

— FABRICACIÓN DE —

DECKING DE

Dipteryx odorata

Estudio de Caso en “El Huayruro S.A.C”

AUTORES

Jairo Edson Gutiérrez-Collao - Maryori Xiomara Fuentes Gaona - Melody Milagros Gamboa
Huarocc - Franklin Correa Lozano - Cleide Santos Flores
Camila Valentina Carrasco Llaique - Ronald Julian Chihuan Quispe

Fondo Editorial



UNAAT
EXCELENCIA CIENTÍFICA Y ACADÉMICA
CON RESPONSABILIDAD SOCIAL

FABRICACIÓN DE DECKING DE

Dipteryx odorata:

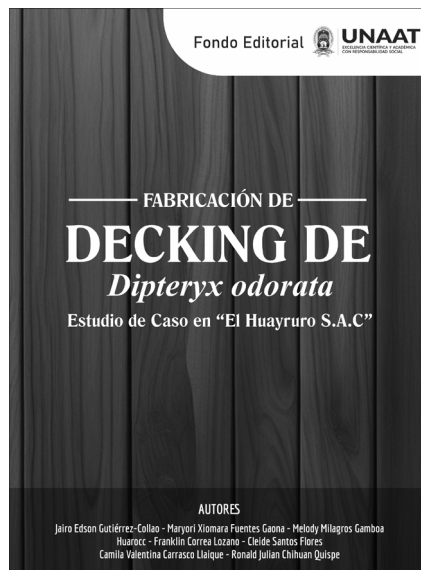
Estudio de Caso en “El Huayruro S.A.C”

JAIRO EDSON GUTIÉRREZ-COLLAO
MARYORI XIOMARA FUENTES GAONA
MELODY MILAGROS GAMBOA HUAROCC
FRANKLIN CORREA LOZANO
CLEIDE SANTOS FLORES
CAMILA VALENTINA CARRASCO LLAIQUE
RONALD JULIAN CHIHUAN QUISPE

FABRICACIÓN DE DECKING DE

Dipteryx odorata:

Estudio de Caso en “El Huayruro S.A.C”



Fondo Editorial



UNAAT
EXCELENCIA CIENTÍFICA Y ACADÉMICA
CON RESPONSABILIDAD SOCIAL

Título: Fabricación de Decking de *Dipteryx odorata*: Estudio de Caso en “El Huayruro S.A.C”

Autores:

- ©  Jairo Edson Gutiérrez Collao
- ©  Maryori Xiomara Fuentes Gaona
- ©  Melody Milagros Gamboa Huaroc
- ©  Franklin Correa Lozano
- ©  Cleide Santos Flores
- ©  Camila Valentina Carrasco Llaque
- ©  Ronald Julian Chihuan Quispe

Editado por:

©Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Fondo Editorial.
Carretera La Florida – Cochayoc km 2, Huancucro N° 2092 Acobamba -
Tarma – Junín - Tarma, Perú.

1ª edición Digital – julio 2025

80 pp.; 17x23cm

Version Digital

**HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL
DEL PERÚ N° 2025-08399**

ISBN: 978-612-49765-9-9

Libro electrónico disponible en: <https://fondoeditorial.unaat.edu.pe>

DOI: <https://doi.org/10.61210/fondoeditorialB6-25>

Proceso de Revisión

Fue revisado por pares externos en modalidad de doble ciego.

Revisor A:  Carlos Enrique Alvarez Montalván

Revisor B:  Carlos Abanto Rodríguez

Corrección de estilo

Arturo Uzziel Morales-Nieva

Diseño de cubierta y diagramación de interiores

Antony Aguilar-Ozejo

Publicado en el Perú / Published in Peru

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, sin autorización escrita del autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Publicación del libro:

FABRICACIÓN DE DECKING DE

Dipteryx odorata:

Estudio de Caso en “El Huayruru S.A.C”

JAIRO EDSON GUTIÉRREZ COLLAO
MARYORI XIOMARA FUENTES GAONA
MELODY MILAGROS GAMBOA HUAROCC
FRANKLIN CORREA LOZANO
CLEIDE SANTOS FLORES
CAMILA VALENTINA CARRASCO LLAIQUE
RONALD JULIAN CHIHUAN QUISPE

AGRADECIMIENTO

El objetivo de la obra es compartir con el público en general la investigación denominada fabricación de decking de *Dipteryx odorata*: Estudio de Caso en “El Huayruro S,A,C”; en ese sentido, agradecemos a Dios, nuestro creador; a los colegas que colaboraron en la redacción del libro. Del mismo modo, damos gracias a cada integrante familiar por su apoyo y amor incondicional en el alcance de las metas.

Agradecemos al propietario de la empresa forestal “El Huayruro S.A.C”, por la confianza para el desarrollo de la investigación dentro de sus instalaciones, el cual será de utilidad para los estudiantes, que son el principal motivo de nuestra obra.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	9
RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	17

CAPÍTULO I

Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del problema.....	19
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Objetivos de la investigación	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación.....	20
1.5. Limitaciones.....	21

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Internacional.....	23
2.1.2. Nacional	23
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. Recursos forestales.....	26
2.2.2. Industria forestal	26
2.2.3. Proceso productivo.....	27
2.2.4. Transformación de los recursos forestales maderables.....	28
2.2.5. Productos forestales maderables.....	28
2.2.6. Decking.....	28
2.2.7. Especies forestales adecuadas para decking	29

2.2.7.1. Apuleia leiocarpa (ana caspi).....	29
2.2.7.2. Clarisia racemosa (mashonaste)	29
2.2.7.3. Dipteryx odorata (shihuahuaco)	29
2.2.7.4. Manilkara bidentata (quinilla)	30
2.2.8. Características anatómicas y propiedades fisicomecánicas de la madera para producción de decking.....	30
2.2.9. Maquinarias utilizadas en producción de decking.....	31
2.2.9.1. Horno artificial.....	31
2.2.9.2. Cepilladora.....	31
2.2.9.3. Multilámina	32
2.2.9.4. Despuntadora de pedal.....	32
2.2.9.5. Moldurera	32
2.2.9.6. Rendimiento en la producción de decking.....	32
2.2.10. Herramientas de calidad.....	33
2.2.11. Tratamiento de madera para exteriores	33
2.2.12. Normatividad y certificación forestal.....	34
2.3. Definición de términos.....	35
2.4. Formulación de hipótesis.....	36
2.4.1. Hipótesis general.....	36
2.4.2. Hipótesis específicas.....	36
2.5. Variables	36
2.6. Operacionalización de variables.....	37

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial	39
3.1.1. Ámbito temporal	39
3.1.2. Ámbito espacial.....	39
3.2. Tipo de investigación.....	39
3.3. Enfoque de investigación.....	40
3.4. Nivel de investigación.....	40

3.5. Métodos de investigación	40
3.5.1. Método general.....	40
3.5.2. Método específico	40
3.6. Diseño de investigación.....	40
3.7. Población, muestra y muestreo	40
3.7.1. Población	40
3.7.2. Muestra.....	41
3.7.3. Muestreo.....	41
3.8. Instrumentos y técnicas para la recopilación de datos	41
3.8.1. Instrumentos.....	41
3.8.2. Técnicas	42
3.9. Procedimiento de recopilación de información	42
3.10. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	47

CAPÍTULO IV

Presentación de los Resultados

4.1. Análisis de información	49
4.1.1. Cepillado	50
4.1.2. Despuntado	52
4.1.3. Multilaminado.....	53
4.1.4. Moldurado.....	55
4.1.5. Flujograma para los rendimientos	56
4.2. Prueba de hipótesis.....	58
4.2.1. Hipótesis general.....	58
4.2.2. Hipótesis específicas.....	58
4.3. Discusión de los resultados.....	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS	73

RESUMEN

El objetivo de la presente obra es dar a conocer el flujograma de producción de decking, y determinar los rendimientos en cada etapa de producción en la empresa “El Huayruro S.A.C”. La investigación tuvo un enfoque de cantidad y observación, de análisis con un diseño experimental de caso – control. Los resultados se presentan en flujogramas para cada una de las etapas de cepillado, despuntado, multilaminado, moldurado y para todo el proceso de producción. El mayor rendimiento se reportó en la salida de la multilamina hacia la despuntadora y moldurera (96,78 %); secundado por el rendimiento registrado en la salida de la cepilladora hacia la despuntadora y multilamina (96,70 %); y seguido por el rendimiento obtenido en la salida de la multilamina hacia la moldurera (95,70 %). Asimismo, se identificaron suscitados en la producción de decking, siendo defectos en el secado (49 %), las grietas, rajaduras y alabeos; defectos naturales (45 %), como nudos, picado y ojos de pescado; y los defectos de maquinado (3 %), como arista faltante, madera descalibrada y ahusado.

Palabras clave: decking, industria forestal, proceso productivo, producto maderable, shihuahuaco

INTRODUCCIÓN

El arte y la ciencia de crear decks, ha ganado popularidad en la construcción de espacios exteriores. Estas estructuras que combinan estética, funcionalidad y confort, se han vuelto esenciales para disfrutar de espacios al aire libre, ya sea en jardines, terrazas, piscinas, o como una extensión.

La producción de decking a nivel mundial ha experimentado un crecimiento notable impulsado por la creciente demanda de materiales naturales y sostenibles para espacios exteriores. La madera, especialmente las especies tropicales, continúa siendo el material más usado por su durabilidad, resistencia a la intemperie y su estética natural.

En América Latina se cuenta con una rica biodiversidad de maderas tropicales, que son muy apreciadas por su durabilidad y resistir las condiciones de climas extremos. En países como Brasil, Argentina y Chile, se está viviendo un auge en la producción local como en las exportaciones, favorecido por la creciente inversión en construcción de viviendas, urbanización y proyectos turísticos.

Especialmente en Perú, los bosques tropicales albergan distintas especies forestales con aptitudes para la industria de decking. Sin embargo, la gestión en las industrias, forestales mayormente no reporta la existencia de un análisis real de costos para fabricar dichos productos, ni una adecuada gestión del proceso productivo; sino que, se basa en la intuición, lo que ocasiona ineficiencias, en el cual, producir algún producto ocasiona pérdidas en vez de beneficios.

En consecuencia, este libro está enfocado a dar a conocer la producción de decking en la selva peruana, especialmente en la Industria Forestal Huayruro S.A.C ubicada en la región Ucayali; a través de la evaluación de los agentes y/o factores que influyen en los rendimientos de segunda línea de transformación para la producción de decking.

Los autores.

CAPÍTULO I

Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del problema

La silvicultura y el manejo sostenible de los bosques pueden mejorar la oferta de madera y contribuir a la sostenibilidad de la industria forestal, siempre que se cuente con una adecuada planificación y de la colaboración de propietarios y autoridades (Francis, Venn y Lewis, 2024). En diversos países, las zonas forestales colectivas son vitales para la industria forestal; no obstante, persisten conflictos entre la obtención de metas económicas y el enfoque ecológico (Cao, Xiao y Zeng, 2024). Las metas económicas requieren de una inversión adecuada e implementación de tecnologías, con políticas estrictas para asegurar un equilibrio entre la sostenibilidad ambiental y el crecimiento económico (Pereyra y Alonso, 2024); por el contrario, el enfoque ecológico es fundamental para mejorar la función de servicio de los ecosistemas forestales y la estabilidad, así como promover el desarrollo de las industrias de manera sostenible (Li et al., 2024).

En tal sentido, específicamente, el enfoque ecológico de los productos forestales, como los compuestos de fibra natural, sugiere que la integración de prácticas sostenibles y resistentes a la intemperie se pueden utilizar en la producción de decking; por lo que, los compuestos de fibra que imitan las propiedades de las maderas de especies duras podrían ayudar a reducir la presión sobre las especies nativas (Pradhan, Prakash y Acharya, 2022). Por ello, la transformación y optimización de las industrias forestales se han convertido en temas de investigación claves, en la cual se evalúan las eficiencias y las necesidades de enfoques integrales para mejorar las producciones sostenibles (Diao y Geng, 2023).

