16
1.4.10. Ataque de hongos e insectos.....	17
1.5. Calidad y clasificación de la madera rolliza.....	18
1.6. Importancia de la tecnología en el rendimiento de chapas decorativas	19
1.6.1. Almacenamiento.....	19
1.6.2. Descortezado.....	20
1.6.3. Desbastado	20
1.6.4. Laminado	21
1.6.5. Secado.....	23
1.6.6. Guillotinado.....	24
1.6.7. Clasificación y selección de chapas.....	24
1.7. Rendimiento de la madera rolliza a chapas decorativas	25
1.8. Características de la especie estudiada	27
1.8.1. <i>Cedrela montana</i> moritz.....	27
III. Materiales y Métodos.....	29
1. Ubicación.....	29
2. Materiales y equipos	29
2.1. Especie.....	29
2.2. Identificación de la especie.....	29
2.3. Maquinaria, equipos e instrumentos.....	29
3. Metodos y procedimientos.....	31
3.1. Toma de muestra	31
3.2. Tamaño de muestra.....	31
3.3. Medición de la troza	32
3.4. Clasificación de las trozas.....	33
3.5. Condiciones del procesamiento.....	35
3.6. Frecuencia de los defectos	39
3.7. Control de la producción y rendimiento.....	40
3.8. Procedimientos de análisis de datos.....	48
3.9. Análisis estadístico.....	48
IV. Resultados y discusión	49
1. Características del tamaño de muestra	49
2. Dimensiones de las trozas	49
3. Clasificación de trozas y principales defectos observados.....	50
4. Porcentaje de los componentes originados en la obtención de chapas decorativas	52

4.1.	Desbastado.....	53
4.2.	Laminado	53
4.3.	Contracción por secado	53
4.4.	Producción y rendimiento	54
V.	Conclusiones.....	59
VI.	Recomendaciones	60
VII.	Referencias bibliográficas	61
VIII.	Anexo.....	63

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” calidad A	33
Tabla 2: Regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” calidad B	34
Tabla 3: Número y volumen de las trozas de calidad B.....	49
Tabla 4: Valores promedios de las dimensiones de las trozas de calidad B de “cedro virgen”	50
Tabla 5: Frecuencia de defectos en las trozas de “cedro virgen” de calidad B	52
Tabla 6: Porcentaje de residuos en la obtención de chapas.....	55
Tabla 7: Rendimiento promedio y producción por calidad de chapas de trozas de calidad B de “cedro virgen”	57
Tabla 8: Análisis de variancia para la regresión de trozas de “cedro virgen”	58

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Corte transversal de una laminadora de corte plano vertical.....	4
Figura 2: Sección transversal de una troza de “cedro virgen” de calidad B	34
Figura 3: Almacenamiento de trozas.....	35
Figura 4: Desbastado con motosierra de una troza de “cedro virgen”	36
Figura 5: Descortezado manual de un flitch	36
Figura 6: Cargado del flitch utilizando un winche eléctrico y corredizo sobre un monorriel elevado ..	38
Figura 7: Sujeción del flitch en la laminadora vertical con la ayuda del winche eléctrico	38
Figura 8: Vista lateral de la laminadora vertical	39
Figura 9: Recepción de chapas obtenidas del flitch.....	40
Figura 10: Alimentación de las chapas en el secador de mallas.....	41
Figura 11: Recepción de las chapas del secador de mallas	41
Figura 12: Guillotinas a pedal para dimensionar en ancho y largo	44
Figura 13: Chapas secas y guillotinas de “cedro virgen” para cara de paneles	45
Figura 14: Vástagos obtenidos después del laminado del flitch.....	45
Figura 15: Distribución porcentual promedio del rendimiento y residuos originados en el laminado de trozas de calidad B de “cedro virgen”	55
Figura 16: Relación entre el diámetro menor y el rendimiento de trozas de “cedro virgen” de calidad B	57

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 Constancia de especie	63
Anexo 2 Letras código del tamaño de muestra (ntp-iso 2859-1:2013, tabla 1)	64
Anexo 3 Planes de muestreo simple para inspección normal (ntp-iso 2859-1:2013, tabla 2-a).....	65
Anexo 4 Descripción de las trozas de calidad b de “cedro virgen”	66
Anexo 5 Rendimiento unitario de las trozas de cedro virgen (<i>Cedrela Montana Moritz</i>) calidad b.....	68
Anexo 6 Residuos generados en la etapa de laminado	69
Anexo 7 Residuos generados en la etapa de guillotinado	70

I. INTRODUCCIÓN

Los tableros contrachapados han sustituido satisfactoriamente a la madera aserrada en muchos productos de importancia económica como muebles, puertas, decoración, etc. Este producto se genera por la unión de láminas o chapas de iguales o diferentes espesores encoladas para formar tanto paneles planos como paneles curvados.

La obtención de láminas a partir de madera rolliza puede realizarse por desenrollado o corte rotativo y por rebanado o corte plano. Las chapas para caras provenientes de especies valiosas son obtenidas en espesores menores o iguales a 0,8 mm y las chapas para las capas interiores varían de 1 a 5 mm de espesor.

La ventaja de la conversión de trozas en tableros contrachapados no es la mayor utilización de la madera sino que al ser previamente convertidas a láminas o chapas delgadas, estas pueden ser graduadas y re ensambladas a paneles gruesos o delgados con características superiores a la madera aserrada, sin embargo al utilizar especies provenientes de bosques naturales cuya calidad de madera es muy heterogénea es importante conocer los rendimientos de estas especies a fin de planificar adecuadamente la producción de la empresa.

En tal sentido en el presente estudio se pretende determinar el rendimiento de madera rolliza de “cedro virgen” (*Cedrela Montana Moritz*) en la obtención de chapas decorativas producidas por corte plano vertical, tomando en cuenta la calidad de la troza y bajo las condiciones tecnológicas de procesamiento actual de la empresa del rubro de la producción de chapas de madera.

Los resultados del presente trabajo contribuirán a incrementar la información relacionada con los factores de conversión de la madera rolliza a productos de primera y segunda transformación, y contribuirá a mejorar el planeamiento y control de la empresa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANTECEDENTES

1.1. CORTE PLANO VERTICAL

Para obtener este tipo de corte, Vignote y Martínez (2006) indican que se realiza en la laminadora vertical, obteniéndose figuras muy similares a como se obtendría del despiece de la madera por aserrado, ya sea por corte tangencial o radial.

French (1977) agrega que en la laminadora vertical el bloque de madera, denominado flitch, es sujetado a una mesa vertical; la cuchilla es colocada con la cara de su bisel en posición vertical. Después de cada corte la cuchilla se mueve hacia atrás para no topar el bloque en su recorrido ascendente, y luego se mueve hacia adelante a su nueva posición de corte. Las chapas son descargadas por medio de un transportador de fajas múltiples hacia los operadores, quienes se encargan de apilarlas a medida que salen de la laminadora.

Ríos (1983) señala respecto al corte vertical, que el flitch se desplaza verticalmente mientras el carro porta cuchilla y barra de presión se desplazan horizontalmente en una distancia que equivale al espesor de laminado. El desplazamiento vertical del flitch mantiene una inclinación horizontal de 20° lo que permite que la carga específica necesaria a la acción de corte disminuya posibilitando obtener chapas más calibradas y de superficies más lisas. Además este tipo de máquinas son construidas para maderas de longitud máxima de 3,5 a 5,7 m teniendo la posibilidad de procesar hasta un ancho de 80 cm. El número de cortes o golpes por minuto puede llegar hasta 100 en las máquinas más chicas y aproximadamente a 80 en las más grandes.

Vignote y Martínez (2006) agregan que la laminadora horizontal frente a la laminadora vertical es más lento y sobretodo menos preciso en el movimiento de la cuchilla, que se realiza mediante un sistema de biela manivela. En la máquina plana vertical el problema de la sujeción de la troza se consigue disponiendo de más garras y de dotar de garras telescópicas, al principio cuando la troza es grande las garras son grandes y sujetan las

trozas en las proximidades del corte, cuando la cuchilla llega a la altura de las garras estas garras se retiran incorporándose otras más cortas y así sucesivamente.

En la figura 1 se muestra el corte transversal de una laminadora vertical realizado por Lutz (1978).

1.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO EN EL LAMINADO Y LA CALIDAD DE LA CHAPA

Lutz (1978) señala que el rendimiento en el laminado y la calidad de las láminas se ve afectado por la calidad de la troza, por el cuidado que se le dé a éste y al bloque de laminado durante su almacenamiento, por el calentamiento de la madera antes del corte (tratamiento térmico) y por la condición mecánica, instalación y operación de la laminadora.

Por su parte Zavala (1991) manifiesta que la calidad de la lámina, además de las características debidas a las propiedades de la madera, están determinadas por:

- Los procesos de ablandamiento o acondicionamiento de las trozas.
- El sistema de corte utilizado (torneado o rebanado).
- La forma de realizar el secado de la lámina.

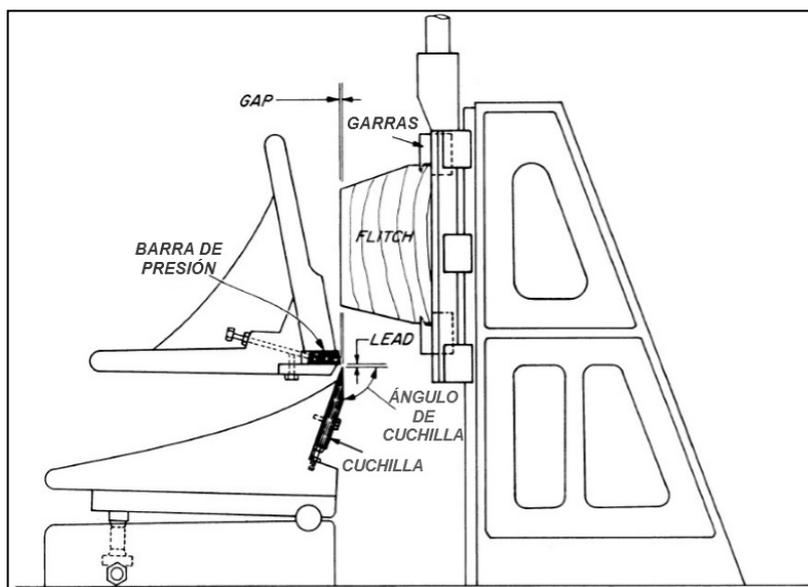


Figura 1: Corte transversal de una laminadora de corte plano vertical

FUENTE: Lutz (1978)

Miguel (1988) y Kollman *et. al.* (1975) indican que la operación de laminado influye en el rendimiento de la madera y por supuesto en la calidad de chapa a obtener, lo cual dependerá de las características de las variables de corte a utilizar, fundamentalmente lo relacionado a los ángulos de bisel de la cuchilla y de la barra de presión, luces de separación entre estos dos elementos y velocidad del corte de la laminadora.

Según Davis y Callahan (1986) el mayor porcentaje de residuos se generan en la operación de guillotinado. De acuerdo con una estimación en la industria de EE.UU. en 1980 la operación de guillotinado generó un volumen de residuos de 27 a 36%; esto es equivalente a trece millones de metros cuadrados de lámina para exportación. Además se identificaron tres principales orígenes de residuos en la operación de guillotinado. El primero, es debido a los defectos inherentes de la madera por su naturaleza biológica. El segundo es causado por el operador de la guillotina en forma inconsistente o ineficiente de la operación. Finalmente existen residuos que se producen debido a guillotinar paquetes de 24 a 32 láminas a diferencia de guillotinar láminas individuales, ya que la lámina más pequeña limita el tamaño final del paquete y la variación del tamaño de un defecto particular hace que el tamaño efectivo del defecto sea mayor que el real.

Para Miguel (1988), Zavala (1991), French (1977) y Lutz (1978) el nivel de tecnología usada en el proceso de producción también es un factor preponderante en la determinación del rendimiento y la calidad de lámina.-

Finalmente Toledo y Rincón (1996) afirman que para obtener un mayor rendimiento, en el laminado por corte plano, se debe usar trozas de diámetros grandes, de forma cilíndrica y de buena calidad.

1.3. PROPIEDADES DE LA MADERA QUE INFLUYEN EN LA OBTENCIÓN DE CHAPAS

De acuerdo con Lutz (1978) la selección de especies para láminas decorativas está basada en la apariencia. Algunas propiedades físicas y mecánicas son importantes para triplay de construcción, centros y láminas de embalaje.

Mc Millin citado por Julca (1987) estudiando la relación de las propiedades mecánicas de la madera en la producción de láminas encontró que:

- La calidad de una superficie de una lámina generada está en función de los defectos de la madera.
- El tipo de defecto y por ende la calidad de la lámina está en función de las propiedades mecánicas de la madera.
- Las propiedades mecánicas de la madera que afectan más significativamente en la calidad de las chapas son: compresión perpendicular al grano, tensión perpendicular al grano y cizallamiento.

