UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROFORESTAL ACUICOLA

Caracterización de la producción de tableros de madera obtenida por uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Agroforestal Acuícola

PRESENTADO POR:

Bach. Jerry Mike Rodríguez Gonzalez

Yarinacocha, Perú

2022

ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Auditorio Blanco para la sustentación de la tesis, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa, a 15:00 horas del día veinticinco de enero del 2023 (en letras), se reunió el Jurado de Tesis presidido por M.Sc. Karen Stephanny Córdova Flores , e integrado por: Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo y M.Sc. Gumercindo Andrés Castillo Quiliano, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada "Caracterización de la producción de tableros de madera obtenida por varones Aroges joint en la empresa CALP INDUSTRIA SAC", cuya responsabilidad corresponde al Bachiller Rodriguez Gonzales, Jerry Mike a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal Acuícola.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

Presidente	Msc. Karen stephanny Cordova Flores	28
Miembro	Dra. Alina luisa Ypushima Pinedo	28
Miembro	Msc. Gumercindo Andres Castillo Quiliano	24
	Promedio	27

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Excelente asignándole un calificativo de veintisiete puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las _____ horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

M.Sc. Karen Stephanny Córdova Flores **Presidente**	Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo **Miembro**
M.Sc. Gumercindo Andrés Castillo Quiliano **Miembro**	

Nombre Asesor:

Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA

N°007 - 2023

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MADERA OBTENIDA POR UNIONES FINGER JOINT EN LA EMPRESA CALP INDUSTRIAS SAC.

Cuyo autor es : **RODRÍGUEZ GONZALEZ, JERRY MIKE.**

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 12%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 09/02/2023

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA - UCAYALI

Dr. Jesús Taylor Dávila Francia
Jefe de la Oficina de Biblioteca Central

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, mi hogar, con los que vivo y comparto, en especial a mi señora madre que con sus enseñanzas supo inculcar en mí valores y principios que siguen puliendo mi formación profesional y personal. Dedico también a la vida, a todo lo que nos suscita en el día a día que gracias a ello tenemos una perspectiva de quienes somos y hacia donde enrumbamos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los trabajadores de Calp Industrias SAC por el empeño en sus labores y formación como personal capacitado para esta línea de producción.

Agradecer a Liz Gonzalez Vargas, Adam Andrews y CALP INDUSTRIAS SAC por la oportunidad y confianza brindada en mi persona.

Por último y no menos importarte, a mi asesor de tesis Ing. Octavio Galván Gildemeister por los alcances y conocimientos ofrecidos para el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

	Pág
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Caracteres históricos de la industria forestal maderable en el Perú	14
2.2. Producción y comercio actual de madera	15
2.3. Actores de la industria forestal maderable en la Amazonia peruana	19
2.4. La técnica de uniones dentadas o finger - joint	20
2.4.1. Generalidades	20
2.4.2. Ventajas de la madera laminada encolada	21
2.4.3. Factores que afectan la unión	21
a. Forma del diente	22
b. Orientación de los anillos de crecimiento	22
c. Factores de la madera	22
d. Dirección de la fibra	22
e. Densidad	22
f. Elaboración de los dientes	23
g. Encolado de la unión	23
h. Resistencia mecánica	23
2.4.4. Especies empleadas de plantaciones y bosques naturales	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio	25
3.2. Identificación y descripción del material experimental	25
3.3. Procedimientos	25
3.3.1. Preparación de los formatos de campo	25
3.3.2. Revisión de las fuentes secundarias	25
3.3.3. Entrevistas	25
3.3.4. Registro gráfico del proceso productivo	26
3.3.5. Mediciones	26
3.4. Variables	26
3.5. Población y muestra	26
3.6. Tratamientos	27

3.7. Recolección de los datos 27
3.7.1. Fuentes de información 27
3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición 27
3.7.3. Tipo de muestreo 27
3.8. Procesamiento de los datos 27
3.8.1. Elaboración de la base de datos 27
3.8.2. Análisis estadísticos 28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
4.1. Caracterización del proceso productivo de tableros obtenidos por uniones *finger joint* 29
4.1.1. Etapas del proceso de producción 29
a. Cepillado 29
b. Canteado 30
c. Clasificación 34
d. Despuntado 35
e. Ensamblado 37
f. Moldurado 43
g. Prensado 46
h. Encuadrado 47
i. Lijado y masillado 48
4.1.2. Recursos físicos y humanos para el proceso de producción 51
a. Material inicial del proceso productivo 51
b. Especies 54
c. Equipos 54
d. Infraestructura 59
e. Vehículos 61
f. Insumos 62
g. Personal 63
h. Calidad de los productos 64
i. Dimensiones de los productos 65
4.2. Cuantificación de la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint* 65
4.2.1. Cepillado 65

4.2.2. Canteado con la sierra de corte múltiple Trupro 65
4.2.3. Canteado con la sierra de corte múltiple V – Hold 66
4.2.4. Despuntado 68
4.2.5. Ensamblado de listones 69
4.2.6. Moldurado 69
4.2.7. Prensado 70
4.2.8. Encuadrado 72
4.2.9. Lijado 73
V. CONCLUSIONES 75
VI. RECOMENDACIONES 76
VII. BIBLIOGRAFÍA 77

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Producción forestal (m^3) por rubro en el año 1980	15
Cuadro 2. Ventas por rubro del sector maderero (año 2015)	17
Cuadro 3. Distribución del porcentaje de las ventas por tamaño de las empresas registradas del sector maderero según rubro (año 2015)	18
Cuadro 4. Especies empleadas para la producción de uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC	55
Cuadro 5. Tipos y cantidades de insumos por tres meses para la producción de tableros *finger joint* por la empresa Empresa CALP INDUSTRIAS SAC	62
Cuadro 6. Producción mensual de madera por especie en la etapa del cepillado	66
Cuadro 7. Producción mensual de madera por especie en la etapa del canteado con la sierra de corte múltiple Trupro	67
Cuadro 8. Producción mensual de madera por especie en la etapa del canteado con la sierra de corte múltiple V – Hold	67
Cuadro 9. Producción mensual de madera por especie en la etapa del despuntado	68
Cuadro 10. Producción mensual de madera por especie en la etapa del ensamblado	70
Cuadro 11. Producción mensual de madera por especie en la etapa del moldurado	71
Cuadro 12. Producción mensual de madera por especie en la etapa del prensado	72
Cuadro 13. Producción mensual de madera por especie en la etapa del encuadrado	73
Cuadro 14. Producción mensual de madera por especie en la etapa del lijado	74

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Producción de madera rolliza (en miles de m^3)	19
Figura 2. Producción de bienes maderables (m^3)	19
Figura 3. Cepilladora king Wooma (vista del panel de control)	29
Figura 4. Cepilladora king Wooma (vista lateral)	30
Figura 5. Sierra de corte múltiple Trupro (vista del panel de control)	31
Figura 6. Sierra de corte múltiple Trupro (vista lateral)	32
Figura 7. Sierra de corte múltiple V – Hold (vista del panel de control)	33
Figura 8. Sierra de corte múltiple V – Hold (vista lateral)	34
Figura 9. Clasificado de los listones pre dimensionados	35
Figura 10. Sierra de disco despuntadora (vista del corte de un listón pre dimensionado)	36
Figura 11. Sierra de disco despuntadora (vista de la clasificación, corte y estibado de los listones)	37
Figura 12. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de los listones y de la fresadora 1)	38
Figura 13. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la fresadora 1, a la derecha, y la fresadora 2, a la izquierda)	39
Figura 14. Dedos (finger) producido en las fresadoras (con cola y sin cola)	40
Figura 15. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la transportadora, en un extremo se aprecian los dedos y en el centro la unión entre dos listones)	41
Figura 16. Ensambladora Finger joint automatizada (primer plano de dos listones ensamblados)	42
Figura 17. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la ensambladora y de los listones ensamblados y prensados)	43
Figura 18. Moldurera (vista de la alimentación con los listones ensamblados)	44
Figura 19. Moldurera (vista del primer plano en que se aprecia el cepillado en las cuatro caras del listón ensamblado)	45
Figura 20. Prensadora (vista frontal)	46
Figura 21. Prensadora (vista lateral)	47
Figura 22. Encuadradora (vista lateral en la que se aprecian las dos sierras circulares)	48
Figura 23. Lijadora (vista de la alimentación con los tableros)	49
Figura 24. Masillado	50
Figura 25. Material inicial procedente de las tablas descartadas de un pie de largo de la empresa *Industria Forestal Huayruro* SAC que no requiere de cepillado	52

Figura 26. Material inicial procedente de las tablas descartadas de cuatro pies de largo de la empresa *Industria Forestal Huayruro* SAC que si requiere de cepillado 53

Figura 27. Afiladora 56

Figura 28. Compresora de aire 57

Figura 29. Aspiradora de viruta 58

Figura 30. Vista de las estructuras metálicas 59

Figura 31. Plano de la fábrica (vista de planta) y distribución de las máquinas 60

Figura 32. Montacarga CAT DP40 en operación de carguío 61

RESUMEN

Para caracterizar el proceso productivo y cuantificar la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*, de la empresa CALP INDUSTRIAS SAC, ubicada en la ciudad de Pucallpa; se procedió a levantar la información pertinente mediante formatos de campo en los que se recogió datos de la empresa (registros, archivos y documentos), revisión de las fuentes secundarias y entrevistas; todo esto referido a la producción de tableros, dimensiones de los tableros, maquinaria, equipos, insumos, vehículos, infraestructura y personal. Se encontró que las etapas de producción son el cepillado, canteado, clasificación, despuntado, ensamblado, moldurado, prensado, encuadrado, lijado y masillado; que se contribuye con la optimización del recurso madera, el empleo de un mínimo de 13 especies, donde la especie más utilizada fue el género *Dipteryx*, una infraestructura y espacio actual suficiente y conveniente; sin embargo la distribución de las máquinas no fue adecuada y la producción no se optimizó por la carencia permanente de personal obrero capacitado. Además, la producción varió entre las etapas (cada una de ellas con producciones diferentes) y la producción mensual promedio de tableros de madera fue de 564 tableros, que fluctuó entre 476 y 713 tableros por mes.

ABSTRACT

With the objectives of characterizing the production process and quantifying the production of boards obtained by finger joints, from the company CALP INDUSTRIAS SAC, located in the city of Pucallpa; the pertinent information was collected through field formats in which data from the company (registers, files and documents) was collected, review of secondary sources and interviews; all this referred to the production of boards, product measurements, machinery, equipment, supplies, vehicles, infrastructure and personnel. It was found that the production stages are brushing, edging, classification, trimming, assembly, molding, pressing, framing, sanding and puttying; that it contributes to the optimization of the wood resource, the use of a minimum of 13 species, where the most used species was the genus Dipteryx, a sufficient and convenient infrastructure and current space; however, the distribution of the machines was not adequate and production was not optimized due to the permanent lack of trained workers. In addition, the production varied between the stages (each of them with different productions) and the average monthly production of wood boards was 564 boards, which fluctuated between 476 and 713 boards per month.