En consecuencia, en la selva peruana, el desarrollo de las industrias forestales se centra en la fabricación y/o producción de decking. Esta actividad representa un desafío significativo debido a la creciente demanda de maderas duras, de alta resistencia y durabilidad provenientes de especies como *Dipteryx odorata* (shihuahuaco), una especie tropical y de lenta regeneración natural, que se refleja en serias preocupaciones de sostenibilidad (Chávez y Cossío, 2014; Valdiviezo, 2024).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el flujograma de producción en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los rendimientos en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?
- b. ¿Cuáles son las causas de los problemas en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Elaborar el flujograma de producción de decking de exportación en la empresa “El Huayruro S.A.C”.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar los rendimientos en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria.
- b. Identificar los defectos generados en el decking en cada etapa de fabricación exportación en un centro de transformación secundaria.

1.4. Justificación

El análisis del flujograma de producción de decking y del control de calidad, así como la determinación del rendimiento y de las causas de los problemas en cada etapa productiva, son fundamentales para optimizar los procesos en la industria de la madera, especialmente en la fabricación de decking. Este

tipo de producto es utilizado en exteriores por su resistencia y estética, entre tanto, demanda una producción eficiente que garantice la calidad y durabilidad del material. Un mayor rendimiento en la producción no solo mejora la rentabilidad del sector, sino también, que cumplan con los esquemas de calidad que requieren los consumidores. Al evaluar el rendimiento, se pueden identificar cuellos de botella, ineficiencias en el uso de recursos y áreas de oportunidad para aplicar nuevas tecnologías o procesos que incrementen la productividad y reduzcan los costos operativos.

El flujograma de producción de decking es una herramienta visual clave que permite comprender cada etapa del proceso productivo, desde la selección y tratamiento de la madera hasta el corte y acabado final. Al tener una representación gráfica de las fases involucradas, es posible identificar de manera más clara los pasos críticos que afectan el rendimiento, lo que permite tomar decisiones informadas sobre las mejoras a implementar. Además, ayuda a los gestores a planificar mejor los tiempos de producción, prever posibles retrasos y ajustar las estrategias operativas para satisfacer las necesidades del mercado sin comprometer la calidad. Por lo tanto, el estudio del rendimiento y flujograma de producción resulta esencial para el funcionamiento interno de la planta, puesto que contribuye a una mayor competitividad en el mercado del decking.

1.5. Limitaciones

La investigación se limita acerca de la información de calidad producida en el centro de transformación secundaria Industria Forestal El Huayruro S.A.C en la región Ucayali.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

En una investigación realizada en Eslovenia, se evaluó el rendimiento de 19 especies maderables distintas y materiales derivados de la madera utilizados en aplicaciones de decking. Entre las especies utilizadas destacan *Picea abies* (L.) H. Karst (abeto de Noruega), duramen de *Larix decidua* Mill. (alerce europeo), *Fagus sylvatica* L. (haya europea), *Fraxinus excelsior* L. (fresno europeo), duramen y albura de *Pinus sylvestris* L. (pino silvestre), *Castanea sativa* Mill. (castaño dulce) y duramen de *Quercus sp.* (roble europeo), así como materiales tratados o modificados previamente de distintas maneras. Como resultados se obtuvo que la dosis de resistencia se correlaciona adecuadamente con las tasas de descomposición del decking (Humar et al., 2019).

En una investigación realizada en Uruguay, se evaluó las propiedades fisicomecánicas de la madera de *Eucalyptus bosistoana* F. Muell.; obteniendo como resultados que se puede utilizar para pisos interiores y exteriores (decking), durmientes, postes y columnas, construcciones rurales, carpintería de obra y otros usos, donde se requiera alta resistencia (Mantero et al., 2014).

2.1.2. Nacional

En una investigación realizada en Pucallpa – Perú, se determinó el ciclo de producción de la madera destinada a la exportación. Los resultados mostraron que el 87 % efectúa la producción y transformación de la madera,

el 13 % se limita únicamente a la extracción. Además, cuenta con un ciclo de producción incompleta porque realizan solo producción y exportación de madera aserrada. Solo, el 33 % efectúa la producción y exportación de madera decking (valor agregado) (Davila y Peralta, 2023).

En un estudio realizado en el aserradero R&D E.I.R.L, en Tahuamanu, Madre de Dios – Perú, se evaluó el rendimiento en el aserrío de *Apuleia leiocarpa*, contemplando calidad de trozas, clase diamétrica y productos obtenidos. Las 60 trozas evaluadas se clasificaron en calidad 2 (37 % - 18,535 m³) y calidad 3 (63 % - 45,442 m³), de los cuales se obtuvo 31% de rendimiento hasta volumen aserrado (21,343 m³), y 17 % de rendimiento hasta decking. La sección ovala, la sinuosidad y semisinuosidad en la rectitud, los huecos, grietas y rajaduras afectaron el rendimiento de las trozas. Las clases diamétricas mayores reportaron defectos de rajadura, hueco y pudrición (Quintanilla, 2023).

En una investigación realizada en Wanchaq, Cusco – Perú, se evaluó el incremento de la productividad mediante el estudio del trabajo en la fabricación de decking, a través de un diseño pre-experimental, centrándose en analizar el proceso de producción, detectando un cuello de botella, que se solucionó incorporando un artefacto adicional en el procesamiento, que se reflejó en la disminución significativa del tiempo estándar. Se concluyó que la implementación de la investigación del trabajo aumenta la eficacia, la eficiencia y la productividad (Salazar, 2022).

En un estudio realizado para la empresa Eurodek S.A.C, se constató que los decking son productos obtenidos en la transformación secundaria con más demanda internacionalmente. Por ello, es fundamental conocer detalladamente el proceso productivo al detalle para incrementar rendimientos y tiempos que se traduzcan en beneficios para la empresa. Asimismo, se sugirió el aprovechamiento de especies como *Apuleia leiocarpa* (ana caspi) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav (mashonaste). También se concluyó que sobredimensionar en el habilitado de madera labrada, por un corte de pésima calidad, produce mayor volumen de residuos y pérdida de materia prima en el proceso de producción (14).

En una investigación realizada en Madre de Dios – Perú, evaluaron la influencia de las clases diamétricas en el rendimiento maderables; obteniendo como resultado el reporte de 29 % como rendimiento total promedio

para la especie *Manilkara bidentata* (quinilla) en la producción de decking y tablillas, a razón de 122,9 pies tablares por m⁻³ rollizo que ingresó al aserrío, que indica un bajo rendimiento (Gonzales y Solórzano, 2014).

En una investigación realizada en Maynas, Loreto – Perú, se evaluaron los rendimientos y costos en la obtención de madera labrada de *Dipteryx micrantha* en un centro de aserrío; en la cual se estudiaron 21 trozas de un total de 423 trozas. Como resultados obtuvieron que de 1524,4 m³ de volumen de madera rolliza total se obtuvieron 650,21 m³ de madera labrada (42,8 %); de los cuales, para producción de decking se destinaron 463,5 m³ (32,2 %), para tablillas de pisos se destinaron 7,12 m³ (9,1 %), y para decking tiles se destinaron 35,6 m³ (1,5 %) (Wong, 2014).

En una investigación realizada en Puerto Maldonado – Perú, se evaluaron los costos y rendimientos en la transformación primaria del *Dipteryx odorata* (shihuahuaco), reportando como resultados 40,57 % de coeficiente de aserrío, que significaba 172 pies tablares por metro⁻³ rollizo (Villacorta y Collazos, 2010).

En una investigación realizada en Pucallpa – Perú, se evaluó el rendimiento en la producción de tablillas para decks con la especie *Dipteryx spp.* (shihuahuaco); reportando como resultados que, utilizando el tablón como materia prima, el rendimiento es 29,12 %, el desperdicio es 59,81 %, y madera para recuperación es 11,07 %. El principal inconveniente se reportó en el pre-dimensionamiento efectuado en la sierra de discos múltiple, que solo aprovechó el 51,62 % en la fabricación de tablillas deck. Además, el principal cuello de botella para la fabricación de decking fue la etapa de secado, que representó el 73,7 % del tiempo total necesario para la fabricación de un contenedor (Vidal, Chuquicaja y Meléndez, 2009).

En una investigación realizada en el Aserradero Forestal Rio Piedras S.A.C., Puerto Maldonado – Perú, se estudió el coeficiente de aserrío; reportando como resultado 49,39 % de coeficiente de aserrío del volumen rollizo a madera aserrada (tablillas pre parquet, tablillas recuperadas, tablillas para cerco y tablas para cerco) en la especie *Dipteryx odorata* (shihuahuaco) (Miche, 2006).

En una investigación realizada en Altomayo, San Martín – Perú, se evaluó el rendimiento de madera labrada de las especies *Cedrela odorata* (cedro), *Dipteryx spp.* (shihuahuaco), *Ocotea spp.* (moena) y *Cedrelinga*

catenaeformis (tornillo), para lo cual utilizó una regla Doyle y la fórmula Smalian para el cálculo del volumen rollizo; reportando los siguientes rendimientos: *C. odorata* (55,96 %), *D. odorata* (53,83 %), *O. spp.* (41,77 %) y *C. cateniformis* (54,03 %) (Valles, 1986).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Recursos forestales

De acuerdo con Malleux (1982), el Perú se caracteriza por reportar un aprovechamiento selectivo; ya que solo utiliza apropiadamente el 10 % de las especies forestales existentes en total; sin embargo, de dicho porcentaje, son pocas las especies que registran una extracción intensiva, por ser reconocidas como especies comercializables potencialmente a nivel nacional e internacional. Por ello, resulta indispensable efectuar la ubicación y clasificación de los recursos forestales para alcanzar un manejo forestal razonable, con visiones futuras que sea motivo para el desarrollo inmediato de la industria forestal.

En los diversos bosques del mundo, existen hallazgos que diversas regiones producen madera blanda, con el fin de aprovechar mayor cantidad de madera, por su rápido crecimiento; por lo que la oferta forestal puede incrementar de manera sustancial con incentivos de reducidos costos y que se han incrementado debido a la mejora de la tecnología de regeneración forestal en tierras industriales (Lippke, 2011).

2.2.2. Industria forestal

La industria forestal se define como el conjunto de actividades económicas y procesos que involucran la gestión, producción y transformación de recursos forestales, así como la conservación de los ecosistemas asociados, siendo crucial para la economía y la sostenibilidad ambiental, dado que promueve prácticas que aseguran el uso responsable de los bosques (Durón, 2015). En este contexto, el manejo forestal sostenible es esencial para cumplir con las demandas actuales sin complicar a las generaciones futuras para satisfacer las suyas, favoreciendo la conservación de la diversidad biológica y la regulación del ciclo del agua (Kumar et al., 2021). Además, la incorporación de servicios forestales digitales representa un aspecto importante en la modernización de la industria forestal, mejorando la calidad y la eficiencia de los servicios mediante tecnologías digitales (Jäntti y Aho, 2024).

La clasificación de la industria forestal y los tipos de transformación de madera son fundamentales para comprender los procesos involucrados en el aprovechamiento de este recurso. De acuerdo con Teischinger (2023), la tecnología de la madera abarca una serie de procesos que inician desde la tala del árbol hasta la producción de productos finales, y estos pueden categorizarse en transformaciones mecánicas, químicas y biológicas, los cuales presenta distintas características y aplicaciones en la industria (Rodríguez y Kometter, 2012). Además, en la industria forestal se identifican dos categorías de transformación, que son la transformación primaria, que contempla actividades como la tala, el aserrado y la producción de madera en bruto; y la transformación secundaria, que abarca la fabricación de productos elaborados, como muebles, pisos y paneles (Nasir y Cool, 2018).