Lutz (1978) señala que las características de la madera de interés para la producción de láminas incluyen el peso específico, contenido de humedad, permeabilidad, contracción, veta y olor. Además del tamaño de la célula, tipo y distribución. El mismo autor sostiene que las propiedades mecánicas de particular interés de la madera para la obtención de chapas son la resistencia en tensión perpendicular al grano, dureza, módulo de elasticidad, módulo de ruptura, cizallamiento y compresión paralela y perpendicular al grano. Una madera de alta tensión perpendicular al grano es deseable para láminas, porque es menos probable que se rajen las trozas al momento del corte y en el manipuleo de las láminas. Las otras propiedades mencionadas son características deseadas en la confección de paneles destinados a la construcción; las propiedades del cizallamiento es deseada para las láminas decorativas, no por su resistencia en el producto acabado si no por la facilidad del laminado. Asimismo Ríos mencionado por Romero (1990) agrega que las maderas con alta resistencia a la tensión perpendicular al grano, al clivaje y al cizallamiento permiten obtener láminas con un mínimo de defectos.

Respecto al contenido de humedad JUNAC (1982) considera que la madera pierde resistencia cuando aumenta el contenido de humedad, y también que la resistencia permanece constante cuando el contenido de humedad varía por encima del punto de saturación de la fibra (PSF). Lutz (1978) y French (1977) enfatizan por ello que las trozas deberán ser cortadas a láminas antes que el contenido de humedad de cualquier porción de la troza esté por debajo del PSF.

Ríos (1983) indica que la veta es el resultado de los contrastes existentes entre los anillos de crecimiento de densidad diferente, de la disposición de los vasos, los radios, de la textura y la orientación de las fibras, así como de la distribución del parénquima produciendo diferentes aspectos según la orientación que se dé durante el laminado. Kollman (1959) añade que al cortar la madera se observan figuras características en las secciones de corte correspondientes. En el radial las figuras semejan rectas paralelas cuya separación es siempre igual a la anchura del anillo anual, en el corte tangencial las figuras tienen la forma de curvas más o menos deformadas que se aproximan a parábolas o a secciones de elipses.

El color es una de las características básicas, según Ríos (1983); que se debe considerar en la producción de chapa, así se tiene que las preferencias de los consumidores se orientan a aquellas especies que marcan cierto contraste de color, no tolerando; sin embargo, las diferencias que existen entre albura y duramen. Generalmente en maderas coloreadas se prefieren la oscuras con veta indefinida proporcionada por árboles de edad, al contrario de especies de color claro lo que se busca es la pureza del mismo. Su persistencia es de suma importancia pues existen algunas especies que cuando son expuestas a la luz por períodos más o menos prolongados presentan cambios el cual puede ser considerado como defecto por el contrario otras mejoran su vistosidad con el tiempo. Bergos citado por Romero (1990) agrega que el color es una característica muy variable que no sólo depende de la especie, sino también del estado sanitario de la madera.

1.4. PRINCIPALES DEFECTOS EN LA MADERA ROLLIZA

Knuchel mencionado por Kollman (1959) sostiene que los defectos de la madera son todas las anomalías de su estructura, textura y color que perjudiquen su utilización, pues en algunos casos estas anomalías pueden elevar considerablemente su valor. Además, en la industria, las exigencias en cuanto a características de la madera son tan diversas, que una cualidad se considera a veces como una ventaja y otras un inconveniente.

Tuset y Duran (1979) la madera está sujeta a variaciones en su calidad debido a una serie de factores, los cuales se manifiestan como irregularidades o imperfecciones que al afectar sus propiedades físicas, mecánicas o químicas, determinan limitaciones en las aplicaciones posibles de aquel material. Esas irregularidades o imperfecciones, denominadas defectos, pueden ser de distinta índole atendiendo al origen que las motivó:

- De estructura o naturales, los que se han producido durante la vida del árbol: nudos, acebolladura, médula excéntrica, madera de reacción, grano espiralado, tensiones de crecimiento.
- De manipulación o por agentes externos, que se producen luego del apeo de los árboles: grietas y rajaduras, hongos e insectos xilófagos.

Los principales defectos de la madera que influyen en el rendimiento en la obtención de láminas son los siguientes:

1.4.1. NUDOS

Vignote y Martínez (2006) manifiestan que el nudo es una inclusión de la porción basal de una rama dentro del tallo del árbol. JUNAC (1984) agrega que tiene características organolépticas y propiedades diferentes a las de la madera circundante.

JUNAC (1984) y Tuset y Duran (1979) mencionan que los nudos comúnmente se presentan en la forma de nudo sano y nudo hueco o muerto. El primero de ellos es la porción de rama entrecruzada con el resto de la madera circundante que no se soltará o aflojará durante los procesos de secado y uso; por lo que no presentarán rasgos de deterioro ni de pudrición. El nudo hueco proviene de ramas que estaban secas al ser apeado el árbol y sus tejidos quedan separados de la madera adyacente, pueden desprenderse (al no estar ligados al resto de la madera) dejando un agujero en la pieza. Lutz (1978) sostiene que los nudos huecos son uno

de los más comunes e importantes defectos de las trozas para el laminado, ya que los huecos dejados por los nudos son defectos más limitantes en la clasificación de láminas.

Vignote y Martínez (2006) afirman que los nudos tienen una importancia fundamental en la calidad de la madera. Esto es debido a que son causa de deformaciones en las piezas, causada por la menor resistencia en las secciones donde aparece. Dificultan en gran medida la trabajabilidad de la madera en las operaciones de corte: la disposición de la fibra en la madera pasa de ser fundamentalmente en el sentido del eje del árbol, en el caso del fuste, a perpendicular al eje del árbol en la rama. Esta discontinuidad se acusa de forma importante durante el proceso de corte de la madera, dado que la dureza en el sentido perpendicular a la fibra es mucho mayor que en los sentidos transversales, mayor dureza supone un mayor esfuerzo en elaborar la rama, que se traduce en pérdida de productividad, mayor desgaste de la herramienta, en una peor calidad de elaboración pues muchos cortes se convierten en desgarramiento de las fibras, y por último, en el peor de los casos, supone un peligro para el operario.

Según Tuset y Duran (1979) la presencia de nudos es el resultado de un manejo inadecuado del bosque, por lo que su aparición puede ser prevenida llevando a cabo una correcta secuencia de podas.

Por otro lado Ríos (1983) y Romero (1990) sostienen que constituía en la producción de chapa, un defecto que menospreciaba la calidad, sin embargo, en algunas especies de acuerdo a la evolución de la moda y los gustos, constituyen un complemento en el efecto decorativo siempre y cuando sean nudos sanos.

1.4.2. ACEBOLLADURA

Tuset y Duran (1979) manifiestan que la acebolladura es la separación de los elementos leñosos siguiendo la dirección de los anillos de crecimiento y por lo tanto es observable en el corte transversal de la madera. Este defecto puede ser causado por las tensiones de crecimiento, aunque también pueden contribuir a su aparición las heladas o los esfuerzos excesivos a que son sometidos los árboles por fuertes vientos.

Kollman y Côté (1984) agregan que hay que atribuir este defecto a la formación brusca, en la madera, de anillos de crecimiento anchos junto a otros estrechos, cosa que ocurre principalmente en árboles dominados durante mucho tiempo, y que, de repente y en edad

avanzada, quedan aislados. También pueden ser debido a pudriciones causada por hongos, e incluso a roeduras producidas por ciertas hormigas. Rebajan extraordinariamente las posibilidades de utilización de la troza, ya que las tablas aserradas se rompen longitudinalmente en varios trozos.

Según Vignote y Jiménez (2006) las acebolladuras causan los mismos efectos que las rajaduras, con la de ser indicativos de la existencia de otros tipos de alteraciones de la madera, de forma que son objeto de un mayor rechazo por parte de los industriales.

Al igual Lutz (1978) considera que es una característica indeseable en las trozas que se utilizarán para chapas ya que se acentúa en el calentamiento y no hay manera de eliminarlo.

1.4.3. EXCENRICIDAD DE LA MÉDULA

Tuset y Duran (1979) y Kollman (1959) señalan que la médula es una zona de tejido juvenil ubicada en el centro del árbol que normalmente coincide con el centro geométrico del fuste, pero en algunos casos se la encuentra desplazada de ese centro y entonces se le llama médula excéntrica.

JUNAC (1982) y Hartmann mencionado por Kollman (1959) sostienen que la médula excéntrica es consecuencia del crecimiento de árboles en condiciones adversas, tales como, la excesiva pendiente del terreno, la presencia de vientos dominantes en un solo sentido, luz intensa en un solo lado, etc. Al igual Tuset y Duran (1979) agregan que este defecto se observa también en los árboles que crecen en líneas o al borde de la masa boscosa, donde los tejidos crecen con mayor intensidad hacia el sector del que reciben mejor iluminación.

JUNAC (1982) indica que la médula excéntrica permite que se forme anillos angostos en un lado y anillos anchos en el lado opuesto del tronco, esto produce tensiones internas y una configuración oval de la sección transversal. Las tensiones así “almacenadas” se hacen presentes durante el secado, agrietando y deformando las trozas.

Lutz (1978) y Remacha citado por Vignote y Martínez (2006) manifiestan que las trozas con médula excéntrica también son indeseables porque frecuentemente tienen madera de reacción (madera de tensión en maderas duras y madera de compresión en maderas blandas). Además el efecto principal en este tipo de defecto es la pérdida de productividad ya que la excentricidad junto con la conicidad incrementa el número de láminas descalibradas en la producción de chapas decorativas.

1.4.4. MADERA DE REACCIÓN

Según JUNAC (1982) y Tuset y Durán (1979) la madera de reacción es la madera anormal formada típicamente en algunas zonas específicas de fustes inclinados o en zonas adyacentes a ramas gruesas, caracterizada por su color, consistencia y propiedades distintas al resto del leño, es esencialmente de la zona central del tronco.

Kollman (1959) indica que la madera de reacción actúa como elementos dinámicos activos en la dirección del movimiento del tronco y de las ramas para conseguir la posición de equilibrio.

Vignote y Martínez (2006) consideran que las fibras en la madera de reacción son más grandes y pocos lignificados. En cambio, los vasos son más cortos y aparecen en menor cantidad. La densidad puede ser algo superior que la madera normal.

Lutz (1978) agrega que las trozas con médula excéntrica a menudo tienen madera de reacción y presenta una mayor contracción longitudinal que la madera normal, por lo que causa el ondulamiento de la chapa durante el secado.

La madera de reacción puede ser de dos tipos:

a. Madera de tensión o tracción

Vignote y Martínez (2006) y Lutz (1978) manifiestan que la madera de tensión se forma en el lado de la sección contrario al esfuerzo de disimetría de los árboles inclinados de latifoliadas.

Tuset y Duran (1979) y Vignote y Martínez (2006) agregan que se presenta sea en la zona externa (tensada) de árboles inclinados, sea en la zona superior de la inserción de una rama gruesa. Este tipo de madera tiene diferencias claras con respecto a la madera normal, siendo sus características las que siguen:

- Posee mayor proporción de celulosa y menor de lignina.
- Peso específico aparente es mayor.
- Presenta mayor contracción longitudinal y, por lo tanto, tiene tendencia a alabear durante el secado.

- A veces, la madera de tensión se distingue en el corte transversal por un color más claro respecto a la madera normal.
- Las propiedades de resistencia mecánica son afectadas y sobre todo la compresión paralela al grano.

Finalmente Lutz (1978) afirma que cuando la madera de tensión es pronunciada posee aspecto vellosa y fibrosa debido a que el corte de la sierra no se puede realizar de una manera limpia. Además se caracteriza por tener poca lignina, que da firmeza a las fibras normales. Como resultado, la madera tiende a doblarse y a adherirse a la cuchilla durante el corte para la obtención de chapas, siendo necesario utilizar una cuchilla extra dura y bien afilada, para mejorar el corte.

b. Madera de compresión

JUNAC (1984) considera que son deformaciones o roturas de las fibras de la madera como resultado de una compresión o flexión excesivas de árboles en pie causadas por su propio peso o por acción de fuertes fenómenos atmosféricos además pueden producirse durante las operaciones de tala o transporte.

Tuset y Duran (1979) y Kollman (1959) sostienen que la madera de compresión aparece en las coníferas en la zona interna (comprimida) de árboles inclinados, o en la zona inferior de una rama gruesa. Sus características son:

- Color diferente (más rojizo) que el de la madera normal.
- Mayor peso específico.
- Menor proporción de celulosa y mayor de lignina.
- Contracción tangencial y radial menores de lo normal.
- Sus propiedades de resistencia mecánica son afectadas, sobre todo el módulo de elasticidad en flexión.
- Resulta más difícil de trabajar que la madera normal.

Vignote y Martínez (2006) señalan que las fibras se caracterizan por ser más pequeñas y redondeadas, mayor espesor de la pared celular, sobretodo la capa intermedia de gran contenido en lignina. La madera es más pesada, más dura y más resistente a la compresión pero menos a la tracción y sobre todo es más frágil. Lutz (1978) agrega que se encuentra típicamente en coníferas con una pronunciada excentricidad.

1.4.5. GRANO IRREGULAR

JUNAC (1982) y Tuset y Durán (1979) sostienen que es la desviación angular que presentan los elementos constitutivos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal de una troza.

Por su parte Tuset y Durán (1979) afirman que algunos investigadores consideran que es un carácter hereditario. Además se presenta con mayor intensidad en la madera próxima a la médula. JUNAC (1984) agrega que otra de las causas del grano inclinado es la desviación de las fibras ocasionada por la presencia de un nudo, que altera la dirección de las fibras del tronco a su alrededor. En este caso la inclinación del grano no es general sino localizada.