I. INTRODUCCIÓN

Perú es un país con una notable reserva de bosques naturales, pero que todavía no se han valorizado y valorado como corresponde (FAO y CITEmadera 2018), la prueba de esta última afirmación es el lamentable hecho del aumento de la deforestación que de manera inexorable sigue reduciendo el patrimonio forestal del país.

La silvicultura (la SUNAT con este término reconoce a la actividad forestal) no contribuye de manera relevante con la economía del Perú, pues, hacia el año 2010, sólo contribuyó con el 1.1 % del producto interno bruto, correspondiente con 1700 millones de dólares al año 2010 (Guariguata *et al*. 2017), sucediendo la situación inaudita de que, de los cerca de ocho millones de metros cúbicos de madera producida, de 70 % al 90 % se empleó como leña por parte de las poblaciones rurales (SERFOR 2015). Asimismo, la balanza comercial forestal es negativa, pues, para el año 2019, se tiene un valor FOB (US$) de exportaciones de productos maderables por 124 278 745 frente a un valor CIF (US$) de importaciones de productos maderables por 362 006 263 (SERFOR 2019).

Esta asimetría notable, entre los valores de exportaciones e importaciones de productos maderables, se debe a la consuetudinaria falta de valor agregado que se le da a la madera (FAO y CITEmadera 2018), por lo tanto, es necesario que la actividad forestal sea más productiva, eficiente y sostenible. No obstante, si se revisan las estadísticas de la actividad forestal maderable, se visitan los centros industriales forestales y se analizan las publicaciones (por ejemplo, Jenssen 1982, Barrates y Trivelli 1996) sobre la industria de la madera en el Perú (desde inicios de la década de los 80 del siglo pasado) se podrá constatar que la producción de productos forestales maderables se concentra en la producción de madera aserrada; y no en productos con mayor valor agregado.

Con base en lo antes mencionado, debe resaltarse la casi absoluta falta de información sobre la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint* que son «piezas de madera unidas a través del proceso de finger joint (empalme por medio de cortes en forma de dientes en ‘V’, preparados con precisión en los extremos de dos piezas de madera para ensamblarlos entre sí con ayuda de un adhesivo) que permite obtener piezas de mayor longitud, reduciendo la tensión y mejorando la estabilidad dimensional del producto» (SERFOR 2019).

Además, en la Amazonia peruana, se evidencia la falta de información sobre estudios de caracterización de empresas e industrias (grandes, mediana, pequeñas y micro); lo cual no facilita la toma de decisiones para fortalecer la industrialización de la madera proveniente de los bosques naturales de la Amazonia peruana (USAID Proyecto Perú Bosques 2015). Lo antes mencionado constituye un problema, que algunos estudios (no investigaciones estrictas) han tratado de aminorar, como es el caso de los análisis de Barrantes y Trivelli (1996), WWF (2005a), WWF (2005b) y CITEmadera (2009), los cuales, como se aprecia, deben actualizarse.

Dado el contexto actual de la industria forestal maderable y la inexistencia de información sobre la producción de productos forestales maderables con valor agregado, a nivel de una planta industrial en particular, esta investigación plantea como pregunta de investigación ¿Cuáles son las características del proceso productivo de tableros obtenidos por uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC?, de la cual se derivan dos objetivos:

- Caracterizar el proceso productivo de tableros obtenidos por uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC.
- Cuantificar la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC.

La investigación servirá para conocer el proceso de producción de tableros de madera obtenida por uniones *finger joint* en una fábrica que emplea el material residual del proceso de aserrío para la producción de tablas. Los beneficiarios de este estudio serán las personas, naturales o jurídicas, interesadas en invertir en la línea de producción de madera que es materia de este estudio, pero también le servirá a investigadores e instituciones comprometidas con investigaciones que conduzcan con la mejora de los procesos de producción de madera ensamblada que permite aprovechar al máximo el recurso forestal maderable. A nivel de la Amazonia se identificarán las especies que están dando buenos resultados para la producción tableros de madera ensamblada con uniones finger joint, así como los mejores insumos y procesos que optimizan la producción de los productos antes mencionados; y finalmente los productos con más aceptación en el mercado local y nacional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caracteres históricos de la industria forestal maderable en el Perú

En el Perú, la industria forestal está dedicada, casi en su totalidad, a la transformación mecánica de la madera; sólo una empresa producía pulpa para papel de la especie *Cecropia* spp (Jenssen 1982). De los rubros de la transformación mecánica, la producción de madera aserrada es el rubro principal de los productos forestales maderables (Barrantes y Trivelli 1996) y, en la Amazonia, la madera proviene de los bosques naturales primarios (Jenssen 1982, Barrantes y Trivelli 1996). Además, es relevante mencionar que Ucayali ha sido la región más importante para la producción forestal (Barrantes y Trivelli 1996).

El aprovisionamiento de madera se realizaba a través de extractores particulares, de modo que no se garantizaba el aprovisionamiento continuo de madera (Jenssen 1982, Barrantes y Trivelli 1996). Información del año 1987 indican que, en Ucayali, de 46 aserraderos analizados, solo el 11 % se abastecía de sus propios contratos de extracción forestal (Gauthier 1987 in Barrantes y Trivelli 1996), con trozas que, en su mayoría, tenían defectos (Barrantes y Trivelli 1996). La modalidad de abastecimiento de madera, antes descrita, generó que solo se ocupara el 66 % de la capacidad industrial instalada (Jenssen 1982). Lo mencionado anteriormente, ha sido una más de las causas que determinó que el sector forestal contribuya con menos del 1 % del PBI nacional (Dourojeanni 1990).

En el año 1980, de las 620 industrias, la «gran mayoría» tenían una capacidad instalada por debajo de los 5 000 m^3/año (Schrewe 1981, Jenssen 1982). En cuanto a la fabricación de productos por año, se tiene como dato referencial que, en el año 1980, la industria forestal procesó 1.38 millones de m^3 (Jenssen 1982), con un volumen resultante entre madera aserrada, tableros contrachapados, láminas, parquet, durmientes, chapas decorativas y tableros enlistonados (Cuadro 1); pero, dada la informalidad de las micro y pequeñas empresas, es evidente que la producción fue mayor a lo que indicaron las estadísticas oficiales.

Los problemas que aquejan a la industria forestal están registrados en varias publicaciones, desde los años ochenta y noventa del siglo pasado, pudiéndose mencionar los siguientes:

- El deficiente abastecimiento de madera (Schrewe 1981, Jenssen 1982, Barrantes y Trivelli 1996).

- Falta de modernización de la maquinaria (DGFF s.f., Jenssen 1982, Barrantes y Trivelli 1996).
- Escasa cantidad de personal técnico y obrero calificado (Schrewe 1981, Jenssen 1982).
- Falta de capital de trabajo (Jenssen 1982, Barrantes y Trivelli 1996).
- Altos costos del transporte y de la energía (Barrantes y Trivelli 1996).
- Baja demanda de productos maderables en el mercado nacional (Barrantes y Trivelli 1996).

Cuadro 1. Producción forestal (m^3) por rubro en el año 1980

Rubro	Volumen (m^3)
Madera aserrada	607000
Tableros contrachapados	49000
Láminas	33000
Parquet	4270
Durmientes	3600
Chapas decorativas	1800
Tableros enlistonados	1500
Total	700170

Elaborado con base en Jenssen 1982

La situación del aserrío de madera en el contexto nacional, descrito antes, generó, de manera inaudita, un déficit de madera aserrada de 500 000 m^3 (aproximadamente) en el mercado nacional, equivalente a la producción anual de ese entonces (Schrewe 1981). Asimismo, la industria del aserrío se caracterizó por su baja producción, baja productividad y baja calidad de la madera al estado natural y de los productos finales (Schrewe 1981); además de la ausencia de producción de madera sin normalización (Schrewe 1981), sin la aplicación de estándares internacionales para la clasificación de madera aserrada (Vásquez 2016).

Ya a inicios de los años ochenta, del siglo pasado, se observó que las exportaciones de madera aserrada superaban ligeramente, igualaban o eran menores que las importaciones (Schrewe 1981).

2.2. Producción y comercio actual de madera

Para el año 2015, FAO y CITEmadera (2018) reportan que las ventas de productos maderables fueron de US$ 1385 millones (S/. 4418 millones), las exportaciones llegaron a

los US$ 150 millones (S/. 481.3 millones); en tanto que las importaciones alcanzaron los US$ 315 millones (S/. 1006 millones); de lo cual se colige que el 90 % de lo que se produce va al mercado interno y que la balanza comercial es negativa, pues las importaciones superan ampliamente a las exportaciones.

Los productos forestales maderables facturados provienen de 24495 empresas formales, donde 3556 empresas (14.5 %) están relacionadas con el manejo forestal, 2127 empresas (8.7 %) con la primera transformación y 18812 empresas (77 %) con la segunda transformación (FAO y CITEmadera 2018).

Sobre la segunda transformación, el 96 % está a cargo de microempresas, de las cuales 39.39 % están en Lima, 6.10 % en Ucayali, 5.08 % en Loreto; el resto están distribuidas entre la sierra y la costa (FAO y CITEmadera 2018). Pero, las 23585 microempresas sólo registran el 29 % de lo que se factura como producción (FAO y CITEmadera 2018).

De acuerdo con la línea de producción, cada grupo de empresas tienen sus particularidades. Las empresas (medianas y grandes), dedicadas al manejo forestal, equivalen al 0.6 % de las empresas y facturan el 39 % de las ventas; las empresas (pequeñas, medianas y grandes) dedicadas al aserrío son el 7.1 % y agrupan el 72 % de lo facturado; en tanto que las empresas (medianas y grandes) que producen tableros son el 6% y aglutinan el 88 % de lo facturado. En la fabricación de recipientes de madera, las medianas empresas son el 2.5 % y concentran 75 % de las ventas, las microempresas que fabrican partes y piezas para la construcción son el 99 % y concentran el 40% de ventas. Finalmente, en la fabricación de muebles, las empresas pequeñas, medianas y grandes son el 2.9% y agrupan el 68% de la facturación (FAO y CITEmadera 2018).

En cuanto al manejo forestal, las regiones amazónicas de Ucayali, Loreto y Madre de Dios congregan al 62 % de las empresas; las mismas que facturan un 79 % de las ventas en este rubro; en tanto que lima concentra el 81 % de las ventas de los productos de segunda transformación (FAO y CITEmadera 2018).

La información del año 2015 revela que el aserrío de madera y la fabricación de muebles son los dos rubros más importantes de la primera y segunda transformación de la madera, respectivamente (Cuadro 2). Otro aspecto relevante de la producción de madera es que, en ciertos rubros, las empresas grandes, aunque son pocas, aglutinan el mayor porcentaje

en las ventas, destacando este hecho en el rubro de la fabricación de tableros contraplacados y laminados (Cuadro 3).

