

Análisis de productividad y costos en la fabricación de pisos de Shihuahuaco (*Dipteryx spp.*)

Mariana Vidal M.¹, Carlos Chuquicaja S.², Miguel Meléndez C.³

Resumen

Se analiza el rendimiento y productividad, así como se determina la estructura de costos del proceso de transformación de la madera *Dipteryx spp.* de tablones a tablillas de piso deck en una empresa maderera de la ciudad de Pucallpa. El rendimiento de la materia prima se halla en base a una muestra de 106 tablones; el estudio de tiempos así como el análisis y cálculo de costos se realizan en base a una orden de trabajo por 20 m³ de pisos. Se encontró un rendimiento de tablón a producto de 29,12%, con un desperdicio del 58.81% luego de recuperar el 11.07% del volumen inicial de los tablones. Se determinó que para la producción de un contenedor de 20 m³ de decks considerando un turno diario, se requieren 30 días laborables: 13 turnos de trabajo y 17 días adicionales para el secado de la madera. El costo de un metro cúbico de piso tipo deck en madera shihuahuaco es de US\$ 762; en caso no asignar los costos fijos dicho costo disminuye a US\$ 699.

Palabras clave:

Abstract

Discusses the performance and productivity of *Dipteryx spp.* and defines the cost structure involved in the transformation of planks of this wood into deck floor slats by a timber company in the city of Pucallpa. The performance and productivity of the raw material are determined on a sample of 106 planks. The time study, and the analysis and calculation of costs are based on a complete work order for production of 20 cu. mt. of flooring. The raw material-to-product performance is 29.12%; 11.07% of the raw material (planks) is used and the remaining 58.81% is treated as waste. Fulfilling a work order equivalent to a 20 cu. mt. container of deck flooring takes 13 work shifts plus 17 days for wood drying. On the basis of one shift per day, the production of a volume of deck flooring equivalent to a 20 cu. mt. container takes 30 working days. The cost per cu. mt. of deck flooring made from Shihuahuaco wood is US\$ 762. If no fixed costs are allocated then the cost per cu. mt. is US\$ 699.

Key Words:

1. Introducción

En la actualidad, la gestión de empresas forestales, en su gran mayoría, se basa en la intuición y no existe un análisis real de costos de fabricación de los productos, ni una correcta gestión de la producción lo cual provoca ineficiencias que en algunos casos pueden llevar a la paradoja en la que producir cierto tipo de producto provoca pérdidas en lugar de beneficios (Arbaiza et al., 1999).

Así mismo, en la actualidad la mayoría de empresas dedicadas a la transformación mecánica de madera en el Perú no cuentan con información confiable, que permita medir su productividad. En consecuencia, se ven imposibilitadas de determinar la eficiencia con que usan sus recursos y más aun, de proponer e introducir mejoras a sus procesos, para optimizar el uso de los mismos.

El objetivo principal del presente estudio es caracterizar la industria de producción de pisos, tipo deck, de la especie shihuahuaco (*Dipteryx spp.*), en términos de rendimiento, productividad y costos, con la finalidad de optimizar el uso de los recursos de la empresa y obtener el máximo beneficio.

Rendimiento

Horngren y Foster (1998) definen el rendimiento como la cantidad de producción terminada obtenida de una

¹Bachiller en Ciencias Forestales. E-mail: mariana290@hotmail.com

²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: cchsegura@lamolina.edu.pe

³Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: mmecd@lamolina.edu.pe

rendimiento como sinónimo de productividad. Tolmos (2001) concluye que el rendimiento, expresado como coeficiente de conversión promedio de madera rolliza a aserrada para las trozas de la especie shihuahuaco de la zona de Pucallpa es 0,526. La Cámara Nacional Forestal (1996) reporta para el shihuahuaco, un rendimiento promedio, desde trozas a pisos de exportación, de 13,6%.

Productividad

Schroeder (1996) precisa que la productividad es la relación entre las entradas y las salidas de un sistema productivo. Con frecuencia es conveniente medir la relación como una razón de la salida dividida entre la entrada. La productividad se mejora si se obtiene más salida con las mismas entradas, o cuando se utilizan menos entradas para obtener la misma salida.

Según Chambers (1988), las empresas para medir su productividad utilizan con más frecuencia la fórmula:
Productividad = Número de unidades producidas / Insumos empleados

De acuerdo con Industry Canada (1995), en una industria de productos homogéneos, una empresa deja de ser rentable cuando su costo promedio es mayor que el costo promedio de sus competidores, lo cual puede deberse a que su productividad sea menor, a que paga más por sus insumos, o ambas razones. Las causas de su baja productividad pueden ser la falta de eficiencia gerencial, la operación a una escala ineficiente o una combinación de ambas causas.

Estudio de Tiempos

Según Maynard (1987) el estudio de tiempos es una técnica de medición de trabajo para registrar los tiempos y el ritmo de trabajo para los elementos de una tarea específica realizada bajo condiciones determinadas, y para analizar los datos y así determinar el tiempo necesario para desempeñar la tarea a un nivel definido de rendimiento.

principales métodos de medición del tiempo al Método del Tiempo Total, que se basa en la producción obtenida sobre un periodo de tiempo determinado (hora, día, mes, etc.); y al Método por Muestreo, basado en principios estadísticos según el cual se hacen observaciones instantáneas al azar o sistemáticamente.

Contabilidad de Costos

Neuner (1994) define la contabilidad de costos como la fase empleada para recoger, registrar y analizar la información relacionada con los costos de producción y en base a dicha información tomar decisiones relacionadas con la planeación y control de las operaciones. Acota que en una estructura de costo se contemplan tres elementos principales, Materiales directos, Mano de obra directa y Costos indirectos de fabricación los cuales determinan el costo de producción de un bien o servicio.

