

CONSUMO DE MADERA EN TROZA POR DOS ASERRADEROS PORTÁTILES CON SIERRA DE BANDA HORIZONTAL

Rodolfo Quirós^{1/*}, Orlando Chinchilla*, Marianela Gómez*

Palabras clave: Aserraderos portátiles, consumo de madera, diámetros pequeños, plantaciones forestales, rendimiento en aserrío.

Keywords: Portable sawmills, timber consumption, small diameters, forestry plantations, saw lumber yields

Recibido: 30/03/05

Aceptado: 27/05/05

RESUMEN

Se realizó un estudio de campo para evaluar el desempeño de 2 aserraderos portátiles con sierra de cinta horizontal, en la transformación primaria de madera de pequeñas dimensiones. Entre enero de 1998 y diciembre del 2003, personal del Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) trabajó en forma comercial con 2 aserraderos Wood-Mizer[®], modelos LT40HD (A) y LT40SH (B). Para ambos aserraderos se registró el consumo de madera en troza, en “pulgadas madereras ticas” (PMT_r), el tiempo laborado en días y horas productivas máquina (HPM). Adicionalmente, se registró la frecuencia en el cambio de sierras. Se determinó que el consumo de madera rolliza del aserradero B fue 40% mayor que en el aserradero A, con medias anuales de 291000 y 208000 PMT_r, equivalentes a una producción teórica de 333 y 238 m³_a año⁻¹, respectivamente. En el mismo orden, manteniendo uniformes las condiciones de tiempo efectivo, se estimó el consumo normal en 376000 y 331000 PMT_r año⁻¹, y la producción normal teórica en 330 y 290 m³_a año⁻¹.

INTRODUCCIÓN

El dinamismo experimentado durante la última década por el subsector forestal costarricense

ABSTRACT

Timber log consumption by two portable sawmills with horizontal blade saw. A field study was carried out to evaluate the performance of 2 portable sawmills with horizontal blade saw, in the first transformation of small dimension logs. From January 1998 to December 2003, personnel of the Research and Forestry Services Institute (INISEFOR), worked in commercial manner with 2 Wood-Mizer[®] sawmills, models LT40HD (A) and LT40SH(B). For both sawmills, the timber logs consumption in “pulgadas madereras ticas” (tico wood inches) (PMT_r), the workable time in days and machine productive hours (HPM) were registered. Additionally, the blade-change frequency was registered. It was determined that sawmill B log consumption was 40% bigger than sawmill A, with annual averages of 291000 and 208000 PMT_r, equivalent to lumber theoretic productions of 333 and 238 m³ year⁻¹, respectively. In the same order, maintaining uniform the effective time conditions, it was estimated the normal logs consumption in 376000 and 331000 of PMT_r year⁻¹, and the normal theoretic lumber production in 330 and 290 m³ year⁻¹.

le ha permitido incrementar su importancia relativa en la economía del país (Rodríguez 2004). Los cambios ocurridos en materia forestal, como el desarrollo de tecnología apropiada

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: rodolfo.quirós@edifystudios.com

* Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

para el establecimiento, cultivo y manejo de plantaciones forestales, junto con mejor organización en los procesos de aprovechamiento e industrialización de la madera han favorecido la competitividad del subsector. Como resultado se ha observado un incremento significativo en la producción de bienes y servicios derivados del cultivo de árboles maderables para fines de aserrío. Actualmente, hay amplia diversidad de productos forestales con mayor valor agregado y calidad apta para su exportación; tales como madera elaborada para construcción, puertas y ventanas, muebles de madera, tableros y artesanías (Arias 2004).

La oferta creciente de madera cultivada en plantaciones forestales, en contraste con una progresiva reducción en el suministro de madera procedente de bosques naturales y de árboles aislados en terrenos sin bosque, propició cambios significativos en la industria forestal costarricense (Carrillo 2001). Mientras han surgido industrias pequeñas y medianas dedicadas al procesamiento de madera cultivada, hay incertidumbre con respecto a la persistencia de los aserraderos estacionarios tradicionales, especialmente en los que no se ha efectuado una reconversión tecnológica para adecuarlos al procesamiento de madera de pequeñas dimensiones. Según el último censo publicado, de la industria forestal costarricense (DGF 1988), en 1987 operaban 161 aserraderos estacionarios, 43 menos de los que funcionaban en 1980, y desde entonces alrededor de un 50% de los que aún permanecían activos cesaron su operación (Rodríguez 2004).