Es fundamental enfocarse en métodos de optimización de la industria forestal que maximicen el rendimiento económico y la sostenibilidad ambiental (Diao y Geng, 2023), que permitan integrarla en la economía circular. En este sentido, resulta importante una tipología de empresas forestales en función de su contribución a la economía circular, sugiriendo que las empresas que adopten prácticas sostenibles y generan valor a partir de subproductos pueden mejorar su rendimiento económico mientras minimizan el desperdicio (Panori, Papaspyropoulos y Nikolaou, 2024).

2.2.3. Proceso productivo

Los procesos son fundamentales para optimizar la eficiencia del empleo de productos maderables y minimizar el desperdicio. Además, la clasificación de las industrias puede variar según la tecnología empleada y el destino final de los productos (Zapata, 2020). Particularmente, los procesos sostenibles en la producción de madera no solo benefician a la industria, sino que también contribuyen a la conservación de los ecosistemas forestales y a la atenuación del cambio del clima. Un análisis sobre el crecimiento y rendimiento de las plantaciones forestales revela que las tendencias actuales en el mundo están enfocadas en mejorar la productividad de estas áreas (Souza y Muthu, 2023). Finalmente, el proceso productivo pretende transformar unos factores determinados o insumos en bienes o servicios a través de la implementación de una metodología tecnológica (Costa y Eduardo, 2002).

2.2.4. Transformación de los recursos forestales maderables

La transformación de la madera es la industrialización de la madera a partir de la madera rolliza, aserrándolo, utilizando variedades de máquinas y herramientas manuales o automatizados, basado directamente en la materia prima, a través de la evaluación de las necesidades de los productos y de la disposición de efectuar cambios técnicos (Zavala, 1991). En consecuencia, la transformación del decking corresponde a la transformación secundaria, que incluye la producción de bienes con valor agregado con la participación de varios centros de transformación; existiendo hasta la década pasada 18 400 centros de fabricación de piezas y partes, puertas, marcos y ventanas, muebles, artesanía, entre otros; de los cuales, el 97 % está representado por pequeñas y microempresas (Ccaipane, 2011).

2.2.5. Productos forestales maderables

Los productos forestales maderables macizos ahorran más dióxido de carbono (supuestamente un 50 % de carbono, calculándose en 3,667 kg de dióxido de carbono por 1 kg de carbono) que, limitando la cosecha de madera, por lo que existen contradicciones sobre si ahorrar dióxido de carbono en los productos maderables, en la dendroenergía o en los bosques (Oliver et al., 2014).

2.2.6. Decking

El decking, o piso de madera para exteriores, se define como un tipo de suelo diseñado específicamente para su empleo al aire libre, que combina estética, confort, durabilidad y resistencia a las condiciones ambientales. Este tipo de producto es influenciado por distintos factores, entre los que se incluyen el tipo de madera utilizada, los procesos de tratamiento aplicados y las técnicas de producción implementadas (Ospina, 2014). Es un producto de transformación secundaria, que atraviesa varias etapas como almacenamiento, reaserrío, estibado, secado, pre-dimensionamiento, molurado, acabado, empaquetado y comercialización, reportando todas las cualidades necesarias para que se utilice en exteriores (Rivera, 2017).

La calidad de la madera y la optimización de los procesos de producción son fundamentales para lograr un decking que no solo satisfaga las necesidades estéticas y funcionales, sino que también asegure una ade-

cuada productividad y costo en su producción (Sierra, 2020). Su proceso de producción inicia con la selección de especies maderables adecuadas que garanticen la calidad y la resistencia del producto, seguido de un tratamiento que puede incluir la preservación para aumentar la durabilidad y la resistencia a la humedad y a plagas, continuando con la fabricación, que incluyen cortes, acabado y, en algunos casos, el tratamiento superficial para mejorar la funcionalidad y la apariencia del decking (Ruiz, 2022).

2.2.7. Especies forestales adecuadas para decking

2.2.7.1. *Apuleia leiocarpa* (ana caspi)

Sinónimo de *Apoleya leiocarpa*. Es una especie distribuida en las regiones San Martín, Loreto y Madre de Dios, en altitudes que oscilan entre 0 y 1 000 m (Ospina, 2014). Es una especie que reporta 0,65 g/cm³ de densidad básica, por lo que se califica como madera pesada y dura. Además, la madera de la especie es útil para construcciones pesadas, estructuras como vigas, columnas, pisos, decking, construcción de embarcaciones, etc. (Cano, 2024). La madera de *A. leiocarpa* es difícil de aserrar por contener sílice en el fuste (Aróstegui, 1982).

2.2.7.2. *Clarisia racemosa* (mashonaste)

La especie reporta individuos arbóreos de gran altura, que pueden alcanzar aproximadamente 40 m de altura, con diámetros de fuste que varían entre 50 y 120 cm (Magnanini y Magnanini, 2022). Asimismo, está distribuido de manera natural en Bolivia, de forma dispersa o en grupos pequeños en las áreas boscosas tropicales húmedos (Ken, 2022). La madera de esta especie posee un duramen de color amarillo brillante, que se vuelve marrón oscuro al secar; contiene sílice; 0,59 g/cm³ de densidad básica; durabilidad durable; 2 de relación tangencial/radial; grano entrecruzado recto a la veta; y, el secado es lento, pero no es difícil (Sharapov, Brischke y Militz, 2021).

2.2.7.3. *Dipteryx odorata* (shihuahuaco)

Sinónimo de *Coumarouna odorata*. Es una especie nativa de las regiones tropicales de América Central y del Sur, perteneciente a la familia Fabaceae, cuyos árboles presentan características distintivas, como una médula

de color castaño oscuro y un alburno de tono beige claro, con un grano irregular y una textura media. La madera de shihuahuaco es difícil de trabajar, pero se puede pulir con éxito, lo que la convierte en una opción apreciada en la construcción, su resistencia y durabilidad la hacen ideal para diversas aplicaciones, incluyendo la construcción pesada, puentes, durmientes de ferrocarril, estructuras marinas, mangos de herramientas y pisos industriales, también se emplea en la construcción de viviendas y en la producción de subproductos como el carbón (Flores, 2010).

Existen reportes sobre la existencia de tres especies genéticas en la Amazonía peruana, que resalta la importancia de la conservación y manejo sostenible de esta especie y sus parientes, para asegurar la sostenibilidad de los recursos forestales en la región (García-Dávila et al., 2020).

2.2.7.4. *Manilkara bidentata* (quinilla)

La especie *Manilkara bidentata*, conocida comúnmente como quinilla, se distribuye en Perú, Colombia, Brasil, Panamá, Guayana Francesa y Antillas; reportando individuos arbóreos que registran 40 m de altura y 85 cm de diámetro (Aróstegui y Sato, 1970). La especie reporta 0,68 g/cm³ de densidad básica, lo que lo clasifica como madera de densidad muy alta; también, reporta 13,79 % de contenido húmedo en base seca (López, 2021). La madera de *M. bidentata* es empleada en construcciones marinas, construcciones pesadas, pisos machihembrados, durmientes de ferrocarril, piezas de puentes, parquet, postes, artesanía, y tornería (Portal, 2010).

2.2.8. Características anatómicas y propiedades fisicomecánicas de la madera para producción de decking

Las maderas destinadas a la fabricación de decking y pisos deben reportar buen veteado, la cual está referido a los diseños, figuras o vetas de distintos colores que le dan una apariencia atractiva a la madera (Aróstegui, 1969).

Cualquier variación en el porcentaje de humedad debajo del punto de saturación de las fibras, ocasiona variación de dimensiones, por la presencia de tensiones internas o fuerzas variables en dirección tangencial o radial, que originan mermas en el secado (deformaciones, grietas, etc.). Por lo tanto, una madera tiene buen comportamiento al secarse uniformemente en las dos direcciones, lo que sucede en maderas de relación tangencial/radial baja, que debe ser menor a 2, y es esencial para ser utilizado en la

producción de decking (Aróstegui, 1969). De igual forma, la contracción y expansión son variaciones dimensionales radiales, tangenciales y longitudinales, que sufre la madera por el cambio de humedad al ser inferior al punto de saturación de la fibra, por lo que las maderas para decking deben tener baja o moderada contracción (Aróstegui, 1969).

Por otro lado, una de las propiedades mecánicas más importantes a considerar para el uso en decking es la dureza, debido a que se requiere de buena dureza en las maderas que serán utilizadas para decking, con una densidad básica superior a $0,50 \text{ g/cm}^3$ y dureza superior a 400 kg. Asimismo, deben presentar buena trabajabilidad con maquinaria de carpintería, como aserrado, cepillado, lijado y acabado (Aróstegui, 1969).

Los aspectos de la ingeniería de la madera comprenden propiedades físicas y mecánicas que la convierten en idónea para su uso en la construcción, entre las que sobresalen la resistencia a la flexión, compresión y torsión (capacidad de soportar cargas), ligereza (facilita el manejo y reduce los costos en términos de transporte y almacenamiento), sostenibilidad (material renovable y opción ecológica), durabilidad (resistencia a la descomposición, insectos y hongos), estabilidad dimensional, resistencia a la abrasión y al desgaste, entre otras (Laufenberg, 1993).

2.2.9. Maquinarias utilizadas en producción de decking

2.2.9.1. Horno artificial

El horno artificial es útil para controlar la humedad relativa, temperatura y velocidad del aire (Gil, 2013). El horno artificial o secadora convencional TERMOLEGNO, es una estructura portante de aleación de aluminio de rotura de $25\,000 \text{ kg/cm}^2$, que soportan una carga de viento de 120 km h^{-1} y una carga de nieve de 160 kg/m^2 (Termolegno, 1994).

2.2.9.2. Cepilladora

Las cepilladoras, especialmente de la marca Holytek, son de doble cara y cuentan con una mesa fija que permite montar vías de rodillos anterior y posterior a la máquina y con tratamiento anti-desgaste. Están equipadas con ajuste eléctrico del espesor, arranque automático, sistema de lubricación automática, y potencia instalada de 52 Hp (Caseros, 2000).

2.2.9.3. Multilámina

La multilámina, también conocida como sierra múltiple, es una máquina que cuenta con dos motores de 55 kW de potencia del motor, 24 m min^{-1} de velocidad de avance, con sierra de tipo circular de varias unidades de corte en paralelo, cuya distancia se puede controlar precisamente. La altura de corte es de 20 cm y la anchura de paso es de 35 cm (EXAPRO, 2004).

2.2.9.4. Despuntadora de pedal

La despuntadora es una sierra circular equipada con dos mesas de desplazamiento provistas de rodillos, son de tipo pendular o de corte horizontal (Thomsgard y Martínez, 2007).

Por otro lado, la despuntadora de pedal es una máquina robusta, sólida y precisa, diseñada para el corte transversal de la madera. Se utiliza para despuntar, sanear y dimensionar, por lo cual, presenta las siguientes características: mesa y accesorios de fundición, accionamiento neumático por pedal para la subida de la sierra de corte, prensor neumático superior para la presión de la madera, motor de 5,5 Hp, 4 000 revoluciones por minuto, sierra de 40 a 50 cm, capacidad de corte máximo altura 5" x 10", y es veloz y confiable (Capdevila, 2003).

2.2.9.5. Moldurera

La moldurera es una máquina utilizada para el dimensionado de madera y para obtener superficies molduradas o cepilladas de alta calidad. Es un equipo imprescindible en la industria forestal, de acero fundido, compuesto de una mesa en toda el ancho y extensión, un set de guías longitudinales a ambos lados, un sistema de tracción o arrastre y ejes horizontales y verticales en las cuales se fijan diversos tipos de herramientas. Anchura de cepillado 230 mm, altura de cepillado 160 mm, motor principal potencia 7,5 kW, mesa de alimentación longitud 2000 mm, velocidad de avance máxima 24 m/min^{-1} , motor de alimentación 4 kW y peso aproximado 5 000 kg (Lizana, 2017).