Polimeni et al. (1994) consideran con relación a la producción que existen dos categorías de costos: los costos primos que incluyen los materiales directos y la mano de obra directa; y los costos de conversión que comprenden la mano de obra directa y los costos

Niebel (1996), define al estudio de tiempos como una actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

BOLFOR (1997) señala como indirectos de fabricación. Agregan con relación al volumen que los costos varían de acuerdo con los cambios en el volumen de producción, pudiendo ser variables o fijos.

Según Horngren y Foster (1998) en el sistema de costeo por órdenes, la unidad de costeo es generalmente un grupo o lote de productos iguales que se acumulan para cada orden de producción por separado y la obtención de los costos es una simple división de los costos totales de cada orden por el número de unidades producidas en cada orden.

Industria de Pisos

CIDEIBER (1999) precisa que la industria de pisos se abastece esencialmente de maderas provenientes de bosques tropicales y por ello se ubica en la región selva. Las estadísticas generadas por el Centro de Información Forestal (2005) especifican a Ucayali como la principal zona productora de parquet a nivel nacional en el año 2005. El Centro de Información de Estadística Forestal (2006) registra la evolución en la producción de tres diferentes productos o subproductos de pisos conforme se muestra en el Tabla 1.

Tabla 1. Evolución de la producción de pisos a nivel nacional en metros cúbicos.

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----------------------|------|----------|-----------|------------|-----------|
| FRISAS (pre parquet) | 0 | 147,657 | 302,586 | 370,013 | 269,507 |
| PARQUET | 0 | 4 773,64 | 6 475,65 | 8 244,66 | 7 583,80 |
| TABLILLAS PARA PISOS | 28 | 3 597,47 | 2 609,01 | 2 032,75 | 453,899 |
| TOTAL | 28 | 8 518,77 | 9 387,247 | 10 647,421 | 8 307,208 |

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)

Características Generales de la Especie Estudiada

Según Reynel et al. (2003), el género *Dipteryx* pertenece a la familia de las Leguminosas (Faboideae), orden fabales. Su sinónimo botánico es *Coumarouma* Chichignoud et al. (1990) describe a la madera como de albura diferenciada, color blanco amarillento y duramen de color amarillo pardo a pardo rojizo, con finas vetas oscuras; de grano entrecruzado, textura media, mallado extraordinariamente fino y con una estructura estratificada perceptible. Agrega que bajo el nombre comercial de Cumarú encontramos a *D. odorata* Willd., *D. punctata* Amsh., *D. trifoliata* Ducke, entre otras; y que su distribución abarca América Central y América del Sur tropical, donde se le puede encontrar bajo diversos nombres comerciales. La Cámara Nacional Forestal (1996) sostiene que el shihuahuaco es una madera de difícil aserrío por presenta grano entrecruzado y ser de alta dureza; es resistente y no requiere tratamientos de preservación, es frecuentemente utilizada para fabricación de pisos, como estructuras, durmientes, carpintería de exteriores, armazón de barcos, carrocerías, machihembrados y construcción pesada.

Metodología

El presente estudio se realizó en la ciudad de Pucallpa, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali y consistió en el seguimiento de una orden de producción por aproximadamente 20 m³ de pisos en tablillas de deck, a partir de tablones de la especie shihuahuaco, en una empresa maderera de las siguientes características:

En cuanto a maquinaria y equipos

- Sierra de discos múltiple, marca OGAN, modelo PO-340, potencia 60 hp.
- Sierra despuntadora, marca MID OREGON IRON, potencia 5 hp.
- 01 Cámara de secado, marca Copcal, modelo HT60.
- 01 Caldero automático, marca Uniconfort, modelo CMF/F 120.
- Sierra despuntadora, marca MID OREGON IRON, potencia 5 hp..
- Maquina para afilar discos marca Gipsy, potencia: 0,5 hp.

En cuanto al flujo de producción de pisos, se esquematiza en la Figura 1.

En cuanto al personal de planta, en el Cuadro 2 se detalla la distribución del personal dentro del flujo de producción de pisos

Tabla 2. Distribución del personal a lo largo del proceso de producción de Decks.