Para Lutz (1978) el grano recto generalmente se considera deseable ya que es más fácil de cortar y secar y generalmente tiene un mejor rendimiento que las que poseen grano irregular. Sin embargo, en algunos casos el grano irregular es deseable para la fabricación de chapas decorativas, dándoles un mayor valor agregado y mayor precio.

1.4.6. TENSIONES DE CRECIMIENTO

Vignote y Martínez (2006) indican que el origen de las tensiones de crecimiento parece estar en la búsqueda, por parte del árbol, de una posición recta y estable. Para ello, las células de madera producidas por el cambium, tienden, en su proceso de maduración, a expandirse lateralmente y a contraerse longitudinalmente, pero la madera formada en años anteriores impide esta tendencia, con lo que se genera un estado de tensiones. Como efecto las tensiones de crecimiento causan acebolladura.

Por otro lado Tuset y Durán (1979) agregan que fuerzas de tanta magnitud se liberan una vez apeados los árboles y se manifiestan mediante la separación de los elementos leñosos en forma de grietas o rajaduras en los extremos de las trozas. Afirman el origen de ese defecto es el resultado del hinchamiento transversal de la célula a raíz de la deposición de lignina y otras sustancias incrustantes entre las diversas capas de celulosa, durante la diferenciación

de los tejidos, generándose esfuerzos completamente diferenciados e íntimamente ligados con aquellos grupos.

Lutz (1978) y French (1977) indican que la madera de la periferia de la troza está en tensión en dirección longitudinal, mientras que la madera en el centro está en compresión en la misma dirección. Al mismo tiempo, la porción externa del árbol está en compresión en sentido radial y en tensión en el centro. Estas tensiones con frecuencia son las responsables del agrietamiento, causan rajaduras en los árboles cuando son talados antes de cualquier pérdida de humedad. Observaciones de este tipo deben tenerse en cuenta como signo de precaución al considerar especies para laminado.

Tuset y Duran (1979), Vignote y Martínez (2006) y French (1977) afirman que promueve la presencia de grietas y rajaduras en los extremos de las trozas.

1.4.7. CURVATURA DEL TRONCO

Vignote y Martínez (2006) mencionan que los tallos crecen en sentido contrario a la fuerza de gravedad, lo que origina que los fustes de los árboles, sean en general, perfectamente verticales y rectos, pero en ocasiones, esta rectitud no es absoluta, pudiendo aparecer una o varias curvaturas más o menos acusadas. Es por tanto, un defecto genético que se transmite por herencia ya que la curvatura del fuste es bastante frecuente en algunas especies, y dentro de una misma especie, las variedades y procedencias tienen mucha influencia en las magnitudes con que se manifiesta la curvatura. En otras ocasiones también puede ser debida a efectos medioambientales, puesto que la rectitud de los fustes puede ser modificada por la luz, en un sentido u otro, es decir, especies que hereditariamente presentan curvatura de los fustes pueden producir tallos más rectos y viceversa. Así, en bosques muy abiertos es más frecuente e intensa la curvatura de los fustes que en bosques cerrados. También un origen suele ser, el efecto continuado del viento en una cierta dirección. Para todos los casos en que la madera debe procesarse, el curvado del tronco siempre supone una pérdida de productividad de las máquinas, una pérdida de rendimiento en la materia prima y es causa de defectos en el producto elaborado (inclinación de la fibra).

Kollman (1959) manifiesta que la curvatura de los fustes, es una característica hereditaria o causada por las condiciones de calidad de la estación, pendiente del terreno, fuerza del viento, peso de la nieve o daños mecánico. Este defecto afecta el valor de la madera, pues en general lo rebaja tanto más, cuanto menor sea el radio de curvatura.

Lutz (1978) agrega que el combado o curvatura en la troza suelen tener madera de tensión o compresión, además limita el número de láminas de longitud completa que puede ser producida por la troza. Una ligera curvatura puede ser tolerada en trozas que van a ser laminadas por corte plano pero los flitch deben ser tan aserrados que la curvatura en la troza sea perpendicular al plano de la cuchilla utilizada en el laminado.

1.4.8. AHUSAMIENTO O CONICIDAD

Según Vignote y Martínez (2006) el fuste del árbol, como consecuencia de la superposición del crecimiento en altura y el crecimiento en grosor, posee una forma que simplificada se puede suponer cónica. El factor de conicidad se mide como la relación, expresada en % entre la diferencia del diámetro en la base y el diámetro en la punta, con la distancia que le separa. Cuando el factor de conicidad es menor a 2 ó 3, el fuste se le considera de conicidad pequeña a media, es decir esencialmente cilíndrico, pero cuando supera estos valores, genera problemas en su utilización que hacen que se considere un defecto específico de la madera. El efecto más importante que provoca la conicidad es la pérdida de rendimiento de la madera en los procesos de aserrado, debobinado y laminado, ya que sólo es aprovechable la sección correspondiente al diámetro más pequeño.

Kollman (1959) agrega que la forma cónica del fuste depende de la especie, edad, altura del tronco, estación y, sobre todo, de la espesura de la masa en que haya crecido. Este defecto debe ser tomado en cuenta cuando desde el segundo metro en adelante, midiendo hacia la copa, el diámetro disminuye más de un centímetro por cada metro de longitud.

1.4.9. GRIETAS Y RAJADURAS

JUNAC (1982) y Tuset y Duran (1979) indican que se llama grieta a la separación de los elementos constitutivos de la madera cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos puntos opuestos de la periferia de una madera rolliza. Rajadura separación de los elementos constitutivos de la madera que se extiende en la dirección del eje longitudinal de la pieza afectando totalmente dos puntos opuestos de una madera rolliza.

Según Vignote y Martínez (2006) la desecación se produce cuando el árbol ha sido cortado, circunstancia a partir de la cual la humedad de la madera tiende a equilibrarse con la del medio ambiente que le rodea. La existencia de gradiente de humedad supone la existencia de diferentes niveles de tendencia a mermar, que al ser la madera un cuerpo sólido, se traduce en un estado de tensiones. Cuando las tensiones son grandes se producen grietas en la madera por la zona de superficie, dado que la madera es muy poco resistente a la tracción.

Tuset y Duran (1979) agregan que estos defectos aparecen una vez talados los árboles y pueden tener diversos orígenes tales como el impacto del árbol en el corte, la liberación de tensiones de crecimiento, la manifestación de tensiones de secado y la contracción normal de la madera al perder humedad. El desarrollo de tensiones de secado entre zonas con diferente contenido de humedad, también puede originar grietas y rajaduras si aquellas superan la resistencia de los tejidos. Estos defectos producen la separación de los elementos leñosos con una intensidad muy variable.

Lutz (1978) sostiene que las rajaduras se presentan en los extremos de las trozas, en forma radial respecto a la médula, como los rayos de una rueda. Cuando la madera verde se calienta se expande tangencialmente y se encoge radialmente agrandando estas rajaduras. Este tipo de defecto no es un problema tan grave cuando la madera es laminada por corte plano, ya que en el momento que se prepara los bloques se pueden eliminar. Algunas tensiones todavía se mantienen en la madera después del aserrado y hacen que esta tienda a doblarse hacia el lado de la corteza durante el calentamiento.

1.4.10. ATAQUE DE HONGOS E INSECTOS

Las pudriciones, según García Rollán mencionado por Vignote y Martínez (2006) son causadas por hongos principalmente del tipo de los basidiomicetos, que se alimenta de la pared de la célula de la madera, originando su degradación. Las pudriciones se pueden originar en cualquier fase de su proceso, incluida su puesta en servicio, o en ambas condiciones a la vez. Pudiéndose iniciar al producirse una herida en el árbol (rotura de ramas causadas por caída de los árboles colindantes, viento, entre otros). También puede producirse por contaminación de árboles enfermos vecinos. La pudrición en todos los casos supone pérdida de características físicas, como la densidad y sobre todo pérdida de características mecánicas de resistencia, incluso con niveles de ataque pequeños.

JUNAC (1982) agrega que otro tipo de ataque es el ocasionado por mohos y hongos cromógenos. Estos organismos no destruyen las células sino se alimentan de las sustancias que contienen en su interior. Atacan la madera con contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (27 a 32% de contenido de humedad).

Vignote y Martínez (2006) señala que las picaduras son agujeros, generalmente de apenas unos milímetros de diámetro, dispuestos en galerías, causados por insectos, que en alguna fase de su desarrollo se alimenta de sustancias contenidas en la madera. Este defecto puede originarse cuando el árbol aún se encuentra vivo, o a partir de su muerte, en los estadios de transformación en que puede encontrarse la madera. El principal efecto de las picaduras es la pérdida estética, que devalúa en gran medida las maderas destinadas a carpintería y mueble.

Para Lutz (1978) los orificios de hasta 12,7 mm de diámetro, puede degradar la troza para el uso como chapa. Agujeros de tamaño mediano son acompañados generalmente por manchas severas.

Finalmente para Vignote y Martínez (2006) y JUNAC (1982) la degradación de la madera se debe al ataque de organismos biológicos destructores como son los hongos y los insectos xilófagos que a dichas condiciones ambientales pueden invadir ciertos sectores de la madera y si no son detectados a tiempo, supone pérdida de características físicas, como la densidad y sobre todo pérdida de características mecánicas de resistencia, incluso con niveles de ataque pequeños. En cuanto a la estética de la madera, también se ve afectada en gran medida.

1.5. CALIDAD Y CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ROLLIZA

French (1977) sostiene que encontrar especies que pueden ser cortadas a chapas, no es realmente un problema; el problema real es encontrar las especies de donde se pueda obtener trozas para laminar y conseguir que sean convertidas a chapas antes que se produzca una deterioración significativa, y a un precio atractivo. Aun cuando una especie es adecuada para chapas, solo ciertas partes del árbol son utilizadas a causa de los defectos o de la forma. El aprovechamiento de un bosque sólo para para una planta de contrachapado, normalmente no es beneficiosa debido al poco volumen de extracción, por lo que debería ser aprovechado para operaciones de aserrío como de contrachapado, con el fin de obtener suficiente volumen para cubrir los gastos en carreteras y equipos de extracción.

Lutz (1978) considera que desde hace tiempo se reconocen algunos grados de troza para laminar; teniendo muchos aserraderos sus propias reglas locales para aceptar trozas. Y estos se basan en el diámetro mínimo y el largo mínimo de la troza, el porte y número permitido de defectos.

TECNOFOREST mencionado por Romero (1990) manifiesta que uno de los grandes problemas de crear un sistema de clasificación es la gran diversidad de especies de madera. Además Ríos mencionado por Romero (1990) afirma que en el Perú no existe una clasificación de las trozas por calidad al momento de la recepción, en consecuencia no se realiza el pago justo precio por aquellos que presentan óptimas condiciones, asegurando un alto rendimiento y una mayor productividad; las industrias no rechazan las trozas y pagan por todas, independientemente de la calidad el mismo precio en función del volumen. Además el establecimiento de criterios de clasificación bajo la forma de reglas que establecen compromisos entre la producción del bosque y la industria, podría manifestar sustanciales beneficios para ambas partes, si en base a estos criterios se establecen precios diferenciales que permitan pagar más por aquellas trozas que se presentan en óptimas condiciones. Así, los rendimientos y la productividad por parte del fabricante se verán aumentadas.

1.6. IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA EN EL RENDIMIENTO DE CHAPAS DECORATIVAS

La tecnología usada en el proceso de producción es otro de los factores importantes en la determinación del rendimiento de la madera tal como lo explica Miguel (1988), al indicar que es necesario conocer ciertos criterios técnicos en cada una de las etapas del proceso de producción de chapas decorativas considerando el inicio del proceso desde el momento en que la madera es puesta en planta.

1.6.1. ALMACENAMIENTO

Para Miguel (1988) y Lutz (1978) en pobres condiciones de almacenamiento, generalmente la calidad de las trozas se ve afectada en esta etapa ya que se pueden deteriorar por el secado ocasionando la aparición o pronunciamiento de grietas y rajaduras en los extremos y otras partes expuestas, desarrollo de mancha azul, pudriciones y manchas por oxidación, ataques de insectos y olores indeseables. Sin embargo estos defectos pueden ser atenuados practicando alguna medida de prevención de defectos.

Según Ríos (1983) y French (1977) los extremos de las trozas de maderas densas se pueden agrietar seriamente en un día cuando son expuestas al viento y al sol. Las trozas pueden ser almacenadas sumergidas en agua o sobre el suelo, en este último caso el agrietamiento puede ser retardado protegiendo los extremos para disminuir la evaporación de la humedad mediante sustancias selladoras que contengan sustancias fungicidas e insecticidas u otros que cumplen la función únicamente de sellado. Además pueden ser almacenadas bajo techo para protegerlos de los rayos solares directos.

French (1977) agrega que es recomendable agrupar las trozas por especie y calidad. Siendo las primeras trozas que entren en el almacén las primeras en procesar con el fin de reducir la deterioración.

Lutz (1978) sostiene que lo mejor para mantener la calidad es lograr el mínimo tiempo entre el tumbado y el laminado; algunas medidas preventivas se deben tener en consideración como almacenar en trozas largas, dejar la corteza, almacenándolas en estanques con agua o bajo techo manteniendo húmeda toda la superficie de la troza mediante un rocío de agua. Además es importante considerar, cuando el almacenamiento es sobre el suelo, la forma de apilado debe facilitar la realización de estas operaciones.