Cuadro 2. Ventas por rubro del sector maderero (año 2015)

Cadena Productiva	Rubros	Empresas		Valor de venta	
		Cantidad	%	US$	%
Manejo forestal	Silvicultura y extracción	3556	14.5	283 379 914	20.5
Primera transformación	Aserradero y acepilladura	1993	8.1	161 657 155	11.7
	Hojas de madera	134	0.5	67 621 810	4.9
Segunda transformación	Recipientes de madera	79	0.3	6 448 448	0.5
	Otros productos	3050	12.5	138 904 138	10.0
	Partes y piezas para construcciones	4049	16.5	122 965 862	8.9
	Muebles	11299	47.5	604 000 431	43.6
Total		24495	100.0	1 384 977 759	100.0

Adaptado de FAO y CITEmadera 2018

Sobre otro aspecto de la producción forestal maderable, debe mencionarse que el sector, en el año 2015, dio trabajo a 83 952 trabajadores, 16% aglutinados en manejo forestal, 12% a la primera transformación de la madera y el 72% a la segunda transformación; pero, dada la alta informalidad del sector y con base en OIT (2016), para el año 2014, FAO y CITEmadera (2018) consideran que la cantidad total de trabajadores puede llegar a los 799 861; de los cuales 335 325 corresponderían al rubro de silvicultura y extracción.

También para el año 2015, se tiene que el 86 % de la producción de madera rolliza ocurrió en las regiones de Loreto, Madre de Dios y Ucayali, destacando como principales especies *cumala*, *capinuri*, *capirona*, *lupuna* y *tornillo* (FAO y CITEmadera 2018). Asimismo, la producción de madera rolliza viene descendiendo desde el año 2008 (Figura 1), de manera pronunciada y consistente, por varias razones, una de las cuales se puede atribuir a la nueva política forestal que dificulta el aprovechamiento del bosque.

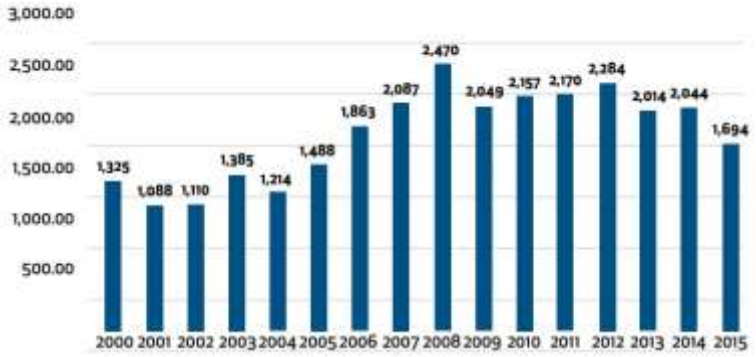
Cuadro 3. Distribución del porcentaje de las ventas por tamaño de las empresas registradas del sector maderero según rubro (año 2015)

Cadena Productiva	Rubros	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Manejo forestal	Silvicultura y extracción	22.4	38.5	6.0	33.1	100.0
Primera transformación	Aserradero y acepilladura	28.0	46.0	6.0	20.0	100.0
	Tableros contraplacados y laminados	3.4	8.7	14.3	73.6	100.0
Segunda transformación	Recipientes de madera	20.9	4.2	74.9		100.0
	Otros productos	33.8	41.8	3.5	20.9	100.0
	Partes y piezas para construcciones	39.3	18.7		42.0	100.0
	Muebles	31.8	25.2	3.2	39.8	100.0

Adaptado de FAO y CITEmadera (2018).

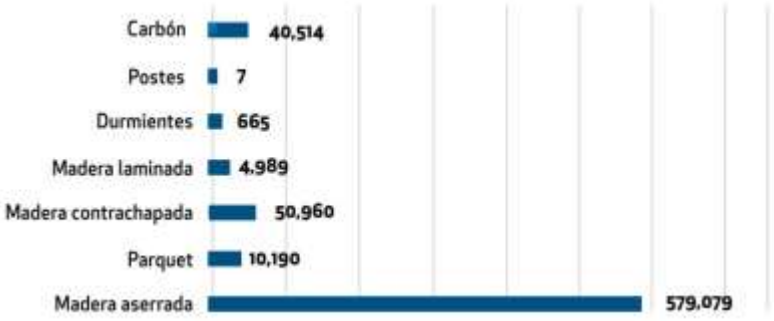
En cuanto a los productos maderables se informa que se generaron 686 397 m³, de los cuales el 80 % fue madera aserrada, 9.8 % carbón y 1.5 % parquet (Figura 2).

Pero, un carácter actual de la industria del aserrío sigue siendo la baja producción, productividad y calidad de los productos; aunado al desconocimiento de estándares internacionales para la clasificación de madera aserrada (Vásquez 2016). Paralelamente, persiste la incapacidad de la industria nacional para abastecer el mercado interno (Dancé y Rojas 2005, Cayo *et al*. 2005, Cuellar 2013).



Tomado de FAO y CITEmadera 2018

Figura 1. Producción de madera rolliza (en miles de m^3)



Tomado de FAO y CITEmadera 2018

Figura 2. Producción de bienes maderables (m^3)

2.3. Actores de la industria forestal maderable en la Amazonia peruana

FAO y CITEmadera (2018) identifican como actores directos a aquellos que participan en la producción (empresas o personas naturales con negocio) y, como actores indirectos, a los que participan en la regulación y promoción de la actividad (privados y públicos, instituciones u organismos de soporte sectorial). Entre los actores directos del eslabón de manejo forestal están las «comunidades nativas, pequeños extractores forestales, extractores locales y de predios privados, reforestadores, empresas concesionarias y empresas madereras», y del eslabón de transformación primaria los «aserraderos, triplayeras, productores de pisos (empresas que también realizan operaciones de manejo forestal), depósitos o reaserraderos, pequeños comercializadores, importadores de

madera, carboneros»; y del eslabón de transformación secundaria tenemos «a productores de: parihuelas, carrocerías, embarcaciones, envases y embalajes, carpintería de obra (pisos acabados, puertas, ventanas y sus marcos), muebles de todo tipo para hogar y negocio, y otros productores (artesanías, juguetes, ataúdes, etc.) conformados por empresas de todo tamaño empresarial».

Entre los actores indirectos de naturaleza privada están los empresariales (gremios, asociaciones o comités de la sociedad civil y empresas proveedoras de bienes o servicios), los organizacionales (ONGs, universidades, bancos, cooperaciones técnicas y financieras, CETPROs, etc.). Los actores indirectos de naturaleza pública son organizacionales (SERFOR, OSINFOR, PromPerú, INACAL, ITP, Innóvate Perú, PNIA AGROBANCO y CITEmadera).

2.4. La técnica de uniones dentadas o finger - joint

2.4.1. Generalidades

En el Perú, la autoridad forestal nacional, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre SERFOR, define a la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint* como «piezas de madera unidas a través del proceso de finger joint (empalme por medio de cortes en forma de dientes en 'V', preparados con precisión en los extremos de dos piezas de madera para ensamblarlos entre sí con ayuda de un adhesivo) que permite obtener piezas de mayor longitud, reduciendo la tensión y mejorando la estabilidad dimensional del producto» (SERFOR 2019). Empero, según de la norma ASTM D-5572 "unión dentada" es "la unión formada al pegar dos miembros pre-cortados en forma de dedos o listones" (Castillo 2003). El término finger-joints (literalmente "dedos unidos") no se refiere a ningún producto en particular, pero alude a todos aquellos productos obtenidos a partir de uniones en forma de dedos que se efectúa en los extremos de los blocks para encastrarlos, encolarlos y prensarlos; siendo uno de los tipos de uniones más sencillos y resistentes (Castillo 2003).

La madera laminada encolada se originó a principios del siglo XX, cuando surgió la primera patente del sistema de fabricación y método de construcción de este producto (Puy 2015 citado por Cerviño *et al*. 2017). La técnica de ensamblado, por medio de finger joints (uniones dentadas), posee un amplio número de aplicaciones como, por ejemplo, en la

producción de piezas en ángulo, vigas laminadas, tableros enlistonados para muebles, incluyendo usos estructurales y no estructurales (Castillo 2003).

La madera laminada encolada (que emplea la tecnología finger joint) se clasifica en: i) estructural, o ii) no estructural, siendo la primera empleada para construcciones y la segunda para marcos de aberturas, muebles, etc., en donde la estética es trascendental; de lo que resulta que ambos productos tienen requisitos de fabricación y atributos distintos (Baño *et al*. 2019).

Para que la madera laminada encolada cumpla con las exigencias técnicas de un material estructural (vigas, viguetas, etc.) debe emplear adhesivos estructurales entre caras de láminas y/o en la unión finger-joint de unión de las testas de las láminas (Baño y Moya 2015). El tipo de adhesivo es importante para la buena calidad de la madera laminada encolada (Cruzatt y Moromi 2019). Hay varios adhesivos a base de úrea formaldehído, úrea resorcinol y úrea melamina para madera estructural (Demkoff 2003 citado por Cruzatt y Moromi 2019).

2.4.2. Ventajas de la madera laminada encolada

Es pertinente precisar que el término madera laminada encolada implícitamente incorpora la técnica de uniones dentadas o finger – joint, cuyas ventajas son:

- Alto valor estético (Cerviño *et al*. 2017).
- Permite fabricar piezas de diversas formas (Cerviño *et al*. 2017).
- Bajo coeficiente de conductividad térmica, que sumado a la capa carbonizada hace que arda rápidamente (Argüelles 1996 citado por Cerviño *et al*. 2017).
- Alta resistencia a la flexión en relación a su peso (Cerviño *et al*. 2017).
- Bajo módulo de elasticidad que disminuye las deformaciones (Argüelles 1996 citado por Cerviño *et al*. 2017).
- La producción de madera laminada encolada contribuye a racionalizar y aprovechar el recurso maderero (Cruzatt y Moromi 2019).