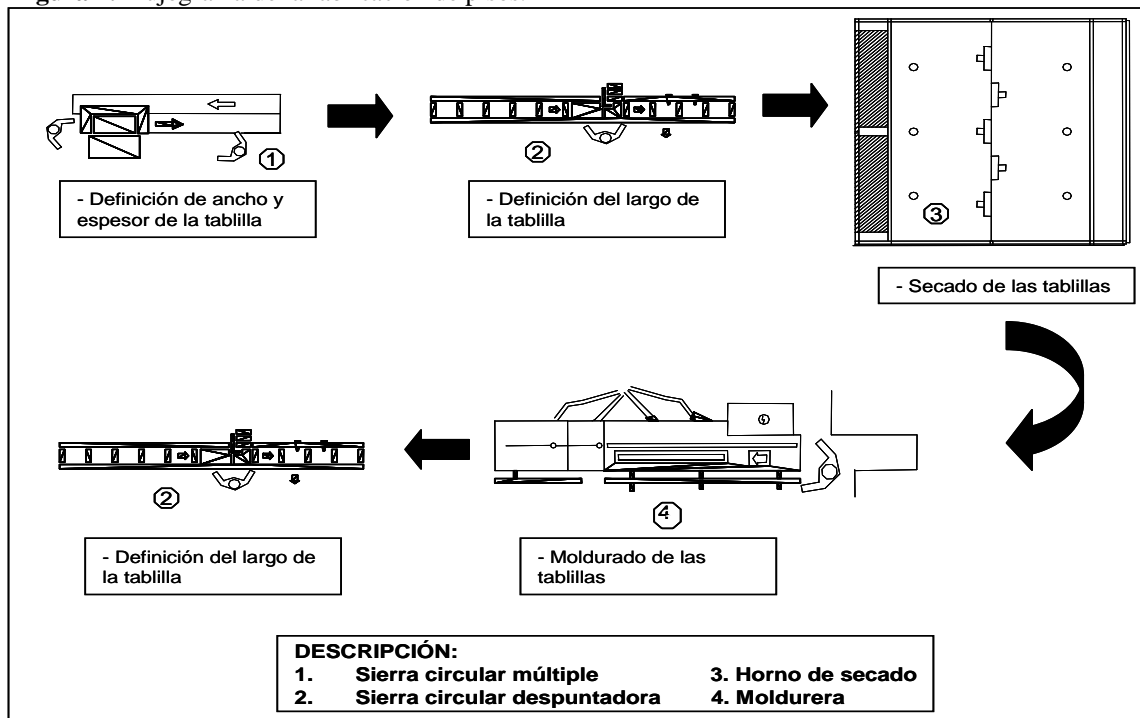
| Sección | Número | Función desempeñada |
|------------------|--------|--|
| Pre dimensionado | 1 | Operador de sierra de discos múltiple |
| | 3 | Ayudantes de sierra de discos múltiple |
| | 1 | Despuntador |
| | 2 | Ayudantes de despuntador |
| Secado | 1 | Encargado de secado |
| | 5 | Ayudantes de secado |
| Pisos | 1 | Operador de moldurera |
| | 3 | Ayudantes moldurera |
| | 1 | Despuntador |
| | 2 | Ayudantes de despuntador |

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las características generales del producto, se define como pisos para exteriores, constituidos por listones de 30 mm. de espesor y anchos de 80 y 95

mm. con longitudes variables desde 1,1 hasta 3,0 m, preparados especialmente para soportar las condiciones climáticas externas.

Figura 1. Flujograma de la fabricación de pisos.



Fuente: Elaboración propia

Estudio de Rendimiento

El estudio de rendimiento se ejecutó con tablonces en stock destinados a la producción de un lote de tablillas para deck de la especie shihuahuaco, de acuerdo a los siguientes pasos:

- a. Se utilizó una muestra de 106 tablonces para un nivel de confianza del 95% y un error de 0,075.
- b. Se midieron, marcaron y cubicaron en metros cúbicos los tablonces seleccionados para el estudio, así como las tablillas obtenidas luego de cada operación.
- c. Se obtuvieron los rendimientos del proceso y por operación relacionando el volumen final de la tablilla y el volumen inicial (tablón o tablilla), expresado en términos porcentuales.

d. Se determinó el porcentaje de madera para recuperación de una operación o de todo el proceso de fabricación de decks, relacionando el volumen de madera para recuperación y el volumen inicial, multiplicado por 100.

e. Se obtuvo el porcentaje de desperdicios de cada operación y del proceso por diferencia del 100% de madera que ingreso con el rendimiento final del proceso y el porcentaje de madera para recuperación.

f. Se aplicó un análisis de correlación lineal simple, considerando como variable dependiente el rendimiento de la materia prima y como variables independientes el espesor, ancho y longitud iniciales de los tablonces.

Estudio de Tiempos

Se utilizó el método de tiempos continuos con observaciones cada dos minutos en las principales operaciones de transformación, centrándose en el trabajo productivo de la sierra de discos múltiples, las despuntadoras y la moldurera. Se registró el volumen inicial y final de la madera que se maquinaba en cada operación. Luego en base al total de los tiempos observados se expresó de manera porcentual: el Tiempo Total, el Tiempo Trabajado dividido en Trabajo Productivo y Trabajo No Productivo, y el Tiempo no Trabajado dividido a su vez en Tiempo Justificado y Tiempo Injustificado.

Determinación de la Productividad

La productividad parcial se obtuvo de la relación entre la producción (en metros cúbicos) y el Tiempo Total por operación (horas) de la muestra. La productividad total se calcula en función al tiempo (días o turnos) necesario para la producción de un pedido equivalente a un contenedor de tablillas de deck, de aproximadamente 20 metros cúbicos.

Análisis de Costos

El análisis y cálculo de costos se realizó mediante el sistema de costeo de la materia prima, mano de obra directa y gastos indirectos de fábrica por órdenes de trabajo, identificando como unidad de producto al lote solicitado por el importador de un contenedor de aproximadamente 20 metros cúbicos de tablillas para deck.

2. Materiales y métodos

Características de la Materia Prima

La materia prima empleada en el estudio se compone de 106 tablones de la especie shihuahuaco, de diferentes dimensiones y calidades; el espesor de los tablones varía desde 6,000 cm. hasta 10,933 cm.; el ancho de los tablones varía desde 11,267 cm hasta 35,800 cm.; y la longitud varía desde 1,865 m. hasta 3,380 m. En la Tabla 3 se presentan los valores promedios y los respectivos coeficientes de variación (CV) para las dimensiones, volumen inicial, volumen de producto obtenido y rendimiento.