2.2.9.6. Rendimiento en la producción de decking

El rendimiento en la producción de decking está determinado por factores clave como la calidad de la madera, los procesos de tratamiento y la eficiencia de la maquinaria empleada. La implementación de tecnologías

avanzadas puede mejorar el rendimiento y reducir costos, haciendo que los productos sean más competitivos en el mercado (Andrade y Paes, 2023). Por otro lado, Uddin (2021) destaca la efectividad de herramientas de calidad básicas en la reducción de defectos y en el aumento del rendimiento en la fabricación de decking. Asimismo, la adopción de prácticas sostenibles beneficia al ambiente e incrementa la rentabilidad a largo plazo.

2.2.10. Herramientas de calidad

Las herramientas de calidad son útiles para resolver los inconvenientes de mejora diaria a técnicos y operarios (Ruíz, 2009).

Diagrama de Pareto

El principio de Pareto es un histograma de frecuencias acumuladas que se manifiesta estableciendo que el 80 % de los inconvenientes son ocasionados por 20 % de las causas, por lo que es importante aunar esfuerzos en identificar y eliminar esas pocas causas que ocasionan la mayor parte de los inconvenientes (Ruíz, 2009).

2.2.11. Tratamiento de madera para exteriores

Existen diversos procesos químicos y físicos destinados al tratamiento de madera para exteriores, esenciales para mejorar las propiedades de la madera, tales como la resistencia a factores ambientales, durabilidad, y la estabilidad dimensional. Los tratamientos químicos más conocidos son la preservación con productos químicos, el tratamiento con boro y los tratamientos con ceras y aceites; mientras que los tratamientos físicos consisten en el termotratamiento (secado térmico), el secado por presión (vacío y alta presión), y tratamiento con radiación ultravioleta. Además, a menudo, se combinan los tratamientos químicos y físicos para obtener resultados óptimos (Rowell, 2012).

Los productos químicos empleados para la protección de la madera, especialmente en aplicaciones exteriores son los preservantes para la protección contra la descomposición biológico (sales de cobre – cobre cromado arseniato, preservantes orgánicos – bórax o pentaclorofenol, compuestos de amonio cuaternario u otros biocidas) (Evans, 2003).

Existen tecnologías emergentes para la modificación de la madera con compuestos de silicio, los cuales mejoran la resistencia a la intemperie. Estos compuestos optimizan especialmente las propiedades de la madera frente a

condiciones climáticas extremas, lo que los convierte en una alternativa con gran potencial para la fabricación de decking. La siliconización superficial y la incorporación de silicio en las fibras de madera son formas en las que los compuestos de silicio pueden modificar la madera (Militz y Mai, 2012).

2.2.12. Normatividad y certificación forestal

El Forest Stewardship Council (2021) establece una serie de criterios y normas destinadas a garantizar que los productos maderables provengan de bosques gestionados de manera responsable. Estas regulaciones se aplican tanto a la producción como a la exportación, con énfasis en el respeto a los derechos de las comunidades locales y en la protección del ambiente. Los principales requisitos incluyen:

- Cumplimiento legal: Adherencia a las leyes y regulaciones locales, garantizando la legalidad en la procedencia de la madera y la transparencia en las cadenas de suministro.
- Rastreo y trazabilidad: Los productos maderables exportados deben contar con la certificación de cadena de custodia FSC y llevar el etiquetado correspondiente con el logotipo oficial.
- Gestión forestal: Prevención de la deforestación ilegal y la degradación de los ecosistemas forestales.
- Protección de los derechos humanos y de las comunidades: Respeto a los derechos laborales y territoriales de las comunidades locales, promoviendo su participación mediante consultas y la obtención de un consentimiento libre, previo e informado.
- Impacto ambiental mínimo, garantizando que el aprovechamiento forestal no tenga impactos negativos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos hídricos.
- Promoción de la cadena de valor sostenible, promoviendo la educación y capacitación de las partes involucradas en la cadena de suministro de productos maderables para garantizar que todos los involucrados comprendan los principios de sostenibilidad y gestión responsable de los bosques. Además, fomentar la mejora continua en los procesos de producción y comercialización de los productos maderables para reducir el impacto ambiental y social de la industria forestal.

La PEFC (2022) establece que las empresas que desean exportar deben cumplir con ciertos estándares como:

- Evitar que el material provenga de áreas forestales ecológicamente vitales que no estén identificadas, protegidas, conservadas o reservadas.
- Que no se cumpla con el espíritu de la Declaración de la OIT referida a los Derechos y Principios Fundamentales en el Trabajo (1998) y de la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Pueblos Indígenas (2007).
- Donde se produzcan conversiones forestales.
- Donde la gestión forestal no contribuya al mantenimiento, conservación o mejora de la biodiversidad a nivel de paisaje, ecosistema, especies o genético.
- Donde la capacidad de las áreas boscosas para que produzcan una variedad de productos y servicios forestales maderables y no maderables sosteniblemente no se mantenga o los niveles de explotación superen el ritmo en la que se pueda sostener a largo plazo.

2.3. Definición de términos

– Cadena productiva

Es el conjunto de etapas o transformaciones económicas que experimentan las materias primas desde su extracción en el entorno natural, pasando por los procesos de producción, transformación y comercialización, hasta su retorno al ambiente.

– Decking

Pieza de madera aserrada dura de espesores de 1", anchos de 6" a más, y longitudes de 6'a más.

Proceso productivo

Es el conjunto de actividades, tareas y operaciones sistemáticas y organizadas que se realizan para transformar insumos o materias primas en productos finales o bienes, listos para ser comercializados o utilizados.

- **Producto maderable**

Es cualquier tipo de recurso proveniente de los individuos arbóreos que es adecuado para ser utilizado en la industria de la madera. Incluyen madera que se extrae de los árboles para su transformación en bienes de consumo, como muebles, pisos, estructuras de construcción, tableros, papel, entre otros.

- **Rendimiento**

En la industria forestal, es la cantidad de producto semi elaborado o elaborado a partir de una materia prima suministrada.

- **Rendimiento en el proceso productivo**

Se refiere a la cantidad de producto o resultado obtenido en relación con los recursos utilizados durante cada etapa del proceso de producción. Evalúa la eficiencia de las operaciones dentro de una cadena productiva, midiendo el aprovechamiento de insumos para generar los productos finales.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H0 = La elaboración del flujograma de producción en cada etapa productiva del decking de exportación en un centro de transformación secundaria no influye en la eficiencia, estandarización o trazabilidad del proceso productivo.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H01 = Los rendimientos observados en cada etapa de producción no difieren de los valores estándar establecidos para el decking de exportación.

Hipótesis específica 2

H02 = No existe una relación significativa entre las etapas de fabricación del decking de exportación y la generación de defectos en el centro de transformación secundaria.

2.5. Variables

Variable Independiente: Factores que afectan el rendimiento en cada etapa productiva.

Variable Dependiente: Rendimiento en cada etapa productiva.

2.6. Operacionalización de variables

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Tipo de Variable
Los factores que afectan el rendimiento son aquellas condiciones o elementos que tienen un impacto sobre la eficiencia y productividad en cada etapa de la producción.	Los factores que afectan el rendimiento en cada etapa productiva se definen operativamente como aquellos elementos medibles y controlables que impactan directamente en la cantidad, calidad y eficiencia de los productos obtenidos durante las distintas fases del proceso de producción. Para minimizar los costos asociados a cada etapa.	Defectos de secado.	Grietas	Nominal
			Rajaduras	
			Alabeos	
		Defectos naturales.	Nudos	Nominal
			Picado	
			Ojos de pescado	
		Defectos de maquinado.	Arista faltante	Nominal
			Madera descalibrada	
			Ahusado	

CAPÍTULO III

Metodología de la Investigación

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La investigación se ejecutó en los meses de enero a marzo del 2024.

3.1.2. Ámbito espacial

La investigación se desarrolló en la Industria Forestal “El Huayruro S.A.C”, ubicada en el kilómetro 12 de la carretera Federico Basadre, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali. Es uno de los pocos centros de transformación que cuentan con infraestructura, maquinaria y personal calificado para la producción de decking, utilizando maderas como shihuahuaco, quinilla, tahuarí, ana caspi, entre otras.

Geográficamente, la industria se localiza en las coordenadas 18 L: 08°23'51,4" S, 74°37'48,4" O, a una altitud de 154 m. s. n. m. El clima de la zona es cálido y húmedo, con lluvias constantes durante la mayor parte del año. Registra una precipitación promedio anual de 2000 mm, y temperaturas que oscilan entre los 19,7 °C y los 30,6 °C (BCRP, 2016).

3.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimientos con aplicación directa a los problemas del sector productivo o de la sociedad, basándose esencialmente en descubrimientos derivados de la investigación básica (Lozada, 2014).

3.3. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación fue cuantitativo y observacional, dado que el investigador no intervino en las variables observadas. Fue de carácter retrospectivo, al utilizar fuentes secundarias, y transversal, porque los datos fueron recolectados en un único momento (Artiles, Otero y Barrios, 2009).

3.4. Nivel de investigación

La investigación se enmarca en el nivel explicativo, pues estuvo orientada al análisis de las causas que originan los problemas en cada una de las etapas del proceso productivo del decking en una empresa del sector maderero (Supo, 2012).

3.5. Métodos de investigación

Los métodos de investigación se clasificaron en general y en específicos, según su finalidad y aplicación, como se detalla a continuación:

3.5.1. Método general

Se aplicó el método inductivo, ya que permitió obtener conclusiones generales a partir de observaciones particulares. Este método siguió cuatro etapas principales: observación de los sucesos, clasificación y análisis de los mismos, y finalmente la inducción, que condujo a una generalización sustentada en la evidencia obtenida (Caballero, 2000).

3.5.2. Método específico

Se aplicó el método descriptivo, porque se efectuó la identificación de ciertas peculiaridades de un fenómeno para dar a conocer tal como se reporta realmente (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018).

3.6. Diseño de investigación

El diseño de investigación constituye una estrategia metodológica que orienta el desarrollo del estudio (Artiles, Otero y Barrios, 2009). En este caso, se optó por un diseño observacional, centrado en la evaluación del proceso de producción de decking durante un periodo específico.

3.7. Población, muestra y muestreo

3.7.1. Población

La población estuvo conformada por el total del volumen de madera aserrada seca ingresado a la Industria Forestal “El Huayruru S.A.C” durante

el mes de enero del 2024, registrándose un total de 148 m³, según los datos del registro de ingresos.

3.7.2. Muestra

Para determinar la muestra, se procedió a aplicar la Ecuación 1:

Donde:

- Z : Nivel de confianza (1,96).
- p : Probabilidad de éxito (0,9).
- q : Probabilidad de fracaso (0,1).
- N : Población.
- e : Error de muestreo (0,05).

En consecuencia, la muestra estuvo conformada por un volumen de madera aserrada seca de 107 m³.

3.7.3. Muestreo

El muestreo implementado fue no probabilístico por criterios de selección siendo:

- Madera aserrada seca.
- Madera aserrada de shihuahuaco.

3.8. Instrumentos y técnicas para la recopilación de datos

3.8.1. Instrumentos

Los instrumentos de investigación son herramientas que permiten abordar fenómenos o problemas con el fin de obtener información o datos relevantes de las unidades de muestreo (Palomino et al., 2015).

Para esta investigación, se utilizaron formatos de control de producción elaborados por los investigadores, diseñados específicamente para cuatro tipos de *máquinas* involucradas en el proceso: dos cepilladoras de marca Holyteck, tres despuntadoras, una multilámina A-costa y dos moldureras.

Asimismo, se emplearon otros instrumentos complementarios como libreta de campo, tableros porta formatos, flexómetro de 5 m/16 ft y útiles de escritorio.

3.8.2. Técnicas

La técnica consiste en implementar un grupo de instrumentos mediante los cuales se ejecuta el método (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018); en consecuencia, la técnica fue el análisis documentario que consistió en revisar los factores que influyen en los rendimientos en un proceso productivo.