2.4.3. Factores que afectan la unión.

Karsulovic y León (1988) citado por (Castillo 2003) mencionan varios factores que afectan la calidad de la unión en la técnica de finger-joint, como la forma geométrica de los dientes,

la orientación del ensamblado, la humedad, densidad, inclinación de fibras y orientación de los anillos de crecimiento de la madera; la elaboración de los dientes, encolado de la unión, presión de ensamble, tiempo y temperatura.

a. Forma del diente

La fuerza de la unión se expresa en función de las medidas geométricas del dentado, de modo que una gran superficie de unión despliega una fuerte resistencia a la desunión, por lo que se creó una geometría de dedos delgados para obtener el máximo de fuerza de la unión (Castillo 2003).

b. Orientación de los anillos de crecimiento

Gallardo (1999) citado por Castillo (2003), en uniones dentadas de pino radiata, considera que no se debe recomendar este criterio en forma exclusiva como predictor de la calidad de la unión dentada, pues la adhesión está en función de la porosidad de la superficie de la madera.

c. Factores de la madera

Kutscha y Caster (1987) citado por Castillo (2003) sostienen que la calidad de la unión dentada se ve afectada por la presencia de médula y otros defectos como acebolladuras y fibra irregular.

d. Dirección de la fibra

Para Poblete y Cuevas (1998) citado por Castillo (2003) la dirección de las fibras influye sobre la resistencia de las uniones, siendo difícil de controlar en la fabricación de piezas, lo cual disminuye la resistencia con respecto a las normas utilizadas en los controles de calidad. En pino radiata se ha encontrado que la adherencia tiende a disminuir a medida que el ángulo entre las fibras de los elementos encolados aumenta (Castillo 2003). El ángulo de las fibras tiende a producir fracturas (Karsulovic y León 1988 citado por Castillo 2003).

e. Densidad

Karsulovic y León (1988) citado por Castillo (2003) menciona que, a nivel de la unión, la densidad de la madera influye en el pegado y en las presiones admisibles de ensamblado.

f. Elaboración de los dientes

Para Karsulovic y León (1988) citado por Castillo (2003) el adecuado perfil de los dientes intermedia significativamente en la eficiencia de la unión, de modo que las herramientas no deben estar gastadas ni desafiladas pues la falta de filo hace que las superficies resulten ligeramente quemadas por el calor de frotamiento, no permitiendo una buena adherencia de la cola.

g. Encolado de la unión

La alta resistencia se logra: con superficies secas, limpias y sin daño superficial; no debe haber resina en las superficies de los dientes y las superficies deben estar en íntimo contacto y mantenerse así durante el curado (Karsulovic y León 1988 citado por Castillo 2003).

h. Resistencia mecánica

Karsulovic y León (1988) citado por Castillo (2003) consideran que la resistencia mecánica de la madera con unión dentada, con respecto a madera sin unión, es del 20 % para coníferas y de un 40 % para latifoliadas; aunque la resistencia del ensamble debería estar limitada por las propiedades de la madera y no por la junta encolada. Empero, generalmente, la unión debilita la pieza, aunque no se puede precisar la tasa de reducción de resistencia.

2.4.4. Especies empleadas de plantaciones y bosques naturales

Usualmente las especies más usadas son las coníferas de baja densidad, pero últimamente se están usando maderas duras y semiduras para construcciones (Cruzatt y Moromi 2019).

En Chile, existe un creciente mercado de las uniones dentadas de pino radiata (Castillo 2003), además los problemas de abastecimiento de madera están generando la necesidad de elementos de ingeniería en madera para la construcción de viviendas, que se producen con diversas materias primas y que se identifican por su estabilidad dimensional, calidad y propiedades mecánicas estudiadas (Vásquez et al. 2019).

En Costa Rica, se investiga el empleo de los remanentes de la producción de tarimas, de melina, para la producción de vigas, columnetas y paneles; haciendo uso de las uniones

tipo finger-joint (Ramírez 2004). Los resultados son promisorios, pues se recupera un 63 % de las piezas remanentes que pueden emplearse para fines estructurales, además las piezas tienen buen acabado y dimensiones que no se obtienen con madera sólida **(**Ramírez 2004**)**.

También en Costa Rica, con *Terminalia amazonia* de plantaciones, se obtuvieron vigas de perfil, anchas y largas, utilizando para ello piezas cortas y angostas, mediante la buena calidad de las uniones dentadas de las vigas, lo cual representa una oportunidad para el sector de la construcción residencial y comercial en Costa Rica (Serrano y Sáenz 2006).

Es posible conseguir uniones dentadas y producir vigas estructurales de madera laminada encolada de *Cedrelinga cateniformis* con base en los requerimientos mínimos de fabricación de la norma EN 14080 (Cruzatt y Moromi 2019).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el área industrial en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC, la cual está ubicada en el Km. 12 de la carretera Federico Basadre. Puesto que el área industrial se halla en el ámbito de la ciudad de Pucallpa, entonces se le puede atribuir las características meteorológicas reportadas por UNU (2008): temperatura promedio anual de 28 °C; humedad relativa promedio anual de 82 % y precipitación promedio anual de 1 700 mm por año.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

Como esta investigación tiene un alcance descriptivo, la descripción de las instalaciones fue el producto de la revisión de los registros, archivos y documentos en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC; así como la observación de las instalaciones, maquinaria, equipos e insumos que se emplea para la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Preparación de los formatos de campo

Los formatos para la recolección de la información se elaboraron de manera ex profesa, pero no se emplearon, porque se empleó los registros, archivos y documentos de la CALP INDUSTRIAS SAC; con base en las variables (características) pertinentes de la investigación.

3.3.2. Revisión de las fuentes secundarias

Consistió en la revisión y análisis de los registros, archivos y documentos de la empresa CALP INDUSTRIAS SAC.

3.3.3. Entrevistas

Las dudas que se generaron como resultado de la revisión de las fuentes secundarias se solucionaron mediante entrevistas al personal gerencial, profesional, técnico y obrero de la empresa CALP INDUSTRIAS SAC; por lo tanto, no se pudo contar con la estructura a priori de la entrevista.

3.3.4. Registro gráfico del proceso productivo

Se basó en el registro fotográfico de todo el proceso productivo, así como de los equipos, maquinaria, infraestructura e insumos que se emplean.

3.3.5. Mediciones

Eventualmente pudo ser necesario recabar información sobre la producción y productividad de manera directa. Este acápite se refiere a la información de los registros ya existentes sobre la producción y productividad de los tableros, o sea que se empleó fuentes secundarias, de un periodo de producción tres meses.

3.4. Variables

Las variables fueron las características que se describieron del proceso de producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*; que fueron las siguientes:

- Producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*.
- Calidad de los productos.
- Medidas de los productos.
- Tipo y cantidad de máquinas.
- Tipo y cantidad de equipos.
- Tipo y cantidad de vehículos.
- Tipo y cantidad de insumos.
- Especies.
- Área total y construida con infraestructura productiva.
- Personal gerencial, profesional, técnico y obrero.

3.5. Población y muestra

Dada la naturaleza de esta investigación, se careció de población y muestra. No obstante, se debe mencionar que para caracterizar la producción se emplearan los registros de producción de que estén disponibles por la empresa.

3.6. Tratamientos

Dada la naturaleza de esta investigación, se careció de tratamientos.

3.7. Recolección de los datos

3.7.1. Fuentes de información

Dada la naturaleza de esta investigación se tuvieron dos tipos de fuentes de información, primarias y secundarias.

Las fuentes primarias fueron las mediciones de los tableros para caracterizarlos y conocer las dimensiones de los productos finales.

Las fuentes secundarias fue la información que se halló en los registros, archivos y documentos de la empresa CALP INDUSTRIAS SAC; las misma que se empleó para cuantificar la producción. Con la información secundaria, también se elaboró un flujograma de la producción de tableros.

Se empleó la información del año 2021, referido a los meses abril, mayo y junio.

3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición

Dada la naturaleza de esta investigación, no se consideró apropiado identificar una unidad experimental y unidad de medición.

3.7.3. Tipo de muestreo

Como ya se mencionó en el acápite 6.5., dada la naturaleza de esta investigación, se careció de población y muestra; por consiguiente, no se ejecutó ningún tipo de muestreo.

3.8. Procesamiento de los datos

3.8.1. Elaboración de la base de datos

Todos los datos que se colectaron se colocarán en registros electrónicos, para lo cual se emplearon hojas del programa Excel de MICROSOFT OFFICE PROFESIONAL PLUS 2019.

3.8.2. Análisis estadísticos

Se previó realizar análisis descriptivos, mediante el cálculo de estadísticos de tendencia central (media y mediana), de variabilidad (rango, rango intercuartil, desviación estándar, coeficiente de variabilidad), de precisión (error estándar) y de posición (primer y tercer cuartil).

También se realizaron análisis gráficos mediante gráficos de caja y bigotes, de valores individuales, de barras, de dispersión e histogramas.

Los análisis se realizaron con el programa estadístico Minitab 17.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del proceso productivo de tableros obtenidos por uniones *finger joint*

4.1.1. Etapas del proceso de producción

La empresa, dedicada a una línea de producción maderable no tradicional, en la Amazonia peruana, evidentemente tuvo que aprovisionarse de máquinas poco usuales. A continuación, se describen las etapas y las máquinas para la producción de madera obtenida por uniones *finger joint*.

a. Cepillado

El cepillado del material que ingresa a la línea de producción (tablas de 1 a 8 pies de largo, 2 a 6 pulgadas de ancho y de 1 a 2 pulgadas de espesor) es la etapa en la cual se pre dimensiona el espesor. En esta etapa se utiliza una cepilladora industrial dos caras, marca king Wooma (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Cepilladora king Wooma (vista del panel de control)

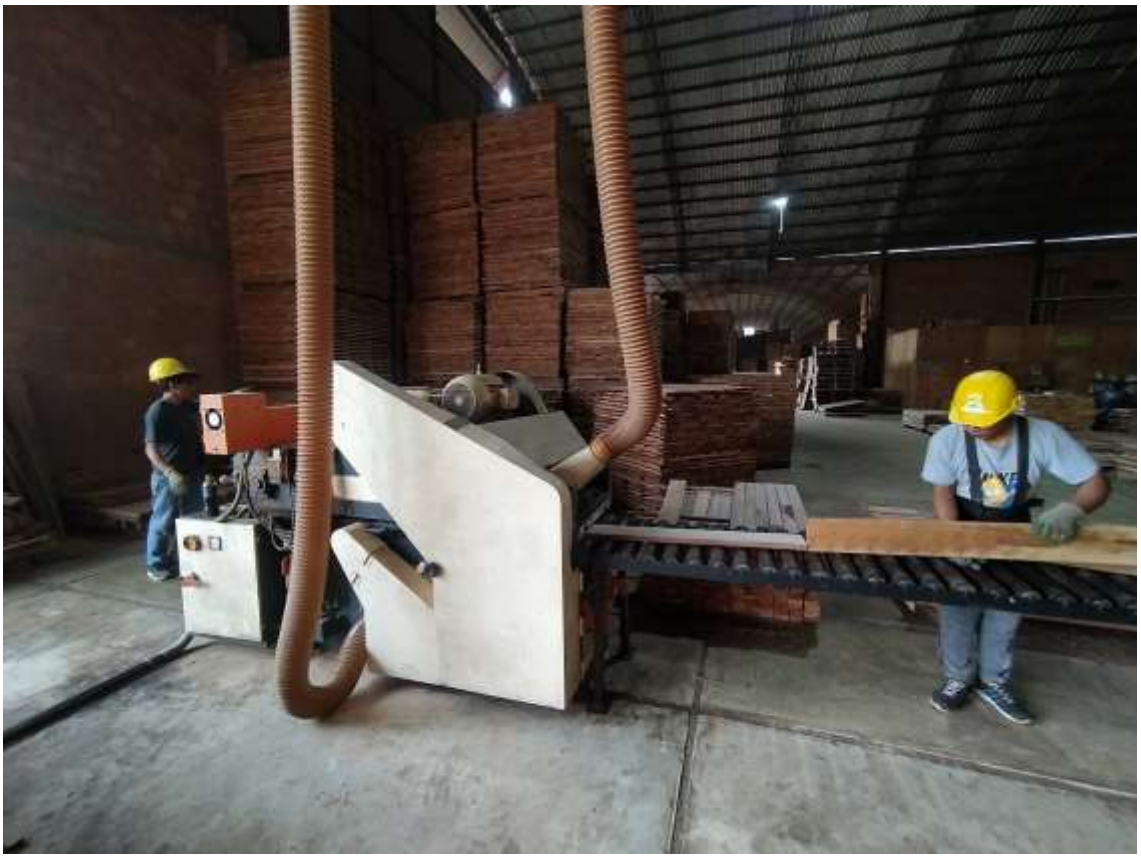


Figura 4. Cepilladora king Wooma (vista lateral)

b. Canteado

Es la etapa del proceso de producción mediante la cual se pre dimensiona el ancho de las tablas y se obtienen listones. Se emplean dos sierras de corte múltiple, que fungen como canteadoras múltiples; una de marca Trupro, modelo RS14 – 2 (Figuras 5 y 6); y otra de marca V – Hold, modelo MJ1458 (Figuras 7 y 8).