Por otra parte, en los últimos 10 años han sido instaladas 27 nuevas industrias de aserrío en diferentes regiones del país, especializadas para procesar madera de plantaciones con diámetros menores (Herrera y Quirós 2002). Con esto se ha incrementado la comercialización de madera cultivada en el mercado nacional. Del consumo total de madera rolliza en el país (estimado en 743000 m³ año⁻¹, según McKenzie 2003), el 45% procede de plantaciones forestales. Sin embargo, a pesar del notorio auge observado, a partir de 1995 la tasa de reforestación industrial en Costa Rica ha disminuido drásticamente y constituye

una amenaza para el futuro suministro de madera (Arias 2004).

Para producir madera en forma continua y mantener activa la nueva industria de aserrío es indispensable seguir cultivando sostenidamente una masa mínima de plantaciones maderables. Estas deben ser idealmente establecidas en sitios de alta capacidad productiva y someterlas a prácticas oportunas de manejo silvícola, con el objetivo de incrementar el volumen, la calidad y el rendimiento industrial de las trozas. Además, se debe lograr un uso más integral de cada troza, de modo que permita pagar precios más altos por la materia prima. Al comparar los factores que regulan la competitividad de la reforestación industrial, Sage (2003) determinó que un 53% de la diferencia en los costos de producción de madera aserrada entre Chile y Costa Rica se debe a la menor utilización que se da a las trozas en este país. Si el precio de la madera fuera mayor aumentaría la posibilidad de lograr rentabilidad en el negocio de plantar árboles para fines de aserrío (Arias 2004), lo que permitiría reforestar sin necesidad de incentivos estatales.

Las dimensiones, la forma y la calidad de las trozas son factores determinantes del rendimiento y grado de utilización en la transformación industrial de la madera. La madera que se obtiene al cosechar plantaciones forestales generalmente es de pequeñas dimensiones, su tamaño normal varía de 2,5-3,4 m de longitud (3-4 varas) y de 12 a 40 cm de diámetro sin corteza (5-16"). La calidad de cada troza es afectada por características como la conicidad, orientación del grano, torceduras, médula migrante, presencia de nudos vivos o sueltos y tensiones internas de crecimiento (Serrano 1991). Dependiendo de estas características el factor de recuperación de madera aserrada puede variar de 30-35% en madera de raleos y entre 40-60% en madera de cosecha final (Serrano 1991, Sanabria y Serrano 1993, Moya 2000).

Los aserraderos portátiles son una alternativa eficiente para incrementar el rendimiento y el grado de utilización, al procesar madera cultivada de pequeñas dimensiones. Entre estos se incluyen sistemas con sierras cinta o de banda

sin fin, sierras circulares y sierras de cadena o motosierras con marco (Serrano 1990). Los aserraderos portátiles equipados con sierras cinta en posición horizontal, como elemento cortante, producen los mayores rendimientos en aserrío. En estos aserraderos las trozas permanecen fijas y la torre o elemento donde se encuentra la sierra se desplaza en doble sentido sobre la madera. Debido a que pueden realizar cortes inferiores a 2 mm de amplitud, reducen el desperdicio por producción de aserrín a la vez que incrementan el rendimiento industrial y la utilización de la madera. Además, por la capacidad de operar en el mismo sitio donde se efectúa el aprovechamiento forestal, permiten economías en el transporte de únicamente madera aserrada.

Para evaluar el desempeño de aserraderos portátiles con sierra cinta en la transformación primaria de madera de pequeñas dimensiones, el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) ha mantenido en operación comercial durante 6 años consecutivos 2 distintos modelos de tales equipos de aserrío. Para ambos aserraderos se registró el consumo de madera en troza en pulgadas madereras ticas rollizas (PMT_r), el tiempo laborado en días y horas productivas máquina (HPM), así como la frecuencia en el cambio de sierras. Adicionalmente, con el objetivo de comparar su desempeño fueron determinadas diferentes relaciones de consumo en función de distintas definiciones de tiempo productivo. Conocer la capacidad de consumo y producción de estos sistemas de aserrío es importante para elegir el modelo que mejor se adapte a las condiciones de un proyecto productivo forestal en particular y para planificar mejor las operaciones de aprovechamiento e industrialización de la madera que se genera en plantaciones forestales pequeñas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del estudio. El trabajo de campo se realizó en el plantel de aserrío del Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), situado en Santa Lucía de Barva, Heredia; así

como en diferentes patios de trozas instalados en forma temporal junto a plantaciones forestales en fase de corta intermedia (raleos) y cosecha principal. Estas plantaciones se localizaron principalmente en el área de Conservación Cordillera Volcánica Central, en un radio de 40 Km alrededor de la sede del INISEFOR. La fase de trabajo en el campo abarcó desde enero de 1998 hasta diciembre del 2003.