3.9. Procedimiento de recopilación de información

1. **Primero:** Se realizó la coordinación con el CITE Forestal Pucallpa y con la “Industria Forestal Huayruro S.A.C.”, para la definición de la especie forestal con la que se ejecutó la investigación.
2. **Segundo:** Se seleccionó la especie *Dipteryx odorata* (Shihuahuaco), por reportar buena resistencia y durabilidad.
3. **Tercero:** Se definieron las medidas nominales para decking, el cual osciló entre 19 y 21 mm de espesor, 140 y 145 mm de ancho, y más de 7' de longitud.
4. **Cuarto:** Se seleccionaron los lotes para el secado de la madera aserrada, con un volumen de 110 m³. La selección se realizó por conveniencia, considerando las órdenes de compra provenientes de distintos proveedores de materia prima, cuyas medidas de corte eran de 1” de espesor, 6” de ancho y largos variables. Se verificaron los códigos de lote contenidos en cada paquete.

En la Figura 1 se observan los paquetes de tablas para decking tras el proceso de secado.



Figura 1. Paquetes de tablas decking después del secado.

5. Quinto: Se efectuó el cepillado de las piezas, verificando la procedencia de cada lote, las medidas de corte, el número de piezas y el volumen, comprobando la información en el kardex de producción. El cepillado se realizó en la cepilladora S2S, con el objetivo de definir el espesor de las tablas para decking (pre dimensionado) (Figura 2).

Del proceso de cepillado se obtuvieron tres clasificaciones:

- Madera de primera, con dimensiones de 25 mm de espesor, 155 mm de ancho y largo variable, que pasó directamente a la multilamina para rebajar el ancho de 150 mm.
- Madera por clasificar, con dimensiones de 23 mm de espesor, 310 mm o 450 mm de ancho y largo variable, que también fue derivada a la multilamina para reducir su ancho a 150 mm.
- Madera en recuperación, que presentó defectos naturales (nudos, picaduras, ojo de pescado, entre otros), de maquinado (aristas faltantes, piezas descalibradas, ahusamiento) y de secado (grietas, rajaduras y alabeos), y fue enviada directamente a la despuntadora.



Figura 2. *Cepilladora.*

- 6. Sexto:** Se realizó el despuntado de la madera en recuperación del cepillado (Figura 3), obteniendo tablillas de 23 mm de espesor, 155 mm de ancho y largos de 330, 630 o 930 mm; decking corto de 23 mm de espesor, 155 mm de ancho y largos de 3, 4 o 5'; decking de 23 mm de espesor, 155 mm de ancho y largos de 6, 7, 8 hasta 19' (de acuerdo con la clasificación NHLA – calidad FAS). Los productos pasaron a la multilamina para corregir el ancho y especificar su clasificación.



Figura 3. *Tablas de decking al término del proceso de despuntado.*

- 7. Séptimo:** En la multilamina (Figura 4) se verificó la calidad del producto mediante el control de las etiquetas de producción. De este proceso se obtuvieron tablas para decking con las siguientes dimensiones: 23 mm de espesor, 150 mm de ancho y largo variable. Al pasar por la moldurera, estas tablas resultaron en tres formatos finales:

- 21 mm de espesor, 145 mm de ancho y largo variable.
- 19 mm de espesor, 140 mm de ancho y largo variable.

También se generaron maderas por clasificar (tablas con descalibrado en la escuadría menor) y madera en recuperación, que presentaban defectos como alabeos o encorvadura. Estas fueron enviadas posteriormente a la despuntadora para su corrección.



Figura 4. Multilámina

8. Octavo: En la moldurera (Figura 5) se especificó la calidad de los productos a través del control de etiquetas de producción y se obtuvieron tablas de 21 mm de espesor, 145 mm de ancho y largo variable (madera de primera), así como también tablas de 19 mm de espesor, 140 mm de ancho y largo variable. El moldeado de los productos se realizó en función S4S, S6S y E4E con el propósito de obtener las dimensiones finales en espesor (19 y 21 mm) y ancho (140 y 145 mm).

También se obtuvieron maderas por clasificar, que son aquellas tablas con defecto en la escuadría de la pieza de madera con dimensiones de 21 mm de espesor, 145 mm de ancho y largo variable, los cuales pasaron por un reproceso en la moldurera, obteniendo tablas de 19 mm de espesor, 140 mm de ancho y largo variable (convirtiéndose en madera de primera); y maderas en recuperación, los cuales pasaron a la despuntadora para la corrección de algunos defectos.



Figura 5. *Moldurera*

9. Noveno: Se elaboró el flujograma de producción de decking utilizando el software Bizagi Modeler, que es un modelador de procesos de negocios.

10. Décimo: Se obtuvo el rendimiento en la producción de decking, utilizando la Ecuación 2:

Donde:

R : Rendimiento (%).

VI : Volumen inicial (m^3).

VF : Volumen final (m^3).

El volumen inicial se determinó aplicando la Ecuación 3:

Donde:

VI : Volumen inicial (m^3).

e : Espesor (m).

a : Ancho (m).

l : Longitud (m).

El volumen final se determinó aplicando la Ecuación 4:

Donde:

VF : Volumen final (m^3).

e : Espesor (mm).

a : Ancho (mm).

l : Longitud (pies).

11. Onceavo: Se identificaron las causas de los inconvenientes en cada etapa del proceso de producción del decking. Para ello, se aplicó el diagrama de Pareto y se procedió a la corrección de los detalles detectados. El análisis se realizó sobre 300 tablas en proceso de recuperación que ingresaron a la despuntadora, las cuales presentaban diversos defectos y problemas que afectaban la calidad del producto final.

3.10. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se ordenaron los formatos de control de producción recolectados por los investigadores.

CAPÍTULO IV

Presentación de los Resultados

4.1. Análisis de información

En la Figura 6 se muestra que, de un total de 300 tablas, el 49 % presentó defectos de secado (colapso, combado, encorvado, revirado y grietas superficiales) (Figura 7); el 45 % registró defectos naturales de la madera (nudos, picaduras, ojo de pescado, variación de espesor, rajaduras y presencia de albura) (Figura 8); un 3 % presentó problemas derivados de decisiones inadecuadas durante el corte de las tablas, atribuidos a la inasistencia del operario capacitado en la despuntadora o a errores del mismo durante la operación; y el 3 % restante se debió a la inasistencia de especialistas de la empresa.

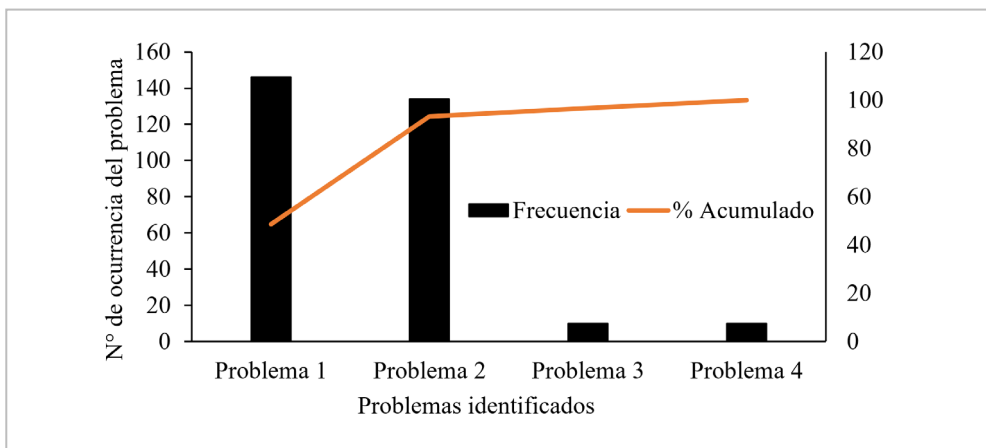


Figura 6. Diagrama de Pareto de problemas suscitados únicamente en la etapa del despuntado



Figura 7. *Maderas con defectos de secado*



Figura 8. *Madera con defectos naturales*

Asimismo, se elaboró el flujograma de producción de decking en cada etapa de producción, lo cual se describe a continuación.

4.1.1. Cepillado

En la etapa del cepillado, el flujograma del control inició con el inventario de los paquetes (contiene volumen de producción) y terminó al pasar el producto a la multilamina o despuntadora (Figura 9).

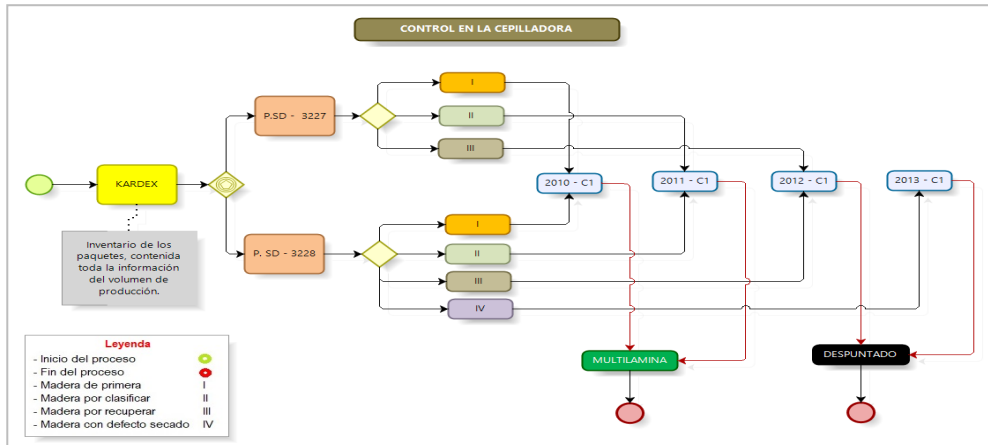


Figura 2. *Flujograma del proceso de producción que inicia en la cepilladora y termina en la multilamina y en el despuntado*

En la Tabla 1 se detalla el rendimiento y la diferencia de volúmenes en pies tablares desde la entrada (hornada 84) de dos lotes (C4 -18 y 185) hacia la salida (cepilladora). El rendimiento registrado fue de 91,99 %, resultado del predimensionado de las tablas, que pasaron de 25 mm a 23 mm de espesor.

De las 9 030 piezas que conformaban la hornada 84, 12 piezas (0,18 %) no ingresaron ni siquiera al proceso de recuperación en la despuntadora, lo que representó una pérdida de 3 653 pies tablares.

Tabla 1. *Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la hornada 84 de dos lotes y termina en la cepilladora*

Concepto	N° de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Hornada 84	9 030	107,37	45 524
Cepilladora	9 018	98,75	41 871
Rendimiento (%)		91,98	91,98

Fuente: Formato del control de producción

En la Tabla 2 se detalla el rendimiento y la diferencia de volúmenes en pie tablar desde la entrada (cepilladora) hacia la salida (despuntadora). El rendimiento reportado fue 51,14 % para las maderas en recuperación. De 9 018 piezas que entraron a la cepilladora, 4 460 piezas fueron de primera calidad (49,6 %) y pasaron a la multilamina, mientras que 4 459 piezas en recuperación (49,4 %) pasaron a la despuntadora y por clasificar se registraron 99 piezas (1,1 %).

Tabla 2. Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la cepilladora y termina en la despuntadora

Concepto	N° de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Cepilladora	9 018	98,75	41 871
Despuntadora	4 459	50,50	21 414
Rendimiento (%)		51,14	51,14

Fuente: Formato del control de producción

4.1.2. Despuntado

En la etapa del despuntado, el flujograma de producción inició con los paquetes por despuntar (4235 – C1 – con largos de 7” y el 4237 – C1 – con largos de 6”). De los paquetes se obtuvieron tablillas de largos variables y que oscilaron entre 630 y 930 mm, los cuales se clasificaron en 3765 – D1; decking corto con largos variables y que oscilaron entre 3, 4 y 5”; y decking de largos de 6” (3765 – D1 – madera de primera y 3766 – D1 – madera por clasificar). Esta etapa terminó cuando los productos pasaron a la multilamina (Figura 10).