Tabla 3. Caracterización de la muestra.

| Variable | Media | Desv. Est. | CV (%) |
|-----------------------------------|--------|------------|--------|
| Espesor promedio (cm.) | 8,855 | 0,6467 | 7,3 |
| Ancho promedio (cm.) | 23,251 | 5,307 | 22,82 |
| Longitud (m.) | 2,654 | 0,349 | 13,14 |
| Volumen inicial (m ³) | 0,0561 | 0,0154 | 27,43 |
| Volumen final (m ³) | 0,0163 | 0,0075 | 45,89 |
| Rendimiento (%) | 29,06 | 10,54 | 36,27 |

Fuente: Elaboración propia

Características del Producto

Las dimensiones finales obtenidas en tablillas de deck se presentan en el Tabla 4, donde se puede observar que el espesor es constante, el ancho yoma dos valores

8 y 9,5 cm, y la longitud varía entre 1,1 y 3,0 m con una variación de 20,0 cm.

Tabla 4. Número de Tablillas de Deck Obtenidas Según Dimensiones.

| Número de tablillas | Dimensiones de tablillas | | |
|---------------------|--------------------------|-------------|------------|
| | Espesor (cm.) | Ancho (cm.) | Largo (m.) |
| 85 | 3,0 | 8,0 | 1,1 |
| 146 | 3,0 | 8,0 | 1,3 |
| 372 | 3,0 | 8,0 | 1,5 |
| 783 | 3,0 | 8,0 | 1,7 |
| 61 | 3,0 | 8,0 | 2,3 |
| 141 | 3,0 | 8,0 | 3,0 |
| 55 | 3,0 | 9,5 | 1,1 |
| 689 | 3,0 | 9,5 | 1,3 |
| 267 | 3,0 | 9,5 | 1,5 |
| 726 | 3,0 | 9,5 | 1,7 |
| 39 | 3,0 | 9,5 | 1,9 |
| 137 | 3,0 | 9,5 | 2,1 |
| 558 | 3,0 | 9,5 | 2,3 |
| 24 | 3,0 | 9,5 | 2,5 |
| 26 | 3,0 | 9,5 | 2,7 |
| 100 | 3,0 | 9,5 | 3,0 |

Estudio de Rendimiento

En el Cuadro 5, se presentan los rendimientos de materia prima a producto por etapa y acumulado; en el cual se puede observar que del 100% del volumen inicial de la muestra de materia prima (5,94 m³) que ingresa a la primera etapa de definición de ancho y espesor de las tablillas, el 51,62 % pasa como producto

a la siguiente etapa de definición de longitud de las tablillas. Al finalizar esta etapa el 41,20% del volumen inicial pasa a la siguiente etapa de secado. En el secado se producen una disminución del volumen ya sea por contracción volumétrica o por presencia de defectos de secado, al finalizar el secado el 37,23% del volumen inicial pasa a la siguiente etapa de cepillado y moldurado, al final del cual resulta el 30,45% del volumen inicial y pasa a la etapa final de definición de

longitudes del producto; al finalizar el proceso se obtiene un volumen final de producto (1,73 m³) que representa el 29,12% del volumen inicial.

Tabla 5. Rendimiento por Operación y Rendimiento Acumulado.

| Maquinaria | Operación | Volumen (m ³) | Rendimiento de la operación (%) | Rendimiento acumulado (%) |
|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Tablones | | 5,94 | --- | --- |
| Sierra de discos múltiple | Dimensionado (definiendo ancho de tablillas) | 4,40 | 73,98% | 73,98% |
| | Dimensionado (definiendo espesor de tablillas) | 3,07 | 69,78% | 51,62% |
| Despuntadora 1 | Dimensionado (definiendo longitud preliminar de tablillas) | 2,45 | 79,82% | 41,20% |
| Secado | Secado | 2,21 | 90,34% | 37,23% |
| Moldurera | Moldurado y Cepillado | 1,81 | 81,80% | 30,45% |
| Despuntadora 2 | Dimensionado (dando longitud Final a tablillas) | 1,73 | 95,64% | 29,12% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, se observa que el rendimiento promedio de madera aserrada a pisos deck es de 29,06%, con un alto coeficiente de variación (36,00%); no obstante la homogeneidad de los espesores y longitudes de la materia prima.

Este rendimiento es relativamente bajo si lo comparamos con otros productos en la industria de la madera, lo cual podría explicarse por el alto número de cortes, por la calidad de la materia prima (tablones) que no fue uniforme y por que la longitud de los tablones no fueron los apropiados para un máximo aprovechamiento teniendo en cuenta la longitud del producto.

Considerando el coeficiente de conversión de madera rolliza a madera aserrada de 0,526 determinado por

Tolmos (2001) para las trozas de la especie shihuahuaco, el rendimiento desde trozas hasta producto final en el proceso de fabricación de decks sería de 15,32%.

Por otro lado, la Cámara Nacional Forestal (1996) señala para el shihuahuaco rendimientos, desde trozas a pisos de exportación, del 13,6%, lo cual sería menor aun que los resultados obtenidos en el presente estudio. Estos datos indican que el proceso de fabricación de pisos de madera de shihuahuaco suele tener rendimientos relativamente bajos. Un factor que influye de manera notoria en esto son las dimensiones iniciales de los tablones. Estas no obedecieron a una planificación, la misma que debería hacerse teniendo en cuenta las dimensiones a trabajarse en el pre-dimensionado del producto.