Hancock mencionado por Miguel (1988) considera que es de suma importancia mantener el patio de almacenamiento libre de residuos de madera, los cuales pueden servir como origen de infección.

Finalmente Ríos (1983) manifiesta que en aquellas trozas que ya existen grietas con riesgo de convertirse en rajaduras o rajaduras ya existentes, la forma es limitar su incremento y mediante la colocación de elementos metálicos anticuardeo. Además recomienda que una planta de chapa debe mantener un nivel de stock de tal manera que posibilite dar continuidad a las operaciones productivas.

1.6.2. DESCORTEZADO

French (1977) sostiene que debido al daño que se produce a las cuchillas de la rebanadora, por la suciedad contenida en mayor parte de las cortezas, es práctica universal en la operación de laminado, descortezar las trozas antes que ingresen a la laminadora. El descortezado puede ser hecho manualmente con el uso de herramientas apropiadas, o mecánicamente.

Lutz (1978) indica que existe tres factores para efectuar un buen descortezado: variabilidad en la adherencia de la corteza en una misma especie, variabilidad en la adherencia de la corteza entre especies diferentes y tipo de equipo usado para el descortezado. Sobre el equipo utilizado el mismo autor menciona que se incluye herramientas manuales, sierras para corteza, chorros de agua a alta presión, descortezadora de cadenas y descortezadora de tambor.

1.6.3. DESBASTADO

Miguel (1988) sostiene que el desbastado consiste en dar a la troza superficies planas preparándolas para el laminado.

Ríos (1983) considera que esta operación se realiza con la finalidad de darle forma definida con el objeto de facilitar la orientación del corte durante el laminado. Su ejecución generalmente se realiza en una sierra de cinta horizontal. Una forma de desbastado típico es el “quartier” consistente en obtener de la troza cuatro partes y a partir de estas, proceder a laminar cada una en forma independiente.

Lutz (1978) señala que esta operación puede realizarse con una sierra de cinta o una sierra circular. Además el largo de las trozas para la mayoría de operaciones en corte plano es de 12 a 16 pies (3,6 a 4,8 m aproximadamente) de largo.

French (1977) manifiesta que la conversión de trozas en bloques para laminadora involucra una considerable planificación, se deberá determinar los cortes que se efectuarán en el bloque para obtener la chapa más valiosa, y luego determinar cómo efectuar estos cortes. Además el diámetro mínimo de las trozas para una operación de laminado es 38 cm para corte tangencial y 70 cm para corte radial. El largo del bloque varía de 2,4 a 4,8 m, dependiendo del tamaño de la laminadora y el ancho del secador.

Para Romero (1990) no sólo el ancho de la chapa define el diámetro mínimo a utilizar, sino la distancia mínima en que las uñas de la mesa transportadora de la rebanadora sujetan al flitch.

1.6.4. LAMINADO

Ríos (1983) sostiene que el laminado consiste en reducir la madera en láminas como resultado de la acción combinada de dos elementos, la cuchilla y la barra de presión. La función de la cuchilla es seccionar la fibra de la madera a una determinada profundidad y separar la lámina resultante de su base; este acto crea esfuerzos de cizallamiento y clivaje que producen una serie de tensiones en la cara inferior de la chapa que de superar en valor al esfuerzo de tracción perpendicular a las fibras produce en la sección grietas que penetran oblicuamente. Para neutralizar estos esfuerzos se emplea la barra de presión que actúa introduciendo fuerzas de compresión en forma paralela y perpendicular al plano de corte, regulando además el espesor de la chapa y facilitando su rotación.

Para chapas de calidad cara, French (1977) manifiesta que las cuchillas son normalmente de 19,1 mm de espesor. El ángulo de bisel varía de 18° a 23°. Chapas más compactas se obtienen con ángulos de bisel más pequeños, sin embargo el ángulo más grande da como resultado una cuchilla más rígida y de mayor resistencia al impacto. Por su parte Lutz (1978) considera que un ángulo de bisel de 18° es usado para laminar, por corte plano, flitch tratados térmicamente; mientras que un ángulo de 23° es usado para el laminado de trozas por corte rotativo. La concavidad de la cara cortante de la cuchilla normalmente varía entre 0,025 a 0,05 mm.

Lutz (1978) menciona que el ángulo del bisel de la barra de presión generalmente varía entre 74° a 78° y tiene un filo muy suave e incluso es recomendable redondear la arista equivalente a un radio de 0,3 mm, con la finalidad de obtener chapas de mejor calidad.

En relación al ajuste de las luces o aberturas, French (1977) señala que la magnitud del “lead” o abertura vertical en una laminadora es fijado normalmente a 0,7 mm y el “gap” o abertura horizontal varía con el espesor de la chapa; así para una chapa de 0,9 mm el “gap” estará comprendido entre 0,7 y 0,8 mm. Sin embargo deberá realizarse los ajustes de acuerdo a las especies y características de las chapas a ser producidas. Por su parte, Lutz (1978) indica que el “lead” es normalmente regulado a 0,8 mm y el “gap” está en función del espesor de la chapa, así para un espesor de 0,8 mm se tendría un “gap” igual a 0,7 mm que en términos generales equivale al 90% del espesor de la chapa.

Kollman *et. al.* (1975) y French (1977) agregan que los flitch deberán ser fijados en forma segura a la mesa de soporte para garantizar un corte efectivo, asimismo en el montaje de la máquina se deberán tomar todas las precauciones para eliminar la vibración que afecta la calidad de corte. Refiriéndose a la velocidad de laminado recomiendan que se deberá trabajar a una velocidad adecuada, que garantice una normal evacuación de las chapas por parte de los operarios.

Lutz (1978) afirma que la tarea más importante y fundamental en el laminado es obtener la mejor posición relativa y alineamiento entre la cuchilla y la barra de presión. Estos ajustes pueden ser facilitados por el uso de instrumentos adecuados, y antes de ser colocados es esencial que no haya juego en la mesa portadora y los tornillos alimentadores de la laminadora. Si estos no están bien puestos, un buen posicionamiento inicial de barra-cuchilla puede cambiar y resultar un corte pobre.

Finalmente en cuanto la aptitud al laminado de las especies maderables comunes a los bosques del Perú, French (1977) considera que todas pueden ser debobinadas o laminadas para la obtención de chapas. Las especies más ligeras con un peso específico debajo de 0,4 pueden ser cortadas sin ningún acondicionamiento previo.

1.6.5. SECADO

Ríos (1983) sostiene que el secado tiene por finalidad reducir el contenido de humedad de la chapa a niveles que posibilite su utilización, variando según el equilibrio higroscópico del medio de empleo y/o el tipo de cola.

French (1977) y Lutz (1978) indican que el objetivo del secado de la chapa decorativa es acondicionarla, a un contenido de humedad que normalmente va de 8 a 10%, para el encolado de láminas decorativas.

Vignote y Martínez (2006) agregan que el secado se suele hacer mediante calor, en un túnel, a contracorriente, es decir, por un lado entra la chapa al túnel, a través de una cinta transportadora y por el otro lado y en sentido contrario, entra aire caliente y seco, realizándose un secado progresivo como en cualquier secadero de calor.

French (1977) menciona que los secadores de tipo malla metálica es empleado para láminas obtenidas por corte plano, cuya ventaja es que la lámina es alimentada transversalmente. Referente a la dirección del grano en la superficie de la chapa, la humedad se escapa mucho más rápido de la fibra longitudinalmente que lateralmente; además cuando el corte de la chapa es a través de las fibras se facilita la salida de humedad, es decir que una chapa obtenida por corte radial secará más rápido que una chapa obtenida por corte tangencial. El secado se realiza a temperaturas mayores a 100 °C, aunque la mayoría de secadoras del tipo de mallas metálicas operan a 121 °C; la humedad del aire no es un factor importante. La circulación de aire también conduce el calor a los diferentes puntos del secadero. En láminas obtenidas por corte plano producidas para propósitos decorativos es deseable mantener todo el grupo de chapas que salen de un bloque en su secuencia natural con el fin de producir efectos del ensamblaje.

Por su parte Miguel (1988) sostiene que los factores referidos a las condiciones de secado, que afectan la tasa de secado de chapas, pueden ser considerados además de la velocidad de circulación de aire a través de la superficie de la lámina, la temperatura y tiempo.

Lutz (1978) enfatiza que existen algunas propiedades de la lámina que afectan su secado y son: el espesor de la lámina (las láminas gruesas se secan más lentamente que las finas siempre que estén al mismo contenido de humedad), densidad (la madera más densa requieren mayor cantidad de calorías y mayor tiempo para calentarse y secarse), orientación

de la superficie de la lámina (o dirección del grano) y contenido de humedad inicial de las láminas entre otras.

French (1977) y Lutz (1978) consideran que las características deseables que debe tener una lámina seca son: contenido de humedad uniforme, ausencia de ondulaciones en los extremos, ausencia de rajaduras, buena condición de la superficie para el encolado, color aceptable y ausencia de colapso y apanamiento.

Por lo que Lutz (1978) sugiere secar la lámina inmediatamente después de ser laminada con el objetivo de reducir rajaduras en los extremos, manchas por oxidación, mohos y mancha azul. Asimismo Ríos (1983) sostiene que las rajaduras en los extremos de las chapas se debería al prolongado tiempo de espera entre el laminado y el secado, lo que da lugar a que algunas partes de la chapa comiencen a perder humedad en el medio ambiente, determinando así su desigual distribución ocasionando tensiones internas durante el secado.

Finalmente Miguel (1988) agrega que es una etapa esencial en el proceso de producción de láminas decorativas, que tiene una influencia directa en la calidad y rendimiento del producto.

1.6.6. GUILLOTINADO

Según Vignote y Martínez (2006) el guillotinado tiene como objetivo dimensionar en anchura y longitud la chapa obtenida. Ríos (1983) agrega que esta operación tiene como objetivo enderezar los bordes, eliminar zonas de albura, así como grietas y rajaduras de los extremos y cualquier otro defecto por agentes patológicos. El mismo autor indica que el equipo empleado para esta operación lo constituyen las guillotinas, las que pueden ser accionadas en forma mecánica a pedal. Para el guillotinado se procede a agrupar las chapas en paquetes que pueden estar conformadas entre 24 a 60 láminas.

1.6.7. CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE CHAPAS

FAO mencionado por Romero (1990) señala que el aspecto, la presencia de defectos (manchas, nudos muertos, ataque de insectos y rajaduras) y el espesor de las chapas, figuran entre los principales factores evaluados para seleccionar las chapas que han de emplearse para caras, contracaras y almas.

Ríos (1983) manifiesta que la clasificación por calidad se realiza en base a dos parámetros. El primero de ellos se lleva a cabo en forma defectiva es decir por la presencia y/o ausencia de defectos como: manchas, nudos muertos, ataque de insectos y rajaduras, admitiéndose en función de estas dos categorías: la calidad cara, es decir aquella chapa que va a constituir la parte aparente de los paneles decorativos y la calidad trascara que se usa como elemento de compensación de la cara, admitiendo todos los defectos antes mencionados.

1.7. RENDIMIENTO DE LA MADERA ROLLIZA A CHAPAS DECORATIVAS

Según French (1977) aproximadamente en una planta de tableros contrachapados, el 50% de la troza es transformado a láminas para los paneles. El resto está compuesto de corteza, puntas de trozas, bloques defectuosos, extremo de las láminas, retazos de láminas, láminas defectuosas eliminadas en el guillotinado y los residuos producidos en el dimensionamiento de chapas secas y en el escuadrado y lijado de los tableros.

No se encontró registro o estudio realizado en el país sobre información del rendimiento por corte vertical de madera rolliza a chapas decorativa. Sin embargo; si existen estudios en la obtención de chapas decorativas por corte horizontal como el realizado por Romero (1990), quien encontró rendimientos promedios de 37% y 26,2% para trozas de ishpingo y lagarto respectivamente. Así mismo, Miguel (1988) obtuvo rendimientos promedios de madera rolliza de 38,1%, 31,2% y 30,1% para las especies de ishpingo, copaiba y catahua respectivamente; en la fabricación de chapas decorativas.

Toledo y Rincón (1996) en un estudio sobre el rendimiento de madera rolliza de “higuerilla” encontraron valores de hasta 39%, considerándose como buenos.

Cuadros (2003) obtuvo rendimientos promedios de 55,2% y 44,5% para madera rolliza de higuerilla de calidad A y B respectivamente; mientras que en “cedro virgen” el rendimiento fue de 53,9% y 39% para las trozas de calidad A y B respectivamente, en la fabricación de chapas decorativas de 0.7 mm cortadas en torno. Además obtuvo como rendimiento en trozas de calidad A, 28,8% y 25,2% para las láminas cara y trascara respectivamente. De igual manera el rendimiento de las trozas de calidad B fue 11,1% y 27,9% para las láminas cara y trascara respectivamente.