Aserraderos portátiles evaluados. El estudio incluyó 2 diferentes modelos de aserradero portátil con sierra de cinta o banda horizontal, importados, marca Wood-Mizer® (La mención de esta marca comercial en el presente estudio no implica su recomendación por parte de los autores ni por autoridades del INISEFOR), correspondientes a los modelos **A)** LT40HD (hidráulico) y **B)** LT40SH (Súper hidráulico). Entre este tipo de aserraderos portátiles hay diferentes modelos que varían ampliamente en características como desempeño, forma de operación, productividad y precio. El cuadro 1 incluye algunas características y especificaciones técnicas que permiten diferenciar los modelos considerados en este estudio, los cuales corresponden a los más comunes en Costa Rica. Aunque en la década de los años 90 el proyecto de cooperación en los sectores forestal y maderero (COSEFORMA 1993) fomentó el uso de sistemas de aserrío fabricados en el país, no se les consideró en este trabajo debido a que su propósito central es maximizar la velocidad de procesamiento y la productividad, otorgando menor prioridad al incremento en la utilización de las trozas (Serrano 1996).

Ambos modelos de aserradero realizan las operaciones de carga, giro y enganche de las trozas a través de mecanismos hidráulicos, con menor esfuerzo físico por parte del operador. Este puede seguir el recorrido del cabezal con la sierra cinta caminando o montado sobre un asiento opcional (modelo B). El movimiento del cabezal con la sierra es accionado por un motor eléctrico de 12 voltios. En comparación con el modelo A, el sistema hidráulico del aserradero B es el doble de potente y en promedio un 40% más rápido para cargar, nivelar, girar o sujetar trozas. Además, el mecanismo automático de retorno de tablas

Cuadro 1. Características de los modelos de aserradero portátil de banda horizontal incluidos en el estudio. INISEFOR, 1998-2003.

| Características y especificaciones técnicas | | Modelo de aserradero | |
|---|----------------------|--|---|
| | | A – LT 40HD | B – LT40SH |
| Dimensiones | Largo | 7,4 m | 8 m |
| | Ancho | 2,4 m | 2,4 m |
| | Altura | 2,3 m | 3,3 m |
| | Diámetro de volantes | 48 cm (19") | 48 cm (19") |
| | Peso | 1481 kg | 1909 kg |
| Capacidades máximas de corte | Longitud de trozas | 6,4 m | 6,4 a 13 m |
| | Diámetro de trozas | 91,5 cm (36") | 91,5 cm (36") |
| | Tasa de producción | 0,59 a 0,94 m ³ h ⁻¹ 273 a 434 PMT _a | 0,88 a 1,3 m ³ h ⁻¹ 400 a 600 PMT _a |
| Fuente motriz | | Motor 25 HP, gasolina (18,6 KW) | Motor 42 HP, diesel (31,3 KW) |
| Dimensiones de la sierra cinta (hoja) | Espesor | 1 ó 1,14 mm (0,042 ó 0,045") | 1 ó 1,14 mm (0,042 ó 0,045") |
| | Ancho | 32 ó 38 mm (1,25 ó 1,5") | 32 ó 51 mm (1,25 ó 2") |
| Otras características | Movimiento vertical | Motor 12 v Eléctrico | Motor 12 v Eléctrico alta salida |
| | Extensión de bancada | 1,8 m | 1,8 m |
| | Girador de trozas | Brazo dentado hidráulico | Brazo dentado hidráulico |
| | Niveladores | Rodillos hidráulicos | Rodillos hidráulicos |
| | Retorno de tablas | No | Si |

facilita la manipulación de piezas aserradas. En ambos casos, la consola de mandos situada en la parte frontal de la máquina, concentra todos los controles para regular los cortes y manejar las trozas de manera hidráulica. La figura 1 muestra los 2 modelos de aserradero portátil considerados en el presente estudio.

Maderas utilizadas y patrón de corte. El 70% del volumen total de madera procesado durante el estudio fue ciprés (*Cupressus lusitanica*), con diámetros sin corteza de 12-50 cm en el extremo más delgado de las trozas (5-20"). El porcentaje restante fue madera de jaúl (*Alnus acuminata*), melina (*Gmelina arborea*), roble coral (*Terminalia amazonia*), teca (*Tectona grandis*), acacia (*Acacia mangium*), y cedro amargo

(*Cedrela odorata*); esta última madera procedente de árboles aislados en potreros y cafetales. El aserrío completo de las trozas se realizó a través de cortes alternos opuestos, orientados de manera tangencial a los anillos de crecimiento y en sentido paralelo al eje longitudinal de la troza. Este patrón de aserrado es relativamente simple, con reducida cantidad de giros y enganches por cada troza procesada, mitiga las deformaciones por efecto de tensiones de crecimiento y permite obtener diseños atractivos en las piezas aserradas (Tuset y Durán 1989).