Tabla 6. Madera Para Recuperación y Desperdicios por Operación.

| Maquinaria | Operación | Madera para recuperación (m ³) | Madera para recuperación (%) | Desperdicio (m ³) | Desperdicio (%) |
|---------------------------|--|--|------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Tablones | | --- | --- | --- | --- |
| Sierra de discos múltiple | Dimensionado (definiendo ancho de tablillas) | 0,40 | 6,66% | 2,48 | 41,72% |
| | Dimensionado (definiendo espesor de tablillas) | | | | |
| Despuntadora 1 | Dimensionado (definiendo longitud preliminar de tablillas) | 0,16 | 2,73% | 0,457 | 7,69% |
| Secado | Secado | 0,10 | 1,68% | 0,136 | 2,30% |
| Moldurera | Moldurado y Cepillado | --- | --- | 0,403 | 6,77% |
| Despuntadora 2 | Dimensionado (dando longitud final a tablillas) | --- | --- | 0,079 | 1,33% |
| TOTAL | | 0,66 | 11,07% | 3,55 | 59,81 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6, se puede observar que de los residuos obtenidos en la fabricación de tablillas deck, el 11,07% es recuperado para la fabricación de parquet tradicional y el 59,81% corresponde a aserrín, virutas y restos de madera denominados desperdicios del proceso de transformación.

Relacionando los Cuadros 5 y 6, se observa que del 100% de materia prima inicial, el 29,12% se convierte en piso, el 11,07% se convierte en madera de recuperación para parquet tradicional y el 58,91% se convierte en desperdicio, que generalmente es utilizado como leña.

Se intentó encontrar alguna relación entre las variables estudiadas y el rendimiento del proceso, planteando 03 posibles relaciones que expliquen el comportamiento

del rendimiento obtenido, las cuales se indican a continuación:

- Espesor promedio del tablón – rendimiento final
- Ancho promedio del tablón – rendimiento final
- Longitud del tablón – rendimiento final

En la Tabla 7, se presentan los coeficientes de determinación del análisis de correlación entre las variables indicadas; en el cual se puede observar que los modelos para ancho promedio, espesor promedio y longitud, como variables explicativas no resultan significativos, los coeficientes de determinación son bastante bajos. Esto revela que el comportamiento de las variables evaluadas no explica en forma significativa el comportamiento del rendimiento de la materia prima.

Tabla 7. Coeficientes de determinación para cada uno de los modelos analizados.

| | Modelo | Coefficiente de determinación (R ²) | Valor de probabilidad (P) |
|---|------------|---|---------------------------|
| Espesor promedio Vs. rendimiento final | Lineal | 0.0% | 0.897 |
| | Cuadrático | 0.9% | 0.616 |
| Ancho promedio Vs. rendimiento final | Lineal | 0.1% | 0.816 |
| | Cuadrático | 1.7% | 0.413 |
| Longitud promedio Vs. rendimiento final | Lineal | 0.7% | 0.409 |
| | Cuadrático | 0.7% | 0.711 |

Fuente: Elaboración propia

Estudio de Tiempos

En el estudio de tiempos se identificaron las actividades de maquinado, inspección de calidad, alimentación de la despuntadora, mantenimiento y reparaciones, limpieza, coordinaciones, esperas, distracciones y conversaciones.

Se realizaron las observaciones del estudio durante todo el tiempo invertido en el procesamiento del pedido de decks; en la sierra de discos múltiple registrándose 2018 observaciones durante 5,86 horas; en la despuntadora 1 se realizaron 1037 observaciones durante 3,01 horas; la moldurera demandó de 0,95 horas, realizándose 326 observaciones; finalmente, en la despuntadora 2 se realizaron 641 observaciones durante 1,86 horas.

De este tiempo, en cada máquina se tiene el tiempo trabajado y el tiempo no trabajado; el tiempo trabajado puede ser productivo y no productivo, mientras que el tiempo no trabajado puede ser justificado o injustificado.

Debe considerarse que el estudio de movimientos se hizo siguiendo una sola orden de trabajo de decks a lo largo de todo el proceso de producción y no por turnos, de esta manera no se toman en cuenta los tiempos “muertos” entre cada orden trabajada en los cuales la maquinaria puede permanecer inactiva por periodos variables de tiempo.

En el Tiempo Trabajado Productivo, la sierra de discos múltiple presenta el mayor porcentaje de trabajo productivo, alcanzando un 85,33% del tiempo total de la operación. Es seguido por la despuntadora 2 con 81,82%, la moldurera con 81,02% y la despuntadora 1 con 79,23%. Como tiempo trabajado no productivo se identificó, para el caso de la sierra de discos múltiple y la moldurera, a la inspección de calidad; y para el caso de las despuntadoras, el acarreo manual de tablillas a la máquina para su despuntado. Ambas se realizan mientras la máquina está encendida, quedando algunas veces desabastecida. Se encontró que las despuntadoras son las que tienen un mayor porcentaje de trabajo no productivo, teniendo la primera 8,21% y la segunda 5,11% del total del tiempo de operación; la sierra de discos múltiple y la moldurera tuvieron 4,63% y 1,51% respectivamente. El tiempo no

trabajado justificado para la sierra de discos múltiple representa un 8,88% del tiempo total, distribuyéndose en 1,54% para labores de limpieza y 7,34% en mantenimiento y reparaciones de la maquinaria. El tiempo empleado en mantenimiento y reparaciones es explicado en un 82% por mantenimiento, principalmente cambio. La mayoría de esperas se deben a falta de madera para procesar, cuyo abastecimiento es primordialmente responsabilidad de los montacargas, los cuales no siempre se dan abasto para surtir de madera a las diferentes máquinas. El tiempo total registrado en el estudio fue de 13 turnos de trabajo y 17 días adicionales de secado de la madera