Figura 5. Sierra de corte múltiple Trupro (vista del panel de control)



Figura 6. Sierra de corte múltiple Trupro (vista lateral)



Figura 7. Sierra de corte múltiple V – Hold (vista del panel de control)



Figura 8. Sierra de corte múltiple V – Hold (vista lateral)

c. Clasificación

En esta etapa se clasifican los listones con base en su calidad, la cual depende de la cantidad de imperfecciones (nudos, pudriciones, ataque de insectos, ataques de hongos), aquí se realiza la clasificación de las piezas por medida (espesor y ancho) y especie. La clasificación la realiza el personal obrero calificado (Figura 9).



Figura 9. Clasificado de los listones pre dimensionados

d. Despuntado

En esta etapa se realiza el despuntado de los listones pre dimensionados, de ser necesario para eliminar defectos o cuando el listón tiene un largo mayor a lo permitido en la máquina finger (largo mínimo 23 cm y largo máximo 80 cm). El despunte se realiza siempre tratando de dar el mejor aprovechamiento del material.

El despuntado se realiza con una sierra de disco instalada en una mesa de madera (Figuras 10 y 11).



Figura 10. Sierra de disco despuntadora (vista del corte de un listón pre dimensionado)



Figura 11. Sierra de disco despuntadora (vista de la clasificación, corte y estibado de los listones)

e. Ensamblado

En esta etapa se realiza el ensamblado longitudinal de los listones, utilizando un adhesivo para unir los listones y formar listones ensamblados con uniones finger joint. En algunas ocasiones también se utilizan para otros productos como machihembrados, vigas, etc.

En esta etapa se emplea una máquina ensambladora Finger joint automatizada (marca Licheng, modelo H - 6215 CAP), la cual comprende cuatro módulos: fresadora 1, fresadora 2 y encoladora, transportadora y ensambladora a presión. La fresadora 1 hace los “dedos” de un extremo (Figura 12) y la fresadora 2 (Figura 13) los “dedos” del otro extremo (Figura 14) más el encolado. El módulo de transporte desliza los listones encolados con una cadena transportadora (Figuras 15 y 16) a la prensa, la cual ejerce presión, ensambla los listones y produce los listones ensamblados (Figura 17). La máquina se calibra de acuerdo al espesor y ancho que se va a producir.



Figura 12. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de los listones y de la fresadora 1)



Figura 13. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la fresadora 1, a la derecha, y la fresadora 2, a la izquierda)



Figura 14. Dedos (finger) producido en las fresadoras (con cola y sin cola)



Figura 15. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la transportadora, en un extremo se aprecian los dedos y en el centro la unión entre dos listones)



Figura 16. Ensambladora Finger joint automatizada (primer plano de dos listones ensamblados)



Figura 17. Ensambladora Finger joint automatizada (vista de la ensambladora y de los listones ensamblados y prensados)

f. Moldurado

En esta etapa se cepillan las cuatro caras de cada listón ensamblado, otorgando un segundo pre dimensionando del espesor y ancho de cada listón ensamblado.

Esta etapa se efectúa con una moldurera de cinco cabezales, marca Solimar, modelo: H - 6215 cap; la cual es una máquina que cepilla las cuatro caras, afina el espesor y el ancho para el posterior prensado (Figuras 18 y 19).



Figura 18. Moldurera (vista de la alimentación con los listones ensamblados)



Figura 19. Moldurera (vista del primer plano en que se aprecia el cepillado en las cuatro caras del listón ensamblado)

g. Prensado

En esta etapa se empiezan a ensamblar los paneles, mediante el encolado de los costados de los listones ensamblados y el prensado entre los mismos.

El prensado se realiza con una prensa en frio, marca Taylor, modelo Y797, la cual es una máquina que se encarga de unir las piezas a lo largo para formar los paneles (Figuras 20 y 21).



Figura 20. Prensadora (vista frontal)



Figura 21. Prensadora (vista lateral)

h. Encuadrado

En esta etapa del proceso se otorga a los tableros el largo estándar, de 8 pies (96 pulgadas).

El encuadrado se realiza con una máquina, un tipo de despuntadora de dos discos, marca Geral, es una máquina que funge como una despuntadora y que determina el largo de los tableros (Figura 22).



Figura 22. Encuadradora (vista lateral en la que se aprecian las dos sierras circulares)

i. Lijado y masillado

En esta etapa los tableros son lijados con lijas de grano 40, seguidamente se procede a aplicar una mezcla de polvillo de madera y cola para cubrir las imperfecciones en los tableros (Figura 23). Finalmente, se procede con un segundo lijado con lija de grano 36, con lo cual el producto queda terminado. Opcionalmente, se realiza el masillado cando se detectan algunas imperfecciones en las uniones (Figura 24).

El lijado se realiza con una lijadora de banda de dos cabezales, marca Goigne, modelo GCP – 1500; máquina que sirve para lijar una cara de los paneles; de modo que otorga el acabado y el espesor final a los paneles.



Figura 23. Lijadora (vista de la alimentación con los tableros)



Figura 24. Masillado

En la etapa del canteado, se cuenta con dos máquinas, la canteadora marca V – Hold, una máquina que procesa listones de dos a más pies de largo, y la canteadora marca Trupro que si procesa listones de menos de dos pies. La razón por la cual se tiene dos tipos de máquinas para la misma etapa, es porque con base en la experiencia del personal, se considera que la combinación de ambas máquinas optimiza la producción.

Aunque la empresa CALP INDUSTRIAS S.A.C. trabaja con las máquinas con las que inició la producción de tableros finger joint, no se puede considerar que las mismas están en una fase de obsolescencia, pues las mismas garantizan y son consistentes con la escala actual de producción y con la cantidad de material con que se abastece la empresa.

La gerencia tampoco considera necesaria la compra de más máquinas y más modernas, porque el mantenimiento oportuno y adecuado, que actualmente se brinda a las máquinas, permite el funcionamiento continuo de las mismas.

No obstante, de los mencionado en los párrafos precedentes, se prevé comprar una máquina, denominada *Optimizing Push Feed Cutoff Saw*, que automatiza (empleando tecnología láser) las etapas de despunte y clasificación de los listones. Con base en la experiencia de aserraderos de Bolivia, se estima que la máquina *Optimizing Push Feed Cutoff Saw* permitirá reducir los costos de producción dado que permitirá reducir los costos de mano de obra.

4.1.2. Recursos físicos y humanos para el proceso de producción

a. Material inicial del proceso productivo

El proceso de producción, a diferencia de otras líneas de producción de madera, como, por ejemplo, la producción de tablas en aserraderos, no se inicia con el procesamiento de trozas y tucos. La producción de tableros se inicia a partir del procesamiento de tablas (Figuras 25 y 26) que no cumplieron con las medidas y las calidades que se exigen en la línea de producción de pisos y decking, para exportación, de la empresa *Industria Forestal Huayruro* SAC (INFORHUAY).



Figura 25. Material inicial procedente de las tablas descartadas de un pie de largo de la empresa *Industria Forestal Huayruro* SAC que no requiere de cepillado



Figura 26. Material inicial procedente de las tablas descartadas de cuatro pies de largo de la empresa *Industria Forestal Huayruro* SAC que si requiere de cepillado

CALP INDUSTRIAS S.A.C. es una empresa que le brinda el servicio de producción de tableros finger joint a la empresa INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C., de manera que emplea (es decir recicla) los desperdicios de la madera aserrada y secada del aserradero de INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C. Por lo tanto, en la práctica, la producción de tableros finger joint es el eslabón final de la cadena de producción de madera aserrada de INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C., esta es la explicación de porque CALP INDUSTRIAS S.A.C. no tiene un aserradero que haga la transformación mecánica primaria, ni que tenga un bosque (ya sea una concesión forestal con fines maderables o un contrato con una comunidad nativa) de donde extraer la madera que precisa. El reciclaje de la madera aserrada reduce los costos y los riesgos propios del abastecimiento de madera.

b. Especies

La empresa empleó especies con madera de media a alta densidad, del bosque húmedo tropical de la Amazonia peruana (Cuadro 4). Todas las especies fueron de uso tradicional en la producción de bienes que requieren de maderas duras; destacando (por su elevada densidad básica) *Manilkara bidentata*, *Calycophyllum spruceanum* y *Handroanthus serratifolius*.

Actualmente se emplean 13 especies, con maderas de una amplia gama de tonalidades, desde, desde muy oscuras hasta muy claras, por lo tanto, no se considera prioritario aumentar la cantidad de especies, a menos que INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C. incorpore nuevas especies en su producción de madera, con lo cual, a su vez, CALP INDUSTRIAS S.A.C. podría y tendría que incorporar las mismas especies para la producción de los tableros finger joint.

c. Equipos

Afiladora universal, marca Vollmer, máquina que sirve para afilar discos de sierra y fresas de finger (Figura 27).

Cuadro 4. Especies empleadas para la producción de uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC

Nombre científico	Nombre común	Densidad básica ($gr.cm^{-3}$)	Fuente
Apuleia leiocarpa	ana caspi	0.90	Loureiro y Braga (1979) citado por Flores (2018)
Allantoma decandra	cachimbo	0.55-0.75	INIA (1996)
Handroanthus serratifolius	tahuarí	0.92	Kroll *et al*. (1994)
Copaifera paupera *Copaifera reticulata*	copaiba	0.63	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Ormosia coccinea *Ormosia schunkei*	huayruro	0.61 0.57	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Brosimum alicastrum	manchinga	0.69	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Clarisia racemosa	mashonaste	0.59	Obermuller (2011) citado por Flores (2018)
Manilkara bidentata	Quinilla colorada	0.87	Reynel *et al*. (2003)
Dipteryx odorata *Dipteryx micrantha*	shihuahuaco	0.87	INIA (1996)
Calycophyllum spruceanum	capirona	0.74	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Hymenolobium pulcherrimum	mari mari	0.67	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Protium spp	copal	0.56	IPCC (2006) citado por Flores (2018)
Caryocar glabrum	almendro	0.65	Reynel *et al*. (2003)



Figura 27. Afiladora

Compresora de aire, marca Puma, modelo SPS – 500, máquina que proporciona a las otras máquinas aire comprimido cuando disponen de un sistema neumático (Figura 28).



Figura 28. Compresora de aire

Aspiradora principal de viruta, máquina que sirve para aspirar los residuos de madera (Figura 29).