Variables evaluadas. Los registros de campo recopilados diariamente por los operadores de ambos aserraderos fueron organizados en una base de datos que incluyó las variables: consumo



A) LT40 HD (Hidráulico)

B) LT40 SH (Súper hidráulico)

Fig. 1. Modelos de aserradero portátil de banda considerados en el estudio. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, 1998-2003.

de madera en troza (en pulgadas madereras ticas rollizas “PMT_r”), cantidad de días laborados (días mes⁻¹), número de horas productivas máquina (HPM) por jornada regular de trabajo y cantidad de cambios de sierra. Combinando el consumo con diferentes definiciones de tiempo productivo, se determinó varios índices para comparar el desempeño de ambos aserraderos. Para determinar el volumen de madera consumido se empleó el método “al metro”, el cual consiste en determinar el diámetro de la troza sin corteza en su extremo más delgado, a través del promedio aritmético de 2 mediciones perpendiculares entre sí, determinado con una cinta métrica graduada en pulgadas y redondeando hacia el valor entero inferior. El dato obtenido se eleva al cuadrado, se multiplica por la longitud de la troza (en varas) y se divide entre 4. El resultado corresponde a la estimación del volumen en PMT_r. Ambos aserraderos disponen de un dispositivo que indica la cantidad de horas que el equipo permanece en actividad, este dato se utilizó como índice de las HPM en cada jornada de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sección de resultados ha sido dividida en 2 partes correspondientes a los principales

objetivos planteados en el estudio. Primero se presenta un resumen y una discusión acerca de los valores medios observados en condiciones reales de campo, producto de numerosas jornadas de aserrío efectuadas en el transcurso de 6 años de operación continua de ambos modelos de aserradero portátil. A partir de dichos valores medios, en la segunda parte se estima la capacidad de consumo y la productividad teórica para los 2 aserraderos, cuando se imponen condiciones mínimas de eficiencia y se introducen variaciones en la jornada de trabajo diaria y en los días laborables al año.

Determinación del consumo medio de madera en troza

Al propietario de un aserradero portátil el consumo de madera le sirve como criterio para determinar el precio a cobrar cuando presta el servicio de aserrío. Al productor de materia prima (reforestador) le permite conocer el costo involucrado en la transformación primaria de su madera. En los aserraderos de Costa Rica se acostumbra cobrar por el volumen de madera que ingresa a la sierra principal y no por la producción derivada del aserrío. En este estudio se determinó que el consumo de madera en troza del aserradero portátil A (LT40SH) fue significativamente

diferente ($p < 0,01$) al del aserradero súper hidráulico (modelo B). El aserradero B procesó en promedio un volumen anual de madera rolliza 40% mayor al conseguido por el aserradero A. El consumo medio anual resultante de operar los aserraderos durante 6 años consecutivos fue de 208000 y 291000 PMT_r respectivamente para los modelos considerados A y B.

Considerando un diámetro medio ponderado de 36 cm en el extremo más delgado de las trozas procesadas y un factor de rendimiento industrial (FRM: factor de recuperación de madera aserrada) equivalente al 53% del volumen rollizo (Quirós 1990), las cifras de consumo medio anual representan una producción anual estimada de 110000 y 154000 pulgadas madereras ticas aserradas (PMT_a), equivalentes a 238 y 333 m^3_a año⁻¹, respectivamente.

La figura 2 muestra la distribución del consumo medio mensual para ambos aserraderos. Mientras el aserradero A mostró variaciones entre 11000 y 20000 $\text{PMT}_r \text{ mes}^{-1}$ (12,6 a 22,9 $\text{m}^3_a \text{ mes}^{-1}$), el consumo del aserradero B fluctuó entre 13000 y 32000 $\text{PMT}_r \text{ mes}^{-1}$ (14,9 a 36,7 $\text{m}^3_a \text{ mes}^{-1}$). Las notables diferencias en el consumo mensual de madera rolliza ratifican la mayor capacidad para el procesamiento de trozas del aserradero B. La disminución en el volumen de madera consumido en los meses de marzo, abril

y diciembre está asociada a una reducción en la cantidad de días laborados al mes. Esto posiblemente sea consecuencia de los días libres durante Semana Santa y fin de año, cuando ambos aserraderos cesan temporalmente su actividad.