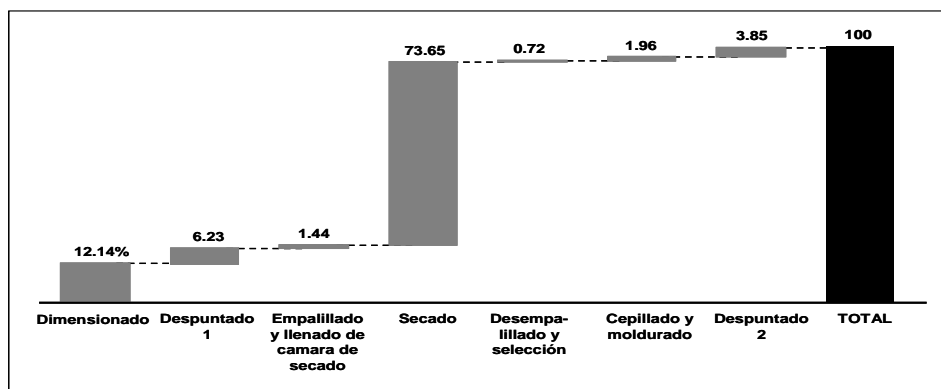
de discos, y el restante por fallas en la máquina. La despuntadora 1 tiene un total de 9,18% en este rubro, dividido en 4,35% para mantenimiento y reparaciones, 3,86% para limpieza y 0,97% invertido en coordinaciones. Dentro de la actividad de mantenimiento y reparaciones se registró problemas en el embrague, cambio de disco y cambio de fajas. El tiempo no trabajado justificado es de 8,74% para la moldurera, explicado por 3,31% de tiempo invertido en mantenimiento, 4,52% en limpieza y 0,9% en coordinaciones.

La despuntadora 2 registró 9,66% de tiempo no trabajado justificado, con 9,09% de tiempo en mantenimiento y reparaciones, y 0,57% en limpieza. En general, las paralizaciones por mantenimiento se presentaron debido al cambio de discos, y las reparaciones por problemas con el pedal y el embrague. El tiempo no trabajado injustificado se divide en esperas, distracciones y conversaciones.

En todas las maquinarias estudiadas, el tiempo empleado en esperas fue el más significativo, seguido por el tiempo perdido en distracciones y finalmente en conversaciones. Como el tiempo programado diario es de una jornada de 8 horas, el estudio duró 30 días.

La Figura 2, muestra la distribución del tiempo total registrado en el estudio, en la cual el proceso de secado es el principal cuello de botella del proceso, pues representa el 73,65% del total del tiempo invertido en la fabricación del producto.

Figura 2. Distribución de tiempos a lo largo del proceso de producción de decks (%).



Fuente: Elaboración propia

Análisis de Productividad

El Cuadro 8 presenta la productividad parcial en metros cúbicos por hora, considerando el tiempo total requerido (horas) en cada operación de maquinado. La moldurera es la máquina que presentó la más alta productividad, con un procesamiento de 1,91 metros cúbicos por hora; la productividad en la moldurera y la sierra de discos múltiple depende en gran medida de la velocidad de corte que se utilice, que a su vez esta inversamente relacionada con la dureza de la madera procesada; las despuntadoras tienen productividades bajas, inferiores a 1 m³/hora, debido a que son de tipo manual, por lo que la productividad depende en un mayor grado de la velocidad del operador.

Tabla 8. Productividad parcial de la muestra en metros cúbicos por hora.

| Sección | Maquina utilizada | Operación | Volumen (m ³) | Tiempo (hora) | Productividad (m ³ /hora) |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Sección de pre dimensionado | tablones | dimensión inicial | 5,94 | --- | --- |
| | sierra de discos múltiple | dando anchos | 4,40 | 3,20 | 1,37 |
| | | dando espesores | 3,07 | 2,66 | 1,15 |
| | despuntadora 1 | dando largos | 2,45 | 3,01 | 0,81 |
| Sección de pisos y molduras | moldurera | cepillado y moldurado | 1,81 | 0,95 | 1,91 |
| | despuntadora 2 | dando largos finales | 1,73 | 1,86 | 0,93 |

Fuente: Elaboración propia

En el estudio de productividad total para la fabricación de este tipo de pisos, es difícil encontrar una unidad de medición. Esto debido a que la producción no es continua ni homogénea en dimensiones, sino que depende de las especificaciones del cliente. Más aún, para que un tablón sea convertido a pisos pasan varios días, a diferencia del parquet tradicional en donde el proceso dura solo horas. Por esta razón, y a diferencia de la medición de productividad en parquet tradicional, para este caso resulta poco efectivo medir la productividad total teniendo como indicador metros cúbicos por horas o turnos. En consecuencia, se consideró apropiado presentar en la Tabla 9 la

productividad total en función al tiempo (días o turnos) necesario para la producción de un pedido equivalente a un contenedor de tablillas de deck, de aproximadamente 20 metros cúbicos, que es la medida frecuente en contenedores de madera para exportación. Teniendo en cuenta las operaciones comprendidas en la fabricación de decks, y considerando la mano de obra involucrada, el tiempo estimado para la producción de un contenedor de aproximadamente 20 metros cúbicos es de 13 turnos de trabajo y 17 días adicionales de secado de la madera. Si se trabaja un turno de 8 horas por día, entonces un contenedor de estas características podría ser producido en 30 días.