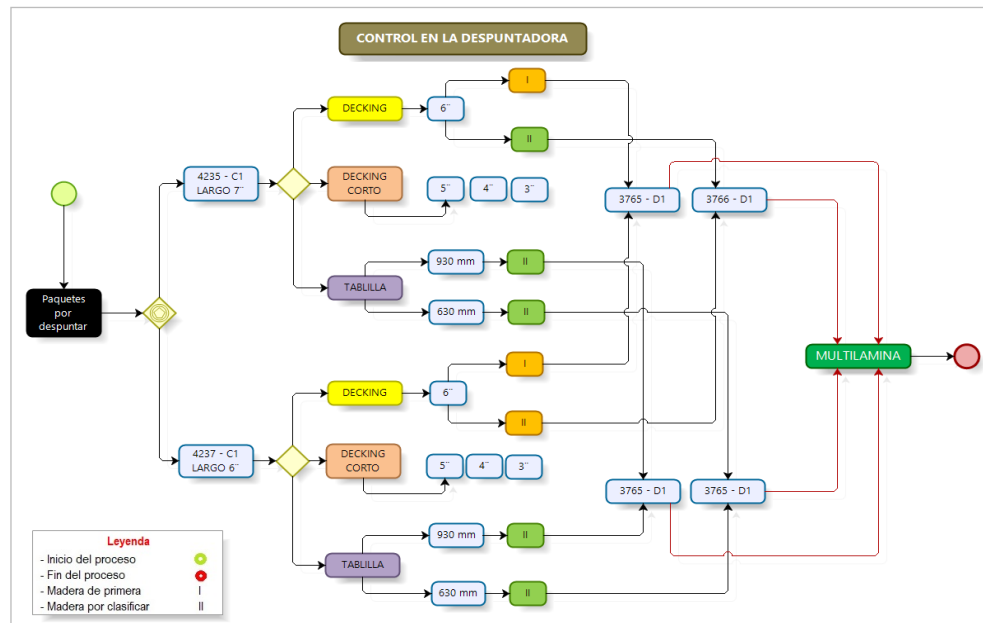


Figura 10. Flujograma del proceso de producción que inicia en la despuntadora y termina en la multilamina

En la Tabla 3 se presenta el rendimiento y la diferencia de volúmenes en pie tablar desde la entrada a la despuntadora hacia la salida en la multilámina. El rendimiento registrado fue del 96,70 %. De las 4 459 piezas en recuperación que ingresaron a la despuntadora, se obtuvieron 6 213 piezas que pasaron a la multilámina. De estas, se registraron 3 824 piezas de decking (61,55 %), de las cuales el 83,1 % corresponde a primera calidad y el 16,9 % a piezas por clasificar. Asimismo, se obtuvieron 1 203 piezas de decking corto (19,36 %), con 93,27 % de primera calidad y 6,7 % por clasificar, además de 1 186 piezas de tablilla (19,1 %).

Tabla 3. *Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la despuntadora y termina en la multilámina*

Concepto	N° de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Despuntadora	4 459	50,50	21 414
Multilámina	6 213	48,84	20 708
Rendimiento (%)		96,70	96,70

Fuente: Formato del control de producción

4.1.3. Multilaminado

En la etapa del multilaminado, el flujograma de producción inició con los paquetes por multilaminar (2011 – C1 – procedente de la cepilladora y el 3765 – D1 – procedente de la despuntadora). Del paquete proveniente de la cepilladora se obtuvieron dos calidades: I (madera de primera – 2701 – MTL) y III (madera en recuperación – 2700 – MTL); mientras que del paquete proveniente de la despuntadora se obtuvieron dos calidades: I (madera de primera – 2702 – MTL) y II (madera por clasificar – 2703 – MTL). Las maderas de primera y por clasificar pasaron a la moldurera; mientras que las maderas en recuperación fueron enviadas nuevamente a la despuntadora (Figura 11).

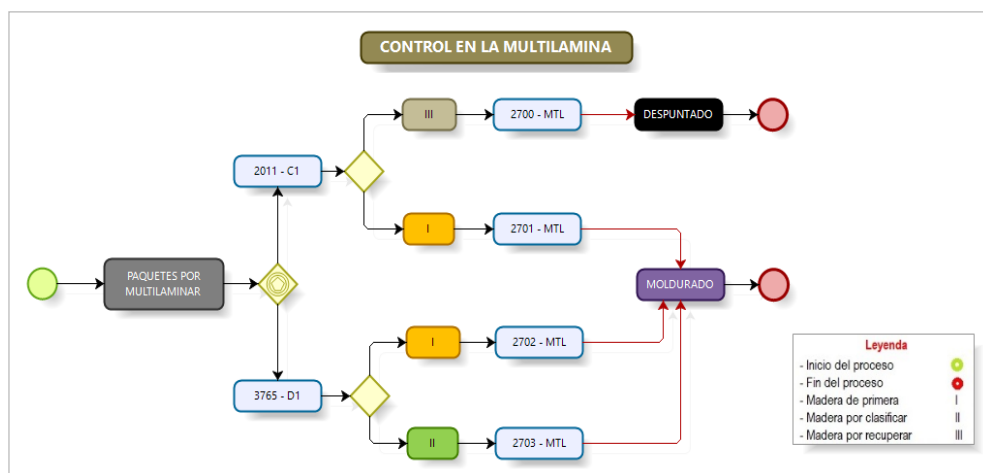


Figura 11. *Flujograma del proceso de producción que inicia en la multilámina y termina en el despuntado y en el moldurado*

En la Tabla 4 se presenta el rendimiento y la diferencia de volúmenes en pie tablar desde la entrada en la multilámina hasta la salida en la moldurera. El rendimiento reportado fue de 96,78 %. Ingresaron a la multilámina un total de 9 586 piezas: 4 559 piezas provenientes de la cepilladora, 3 824 piezas de decking procedentes de la despuntadora (76,1 %, de las cuales el 83,11% corresponde a madera de primera y el 16,89 % a madera por clasificar) y 1 203 piezas de decking corto también de la despuntadora (23,93 % de las cuales el 93,27 % son de primera calidad y el 6,73 % corresponde a decking corto clasificado). Aunque el número de piezas que ingresó y salió de la multilámina fue el mismo (9 586), el volumen resultante fue menor, debido a que esta etapa se define el ancho final de las tablas.

Tabla 4. *Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la multilámina y termina en la moldurera*

Concepto	Nº de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Multilámina	9 586	93,74	39 746
Moldurera	9 586	90,72	38 465
Rendimiento (%)		96,78	96,78

Fuente: Formato del control de producción

4.1.4. Moldurado

En la etapa del moldurado, el flujograma de producción inició con los paquetes procedentes de la despuntadora y multilámina. De los paquetes 2701 – MTL, 2702 – MTL, 2850 – MG y 3795 – D2 se obtuvieron maderas de primera calidad, los cuales culminaron el proceso en el empaquetado, a excepción del paquete 2702 – MTL que pasó al despuntado. Del paquete 2850 – MG se obtuvieron maderas por clasificar (II) (Figura 12).

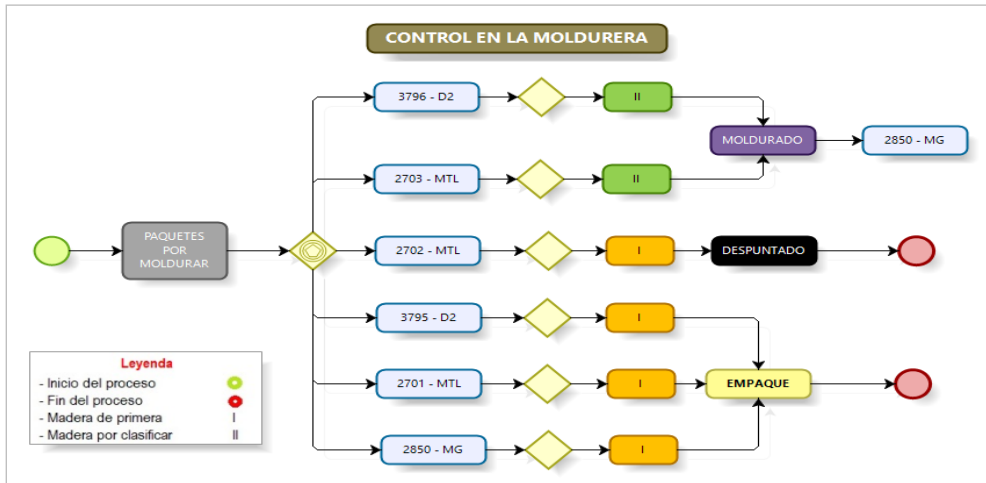


Figura 12. *Flujograma del proceso de producción que inicia en la moldurera y termina en el despuntado y en el empaque*

En la Tabla 5 se detalla que, en el lote 185 se registró que 32 piezas de madera en recuperación pasaron a la despuntadora, produciendo 45 piezas de madera de primera y por clasificar hacia la moldurera. El rendimiento en este proceso fue de 95,79 %.

Tabla 5. *Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la multilámina y termina en la despuntadora*

Concepto	N° de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Multilámina	32	0,40	171
Despuntadora	45	0,39	164
Rendimiento (%)		95,79	95,79

Fuente: Formato del control de producción

En la Tabla 6 se muestra el rendimiento y la diferencia de volúmenes en pie tablar desde la entrada en la moldurera hasta la salida en el área de empaque. El rendimiento reportado fue del 87,41 %. A la moldurera ingresaron 9 586 piezas, y aunque la misma cantidad de piezas salió hacia el empaquetado, el volumen fue menor debido a que en esta etapa se definen el espesor y el ancho final de las tablas. De las 9 586 piezas de decking, 9 038 presentan las siguientes dimensiones: 21 mm × 145 mm × RL, y 548 piezas corresponden a dimensiones de 19 mm × 140 mm × RL. Estas últimas son producto de la madera por clasificar a lo largo del proceso de producción del decking.

Tabla 6. *Rendimiento reportado en el proceso productivo que inicia en la moldurera y termina en el empaque*

Concepto	N° de piezas	Volumen (m ³)	Volumen (pie tablar)
Moldurera	9 586	90,72	38 465
Empaque	9 586	79,30	33 624
Rendimiento (%)		87,41	87,41

Fuente: Formato del control de producción

4.1.5. Flujograma para los rendimientos

El flujograma de rendimientos en cada etapa del proceso productivo de decking inicia con el rendimiento obtenido al salir los paquetes del lote hacia la cepilladora; continúa con el traslado de los paquetes desde la cepilladora hacia la multilámina; prosigue con el paso de los paquetes desde la multilámina hacia la moldurera; y culmina con la salida de los paquetes desde la moldurera hacia el área de empaquetado. Asimismo, se consideran los rendimientos correspondientes a las maderas que presentaron defectos y fueron tratadas en otras etapas del proceso (Figura 13).

Se reportaron rendimientos en aquellos paquetes con defectos en el proceso de la cepilladora que pasaron hacia la despuntadora y con aquellos paquetes por clasificar en el proceso del multilaminado que pasaron también hacia la despuntadora se obtuvo el quinto rendimiento.