Figura 29. Aspiradora de viruta

La empresa CALP INDUSTRIAS S.A.C. actualmente requiere de una afiladora de cuchillas, pues la afiladora universal marca Vollmer, es una máquina que sirve para afilar discos de

sierra y fresas de finger, más no para afilar las cuchillas. Por la razón antes señalada, CALP INDUSTRIAS S.A.C. debe afilar sus cuchillas en el taller de afilado del aserradero INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C.; lo cual no es conveniente para el proceso productivo, pues se requiere trasladar las cuchillas, de manera oportuna al aserradero, pero, lamentablemente, también se depende de la disponibilidad de tiempo del afilador del aserradero INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C.

d. Infraestructura

El material usado para las paredes laterales y la pared posterior son de ladrillo y cemento, las vigas y el correaje del techo, de forma convexa, son de estructura metálica (Figura 30).

La fábrica tiene forma cuadrangular de 1920 m^2 (80 m por 24 m), dividido en dos sectores, uno dedicado exclusivamente a la producción de paneles y el otro dedicado al almacenamiento de los paneles (Figura 31).



Figura 30. Vista de las estructuras metálicas

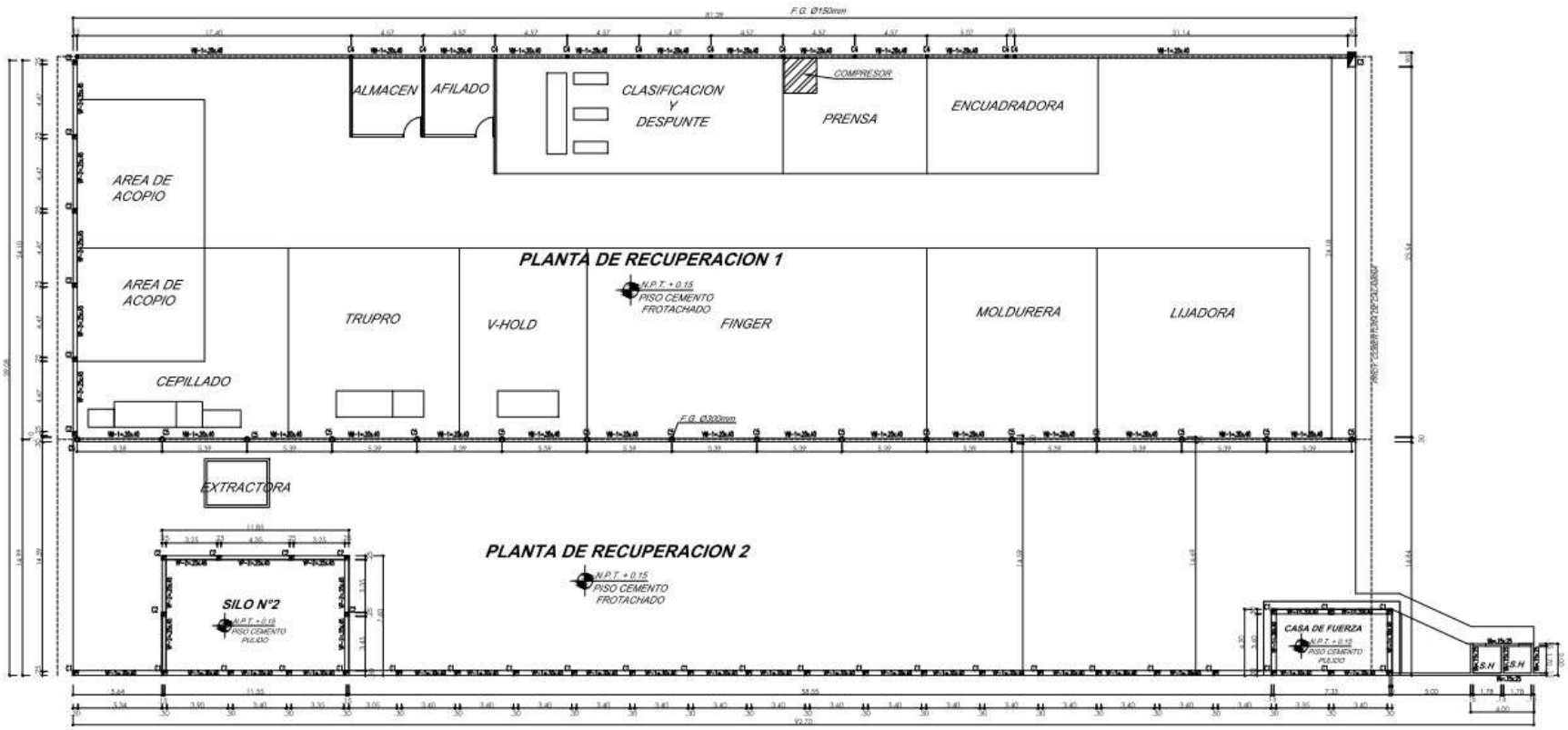


Figura 31. Plano de la fábrica (vista de planta) y distribución de las máquinas

Por razones desconocidas, en este momento, hay una distribución inadecuada de las máquinas en la fábrica de CALP INDUSTRIAS S.A.C.; esto debido a que existe poca distancia entre las máquinas y porque la disposición de las máquinas es zigzagueante y no tiene una disposición lineal que sería una distribución más conveniente.

e. Vehículos

La empresa dispone de un vehículo indispensable para realizar los trabajos. El vehículo es un montacarga, marca CATERPILLAR, modelo DP40KL1 (Figura 32); básicamente necesario para el traslado del material dentro de las instalaciones de la empresa CALP INDUSTRIAS SAC.

Tal como ya se mencionó en el párrafo anterior, la empresa CALP INDUSTRIAS SAC. sólo emplea un montacarga marca CATERPILLAR, el mismo que representa la cantidad y tipo de vehículos que es suficiente para la cantidad de tableros finger joint que se produce, es decir, es consistente con la escala de producción.



Figura 32. Montacarga CAT DP40 en operación de carguío

f. Insumos

La producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint* es una línea de producción que requiere de varios insumos, como cuchillas, discos de sierras, pegamentos, aceites, filtros, lijas y rodillos para encolar. Como se puede notar, los insumos que se requieren difieren de los típicos insumos que se requieren para el aserrío de madera y la, consecuente, producción de tablas de madera maciza.

Cabe precisar que los insumos, antes mencionados, representan costos variables porque dependen de la producción, de modo que hay más gastos por insumos conforme aumenta la producción y hay menos gastos por insumos cuando la producción disminuye.

La experiencia en la producción de los tableros *finger joint*, permitió a la gerencia, de la empresa, determinar los tipos y la cantidad de los insumos que se requieren por un periodo determinado de tiempo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tipos y cantidades de insumos por tres meses para la producción de tableros *finger joint* por la empresa Empresa CALP INDUSTRIAS SAC

Descripción	Unidad	Cantidad
Cuchillas 3*12*1.5/35°	Caja por 10 unid	23
Cuchillas 3*12*1.5/35°	Caja por 10 unid	2
Fresas/FINGER D160*3.5*d50*Z4	Caja por 10 unid	8
Discos de sierra D12"*Z48	Unidad	3
Discos de sierra D14"*Z42	Unidad	3
Discos de sierra D10"*Z40	Unidad	4
Cola Tekno extra	Kg	1500
Glucom tipo D-300	Kg	600
Discos de sierra D16"*Z60	Unidad	2
Aceite Shell Corena 53R46	Galón	13
Filtro de aire 2142108	Unidad	3
Filtro de aceite 2868004X	Unidad	3
Lijas de bandas grano 40	Unidad	15
Aceite hidráulico H-68	Litro	30
Rodillo encolador	Unidad	8

De los insumos que se emplean para la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*, la cola Glucom tipo D-300 no es un insumo excelente porque no pega las uniones correctamente y, en ocasiones, ocasiona la apertura de algunos tableros, por esta razón se requiere cambiar la cola por una de tipo D-400, la misma que no se produce en el Perú y se tiene que importar, pues, inclusive, la cola Glucom tipo D-300 se importa de Chile. El empleo actual de la cola Glucom tipo D-300 se debe a la disponibilidad que existe en el Perú, gracias a la capacidad del importador, lo que no es el caso de la cola D-400.

En cuanto a los discos, se notó que la madera de la especie *Clarisia racemosa* produce la rajadura del disco, para lo cual se requiere comprar discos de mejor calidad, los mismos que deben importarse.

g. Personal

La Empresa CALP INDUSTRIAS SAC dispone de personal en los diferentes estratos, de acuerdo a la especialización laboral que se requiere. El personal está dividido en personal para labores de gerencia, para supervisión, para operación de máquinas y de apoyo en las distintas etapas de la línea de producción de tableros con uniones *finger join*.

El personal que dispone la empresa es el siguiente:

Personal de gerencia

Un gerente general.

Un gerente comercial.

Personal supervisor

Dos profesionales dedicados a la supervisión de todas y cada una de las operaciones de las distintas etapas de la línea de producción de tableros con uniones *finger joint*.

Personal operador

Cada máquina, que directamente interviene en el procesamiento del material maderable, hasta la obtención de los tableros, descrita en el acápite 4.1.2.; cuenta con un obrero calificado responsable u operario. Entonces los operarios están dedicados a las siguientes máquinas:

- Cepilladora industrial.
- Sierra de corte múltiple, marca Trupro.
- Sierra de corte múltiple, marca V – Hold.
- Finger joint con sistema PLC, marca Licheng.
- Moldurera de cinco cabezales, marca Solimar.
- Prensa en frio, marca James L. Taylor.
- Encuadradora de dos discos, marca Geral.
- Lijadora de banda de dos cabezales, marca Goigne.
- Mesa despuntadora con sierra de disco.
- Afiladora universal, marca Vollmer.

Personal de apoyo

La empresa dispone de 11 personas, entre varones y mujeres, que apoyan a los operarios mencionados en el acápite anterior.

Con respecto al personal, se debe mencionar que se requiere capacitar al afilador en el afilado de fresas, dado que su formación fue eminentemente empírica y su dominio son los discos de corte, más no de afilado de fresas. Actualmente el *CITE forestal* no cuenta con el servicio de capacitación de afilado de fresas como las anteriores mencionadas en el **Cuadro 5**. La falta de fresas bien afiladas altera la calidad de los “dedos” y por lo tanto del ensamblado.

Otro aspecto que se debe resaltar es que el personal supervisor debe encargarse de la logística, dada la falta de personal administrativo permanente. La empresa cuenta con un contador, pero es un profesional que se contrata para el servicio específico de ordenar las cuentas de la empresa.

h. Calidad de los productos

La Empresa CALP INDUSTRIAS SAC, dedicada a la producción de tableros de madera, lleva a cabo una clasificación de los mismos, con base en los defectos que pueden visualizar en los tableros. Por consiguiente, los tableros se clasifican en tres grupos:

A: sin defectos

B: con un defecto en una cara del tablero

C: con defectos en ambas caras del tablero

i. Dimensiones de los productos

La línea de producción se refiere a los tableros de 8 pies x 4 pies con espesores que varían entre 0.5 pulg a 2.5 pulg

4.2. Cuantificación de la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*

La producción de tableros se realiza a través de un proceso que se divide en varias etapas, en las que cada una de ellas se caracteriza por tener producciones diferentes.