Tabla 9. Tiempo en horas y turnos, y Productividad Parcial en m³ para la producción de un contenedor de 20m³ de decks.

| Sección | Maquina utilizada | Operación | Volumen (m ³) | Tiempo (horas) | Tiempo (turno) | Productividad (m ³ /hora) |
|-----------------------------|--|-----------------------|---------------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| Sección de pre-dimensionado | tablones | dimensión inicial | 68,19 | --- | --- | --- |
| | sierra de discos múltiple | dando anchos | 50,44 | 36,71 | 4,59 | 1,37 |
| | | dando espesores | 35,20 | 30,55 | 3,82 | 1,15 |
| | despuntadora 1 | dando largos | 28,10 | 34,54 | 4,32 | 0,81 |
| Sección de secado | empalillado y llenado de cámara * | | 28,10 | 8,00 | 1,00 | 3,51 |
| | horno de secado | secando madera | 26,47 | 17 días | 17 días | --- |
| | desempalillado y selección por defecto * | | 25,38 | 4,00 | 0,50 | 6,35 |
| Sección de pisos y molduras | moldurera | cepillado y moldurado | 20,76 | 10,84 | 1,36 | 1,91 |
| | despuntadora 2 | dando largos finales | 19,86 | 21,34 | 2,67 | 0,93 |

Fuente: Elaboración propia

Estudio de Costos

El costo total por m³ de pisos deck en madera shihuahuaco ha sido estimado en US\$ 762. Los costos variables representan el 91,7% del costo total (US\$ 699 por m³). La Tabla 10 presenta la estructura de costos, la cual se trabajó sobre el análisis de una orden de trabajo para producir un contenedor de 20 m³ de pisos deck.

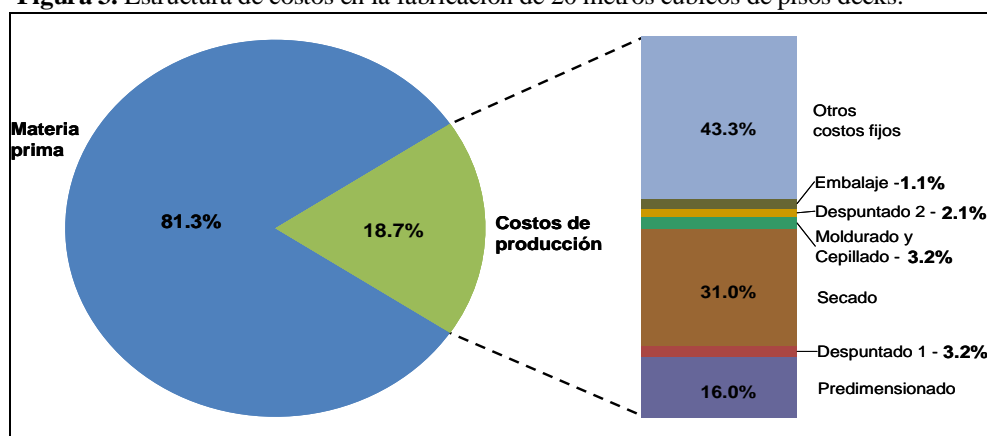
La Figura 3 representa la estructura de costos del cuadro anterior, observándose que materia prima representa el 81,29% del costo total. Esto es explicado por el bajo rendimiento en los procesos, pues solo se aprovecha el 29.12% del total de la materia prima.

El bajo rendimiento es notorio en el de pre-dimensionado, donde se pierde el 48,38 % del total de la madera.

La operación que incurre en mayores costos es la de secado. Esta presenta costos elevados de mano de obra directa debido al tiempo de secado, durante el cual los trabajadores deben monitorear constantemente el proceso y mantener abastecido el caldero; igualmente tiene una demanda energética considerable reflejada en los costos.

Por último, al ser una máquina nueva tiene una depreciación alta, contrario del resto de la maquinaria involucrada en el proceso, que son de segunda.

Figura 3. Estructura de costos en la fabricación de 20 metros cúbicos de pisos decks.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Estructura de costos para la fabricación de 20 m³ de pisos decks.

| Operaciones | Costo (NS.) | Costo (US\$) | Porcentaje (%) | Costo Unitario (NS./ m3) | Costo Unitario (US\$/m3) |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| Materia prima | 43.094,36 | 12.383,44 | 81,29% | | |
| Predimensionado | 1.570,94 | 451,42 | 2,96% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 640,11 | | | | |
| Mano de obra directa | 640,11 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 930,83 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 153,96 | | | | |
| Depreciación | 226,15 | | | | |
| Energía | 550,73 | | | | |
| Despuntado 1 | 317,37 | 91,20 | 0,60% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 191,65 | | | | |
| Mano de obra directa | 191,65 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 125,72 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 79,05 | | | | |
| Depreciación | 28,99 | | | | |
| Energía | 17,67 | | | | |
| Secado | 3.075,67 | 883,81 | 5,80% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 944,29 | | | | |
| Mano de obra directa | 944,29 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 2.131,39 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 15,98 | | | | |
| Depreciación | 936,47 | | | | |
| Energía | 1.178,93 | | | | |
| Moldurado y cepillado | 329,31 | 94,63 | 0,62% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 78,33 | | | | |
| Mano de obra directa | 78,33 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 250,98 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 24,82 | | | | |
| Depreciación | 150,76 | | | | |
| Energía | 75,40 | | | | |

Tabla 10. Estructura de costos (...).