Por su parte Ríos (1983) manifiesta que en esta industria al igual que en otras similares el rendimiento de la materia prima está íntimamente ligada con la calidad de la misma. Indica además que para nuestras condiciones nacionales puede variar desde un 26 hasta un 40%. A continuación se muestra la secuencia de operaciones que expresa en relación al volumen inicial, las diversas pérdidas que suceden durante el proceso con los valores porcentuales promedio de los residuos generados:

OPERACIÓN	RESIDUO	VOLUMEN (%)
Desbastado	Costeros	11
	Chapa defectuosa	5
Laminado	Vástago de laminado	15
Secado	Contracción	14
Guillotinado	Eliminación de chapas y bordes defectuosos	18
TOTAL		63

Olivera mencionado por Miguel (1988) agrega que el rendimiento en la obtención de láminas decorativas está en función de la calidad de la madera y de la tecnología usada en su procesamiento y puede variar de 25 a 55%. Según su experiencia los valores porcentuales promedio de los residuos generados en el proceso para maderas tropicales pueden estar distribuidos así:

OPERACIÓN	VOLUMEN (%)
Desbastado	15
Laminado	20
Secado	8
Guillotinado	17
TOTAL	60

1.8. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE ESTUDIADA

1.8.1. *Cedrela montana moritz*

Larco (2000) encontró que la madera de *Cedrela montana* Moritz en condición verde la albura es color crema y muy angosta, de 1 a 2 cm de espesor, y el duramen rosado oscuro. La transición de albura a duramen es gradual. En estado seco el duramen se torna pardo rojizo por oxidación con el aire, uniforme en color y de forma redonda, mientras que la albura continua de color crema. El duramen tiende a ser menos consistente hacia el centro de la troza y frecuentemente hueco en las trozas basales de los árboles de mayores dimensiones (d.a.p. mayores a 1 m). El veteado es bien demarcado en la cara tangencial por arcos superpuestos. Olor fragante inclusive a distancia y sabor no distintivo. El grano es recto y la textura es mediana, posee brillo medio, pero es alto en piezas que presentan madera de tensión comúnmente conocida como madera “trapos”. En cuanto a las propiedades físicas - mecánicas en condición saturada determinó las siguientes:

- PROPIEDADES FÍSICAS:

Contenido de humedad: 55,75%

Densidad básica: 0,42 g/cm³

Contracción: Tangencial = 5,32%
 Radial = 2,83%
 Volumétrica = 9,99%

Relación T/R: 1,88

- PROPIEDADES MECÁNICAS:

Flexión estática: ELP = 228,1 kg/cm²

MOR = 436,0 kg/cm²

Compresión paralela: ELP = 149,8 kg/cm²

MOR = 230,3 kg/cm²

Compresión perpendicular: ELP = 23,8 kg/cm²

Cizallamiento: 62,4 kg/cm²

Dureza: Extremos = 292,2 kg/cm²

Lados = 253,6 kg/cm²

Clivaje: 35,1 kg/cm

Tracción perpendicular: 28,2 kg/cm²

Tenacidad: 1,3 kg-m

Extracción de clavos: Extremos = 51,8 kg

Lados = 91,5 kg

Finalmente el mismo autor propone que sus aptitudes de uso son: chapas decorativas, ebanistería, mobiliario escolar, puertas apaneladas, carpintería de obra, revestimientos machihembrados y molduras, por ser una madera de textura media, grano recto, color rojo y vetado pronunciado de arcos superpuestos, densidad media, dimensionalmente estable y de propiedades mecánicas bajas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. UBICACIÓN

El estudio se realizó en la empresa Perú Lumber S.A.C. ubicada en el distrito de Ate, provincia de Lima, departamento de Lima.

2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.1. ESPECIE

El trabajo se realizó con la especie *Cedrela montana Moritz*, de mayor disponibilidad en esta empresa y que actualmente tiene demanda en el mercado, cuya madera proviene de bosques naturales de Satipo, departamento de Junín.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

La comprobación de la identidad de la especie en estudio se realizó con muestras de xiloteca en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

2.3. MAQUINARIA, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

a. Maquinaria

- Laminadora vertical de 66 pulgadas x 30 pulgadas x 11 pies de capacidad, cuyas especificaciones de los elementos de corte y las variables utilizadas en el laminado fueron las siguientes:

Información General de la laminadora vertical:

Marca: CAPITAL

País de fabricación: USA

Especificaciones de la cuchilla:

Largo:	3 m
Ancho:	20 cm
Espesor:	19 mm
Ángulo de bisel:	20°

Especificaciones de la barra de presión

Espesor:	19 mm
Ángulo de bisel:	15°

Especificaciones Luces o Aberturas

Vertical:	0,2 – 0,4 mm
Horizontal:	0,9 mm

- Secadora de mallas para láminas ITMAC CREMONA de 6 metros de largo y 5 metros de ancho efectivo.
- Guillotina de pedal CREMONA

b. Equipos

- Motosierra MS 660
- Winche eléctrico y corredizo sobre un monorriel elevado
- Carretilla hidráulica
- Palanquetas, hachas y machetes
- Cámara fotográfica SONY Cyber-shot DSC-W510
- Computadora personal HP Pavilion dv4

c. Instrumentos

- Wincha de 5 metros

d. Otros

- Libretas, papel y formatos
- Tizas y marcadores

3. METODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.1. TOMA DE MUESTRA

La muestra fue tomada del patio de trozas de la empresa completamente al azar, sin conocer su calidad.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Se consideraron los siguientes aspectos:

- La producción y disposición de la empresa para efectuar un trabajo de esta naturaleza.
- La información de trabajos realizados anteriormente.

Teniendo en cuenta que no se ha determinado estadísticamente el tamaño de muestra óptimo en estudios anteriores y que además la empresa empleó un lote de 204 trozas para su producción, se vio conveniente, para determinar el tamaño de muestra del presente trabajo, el uso de la Norma Técnica Peruana – NTP ISO 2859-1:2013 “Procedimientos de muestreo para inspección por atributos”, debido a que se necesitaba hacer una clasificación en base a la calidad de las trozas. El tamaño de muestra se obtuvo al utilizar la tabla I (ver anexo 1), para un tamaño de lote de 204 y un nivel de inspección II de uso general, y la tabla II-A (ver anexo 2) dando como resultado un tamaño de muestra de 32.

3.3. MEDICIÓN DE LA TROZA

a. Diámetro

El diámetro de la troza está definido como el promedio de cuatro diámetros, 2 medidas por cada extremo de la troza. La medida se hizo sin considerar la corteza, pasando por el centro de la sección y entre ambas medidas debe formarse un ángulo recto. Esta medida se expresa en centímetros utilizando la cinta métrica (wincha).

$$D = \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

Donde:

D = Diámetro promedio de la troza

d1 y d2 = Diámetros tomados en ángulo recto en el extremo “a” de la troza

d3 y d4 = Diámetros tomados en ángulo recto en el extremo “b” de la troza

b. Largo

Se midió la distancia paralela al eje longitudinal más corta, entre los extremos de la troza expresado en metros, utilizando una wincha para su medición.

c. Volumen

Con los datos anteriores se determinó el volumen de la troza en base a la expresión descrita por Smalian modificada según DGF/INRENA (1996):

$$V = \pi \times (\bar{D}^2/4) \times L$$

Donde:

V = Volumen de la troza (m³)

D = Diámetro promedio de la troza (m)

L = Largo de la troza (m)

3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS TROZAS

Las trozas se clasificaron en base a su apariencia externa y presencia de defectos visibles. Se propuso para fines de esta investigación evaluar las trozas de acuerdo a la regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” calidad A y B confeccionada por Cuadros (2003), tal como se muestran en las tablas 1 y 2. En la figura 2 se muestra una troza de “cedro virgen” de calidad B.

Tabla 1: Regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” calidad A

Forma	Superficie	Extremos
<p>Los extremos de la troza deben ser similar a una circunferencia y la relación entre el diámetro pequeño y el diámetro grande en ambos extremos deberá ser mayor a 85%.</p> <p>La diferencia de la relación entre el diámetro pequeño y el diámetro grande de ambos extremos de la troza no deberán superar el 5%.</p> <p>La deflexión no deberá ser mayor a 4%, debiendo existir solo una por troza.</p> <p>El ahusamiento no deberá ser mayor o igual a 2%.</p>	<p>Se acepta nudos vivos en número de 3 y hasta 3 nudos muertos de diámetro < a 12 cm.</p> <p>Solo se aceptan huecos por ataque de insectos, siempre y cuando sean pequeños (ancho 2 mm y largo 1,2 cm), escasos (menos del 10% del área de superficie) y que no profundice en la troza.</p> <p>No se aceptan pudriciones de ningún tipo.</p> <p>Se acepta solo rajaduras o grietas delgadas (ancho < 0,5 cm) y superficiales.</p>	<p>Se puede aceptar pequeñas pudriciones en la médula que no mermen menos del 95% del volumen de la troza y no posean forma circular (tipo hueco).</p> <p>Se aceptan grietas delgadas (ancho < 0,5 cm) de profundidad menor a 1/10 del largo de la troza (25 cm) o hasta 2 grietas medianas (de 0,5 a <1 cm).</p> <p>Se toleran hasta acebolladuras pequeñas de profundidad < 30 cm y localizadas en un radio de ¼ del diámetro de la troza.</p> <p>La médula debe ser céntrica, debiendo ser la relación de la distancia de su centro verdadero entre el diámetro no mayor a 10%.</p> <p>No se aceptan doble corazón, presencia de bifurcaciones, aletas, ni manchas.</p> <p>No se aceptan pudriciones en las puntas a menos que sea lo descrito en el punto 1.</p>

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 2: Regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” calidad B

Forma	Superficie	Extremos
<p>Los extremos de la troza deben ser similar a una circunferencia y la relación entre el diámetro pequeño y el diámetro grande en ambos extremos podrá ser menor a 85%.</p> <p>La diferencia de la relación entre el diámetro pequeño y el diámetro grande de ambos extremos de la troza puede ser mayor a 5%.</p> <p>La deflexión podrá ser mayor a 4%, debiendo existir solo una por troza.</p> <p>El ahusamiento puede ser mayor a 2%.</p>	<p>Se acepta más de tres nudos vivos o nudos muertos de diámetro mayor a 12 cm.</p> <p>Solo se aceptan huecos por ataque de insectos, siempre y cuando sean pequeños (ancho 2 mm y largo 1.2 cm), medianamente escasos (hasta 25% del área de superficie) y que no exceda el grosor de la albura.</p> <p>Se aceptan pudriciones pequeñas y superficiales.</p> <p>Se acepta rajaduras y grietas medianas (de 0.5 a 1 cm) y superficiales.</p>	<p>Se puede aceptar pequeñas pudriciones en la médula que no mermen menos del 85% del volumen de la troza y podrán poseer forma circular (tipo hueco).</p> <p>Se aceptan grietas medianas a grandes (ancho > 0.5 cm) de profundidad mayor a 1/10 del largo de la troza (25 cm). Se aceptan rajaduras sin que penetren en demasía a la troza.</p> <p>Se toleran acebolladuras pequeñas, de profundidad > 30 cm y localizadas en un radio que puede ser mayor de ¼ del diámetro de la troza.</p> <p>La médula podrá ser céntrica, pudiendo ser la relación de la distancia de su centro verdadero entre el diámetro, mayor a 10%.</p> <p>No se aceptan doble médula, presencia de bifurcaciones y aletas.</p>

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 2: Sección transversal de una troza de “cedro virgen” de calidad B

FUENTE: Elaboración propia.

3.5. CONDICIONES DEL PROCESAMIENTO

a. Almacenamiento

Se almacenaron trozas largas y con corteza todas aquellas del lote de donde se obtuvo la muestra. Algunas trozas fueron protegidas bajo techo de la exposición al sol y al viento. Los extremos de las trozas no fueron protegidas con sustancias selladoras ni con elementos metálicos anticuardeo (ver figura 3). Las trozas tuvieron un tiempo aproximado de almacenamiento de 3 a 6 meses.

b. Desbastado

Esta operación se realizó con la ayuda de una motosierra (ver figura 4). Se trozó a la mitad el largo de cada troza y se procedió a realizar cortes tipo quartier para la obtención de los bloques, denominados flitch, según lo descrito por Ríos (1983). En aquellas trozas cuyos extremos presentaron rajaduras, se procuró cortar siguiendo la dirección de estas para obtener así el mayor volumen posible de madera para laminar. Posterior al desbastado se midió el polígono de los extremos y el largo de cada flitch.

c. Descortezado

Posterior a la operación de desbastado, se extrajo toda la corteza de cada flitch en forma manual con la ayuda de hachas, palanquetas y machetes (ver figura 5), tal como lo mencionan French (1977) y Lutz (1978).



Figura 3: Almacenamiento de trozas

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 4: Desbastado con motosierra de una troza de “cedro virgen”

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 5: Descortezado manual de un flitch

FUENTE: Elaboración propia.

d. Cargado y sujeción

Con la ayuda del winche eléctrico, se engancha cada flitch de sus extremos y de esta forma se facilita su colocación en la laminadora tal como se muestra en las figuras 6 y 7.

e. Laminado

Esta operación se efectuó en una laminadora vertical (ver figura 8), obteniéndose chapas de corte tangencial que fueron descargadas por medio de un transportador de fajas múltiples hacia los operadores, quienes se encargaron de apilar las chapas obtenidas de cada flitch a medida que salían de la laminadora (ver figura 9). Al término de esta operación se obtuvo un residuo del flitch denominado vástago (ver figura 10). El espesor de la chapa al cual se laminó es de 0,55 mm.

f. Secado

Esta operación se realizó en una secadora continua de mallas. Donde las variables de secado fueron: temperatura de 100 a 125 °C, tal como lo indica French (1977) y el tiempo de secado de 3 a 4 minutos. La alimentación y recepción de las chapas fue manual (ver figura 10 y 11). El contenido de humedad final de las chapas fluctuó entre 10 y 12%. En este proceso se tomaron las medidas del ancho de las chapas antes y después de pasar por el secador para determinar la contracción tangencial.

g. Guillotinado

El guillotinado se ejecutó con el fin de eliminar los defectos de las chapas, enderezar los bordes y darles las dimensiones comerciales, por lo que se utilizaron dos guillotinas de pedal de chapas secas (ver figura 12), en una de ellas se dimensionó el ancho y en la otra la longitud comercial de 2,5 m. Se guillotinaron paquetes conformados por 24 chapas, tal como lo señala Ríos (1983). Al término del guillotinado se midió el ancho de cada paquete.