4.2.1. Cepillado

El volumen mensual promedio de madera que ingreso a esta etapa fue de 3380 pies tablares, de los cuales se obtuvo 3269 pies tablares de madera cortada, que fluctuó entre 1231 y 6770 pies tablares de madera. La variabilidad, de la producción mensual de madera cortada, fue muy alta pues se cifró con una desviación estándar de 3045 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 93 %.

La producción diaria promedio de madera por procesar se estimó en 1455 pies tablares, de los cuales se obtuvo 1226 pies tablares de madera cortada, que fluctuó entre 829 y 2347 pies tablares de madera, que sale de este proceso, con un rendimiento promedio de 85.7 %. La variabilidad de la producción se pudo expresar mediante una desviación estándar de 546 pies tablares de madera cortada y un coeficiente de variabilidad de 44.6 %.

En la etapa del cepillado de tableros, la especie más utilizada fue el *cachimbo*, seguido por *tahuarí* y *ana caspi*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 10 %, pero destacó también la mezcla de especies (Cuadro 6).

4.2.2. Canteado con la sierra de corte múltiple Trupro

La producción mensual promedio de madera cortada fue de 20153 pies tablares, que fluctuó entre 17345 y 22204 pies tablares de madera, este volumen ya procesado de madera se obtuvo de un promedio de 24670 pies tablares de madera por procesar. En cuanto a la producción mensual de madera cortada, la variabilidad se cifró en una desviación estándar de 2516 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 12.5 %.

La producción diaria promedio de madera por procesar se estimó en 1762 pies tablares, de los cuales se obtuvo 1439 pies tablares de madera cortada, que fluctuó entre 552 y 2899 pies tablares de madera, que sale de este proceso, con un rendimiento promedio de 82 %. La variabilidad se expresó en una desviación estándar de 601 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 41.8 %.

En esta etapa del proceso de producción de tableros la especie más utilizada fue *shihuahuaco*, con un porcentaje cercano al 50 %, seguida del *ana caspi*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo de 4 %. Corresponde advertir que la mixtura de especies ocupó un poco más de la cuarta parte de la producción (Cuadro 7).

Cuadro 6. Producción mensual de madera por especie en la etapa del cepillado

Especie	Producción (m^3)	Porcentaje
Cachimbo	3009.4	30.7
Mezcla de especies	1881.4	19.2
Tahuarí	1292.9	13.2
Ana caspi	1154.6	11.8
Cumala	829.7	8.5
Huayruro	659.9	6.7
Mashonaste	556.0	5.7
Copal	425.8	4.3
Total	9809.7	100.0

4.2.3. Canteado con la sierra de corte múltiple V – Hold

El volumen mensual promedio de madera que ingreso a esta etapa fue de 11694 pies tablares, de los cuales se obtuvo 9023 pies tablares de madera cortada, que fluctuó entre 6379 y 12250 pies tablares de madera. La variabilidad, de la producción mensual de madera cortada, se cifró con una desviación estándar de 2978 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 33 %.

La producción diaria promedio de madera por procesar se estimó en 1594 pies tablares, de los cuales se obtuvo 1230 pies tablares de madera cortada, que fluctuó entre 297 y 2586 pies tablares de madera, que sale de este proceso, con un rendimiento promedio de 77 %.

La variabilidad de la producción se pudo expresar mediante una desviación estándar de 678 pies tablares de madera cortada y un coeficiente de variabilidad de 55.1 %.

En esta etapa del proceso de producción de tableros la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguido por *ana caspi*, *tahuarí* y *cachimbo*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 10 % (Cuadro 8).

Cuadro 7. Producción mensual de madera por especie en la etapa del canteado con la sierra de corte múltiple Trupro

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	9530.2	47.3
Mezcla de especies	5398.1	26.8
Ana caspi	3032.7	15.0
Mashonaste	708.4	3.5
Tahuari	485.4	2.4
Quinilla	376.3	1.9
Huayruro	350.7	1.7
Cachimbo	271.4	1.3
Total	20153.2	100.0

Cuadro 8. Producción mensual de madera por especie en la etapa del canteado con la sierra de corte múltiple V – Hold

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	2647.8	29.3
Ana caspi	2366.7	26.2
Tahuarí	1753.0	19.4
Cachimbo	1072.8	11.9
Huayruro	875.1	9.7
Cumala	170.2	1.9
Mashonaste	125.3	1.4
Almendro	12.4	0.1
Total	9023.2	100.0

4.2.4. Despuntado

El volumen mensual promedio de madera que ingresó a esta etapa fue de 26837 pies tablares, de los cuales se obtuvo 22011 pies tablares de madera despuntada, la misma que fluctuó entre 21237 y 22879 pies tablares de madera. La producción mensual, de madera despuntada, tuvo una desviación estándar de 824 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 3.7 %.

La producción diaria promedio se estimó en 1548 pies tablares de madera por procesar, de los cuales se obtuvo 1269 pies tablares de madera despuntada, que fluctuó entre 273 y 3046 pies tablares de madera despuntada, con un rendimiento promedio de 94 %. En esta etapa, la producción tuvo una desviación estándar de 515 pies tablares de madera despuntada y un coeficiente de variabilidad de 40.6 %.

En esta etapa del proceso de producción de tableros, nuevamente, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguido por *ana caspi*, *tahuarí*, *mashonaste*, *cachimbo* y quinilla. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 3 %. Las piezas hechas con mezclas de especies alcanzaron un porcentaje muy cercano a 12 % (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción mensual de madera por especie en la etapa del despuntado

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	9199.5	41.80
Ana caspi	4688.3	21.30
Mezcla de especies	2618.8	11.90
Tahuarí	1965.9	8.93
Mashonaste	978.6	4.45
Cachimbo	833.7	3.79
Quinilla	770.7	3.50
Huayruro	648.6	2.95
Cumala	112.4	0.51
Manchinga	104.6	0.48
Copal	79.7	0.36
Almendro	10.2	0.05
Total	22011.0	100.0

4.2.5. Ensamblado de listones

El volumen mensual promedio de madera que ingresó a esta etapa fue de 22510 pies tablares, de los cuales se obtuvo 20903 pies tablares de madera procesada, la misma que fluctuó entre 18152 y 26254 pies tablares de madera. La producción mensual, de madera procesada, tuvo una desviación estándar de 4634 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 22.2 %.

La producción diaria promedio se estimó en 1986 pies tablares de madera por procesar, de los cuales se obtuvo 1844 pies tablares de madera procesada, que fluctuó entre 566 y 3440 pies tablares de madera, que sale de este proceso, con un rendimiento promedio de 93 %. En esta etapa, la producción tuvo una desviación estándar de 642 pies tablares de madera procesada y un coeficiente de variabilidad de 34.8 %.

En esta etapa del proceso de producción de tableros, nuevamente, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguido por *ana caspi*, *tahuarí*, *mashonaste* y *cachimbo*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 4 % (Cuadro 10).

4.2.6. Moldurado

El volumen mensual promedio de madera que ingresó a esta etapa fue de 21200 pies tablares, de los cuales se obtuvo 16634 pies tablares de madera moldurada, la misma que fluctuó entre 14887 y 19246 pies tablares de madera. La variabilidad, de la producción mensual de madera procesada, mostró una desviación estándar de 2304 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 13.9 %.

La producción diaria promedio se estimó en 1673 pies tablares de madera por procesar, de los cuales se obtuvo 1313 pies tablares de madera moldurada, la misma que osciló entre 128 y 2324 pies tablares de madera, que sale de este proceso, con un rendimiento promedio de 78 %. La variabilidad, entre días, se pudo expresar mediante una desviación estándar de 512 pies tablares de madera moldurada y un coeficiente de variabilidad de 39 %.

En esta etapa del proceso de producción de tableros, nuevamente, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguida por *ana caspi*, *cachimbo*, *tahuarí* y *mashonaste*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 4 %, en tanto que la producción con mezclas de especies no fue significativa (Cuadro 11).

Cuadro 10. Producción mensual de madera por especie en la etapa del ensamblado

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	10857.5	51.9
Ana caspi	4980.5	23.8
Tahuarí	1830.0	8.8
Mashonaste	922.2	4.4
Cachimbo	917.4	4.4
Huayruro	744.2	3.6
Quinilla	231.5	1.1
Cumala	166.8	0.8
Copal	72.6	0.3
Manchinga	57.2	0.3
Mari mari	46.9	0.2
Capirona	37.8	0.2
Mezcla de especies	30.9	0.1
Almendro	7.8	0.0
Total	20903.3	100.0

4.2.7. Prensado

El volumen mensual promedio de madera prensada fue de 14870 pies tablares, que fluctuó entre 12453 y 16299 pies tablares de madera. La variabilidad, de la producción mensual de madera prensada tuvo una desviación estándar de 2104 pies tablares de madera y un coeficiente de variabilidad de 14.2 %.

La producción diaria promedio se estimó en 969 pies tablares de madera prensada, la misma que osciló entre 77 y 2831 pies tablares. La variabilidad, entre días, se pudo expresar mediante una desviación estándar de 555 pies tablares de madera prensada y un coeficiente de variabilidad de 57.3 %.

En la etapa del prensado, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguida por *ana caspi*, *tahuarí*, *cachimbo* y *mashonaste*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 4 %, en tanto que la producción con mezclas de especies no fue significativa (Cuadro 12).

Cuadro 11. Producción mensual de madera por especie en la etapa del moldurado

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	8598.4	51.7
Ana caspi	4013.1	24.1
Cachimbo	1073.1	6.5
Tahuarí	1052.3	6.3
Mashonaste	774.5	4.7
Huayruro	505.1	3.0
Quinilla	232.4	1.4
Cumala	124.0	0.7
Copal	58.5	0.4
Mezcla de especies	57.1	0.3
Manchinga	47.4	0.3
Capirona	35.0	0.2
Mari mari	27.5	0.2
Recuperación	24.8	0.1
Almendro	10.8	0.1
Total	16634.1	100.0

Cuadro 12. Producción mensual de madera por especie en la etapa del prensado

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	8105.7	54.5
Ana caspi	3484.5	23.4
Tahuarí	913.7	6.1
Cachimbo	651.4	4.4
Mashonaste	599.4	4.0
Huayruro	467.4	3.1
Quinilla	209.3	1.4
Cumala	194.8	1.3
Copal	112.3	0.8
Mezcla de especies	55.7	0.4
Capirona	28.8	0.2
Mari mari	27.8	0.2
Almendro	9.7	0.1
Total	14860.4	100.0

4.2.8. Encuadrado

En esta etapa del proceso la producción mensual promedio de tableros de madera fue de 617 tableros, que fluctuó entre 521 y 719 tableros por mes; con una desviación estándar de 99 tableros y un coeficiente de variabilidad de 16 %.

La producción diaria promedio se estimó en 59 tableros encuadrados por día, la misma que osciló entre 15 y 150 tableros que salen de esta etapa. La variabilidad, entre días, se pudo expresar mediante una desviación estándar de 33 tableros y un coeficiente de variabilidad de 56 %.