| Operaciones | Costo (NS.) | Costo (US\$) | Porcentaje (%) | Costo Unitario (NS./ m3) | Costo Unitario (US\$/m3) |
|-------------------------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| Despuntado 2 | 195,61 | 56,21 | 0,37% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 118,44 | | | | |
| Mano de obra directa | 118,44 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 77,17 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 48,85 | | | | |
| Depreciación | 17,40 | | | | |
| Energía | 10,92 | | | | |
| Embalaje | 81,66 | 23,47 | 0,15% | | |
| COSTOS DIRECTOS | 71,35 | | | | |
| Mano de obra directa | 16,57 | | | | |
| Insumos | 54,79 | | | | |
| COSTOS INDIRECTOS | 10,31 | | | | |
| Mano de obra indirecta | 2,73 | | | | |
| Depreciación | 6,77 | | | | |
| Energía | 0,81 | | | | |
| Otros costos fijos | 4.348,38 | 1.249,54 | 8,20% | | |
| Costo total sin Costos Fijos | 48.664,92 | 13.984,17 | | 2.433,25 | 699,21 |
| Costo total con Costos Fijos | 53.013,31 | 15.233,71 | 100% | 2.650,67 | 761,69 |

Nota: tipo de cambio US\$ 1= S/. 3,48

Fuente: Elaboración propia

3. Conclusiones

1. El rendimiento en la fabricación de tablillas para decks de la especie *Dipteryx spp.*, partiendo del tablón como materia prima, es de 29,12%, con 11,07 % de madera para recuperación y 59,81% de desperdicio.

La principal merma se observa en el pre-dimensionado realizado en la sierra de discos múltiple, la cual solo aprovecha el 51,62% en la producción de tablillas para deck.

El comportamiento de las variables ancho promedio inicial, espesor promedio inicial y largo inicial de la muestra no explican en forma significativa la variación correspondiente del rendimiento final obtenido; de allí que el comportamiento de dicho rendimiento podría ser explicado en su mayoría por otras variables no incluidas en el estudio.

El tiempo total necesario para la producción de un contenedor de 20 metros cúbicos de decks, es de 13 turnos de trabajo, en operaciones de corte, y 17 días adicionales de secado de la madera; lo que representa una productividad de 20 metros cúbicos de deck por 30 días de trabajo.

El cuello de botella para la producción de pisos deck es el proceso de secado, el cual representa el 73,65% del tiempo total requerido para la producción de un contenedor de las características del estudio.

El costo total de producción de un m³ de pisos deck en madera shihuahuaco es de US\$ 762; en caso no asignar los costos fijos este costo se reduce a US\$ 699./m³. En la estructura de costos, la materia prima representa el 81,29% del total y el secado es la operación de mayor costo (5,8%).

Se recomienda incluir en estudios similares el análisis de factores que afectan la productividad de la materia prima, considerando la calidad de la materia prima, tecnología utilizada y el grado de capacitación de los trabajadores; igualmente se recomienda extender los

estudios sobre productividad y costos a las otras líneas de producción en la industria maderera.

4. Referencias bibliográficas

- Arbaiza, C.; Carazo, M. y Hurtado, A. 1999. Innovando Para Competir: Los Retos de la Industria Maderera en el Perú. Lima, PE, MITINCI. p. 45 -49.
- Bolfor, Proyecto. 1997. Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío: manual práctico. BO. 28 p. (Documento técnico, 62).
- Cámara Nacional Forestal. 1996. Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. 2ª Ed. Lima, PE, CNF. 240 p.
- CIDEIBER (Centro de Información y Documentación Empresarial sobre Iberoamérica, ES). 1999. Perú: Actividades del sector primario, sector forestal (en línea). Consultado 23 noviembre 2005. Disponible en: [http://www.cideiber.com/infopaises/ Peru/Peru-04-02.html](http://www.cideiber.com/infopaises/Peru/Peru-04-02.html)
- CIF (Centro de Información Forestal). 2005. Perú Forestal en Números: año 2005 (en línea). Lima, PE, Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales. 168 p. Consultado 03 enero 2007. Disponible en: http://www.inrena.gob.pe/iffs/cif/inf_estad/anuario_peru_forestal_2005.pdf
- CIEF (Centro de Información y Estadística Forestal). 2006. Producción Anual de Madera por Producto del 2000 al 2004 (en línea). Lima, PE, Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales. Consultado 02 marzo 2006. Disponible en: <http://www.inrena.gob.pe>
- Chambers, R. 1988. Applied Production Analysis: A Dual Approach. USA, Cambridge University Press. 352 p.

- Chichignoud; M., Déon, G.; Detiene, P.; Parant, B. y Vantomme, P. 1990. Atlas de Maderas Tropicales de América Latina. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). 218 p.
- Horgren, Ch. y Foster, G. 1998. Contabilidad de Costos, un Enfoque Gerencial. MX, Ed. Mc. GrawHill. 1120 p.
- Industry Canada. 1995. Competitiveness: Concepts and Measures. Ocassional Paper N°5. Ottawa, CN.
- Jiménez, J., Castro A. y Brener C. 2007. Productividad (en línea). Consultado 20 junio 2007. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml>.
- Martínez, M. 2000. El Concepto de Productividad en el Análisis Económico (en línea). Consultado 20 junio 2007. Disponible en: <http://www.redem.buap.mx/acrobat/eugenial.pdf>
- Maynard, H. 1987. Manual de Ingeniería y Organización Industrial. 3ª Ed. ESP. Reverté. S.A.
- Neuner, W. 1994. Contabilidad de Costos Tomo I. MX, Ed. Unión tipográfica. 287 p.
- Niebel, B. 1996. Ingeniería Industrial. Estudio de Tiempos y Movimientos. MX, Ed. Alfa y Omega. 421 p.
- Polimeni, R.; Fabozzi, F. y Adelberg, A. 1994. Contabilidad de Costos: Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales. 3ª Ed. Bogotá, CLB, Ed. MacGraw Hill. 879 p