Figura 6: Cargado del flitch utilizando un winche eléctrico y corredizo sobre un monorraíl elevado

FUENTE: Elaboración propia.

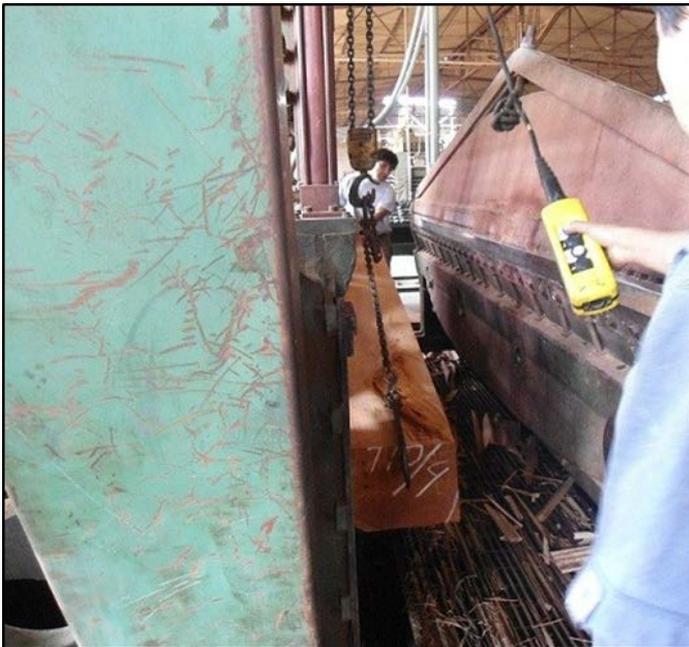


Figura 7: Sujeción del flitch en la laminadora vertical con la ayuda del winche eléctrico

FUENTE: Elaboración propia.

h. Clasificación de chapas

La clasificación de las chapas se realizó luego del guillotinado basándose en los criterios de clasificación de la empresa. En base a la calidad de la chapa se consideró dos categorías:

- Chapa para cara

Chapas sanas, libre de defectos, de 2,5 metros de largo, uno o varios nudos sanos y aptas para caras de paneles decorativos de dimensiones de 4 x 8 pies (1,2m x 2,4m). (Ver figura 13).

- Chapa para trascara

Chapas de 2,5 metros de largo, color desuniforme con picaduras, uno o varios nudos sanos y que no reúnen las cualidades para cara de paneles decorativos de dimensiones de 4 x 8 pies (1,2 m x 2,4 m).

3.6. FRECUENCIA DE LOS DEFECTOS

Se tomó la información de los defectos observados en las trozas durante la clasificación de estas al inicio del estudio, con estos datos se confeccionó una tabla de frecuencia de defectos.



Figura 8: Vista lateral de la laminadora vertical

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 9: Recepción de chapas obtenidas del flitch

FUENTE: Elaboración propia.

3.7. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO

Con los resultados obtenidos en las mediciones anteriores se determinaron los volúmenes de residuos generados en cada etapa del proceso utilizando el método de diferencia de volúmenes propuesta por Miguel (1988) y Romero (1990):

a. Desbastado

Los residuos generados en el desbastado son aquellos originados por la motosierra. El volumen de residuos generados en este proceso está dado por las siguientes fórmulas:

$$V_{rd} = V_t - V_f$$

$$V_f = \frac{A_p \times L}{10\,000}$$

$$10\,000$$

Donde:

V_{rd} = Volumen de residuos de desbastado (m^3)

V_t = Volumen de la troza (m^3)

V_f = Volumen del flitch (m^3)

A_p = Área de los extremos poligonales (cm^2)

L = Largo del flitch (m)



Figura 10: Alimentación de las chapas en el secador de mallas

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 11: Recepción de las chapas del secador de mallas

FUENTE: Elaboración propia.

El porcentaje de residuos del desbastado está dado por la siguiente fórmula:

$$\%rd = \frac{Vrd \times 100}{Vt}$$

Donde:

$\%rd$ = Porcentaje de residuo en el desbastado

Vrd = Volumen de residuos de desbastado (m^3)

Vt = Volumen de la troza (m^3)

b. Laminado

Los residuos generados en esta etapa son aquellas chapas descalibradas y/o incompletas originadas al inicio de cada cambio de posición del flitch debido a la calidad de la troza. Estos residuos se calcularon empleando las siguientes fórmulas:

$$Vrl = Vv + 0.05 \times Vf$$

$$Vv = a \times e \times L$$

Donde:

Vrl = Volumen de residuos de laminado (m^3)

Vv = Volumen del vástago (m^3)

Vf = Volumen del flitch (m^3)

a = Ancho del vástago (m)

e = Espesor del vástago (m)

L = Largo del vástago (m)

0.05 = coeficiente por pérdida de láminas defectuosas en el laminado

Según Romero (1990) se considera un volumen adicional al 5% del volumen del flich que se pierde al nivelarlo en los cortes iniciales en la laminadora y por la eliminación de chapas descalibradas y chapas defectuosas por rajaduras y otros defectos graves.

El rendimiento está dado por la siguiente fórmula:

$$\%rl = \frac{Vrl \times 100}{Vt}$$

Donde:

$\%rl$ = Porcentaje de residuo en el laminado

Vrl = Volumen de residuos de laminado (m^3)

Vt = Volumen de la troza (m^3)

c. Secado

En esta operación se tomó como referencia solamente la contracción tangencial por ser la más representativa y útil. Para el cálculo de dicha contracción se tomaron medidas del ancho de las chapas antes y después de pasar por el secador. Para calcular la merma por el secado se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vrs = \frac{Vlh \times Ct}{100}$$

Donde:

Vrs = Volumen de residuo por el secado (m^3)

Vlh = Volumen de láminas húmedas (m^3)

Ct = Contracción tangencial (%)

El porcentaje de residuo por el secado se determinó por la fórmula siguiente:

$$\%rs = \frac{Vrs \times 100}{Vt}$$

Donde:

$\%rs$ = Porcentaje de residuo en el secado

Vrs = Volumen de residuo por el secado (m^3)

Vt = Volumen de la troza (m^3)



Figura 12: Guillotinas a pedal para dimensionar en ancho y largo

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 13: Chapas secas y guillotizadas de “cedro virgen” para cara de paneles

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 14: Vástagos obtenidos después del laminado del flitch

FUENTE: Elaboración propia.

d. Guillotinado

Para calcular los residuos generados en esta etapa se emplearon las siguientes fórmulas:

$$Vrg = VTr - (Vrd + Vrl + Vrs)$$

$$VTr = Vt - Vch$$

Donde:

Vrg = Volumen de residuos de guillotinado (m³)

VTr = Volumen total de residuos (m³)

Vrd = Volumen de residuos de desbastado (m³)

Vrl = Volumen de residuos de laminado (m³)

Vrs = Volumen de residuos de secado (m³)

Vt = Volumen de la troza (m³)

Vch = Volumen de chapas producidas (m³)

El porcentaje de residuo en el guillotinado está dado por la fórmula:

$$\%rg = \frac{Vrg \times 100}{Vt}$$

Vt

Donde:

%rg = Porcentaje de residuo en el guillotinado

Vrg = Volumen de residuo por el guillotinado (m³)

Vt = Volumen de la troza (m³)

e. Producción

Es el volumen de chapas secas y guillotinas obtenidas de la troza. Se obtuvo por el conteo y la medición del área o superficie de las chapas después del guillotinado empleando las siguientes fórmulas:

$$Vlsg (m^2) = A \times L \times N$$

$$Vlsg (m^3) = A \times L \times N \times E$$

Donde:

Vlsg = volumen de chapas secas y guillotinas (m^2 o m^3)

A = ancho de la chapa (m)

L = largo de la chapa (m)

N = número de chapas

E = espesor de la chapa (m)

También se obtuvo lo siguiente:

- Producción de chapas para cara para paneles de 4x8
- Producción de chapas para trascara para paneles de 4x8

f. Rendimiento

El rendimiento de madera rolliza a chapas decorativas es la relación entre el volumen producido de chapas y el volumen de la troza. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Rdto = \frac{Vlsg \times 100}{Vt}$$

Donde:

Rdto = rendimiento en %

Vlsg = volumen de chapas secas y guillotinas (m^3)

V_t = volumen de la troza (m^3)

Se determinaron los siguientes rendimientos:

- Rendimiento de la madera rolliza a chapas secas y guillotinas.
- Rendimiento de madera rolliza a chapas secas y guillotinas para cara.
- Rendimiento de madera rolliza a chapas secas y guillotinas para trascara.

3.8. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se elaboraron tablas de resultados promedios porcentuales de los volúmenes y rendimientos obtenidos de los promedios de los datos tomados en cada etapa del proceso, de acuerdo a la especie y calidad de troza. Además se confeccionó una figura que muestra en forma porcentual los rendimientos promedios y residuos generados en cada etapa del proceso.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de regresión lineal y de variancia en base a la relación entre el diámetro menor de troza en centímetros y el rendimiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERÍSTICAS DEL TAMAÑO DE MUESTRA

En la tabla 3 se muestra el resultado obtenido del volumen de las trozas evaluadas.

El volumen total evaluado fue de 87,9 m³ de madera rolliza de “cedro virgen”. El número de trozas evaluadas fueron 32, y que de acuerdo a la regla de clasificación para las trozas de “cedro virgen” confeccionada por Cuadros (2003), corresponden a trozas de calidad B. No se encontraron trozas de calidad A; ya que tal vez bajo las condiciones de almacenamiento y tiempo de permanencia en la planta, se vieron afectadas en su calidad todas aquellas trozas que inicialmente podrían haber sido consideradas de calidad A.

2. DIMENSIONES DE LAS TROZAS

Los resultados promedios del diámetro, longitud y volumen de las trozas; así como el coeficiente de variabilidad (CV) se muestran en la tabla 4. La descripción cuantitativa de cada troza evaluada se detalla en el anexo 3.

El diámetro promedio de las trozas fue 79,2 cm, este valor supera al mínimo considerado por French (1977). El largo y volumen promedio de las trozas evaluadas fueron 5,5 m y 2,7 m³ respectivamente.

Tabla 3: Número y volumen de las trozas de calidad B

ESPECIE	NÚMERO	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (pt)
Cedro virgen	32	87,9	37270

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 4: Valores promedios de las dimensiones de las trozas de calidad B de “cedro virgen”

VARIABLE	PROMEDIO	COEFICIENTE DE VARIABILIDAD
Diámetro (cm)	79,2	12,5
Longitud (m)	5,5	0,2
Volumen (m ³)	2,7	26,2

FUENTE: Elaboración propia.

El coeficiente de variabilidad del diámetro, longitud y volumen de las trozas fueron 12,5, 0,2 y 26,2 respectivamente, por lo tanto se podría afirmar que el promedio de cada variable es representativo de la muestra.

3. CLASIFICACIÓN DE TROZAS Y PRINCIPALES DEFECTOS OBSERVADOS

La descripción cualitativa de cada troza en base a la evaluación de sus defectos se detalla en el anexo 3.

En la tabla 5 se muestra la frecuencia de los defectos presentes en las trozas de “cedro virgen”. La frecuencia sólo indica la presencia del defecto mas no la magnitud ni gravedad de las mismas.

El defecto encontrado en todas las trozas evaluadas fue la presencia de grietas en los extremos, el segundo y tercer defecto con mayor frecuencia fueron las grietas en la superficie y las rajaduras en los extremos respectivamente. Aunque se almacenaron trozas largas, con corteza y algunas bajo techo, el tiempo entre el tumbado y el laminado de las mismas no fue el mínimo, tal como recomienda Lutz (1978); además no fueron protegidos sus extremos, ocasionando posiblemente la aparición o pronunciamiento de grietas y rajaduras en los extremos y otras partes expuestas.

Asimismo se pudo observar que las grietas y rajaduras afectaron en mayor grado la calidad de la troza mientras mayores fueron su número.

El cuarto defecto observado de mayor incidencia fue la médula excéntrica, que de acuerdo a Lutz (1978) y Remacha citado por Vignote y Martínez (2006) trae como consecuencia la pérdida de productividad ya que la excentricidad incrementa el número de chapas descalibradas en la producción de chapas decorativas.

El quinto defecto encontrado fue la acebolladura, que causa los mismos efectos que las rajaduras según Vignote y Jiménez (2006).