En la etapa del encuadrado, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguida por *ana caspi*, *tahuarí*, *cachimbo* y *mashonaste*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 3 %, en tanto que la producción con mezclas de especies no fue significativa (Cuadro 13).

Cuadro 13. Producción mensual de madera por especie en la etapa del encuadrado

Especie	Producción	Porcentaje
Shihuahuaco	344	55.8
Ana caspi	162	26.3
Tahuarí	38	6.2
Cachimbo	24	3.9
Mashonaste	20	3.2
Huayruro	18	2.9
Cumala	3	0.5
Copal	2	0.3
Mezcla de especies	2	0.3
Manchinga	1	0.2
Mari mari	1	0.2
Quinilla	1	0.2
Capirona	1	0.2
Total	616.7	100.0

4.2.9. Lijado

En la etapa final del proceso, la producción mensual promedio de tableros de madera fue de 564 tableros, que fluctuó entre 476 y 713 tableros por mes; con una desviación estándar de 130 tableros y un coeficiente de variabilidad de 23 %.

La producción diaria promedio se estimó en 121 tableros lijados por día, la misma que osciló entre 20 y 469 tableros que salen de esta etapa del proceso productivo. La variabilidad, entre días, se pudo expresar mediante una desviación estándar de 115 tableros y un alto coeficiente de variabilidad de 95 %.

En la etapa del lijado, la especie más utilizada fue el *shihuahuaco*, seguida por *ana caspi*, *tahuarí*, *cachimbo*, *mashonaste* y *huayruro*. Las otras especies se emplearon en porcentajes por debajo del 3 %, en tanto que la producción con mezclas de especies no fue significativa (Cuadro 14).

Cuadro 14. Producción mensual de madera por especie en la etapa del lijado

Especie	Producción (tablero)	Porcentaje
Shihuahuaco	303	53.8
Ana caspi	156	27.7
Tahuarí	35	6.2
Cachimbo	23	4.1
Mashonaste	18	3.3
Huayruro	16	2.9
Cumala	4	0.7
Mezcla de especies	3	0.5
Copal	2	0.3
Manchinga	1	0.1
Quinilla	1	0.1
Capirona	1	0.1
COPAIBA	1	0.1
Mari mari	1	0.1
Total	565	100.0

Los cuadros referidos a la cuantificación de la producción de tableros obtenidos por uniones *finger joint*, muestran inobjetablemente un fenómeno evidente, que es la variabilidad en la producción, entre las etapas, la cual no se debe a una posible falta de abastecimiento oportuno del material que llega de INDUSTRIAS FORESTAL HUAYRURO S.A.C. La variabilidad se debe a que la empresa no cuenta con el personal obrero permanente en todas las etapas de la producción, razón por la cual el personal rota entre las diversas etapas y obliga a capacitar permanentemente al personal. Además, los desperfectos de las máquinas, debido al desgaste propio de las mismas, influye en la variabilidad de la producción por etapa.

V. CONCLUSIONES

- El proceso productivo de tableros obtenidos por uniones *finger joint* en la empresa CALP INDUSTRIAS SAC. consta de las siguientes etapas cepillado, canteado, clasificación, despuntado, ensamblado, moldurado, prensado, encuadrado, lijado y masillado.
- El proceso productivo contribuye con la optimización del recurso madera, pues re utiliza los desperdicios de la producción de madera aserrada de otra empresa.
- El empleo de un mínimo de 13 especies, solo para esta línea de producción, es una oportunidad para el manejo forestal sostenible de un bosque, puesto que aumenta la diversificación de especies.
- La empresa emplea más a las especies del género *Dipteryx*.
- La infraestructura y el espacio actual es suficiente y conveniente, más no la distribución de las máquinas.
- La producción se ve afectada por el uso de insumos que se deben importar, pero que no cuentan con proveedores confiables.
- La carencia permanente de personal obrero capacitado es la principal limitación y se debe a las aptitudes laborales de la población urbana.
- La producción varió entre las etapas, en las que cada una de ellas se caracteriza por tener producciones diferentes.
- La producción mensual promedio de tableros de madera fue de 564 tableros, que fluctuó entre 476 y 713 tableros por mes.

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar al personal obrero con los equipos de protección personal completo por el alto nivel de riesgo laboral.
- Desarrollar un plan de capacitación del personal obrero.
- Incremento salarial para el personal obrero capacitado en la línea de producción.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Baño, V; Moya, L. 2015. Tecnología de la construcción con madera en Uruguay. Estado del arte y perspectivas. *In* Sociedade brasileira de ciencia e tecnologia da madeira. (Anais). II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira (2, 2015, Belo Horizonte, Brasil). Belo Horizonte, Brasil. Sociedade brasileira de ciencia e tecnologia da madeira. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en http://www.sbctem.org.br/cbctem/2/construcoes/arquivo11.pdf

Baño, V; Moya, L; Domenech, L; Godoy, D. 2019. Especificaciones técnicas para la madera estructural en la edificación en Uruguay. s.l., Universidad de la República de Uruguay. 53 p. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23171/1/BMDG19.pdf

Barrantes, R; Trivelli, C. 1996. Bosques y madera. Análisis económico del caso peruano. Lima, Perú, Instituto de Estudios Peruanos. 121p.

Cayo F, T; Spittler, P; Villegas, J. 2005a. Demanda de madera del corredor norte peruano. Lima, Perú, WWF (World Wildlife Fund). 72p.

Castillo Fernández, ME. 2003. Estudio del efecto de la inclinación de la fibra en la resistencia a la tracción de uniones dentadas en pino radiata. Tesis Ing. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 34 p. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifc352e/sources/fifc352e.pdf

Cerviño Leis, R; García Cocozzelli, K; Volpe Baridón, C. 2017. Caracterización de la madera laminada encolada de *Eucalyptus grandis* uruguayo. Tesina. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica Uruguay. 124 p. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/193701/mod_resource/content/3/Tesina-de-Grado-PIIIE-Cervi%C3%B1oR-Garc%C3%ADaK-VolpeC-2017_FINAL.pdf

CITEmadera (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, Perú). 2009. Costos en la producción de muebles y carpintería en madera. Lima, Perú. 48p.

Cruzatt, F; Moromi, I. 2019. Evaluación del comportamiento de uniones dentadas encoladas, para la fabricación de vigas laminadas con la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. DUCKE). *In* (Memoria). 4° Congreso Latinoamericano de estructuras de madera. (4, 2019, Montevideo, Uruguay). Montevideo, Uruguay. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en http://www.clem2019.uy/admin/files/clem2019/upload/files/F2-4614344-CLEM-2019_-_Articulo_completo.pdf

Cuellar, J. 2013. Demanda de maderas provenientes de bosques y plantaciones forestales de la amazonia peruana. Evaluación a nivel del corredor centro. Lima, Perú, Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. 55p.

Dance S, R; Rojas G, J. 2005b. Demanda de madera del corredor sur peruano. Lima, Perú, WWF (World Wildlife Fund). 50p.

DGFF (Dirección General Forestal y de Fauna, Perú). s.f. Orientaciones para el desarrollo forestal y de fauna silvestre en el mediano plazo 1991-1995. Lima, Perú. 36p.

Dourojeanni, M. 1990. Amazonía ¿qué hacer? Iquitos, Perú, Centro de estudios Teológicos de la Amazonia. 444p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); CITE madera (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, Perú). 2018. La industria de la madera en el Perú: Identificación de las barreras y oportunidades para el comercio interno de productos responsables de madera, provenientes de fuentes sostenibles y legales en las MIPYMES del Perú. Lima, Perú. 139p. Consultado 27 octubre. 2021. Disponible en https://www.fao.org/3/i8335es/I8335ES.pdf

Flores B, Y. 2018. Árboles nativos de la Región Ucayali. Pucallpa, Perú, INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú). 381 p.

Guariguata, M; Arce, J; Ammour, T; Capella, JL. 2017. Las plantaciones forestales en Perú: reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. Bogor, Indonesia, CIFOR. 29p.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú). 1996. Manual de identificación de especies forestales de la sub región andina. Lima, Perú. 489 p.

Jenssen S, E. 1982. Industria forestal. *In* Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Perú Forestal. Lima, Perú. P.47-54.

Kroll, B; Nalvarte, W; Marmillod, D. 1994. Árboles del Perú. Especies forestales de Dantas. Lima, Perú, Universidad nacional Agraria La Molina.

OIT (Organización Internacional del Trabajo). 2016. Investigación de acción para promover mejores condiciones de trabajo en el sector de madera y muebles : estudio de delimitación. Ginebra, Suiza. 81p. Consultado 28 octubre. 2021. Disponible en https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/publication/wcms_444102.pdf

Ramírez V, JL. 2002. Estudio de pre-factibilidad técnico económico para la instalación de una planta de fabricación de tableros finger joint, Iquitos – Perú. Tesis título de ingeniero. Iquitos, Perú, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 72p. Consultado 27 octubre. 2021. Disponible en https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5148

Ramírez Coretti, A. 2004. Uso potencial de cabería remanente de la producción de tarimas de Melina para piezas laminadas. Tecnología en marcha 17(1):46-54. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835802

Reynel, C; Pennington, TD; Pennington, RT; Fores, C; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Lima, Perú, ICRAF. 509 p.

Schrewe, H. 1981. La industria del aserrío en el Perú. Lima, Perú, Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003 Mejoramiento de los sistemas de extracción y transformación forestal. 60p.

SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú). 2016. Anuario forestal 2015. Lima, Perú. 206p. Consultado 27 octubre. 2021. Disponible en https://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-forestal-numeros-2015

SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú). 2019. Productos forestales maderables: guía explicativa para su identificación. Lima, Perú. 129p. Consultado 27 octubre. 2021. Disponible en

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1269085/GUIA-EXPLICATIVA-DE-PRODUCTOS-FORESTALES-MADERABLES-VERSION-FINAL.pdf

SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú). 2020. Anuario forestal y de Fauna Silvestre 2019. Lima, Perú. 131p. Consultado 27 octubre. 2021. Disponible en http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/894

Serrano Montero, R; Sáenz Muñoz, M. 2006. Tecnología e innovación de estructuras de madera para el sector de la construcción: Vigas de perfil I de amarillón (*Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell) de plantación. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 3(7):26–45. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/523

UNU (Universidad Nacional de Ucayali, Perú). 2008. Estación meteorológica. Datos climáticos de ocho años en la zona de Pucallpa, Perú.

USAID (United States Agency International Development, EEUU); Proyecto Perú Bosques. 2015. Servicios de asesoría y asistencia técnica para empresas de primera y segunda transformación de madera. sn.t. 72p.

Vásquez A, W. 2016. Estándares NHLA aplicados en la producción y el comercio internacional de maderas. Yarinacocha, Perú, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. 20p.

Vásquez, L; Reyes, C; Catalán, J; Campos, R; Hernández, G; Elgueta, P. 2019. Caracterización mecánica de vigas I fabricadas con tableros OSB y madera aserrada estructural de pino radiata. Santiago, Chile, Instituto Forestal. 27 p. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/29197