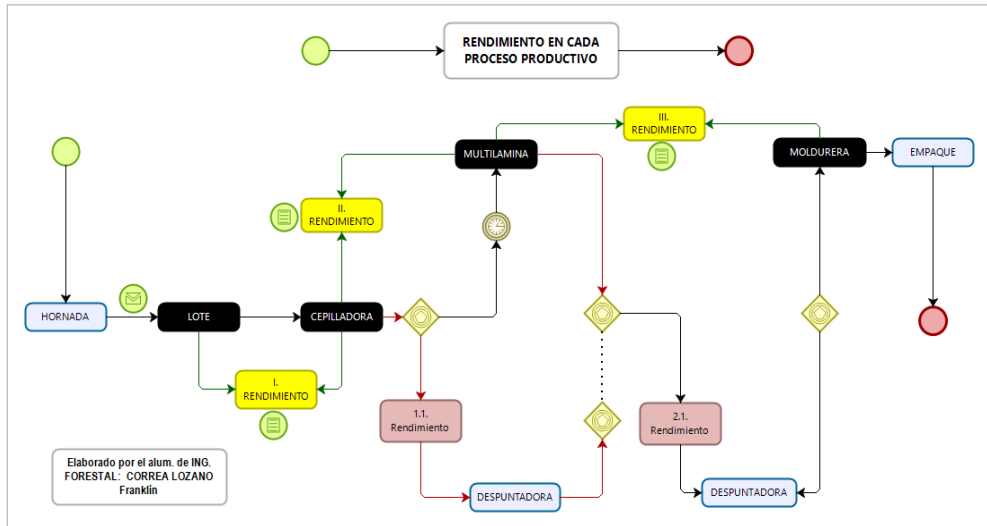


Figura 13. *Flujograma de producción para los rendimientos en cada etapa del proceso productivo en la fabricación de decking*

En la Tabla 7 se observa que el proceso cepilladora–despuntadora–multilamina obtuvo el mayor rendimiento (97,21 %), seguido del proceso multilamina–moldurera con un 96,77 %. En contraste, el menor rendimiento se registró en el proceso cepilladora–despuntadora, con un 50,52 %. El rendimiento promedio de todos los procesos analizados fue de 84,77 %, mientras que el rendimiento específico de la segunda línea de transformación alcanzó un 73,85 %.

Tabla 7. *Rendimiento y volumen promedio de cada etapa del proceso productivo en la fabricación del decking*

Conceptos	Volumen (m ³ s)	Rendimiento (%)
Lote – Cepilladora	98,75	91,98
Cepilladora – Despuntadora	50,50	51,14
Cepilladora y Despuntadora - Multilamina	48,84	96,70
Multilamina – Moldurera	0,39	95,70
Multilamina y Despuntadora - Moldurera	90,72	96,78
Moldurera – Empaque	79,30	87,41
Rendimiento promedio (%)	61,42	86,62

Fuente: Formato del control de producción

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

Se comprobó que la elaboración del flujograma de producción en cada etapa productiva del decking de exportación en un centro de transformación secundaria influye en la eficiencia, estandarización o trazabilidad del proceso productivo.

4.2.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

Se comprobó que los rendimientos observados en cada etapa de producción no difieren de los valores estándar establecidos para el decking de exportación.

Hipótesis específica 2

Se comprobó que no existe una relación significativa entre las etapas de fabricación del decking de exportación y la generación de defectos en el centro de transformación secundaria.

4.3. Discusión de los resultados

La elaboración del flujograma de producción y de control de calidad en cada etapa del proceso productivo del decking de madera se realizó registrando las actividades del proceso, así como los traslados y demoras por almacenamiento que obstaculizan el recorrido del producto dentro de la planta (Ruíz, 2009). En esta investigación, el análisis se centró en el decking de shihuahuaco, una especie que cumple con las condiciones requeridas para este tipo de industria, ya que presenta un buen veteado, bajo índice de estabilidad (1,7), alta durabilidad natural, buen comportamiento al secado y a la trabajabilidad, alta densidad básica ($0,87 \text{ g/cm}^3$) y elevada dureza. Además, no requiere preservación, por lo que es frecuentemente utilizada en la producción de decking, durmientes, estructuras, armazones de barcos, carpintería exterior, carrocerías, construcción pesada y machihembrados (Aróstegui, 1969; Chavesta, 2005; Confederación Nacional de la Madera, 1994; Cámara Nacional Forestal, 1996).

En la investigación se determinó que el rendimiento en la segunda línea de transformación de la industria del decking para la especie *Dipteryx*

odorata (shihuahuaco) fue de 73,85 %, dato que no puede compararse directamente con otras investigaciones, ya que diversos autores han evaluado el rendimiento de esta especie partiendo desde trozas como materia prima hasta el producto final (pisos, decking, etc.). Al considerar el rendimiento desde la troza hasta el producto final, la hornada 84 se originó a partir de un volumen de trozas de 87 518 pt, con un rendimiento de 52 %. Por tanto, el rendimiento total desde trozas hasta el producto final sería de 38,4 %, resultado que supera el 13,6 % reportado en investigaciones sobre rendimiento desde trozas hasta pisos de exportación con madera de shihuahuaco (Cámara Nacional Forestal, 1996), el 29 % de rendimiento desde trozas hasta decking y tablillas con madera de quinilla (Gonzales y Solórzano, 2014), y el 32,2 % de rendimiento desde trozas hasta decking utilizando también madera de shihuahuaco (Wong, 2014).

Asimismo, en la investigación se determinó 52 % de coeficiente de aserrío, que es menor a los 53,8 % de coeficiente de aserrío para *Dipteryx spp.* (shihuahuaco) (Valles, 1986); sin embargo, es superior a los 49,4 y 40,6 % de coeficiente de aserrío registrado para *Dipteryx odorata* (shihuahuaco) (Villacorta y Collazos, 2010; Miche, 2006).

Por otra parte, la fabricación y/o producción de decking de madera por parte de la empresa El Huayruro S.A.C. cumple con los estándares de exportación exigidos por el mercado internacional, especialmente en lo referido al etiquetado y empaquetado, los cuales no solo garantizan la protección del producto durante el transporte, sino que también desempeñan un papel clave en la eficiencia del despacho y en la percepción del cliente. Asimismo, la empresa cumple con la entrega de los documentos requeridos para la exportación, tales como la factura comercial, lista de empaque, guía aérea, conocimiento de embarque, carta porte, certificado de origen, certificado sanitario, póliza de seguro, y declaración aduanera, según el monto exportado, entre otros documentos complementarios.

Por otro lado, en la investigación también se determinó la existencia de dos problemas principales en la etapa de despuntado durante la producción de decking: los defectos de secado y los defectos naturales. Por este motivo, se utilizó el diagrama de Pareto, el cual sostiene que el 80 % de los inconvenientes proviene del 20 % de las causas (Ruíz, 2009). Asimismo, además de los defectos mencionados, se identificó que el pre-dimensionamiento realizado con sierras de disco múltiple genera un mayor volu-

men de residuos y pérdida de materia prima durante el proceso productivo (Ruiz, 2022; Vidal, Chuquicaja y Meléndez, 2009). Por tanto, resulta lógico enfocar los esfuerzos en identificar y eliminar esas pocas causas clave que originan la mayoría de los problemas, mejorando así la eficiencia y el aprovechamiento del recurso.

CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento de todas las fases de producción se obtuvo en el proceso de cepillado y multilaminado (97,21 %). En tanto, el rendimiento global del proceso productivo, desde el lote hasta el empaque, fue de 73,8 %.
2. Los defectos de secado y los defectos naturales de la madera constituyen las principales causas que afectan la calidad del decking durante su producción y/o fabricación.
3. La empresa “El Huayruro S.A.C” cumple con los estándares mínimos para la exportación en el mercado internacional, tanto en aspectos técnicos como documentarios.

RECOMENDACIONES

1. Establecer protocolos específicos para el secado adecuado de *Dipteryx odorata* (shihuahuaco), con el fin de reducir los defectos generados en esta etapa.
2. Promover la asistencia responsable del personal y garantizar la presencia de operarios capacitados, para evitar decisiones incorrectas durante el proceso de despuntado.
3. Fomentar la realización de investigaciones similares que permitan ajustar y optimizar los rendimientos cuantitativos y cualitativos del shihuahuaco en la producción de decking.
4. Evaluar los factores que influyen en la productividad del proceso, incluyendo el tipo de tecnología empleada, la calidad de la materia prima y el nivel de capacitación del personal.
5. Reforzar el control de calidad en cada etapa del proceso productivo, prestando especial atención a la evaluación de la materia prima (como la presencia de albura o defectos naturales), ya que estas características inciden directamente en el rendimiento final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Francis B, Venn T, Lewis T. Oportunidades de producción de madera en bosques nativos privados en el sur de Queensland. *Silvicultura a pequeña escala*. 2024;23:1–24.
- Cao L, Xiao Q, Zeng Y. A study on heterogeneous farmers' forestry production behavior, performance and differences in southern collective forest areas: base don 7 years of continuous observation data in Hunan Province. *Environ Dev Sustain*. 2024.
- Pereyra M, Alonso C. IED para el sector forestal: una evaluación de impacto del desarrollo regional. *Revista Regional de Investigación*. 2024;44:1–20.
- Li L, Qi Z, Ma Q, Gao W, Wei X. Evolving multi-objective optimization framework for early-stage building design: Improving energy efficiency, daylighting, view quality, and thermal comfort. *Build. Simul*. 2024;17:2097–2123.
- Pradhan S, Prakash V, Acharya SK. Efecto de la intemperie sobre las características físicas y mecánicas de los compuestos de fibra/epóxido de *Eulaliopsis binata*. *Trans Indian Inst*. 2022;75:337–349.
- Diao S, Geng Y. Evaluación de la eficiencia y optimización no lineal de objetivos múltiples de la transformación de la industria forestal en la región forestal estatal de Heilongjiang. *Informe científico*. 2023;13:21216.
- Chávez A B, Cossío RE. Vincular la reforma forestal nacional a través de la política de concesiones forestales y el cambio de cobertura terrestre. *Silvicultura a pequeña escala*. 2014;13:349–366.

- Valdiviezo CK, Romani AG, Gómez EML, Camargo SD. La polémica climática bajo el sometimiento del despoblamiento forestal en la ceja selvática de Huánuco y Ucayali - Perú. En G. Huang, Y. Li, C. Chen, & P. Zhang (Eds.), 14ª Conferencia Internacional sobre Ciencia Ambiental y Desarrollo (ICESD2023). Springer, Cham. 2024.
- Humar M, Kržišnik D, Lesar B, Brischke C. The performance of wood decking after five years of exposure: Verification of the combined effect of wetting ability and durability. *Forests*. 2019;10(10):903.
- Mantero C, O'Neill H, Cardoso A, Castagna A. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de una población de *Eucalyptus bosistoana* F. Muell. cultivada en Uruguay. *Agrociencia* (Uruguay). 2014;18(1):65-74.
- Davila Vela EJ, Peralta García WG. Análisis de la cadena productiva de la madera para la exportación, Ucayali – 2022: Universidad César Vallejo. Facultad de Ciencias Empresariales. Escuela Profesional de Negocios Internacionales; 2023.
- Quintanilla Castillo B. Análisis del rendimiento en aserrío de Ana Caspi (*Apuleia leiocarpa*) del bosque natural de Tahuamanu, Madre de Dios – Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Académico de Industrias Forestales; 2023.
- Salazar Challco R. Estudio del trabajo para incrementar la productividad en la fabricación de pisos decks en la empresa Multiservicios RIS SRL. Wanchaq, Cusco, 2022: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial; 2022.
- Ruiz Olivera D. Descripción del proceso productivo y comercialización de pisos de madera para exteriores—decking para exportación: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Académico de Industrias Forestales; 2022.
- Gonzales HGK, Solórzano ERR. Influencia de la clase diamétrica en el rendimiento de madera de la especie *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. (Quinilla), para la obtención de tablillas y decking, en la empresa “Forestal Río Piedras S.A.C”, Madre de Dios – Perú. *EL CEPROSIMAD*. 2014;2(2):21-35.