El sexto y séptimo defecto de relativa importancia fueron las rajaduras en la superficie y los nudos muertos, estas últimas según Lutz (1978), son de los más comunes e importantes defectos de las trozas para el laminado, ya que los huecos dejados por los nudos son limitantes en la clasificación de chapas.

De todos los defectos observados tres son intrínsecas a la madera y seis por agentes externos producidos después del tumbado, de acuerdo a la clasificación mencionada por Tuset y Duran (1979).

Para estimar el número de defectos observados por troza, se dividió el total de los defectos entre el número de trozas evaluadas. En promedio se estimó que el “cedro virgen” presentó 3,1 defectos por troza.

4. PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES ORIGINADOS EN LA OBTENCIÓN DE CHAPAS DECORATIVAS

Se muestra la distribución porcentual promedio de los componentes originados en el proceso para la obtención de chapas secas y guillotinas en la figura 15.

En la tabla 6 se observa los porcentajes de residuos generados en todas las distintas fases para la obtención de las chapas de “cedro virgen”, obteniéndose en promedio 64,2% de residuos.

Tabla 5: Frecuencia de defectos en las trozas de “cedro virgen” de calidad B

DEFECTO	FRECUENCIA	
	NÚMERO	%
Grietas en los extremos	32	100
Grietas en la superficie	29	90,6
Rajaduras en los extremos	12	37,5
Médula excéntrica	7	21,9
Acebolladura	6	18,8
Rajaduras en la superficie	5	15,6
Nudos muertos	4	12,5
Pudrición en médula	3	9,4
Ataque de insectos	1	3,1
Curvado o Deflexión	0	0
Ahusamiento	0	0
Pudrición en superficie	0	0
Pudrición en extremos	0	0

FUENTE: Elaboración propia.

4.1. DESBASTADO

Los resultados de los residuos generados en la etapa de desbastado se muestran en la figura 15 y la tabla 6.

El valor promedio de residuos en este proceso fue de 12.2%, que está comprendido dentro de los valores indicados por Ríos (1983) y Olivera mencionado por Miguel (1988).

Los residuos en el desbastado fueron aserrín y el material resultante del encuadrado para la obtención de los flitch.

4.2. LAMINADO

Los resultados de los residuos obtenidos en este proceso se muestran en la figura 15 y la tabla 6.

El valor promedio de residuos en el proceso de laminado fue de 12%, este valor es menor al indicado por Ríos (1983) y Olivera mencionado por Miguel (1988). El resultado obtenido se pudo deber al corte tipo quartier que procuró seguir la dirección de las rajaduras en los extremos de las trozas para lograr así laminar el mayor volumen posible de madera.

Los residuos de laminado están compuestos por las chapas resultantes del encuadre del flitch en la laminadora, las chapas descalibradas o rotas, y los vástagos cuyos espesores fueron limitados por la capacidad de sujeción de las garras de la máquina y la calidad de la madera.

4.3. CONTRACCIÓN POR SECADO

Los resultados referidos a las pérdidas por efecto del secado se muestran en la figura 15 y la tabla 6.

Para este resultado sólo fue considerado la pérdida de dimensión por contracción tangencial, cuyo valor promedio, referido a la merma de dimensión de las chapas al ser secadas, fue de 5,3%. Este valor es menor al indicado por Ríos (1983) y Olivera mencionado por Miguel (1988); sin embargo, es similar al reportado por Larco (2000) en su estudio sobre la anatomía y propiedades físico mecánicas de “cedro virgen”.

Los residuos de guillotinado están compuestos por todos los retazos de las chapas resultantes del encuadrado y despunte para darle la dimensión en ancho y longitud, previos

para la elaboración de cara y trascara de los paneles y el descuento de los defectos descalificadores.

4.4. PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO

Los resultados de la producción total y rendimiento promedio de las trozas de la especie en estudio según la calidad de chapa obtenida se muestran en la tabla 7.

La producción y rendimiento individual de las trozas evaluadas se detallan en el anexo N° 4.

El rendimiento promedio de las trozas de calidad B de “cedro virgen” para la obtención de chapas decorativas fue de 35,8%, y está comprendido dentro de los rangos señalados por Ríos (1983) y Olivera mencionado por Miguel (1988). Sin embargo, el rendimiento obtenido es menor que el determinado por Cuadros (2003) para trozas de “cedro virgen” de calidad B, en la fabricación de chapas decorativas de 0,7 mm cortadas en torno.

El rendimiento de la troza a chapas decorativas se podría explicar porque las chapas al proceder de una troza de menor calidad tiende a presentar un mayor número de defectos, principalmente grietas y rajaduras en los extremos que se agravaron debido a las condiciones de su almacenamiento, disminuyendo en algunos casos la longitud de la chapa final, no considerando así su uso para paneles pero todavía con la suficiente longitud para utilizarla en otros productos.

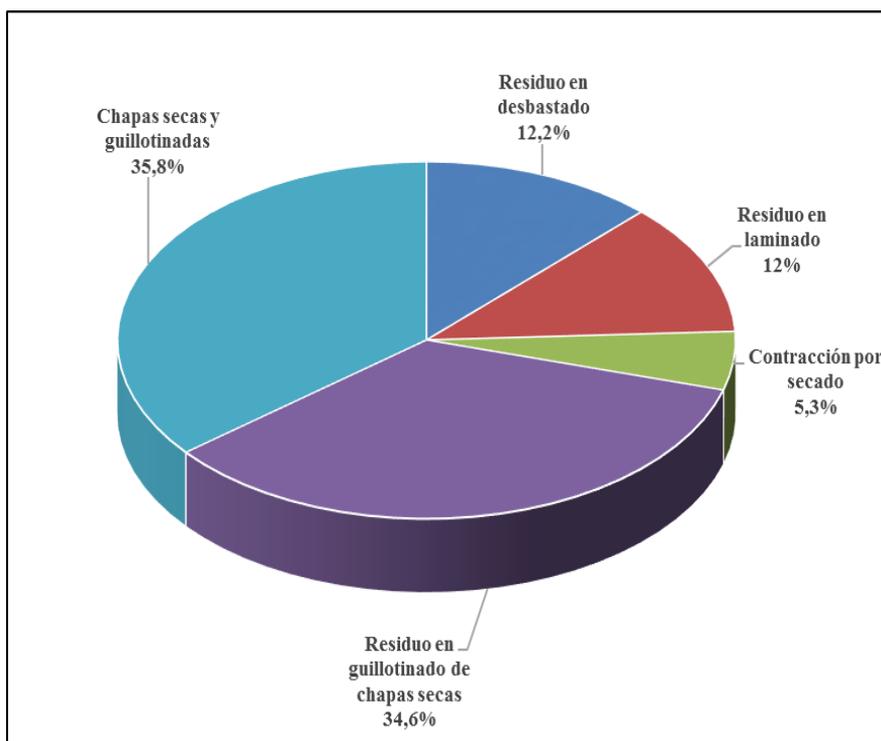


Figura 15: Distribución porcentual promedio del rendimiento y residuos originados en el laminado de trozas de calidad B de “cedro virgen”

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 6: Porcentaje de residuos en la obtención de chapas

OPERACIÓN	RESIDUO	VOLUMEN (%)
Desbastado	Residuos de desbastado	12,2
Laminado	Chapas defectuosas	4,4
	Vástagos de laminado	7,6
Secado	Merma por contracción	5,3
Guillotinado	Eliminación de chapas y bordes defectuosos	34,6
TOTAL		64,2

FUENTE: Elaboración propia.

Sin embargo; las trozas con los rendimientos más bajos fueron aquellas que además presentaron defectos naturales como nudos muertos y médula excéntrica.

Se clasificó el total de la producción de las chapas decorativas en chapas para cara y trascara, en función a su calidad. El rendimiento promedio de las trozas de calidad B para la obtención de chapas para cara fue 18,8%, este valor es mayor que 11,1% determinado por Cuadros (2003). Asimismo se obtuvo un rendimiento de 17,1% para chapas para trascara, este valor es menor que

27,9% determinado por el mismo autor. Aparentemente se obtiene un mayor rendimiento en la producción de chapas para cara cuando es obtenida por corte vertical que cortadas por torno.

Al determinar la relación promedio de la producción de chapas decorativas y el volumen de materia prima se obtuvo 1,6; es decir que por cada pie tablar de madera rolliza se produjo 1,6 m² de chapas decorativas de 0,55 mm de espesor.

La relación entre el diámetro menor en centímetros y el rendimiento; la ecuación de regresión lineal, el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (R²) se muestran en la figura 16. Gráficamente se puede determinar que el rendimiento de las trozas tiende a incrementarse cuando su diámetro también aumenta.

En la tabla 8 se observa el análisis de variancia para la regresión lineal simple, de donde se puede determinar que existe una regresión lineal entre el diámetro menor de troza y el rendimiento.

El coeficiente de determinación de 21,1% indica que este porcentaje de la variabilidad del rendimiento en la ecuación de regresión está explicado por la variación del diámetro menor de las trozas. El coeficiente de correlación de 0,5 del diámetro menor y el rendimiento, según la escala propuesta por Calzada (1981), se considera bajo. Esto tal vez se deba a otros factores como la calidad de la troza, las características de las variables de corte de la laminadora, la forma de realizar el secado de la lámina, la forma inconsistente o ineficiente de las operaciones por parte de los operadores que posiblemente también determinan el rendimiento.

Tabla 7: Rendimiento promedio y producción por calidad de chapas de trozas de calidad B de “cedro virgen”

CALIDAD DE CHAPAS				TOTAL	
CARA		TRASCARA			
PRODUCCIÓN (m ²)	RENDIMIENTO (%)	PRODUCCIÓN (m ²)	RENDIMIENTO (%)	PRODUCCIÓN (m ²)	RENDIMIENTO (%)
31250,6	18,8	27681,1	17,1	58931,7	35,8

FUENTE: Elaboración propia.

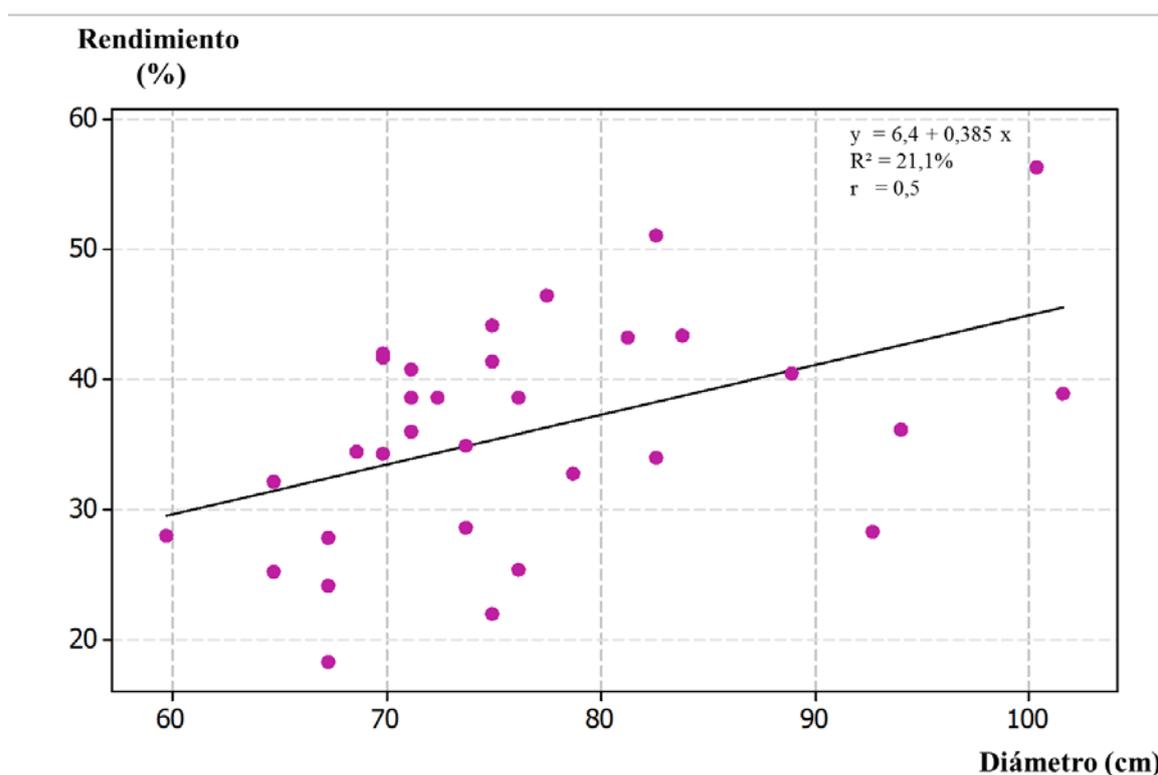


Figura 16: Relación entre el diámetro menor y el rendimiento de trozas de “cedro virgen” de calidad B

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 8: Análisis de variancia para la regresión de trozas de “cedro virgen”

Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Fc
Regresión	1	475,8	475,8	8
Residual: Error	30	1780,2	59,3	
Total	31	2256		