- Wong SC. Rendimiento y costos en la producción de madera aserrada de *Dipteryx micrantha* (Harms) en el aserradero de Green Gold Forestry Perú SAC Maynas – Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal; 2014.
- Villacorta B, Collazos A. Rendimiento y costos en la transformación primaria del *Dipteryx odorata* (shihuahuaco): Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente; 2010.
- Vidal M, Chuquicaja C, Meléndez M. Análisis de productividad y costos en la fabricación de pisos de Shihuahuaco (*Dipteryx spp.*). Anales científicos UNALM. 2009;70(2):123-130.
- Miche W. Evaluación del rendimiento en trozas de *Dypterix odorata* (Aubl.) Willd, para la obtención de tablillas (pre parquet), Recuperación de tablillas, tablillas para cerco y tablas para cerco: Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco Sede-Puerto Maldonado. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal; 2006.
- Valles Dávila W. Estudio de rendimiento de madera en cuatro especies forestales en la zona de Altomayo: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal; 1986.
- Malleux J. Inventario forestal en bosques tropicales. Editorial UNALM. Lima. 1982.
- Lippke B, Oneil E, Harrison R, Skog K, Gustavsson L, Sathre R. Life cycle impacts of forest management and wood utilization on carbon mitigation: knowns and unknowns. 2011;2(3):303-333.
- Durón MRM. Potencialidad del sector forestal como facilitador del desarrollo humano sostenible. Revista Perspectivas del Desarrollo. 2015;3(3):42-59.

- Kumar D, Thakur CL, Bhardwaj DR, Sharma N, Sharma H, Sharma P. Sustainable forest management: A global review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021;10(1):292-299.
- Jäntti M, Aho M. Aspectos de calidad de la gestión de servicios forestales digitales: un estudio de caso. *Software Quality Journal*. 2024;32:75–94.
- Teischinger A. Introducción a la tecnología de la madera y procesos básicos. En P. Niemz, A. Teischinger, & D. Sandberg (Eds.), *Springer Handbook of Wood Science and Technology*. Springer Handbooks. 2023.
- Rodríguez, A., & Kometter, R. (2012). Diagnóstico de la cadena de valor del sector forestal maderable en la Región Ucayali, Perú. Ucayali: OLT-Organización Latinoamericana de Tecnología.
- Nasir V, Cool J. Una revisión sobre el mecanizado de la madera: caracterización, optimización y seguimiento del proceso de aserrado. *Wood Material Science & Engineering*. 2018;15(1):1–16.
- Panori D, Papaspyropoulos KG, Nikolaou IE. Una tipología de empresas forestales en relación con su contribución a la economía circular: un análisis basado en informes de sostenibilidad. *Discover Sustainability*. 2024;5:120.
- Zapata Castrillón A. Proceso de transformación de la madera sus riesgos y posibles medidas de control: Politécnico Grancolombiano. Facultad Sociedad, Cultura y Creatividad. Escuela de Estudios en Psicología Talento Humano y Sociedad; 2020.
- Souza EC, Muthu SS. Ciencia forestal: Procesos sostenibles y productos de madera. Editorial Springer Singapore. 2023.
- Costa M, Eduardo M. Análise da cadeia produtiva e comercialização do xaxim, *Dicksonia sellowiana*, no estado do Paraná: Universidade Federal do Paraná. Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias; 2002.

- Zavala D. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 1991.
- Ccaipane J. Hombres y mujeres en industria del mueble en Lima Sur: Línea Desarrollo Económico Local. Programa Urbano Desco. 2011.
- Oliver CD, Nassar NT, Lippke BR, McCarter JB. Carbon, fossil fuel, and biodiversity mitigation with wood and forests. *Journal of Sustainable Forestry*. 2014;33(3):248-275.
- Ospina Restrepo CA. Propiedades mecánicas de los perfiles extruidos a partir de mezclas de polímeros reciclados para la fabricación de estibas de maderas plásticas en Maderpol: Universidad EAFIT. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería de Producción; 2014.
- Rivera J. La trazabilidad en el proceso de transformación primaria, secundaria y avanzada. BOZOVICH-SERFOR. Lima, Perú. 2017.
- Sierra RM. Identificación de especies maderables comerciales mediante características organolépticas, Irazola – Ucayali: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y del Ambiente; 2020.
- Cano Valencia Ch. Determinación de las propiedades físicas de Juan Gil (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.) en el distrito de Imaza, Amazonas – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal; 2024.
- Aróstegui A. Recopilación y análisis de estudio tecnológico de maderas peruanas. Documento de trabajo N° 2 PNUD/FAO 81/002., Lima, Perú. 1982.
- Magnanini A, Magnanini C. Árvores gigantescas da terra e as maicres assinaladas no Brasil/Alceo Magnanini e Cristina Magnanini. São Pablo: CNRBMA (serie Ciencia e Pesquisa, Nº. 2º). 2022.
- Ken F. *Protium puncticulatum* JF Macbr. plantas tropicales utiles. 2022.

- Sharapov E, Brischke C, Militz H. Effect of Grain Direction on Drilling Resistance Measurements in Wood. *International Journal of Architectural Heritage*. 2021;15(2):250-258.
- Flores Y. Shihuahuaco: *Dipteryx odorata* (Aublet) Willd. 2010.
- García-Dávila C, Aldana D, Renno JF, Díaz R, Hidalgo G, Flores G, Castro-Ruiz D, Mejía E, Angulo C, Mader M, Tysklind N, Paredes-Villanueva K, Del Castillo D, Degen B, Honorio EN. Evidencia molecular de tres especies genéticas de *Dipteryx* en la Amazonía peruana. *Genética*. 2020;148:1–11.
- Aróstegui A, Sato A. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de 16 especies forestales del Perú. Facultad de Ciencias Forestales - CEDINFOR. Proyecto de Investigación IIAP. 1970.
- López Varas BJ. Propiedades físicas y mecánicas de la madera “quinilla” *Manilkara bidentata* como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019: Universidad Científica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil; 2021.
- Portal C. Quinilla colorada (*Manilkara bidentata*) características macroscópicas de 20 maderas comerciales del Perú. Madre de Dios – Perú. 2010.
- Aróstegui A. Maderas con posibilidades de uso en la fabricación de parquet. UNA La Molina, Lima - Perú. 1969.
- Laufenberg TL. Wood engineering and construction. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 1993;5(3):312-318.
- Gil Gil JD. Caracterización del proceso de secado de madera para uso industrial: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Mecánica; 2013.
- Termolegno. Tratamiento térmico. 1994.
- Caseros M. Soluciones integrales para la industria de la madera. 2000.
- EXAPRO. Boletín de información. 2004.

- Thomsgard P, Martínez R. Guía para el mejoramiento del aserraje. Proyecto BOLFOR/CADEFOR. Santa Cruz, Bolivia. 2007.
- Capdevila L. El arte de construir para el futuro. 2003.
- Lizana, I. Ficha técnica de máquinas. Moldurera. 2017.
- Andrade JKB, Paes JB. Deck de madeira: consideraciones sobre una modificación térmica para mejorar la calidad del piso. En JKB Andrade (Ed.), Estudos em Ciências Florestais e Agrárias. Licuri. 2023.
- Uddin MM. Mejora de la calidad del producto y del rendimiento de la producción en la fabricación de suelos de madera mediante herramientas básicas de calidad. Revista Internacional de Investigación en Calidad. 2021;15(1):155-170.
- Ruíz A. Herramientas de calidad. Módulo 7. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. 2009.
- Rowell RM. Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC Press. 2012.
- Evans PD. Wood protection with chemicals. In Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press. 2003:321-374-
- Militz H, Mai C. Modification of wood with silicon compounds: A Review. Wood Science and Technology. 2012;46(2):155-177.
- FSC (Forest Stewardship Council). FSC Standards for Forest Products. 2021.
- PEFC. Chain of custody standard: Sustainable Forest Management and Product Traceability. 2022.
- BCRP. Departamento de Estudios Económicos de la Sucursal Iquitos. Iquitos, Perú. 2016.
- Lozada J. Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica. 2014;3(1):47-50.

- Artiles Visbal L, Otero Iglesias J, Barrios Osuna I. Metodología de la Investigación para las Ciencias de la Salud. La Habana: Editorial Ciencias Médicas. 2009:169-181.
- Supo JA. Metodología de la Investigación. Bioestadístico. 2012.
- Caballero A. Metodología de la investigación científica. Editorial Udegraf SA, Lima. 2000.
- Sánchez Carlessi H, Reyes Romero C, Mejía Sáenz K. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. 2018.
- Palomino J, Peña J, Zevallos G, Orizano L. Metodología de la investigación. Guía para elaborar un proyecto en salud y educación Lima: Editorial San Marcos. 2015.
- Chavesta M. Maderas para pisos: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Industrias Forestales. 2005.
- Confederación Nacional de la Madera. Compendio de Información Técnica de 32 especies forestales. Lima, PE. R. C. Servigraf S. R. L. tomo 1 y 2. 1994.
- Cámara Nacional Forestal. Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. 2ª Ed. Lima, PE, CNF. 1996.
- Valles D. Estudio de rendimiento de madera en cuatro especies forestales en la zona de Altomayo. 1986.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia "Producción de Decking"

Problema	Objetivos	Justificación	Variable	Dimensión	Metodología
Problema general	Objetivo general	El análisis del flujograma de producción de decking y del control de calidad, así como también, la determinación del rendimiento y de las causas de los problemas en cada etapa productiva son fundamentales para optimizar los procesos en la industria de la madera, especialmente en la fabricación de pisos de madera compuesta o decking. Este tipo de producto, utilizado en exteriores por su resistencia y estética, demanda una producción eficiente que garantice la calidad y durabilidad del material.	Factores que afectan el rendimiento en cada etapa productiva.	* Defectos de secado. * Defectos naturales. * Otros factores.	Nivel de investigación: Explicativo. Tipo de investigación: Aplicada y observacional. Diseño de investigación: Es un diseño de caso - control. Población, muestra, muestreo: La población; el total de volumen aserrado seco de la Industria Forestal durante enero del 2024, siendo 148 m3. La muestra fue 107 m3 de madera aserrada seca. El muestreo fue no probabilístico por criterios de selección. Instrumentos: Formatos de control de producción y análisis documental. Procesar datos: Se utilizó la estadística descriptiva
¿Cómo será el flujograma de producción en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?	Elaborar el flujograma de producción en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria.				
Problemas específicos	Objetivos específicos				
* ¿Cuánto serán los rendimientos en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?	* Determinar los rendimientos en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria.		Rendimiento en cada etapa productiva.	* Bajo rendimiento. * Alto rendimiento.	
* ¿Cuáles serán las causas de los problemas en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria?	* Identificar las causas de los problemas en cada etapa productiva de decking de exportación en un centro de transformación secundaria.				

Anexo B. Instrumento de recolección de datos

Tabla 9. *Formato de control de producción en la cepilladora*

Centro Producción	Lote	Piezas	Volumen (pt)	Volumen (m ³)	Calidad	Destino	Porcentaje (%)

Tabla 10. *Formato de control de producción en la despuntadora*

Producto	Centro Producción	Piezas	Volumen (pt)	Volumen (m ³)	Calidad	Destino	(%)

Tabla 11. *Formato de control de producción en la multilámina*

Producto	Centro Producción	Piezas	Volumen (pt)	Volumen (m ³)	Calidad	Destino	(%)

Tabla 12. *Formato de control de producción en la despuntadora*

Producto	Centro Producción	Piezas	Volumen (pt)	Volumen (m ³)	Calidad	Destino	(%)

Anexo C. Panel fotográfico



Figura 14. *Decking de 21 mm de espesor, 145 mm de ancho y largo variable*



Figura 15. *Empaquetado de decking*

Libro electrónico disponible en
<https://fondoeditorial.unaat.edu.pe/#catalogo>
Publicado en el Perú / Published in Peru.

AUTORES

Jairo Edson Gutiérrez-Collao - Maryori Xiomara Fuentes Gaona - Melody Milagros Gamboa
Huarocc - Franklin Correa Lozano - Cleide Santos Flores
Camila Valentina Carrasco Llaique - Ronald Julian Chihuan Quispe

ISBN: 978-612-49765-9-9