Fisher tabular (1 , 30) = 4,17

FUENTE: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

- 1) El rendimiento promedio de las trozas de “cedro virgen” para la obtención de chapas decorativas por corte vertical de 35,8 % se encuentra dentro del rango de rendimiento para este tipo de producto.
- 2) Los rendimientos promedios para la obtención de chapas para cara y trascara fueron 18,8% y 17,1% respectivamente.
- 3) Los principales residuos generados en la producción de chapas decorativas se registraron en la etapa de recortes por guillotinado.
- 4) La variación del diámetro explica parcialmente el comportamiento del rendimiento de las trozas en la obtención de chapas decorativas.
- 5) La correlación lineal entre el diámetro menor de troza y el rendimiento se considera baja.
- 6) Los defectos más frecuentes en las trozas evaluadas fueron las grietas y rajaduras en los extremos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la investigación referida a la influencia de cada defecto en el rendimiento de las trozas para la obtención de chapas decorativas y el rendimiento obtenido de las trozas con el uso de tratamiento térmico.
- Es recomendable el uso de las trozas de acuerdo a su calidad, de preferencia se deberían utilizar trozas de calidad A para la obtención de chapas decorativas.
- Se recomienda la aplicación oportuna de tratamientos preventivos de protección de los extremos de las trozas para reducir el biodeterioro y los defectos de secado, lográndose así mantener su calidad y aumentar el rendimiento.
- Considerando que la tecnología empleada en el proceso influye en el rendimiento, se recomienda realizar un estricto control de calidad en todos los procesos en especial en el guillotinado.
- Los residuos originados en el proceso de laminado pueden ser utilizados como combustible para producción de calor, mientras que los originados por guillotinado pueden usarse para fabricación de almas o centros de tableros contrachapados, o como materia prima para la producción de artesanía.
- Se recomienda contar con normas nacionales sobre clasificación de trozas que permitan estimar el rendimiento en la obtención de chapas decorativas, según la calidad de troza.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calzada, J. 1981. Métodos Estadísticos para la Investigación. 4 ed. Lima, PE. 644p.
- Cuadros R., Aldo. 2003. Rendimiento de madera rolliza de Higuierilla (*Micranda spruceana* Baillon R. Schulter) y Cedro virgen (*Cedrela montana* Moritz) en la fabricación de láminas decorativas cortadas en torno. Tesis de Ing. Forestal. Lima PE. UNALM. 133p.
- Davis, C; Callahan, J. 1986. Optimum clipping strategies for hardwood face veneer. Forest Products Journal v.36 (1). Forest Products Research Society. Madison, US. p 47-52.
- French, G. 1977. Diseño y Operación de Plantas Productoras de Tableros Contrachapados. MICTI. Lima, PE. 334 p.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2013. NTP ISO 2859-1:2013. Norma Técnica Peruana. Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Lima, PE. 1, 4 ed. 120 p.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1996. Nueva tabla de cubicación de madera rolliza de aplicación en la región selva. Lima, PE. 64 p
- Julca, P. 1987. Aptitud al laminado de 7 especies forestales de Madre de Dios. Tesis de Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 83 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA 1982. Manual de diseño para maderas del grupo andino. PADT-REFORT. Lima, PE. 583 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1984. Manual de Clasificación Visual para maderas estructural. PADT-REFORT. Lima, PE. 74 p.
- Kollman, F. 1959. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones Tomo I. Instituto Forestal de Investigación y Experiencia y el Servicio de la Madera. Madrid, ES. 674 p.

- Kollman, F; Kuenzi, E; Stamm, A. 1975. Principles of Wood Science and Tecnology. Volume II: Wood Based Materials. Springer-Verlay, Heidelbers/Berlin. New York, US. 703 p.
- Kollman, F; Côté, W. 1984. Principles of Wood Science and Technology. Volume I: Solid Wood. Springer-Verlay, Berlin/Heidelbers. New York. Tokyo. 592 p.
- Larco, I. 2000. Estudio dendrológico, anatómico y físico mecánico de “cedro virgen” (*Cedrela montana*) de la provincia de Satipo. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 61 p.
- Lutz, J. 1978. Wood veneer: log selection, cutting and drying. Canada Forest Products Technology. Foresty Products Labatory. Madison, US. 137 p.
- Miguel, M. 1988. Rendimiento de la madera rolliza de tres especies tropicales, en la fabricación de chapas decorativas. Tesis Mg. Scientiae. Lima, PE. UNALM. 108 p.
- Rios, F. 1983. La industria de las chapas decorativas. Lima, PE. UNALM. 24 p.
- Romero, F. 1990. Rendimiento de la Madera rolliza de Ishpingo y Lagarto en la fabricación de chapas decorativas. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 112 p.
- Toledo, E; Rincón, C. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Cámara Nacional Forestal. INRENA-OIMT. Proyecto OIMT 07/88 (I). Lima, PE. 282 p.
- Tuset, R; Duran, F. 1979. Manual de maderas comerciales, equipo y procesos de utilización. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, UR. 688 p.
- Vignote, S; Jiménez, F. 1996. Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, ES. 602p.
- Zavala, D. 1991. Propiedades intrínsecas de la Madera que influyen en la característica de la chapa. Revista Ciencia Forestal en México 16 (69): 77-92

VIII. ANEXO

ANEXO 1

CONSTANCIA DE ESPECIE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203
APDO.456 - LA MOLINA LIMA PERU



CONSTANCIA

El que suscribe, **JEFE DEL LABORATORIO DE ANATOMÍA DE LA MADERA**, deja constancia que, de acuerdo con los estudios anatómicos efectuados, las muestras de madera proporcionadas por la **Bach. DINA VILMA TORRES CISNEROS**, ex alumna de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina, empleadas en su trabajo de tesis titulado: "**Rendimiento de madera rolliza de *Cedrela montana* Moritz procedente de Satipo en la obtención de chapas decorativas por corte vertical**"; corresponden a:

<u>Nombre Común</u>	<u>Nombre Científico</u>	<u>Familia</u>
Cedro rojo, Cedro Virgen	<i>Cedrela montana</i> Moritz	Meliaceae

Atentamente,

Ing. Manuel Chavesta Custodio
Lab. Anatomía de la Madera



La Molina, 04de Mayo de 2015

ANEXO 2
LETRAS CÓDIGO DEL TAMAÑO DE MUESTRA (NTP-ISO 2859-1:2013,
TABLA 1)

Tamaño de Lote		Niveles especiales de inspección				Niveles generales inspección		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a	8	A	A	A	A	A	A	B
9 a	15	A	A	A	A	A	B	C
16 a	25	A	A	B	B	B	C	D
26 a	50	A	B	B	C	C	D	E
51 a	90	B	B	C	C	C	E	F
91 a	150	B	B	C	D	D	F	G
151 a	280	B	C	D	E	E	G	H
281 a	500	B	C	D	E	F	H	J
501 a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150 061 a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001	y más	D	E	H	K	N	Q	R

FUENTE: INDECOPI. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS (2013)

ANEXO 3

PLANES DE MUESTREO SIMPLE PARA INSPECCIÓN NORMAL (NTP-ISO 2859-1:2013, TABLA 2-A)

Estratificación de tamaño de muestra	Tamaño de muestra	Limite de calidad aceptable, LCA, en porcentaje de ítems no conformes o no conformidades por 100 ítems (inspección normal)																									
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑

- ↓ = use el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote lleve a cabo inspección 100 %.
- ↑ = use el primer plan de muestreo arriba de la flecha
- Ac = Número de aceptación
- Re = Número de rechazo

FUENTE: INDECOPI. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS (2013)

ANEXO 4

DESCRIPCIÓN DE LAS TROZAS DE CALIDAD B DE “CEDRO VIRGEN”

CÓDIGO	DIÁMETRO (cm)			LARGO (m)	VOLUMEN (m³)	OBSERVACIONES	
	d1	d2	dx			Forma	Condición
523	73,7	67,3	70,5	5,5	2,1	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext, Me
532	69,9	77,5	73,7	5,5	2,3	E	Gr en ext, Gr en sup
533	82,6	87,6	85,1	5,5	3,1	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext, Me
556	69,9	91,4	80,6	5,5	2,8	M	Gr en ext, Gr en sup, Aceb, Pud med
555	71,1	64,8	67,9	5,5	2	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj sup, Nud, Me
557	71,1	74,9	73	5,5	2,3	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext
481	92,7	92,7	92,7	5,5	3,7	E	Gr en ext, Gr en sup
537	74,9	80	77,5	5,5	2,6	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj sup
559	77,5	67,3	72,4	5,5	2,3	E	Gr en ext, Gr en sup, Aceb, Nud
554	82,6	77,5	80	5,5	2,8	B	Gr en ext, Gr en sup
538	87,6	82,6	85,1	5,5	3,1	B	Gr en ext, Rj ext, Rj sup
540	73,7	90,2	81,9	5,5	2,9	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext
660	108	100,3	104,1	5,5	4,7	E	Gr en ext
623	80	71,1	75,6	5,5	2,5	E	Gr en ext, Gr en sup, Atq Insc
609	95,3	88,9	92,1	5,5	3,7	E	Gr en ext, Rj ext, Aceb
612	108	101,6	104,8	5,5	4,7	M	Gr en ext, Gr en sup, Aceb, Pud Med
614	94	96,5	95,3	5,5	3,9	E	Gr en ext, Gr en sup, Pud Med, Nudos
603	59,7	64,8	62,2	5,5	1,7	M	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext, Rj sup, Me
610	80	72,4	76,2	5,5	2,5	B	Gr en ext, Gr en sup, Aceb
611	82,6	71,1	76,8	5,5	2,5	M	Gr en ext, Gr en sup, Aceb
369	68,6	92,7	80,6	5,5	2,8	B	Gr en ext, Gr en sup
436	74,9	74,9	74,9	5,5	2,4	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj sup, Me
440	67,3	67,3	67,3	5,5	2	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext, Nud, Me
465	78,7	78,7	78,7	5,5	2,7	B	Gr en ext, Gr en sup
469	76,2	76,2	76,2	5,5	2,5	E	Gr en ext, Gr en sup, Me
451	76,2	76,2	76,2	5,5	2,5	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext
455	68,6	64,8	66,7	5,5	1,9	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext
402	83,8	83,8	83,8	5,5	3	E	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext
406	74,9	74,9	74,9	5,5	2,4	E	Gr en ext, Gr en sup
412	81,3	81,3	81,3	5,5	2,8	E	Gr en ext, Gr en sup
413	73,7	73,7	73,7	5,5	2,3	E	Gr en ext, Gr en sup
453	77,5	69,9	73,7	5,5	2,3	B	Gr en ext, Gr en sup, Rj ext

FUENTE: *Elaboración Propia.*

Nomenclatura utilizada :

d1	=	diámetro del extremo a
dx	=	diámetro promedio de la troza
d2	=	diámetro del extremo b
E	=	Excelente
B	=	Bueno
M	=	Malo
Gr en ext	=	Grietas en extremos
Gr en sup	=	Grietas en superficie
Rj ext	=	Rajaduras en extremos
Rj sup	=	Rajaduras en superficie
Aceb	=	Acebolladura
Pud med	=	Pudrición en médula
Atq Insc	=	Ataque de insectos
Nud	=	Nudos muertos
Me	=	Médula excéntrica

ANEXO 5

RENDIMIENTO UNITARIO DE LAS TROZAS DE CEDRO VIRGEN (*Cedrela Montana Moritz*) CALIDAD B

CÓDIGO	DIÁMETRO MENOR (cm)	PRODUCCIÓN DE CHAPAS (m ²)			RENDIMIENTO (%)
		CARA	TRASCARA	TOTAL	
523	67,3	434,7	504,7	939,3	24,1
532	69,9	474,6	1309,1	1783,7	42
533	82,6	1524,8	1368,7	2893,5	51
556	69,9	387,6	1736,9	2124,5	41,7
555	64,8	213,6	698,6	912,2	25,2
557	71,1	1126,8	487,2	1614	38,6
481	92,7	535,4	1362,6	1897,9	28,2
537	74,9	421,2	1524,1	1945,3	41,4
559	67,3	177,6	960,6	1138,2	27,7
554	77,5	1477,1	848,3	2325,4	46,4
538	82,6	216,7	1709,6	1926,3	34
540	73,7	434	1064,6	1498,6	28,5
660	100,3	3377,6	1401,1	4778,7	56,2
623	71,1	1343,4	477	1820,4	40,7
609	88,9	2132,7	555,8	2688,5	40,5
612	101,6	1292,2	2049,5	3341,7	38,9
614	94	1816,9	749,3	2566,3	36,1
603	59,7	664,1	182,3	846,4	27,9
610	72,4	1206,3	545,6	1751,9	38,5
611	71,1	1037,7	624,5	1662,1	35,9
369	68,6	1394,4	359,2	1753,6	34,4
436	74,9	801,8	161	962,7	21,9
440	67,3	423	222,8	645,8	18,2
465	78,7	714,2	875,7	1589,9	32,7
469	76,2	1213,6	537,5	1751,1	38,5
451	76,2	652,6	499,4	1152	25,3
455	64,8	272,4	846,9	1119,3	32,1
402	83,8	1626,3	762,1	2388,4	43,4
406	74,9	885,6	1056,6	1942,2	44,2
412	81,3	1427,3	807,4	2234,7	43,2
413	73,7	750	733,2	1483,2	34,9
453	69,9	794,6	659,5	1454,1	34,2

FUENTE: *Elaboración Propia.*

ANEXO 6

RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE LAMINADO



FUENTE: Elaboración Propia.

ANEXO 7

RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE GUILLOTINADO



FUENTE: Elaboración Propia.