En el cuadro 2 se resume otras estimaciones de consumo de madera rolliza, días laborados, y cantidad de cambios de sierra. En este caso, se laboró ordinariamente jornadas de 8 h al día en 5 días laborables por semana (lunes a viernes), con 8 h menos por semana del mínimo normal en empresas privadas regulares. En el estudio se trabajó 184 y 200 días al año, respectivamente con los aserraderos A y B, lo cual corresponde al 77 y 84% de los 238 días hábiles para trabajo al año cuando se labora 5 días por semana (deduciendo días feriados, de descanso semanal y vacaciones). En las empresas donde se labora 6 días por semana (lunes a sábado) se podría incrementar la capacidad de consumo anual, pues se dispone de 290 días hábiles de trabajo al año.

El consumo diario se obtuvo al dividir el consumo mensual entre la cantidad de días laborados al mes. De manera similar se determinó la cantidad de HPM por día, el consumo por HPM y la cantidad de PMT_r procesadas luego de cada cambio de sierra. La cantidad de HPM por jornada laboral fue diferente entre los modelos evaluados A y B, con medias respectivas de 3,9 y 4,4 HPM

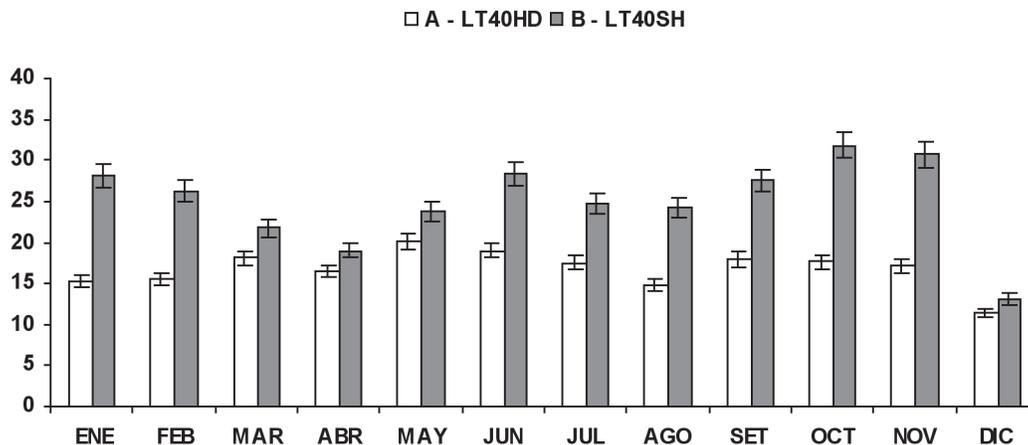


Fig. 2. Consumo promedio mensual de madera en troza (miles de $\text{PMT}_r \text{ mes}^{-1}$) de 2 aserraderos portátiles (A-LT40HD y B-LT40SH). INISEFOR, enero de 1998 a diciembre del 2003.

Cuadro 2. Consumo medio de madera en trozas por 2 modelos de aserradero portátil de banda horizontal después de 6 años consecutivos de operación. INISEFOR, 1998-2003.

| Variable | Unidad | Modelo de aserradero | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| | | A – LT40HD | B – LT40SH |
| Consumo mensual de madera | $PMT_r \text{ mes}^{-1}$ | 17304 +/- 1295* | 24248 +/- 2944 |
| Días laborados | días mes^{-1} | 15,3 +/- 1,1 | 16,7 +/- 1,6 |
| Consumo diario de madera | $PMT_r \text{ día}^{-1}$ | 1131 +/- 35 | 1452 +/- 88 |
| Horas productivas máquina | $HPM \text{ mes}^{-1}$ | 60 +/- 4,4 | 73 +/- 7,9 |
| | $HPM \text{ día}^{-1}$ | 3,9 +/- 0,1 | 4,4 +/- 0,2 |
| Consumo por hora productiva | $PMT_r \text{ HPM}^{-1}$ | 290 +/- 13 | 330 +/- 14 |
| Cantidad de cambios de sierra | cambios mes^{-1} | 42 +/- 3 | 55 +/- 7,6 |
| Consumo por sierra | $PMT_r \text{ sierra}^{-1}$ | 412 +/- 26 | 441 +/- 30 |

* Intervalo de confianza ($p < 0,01$) por encima y debajo de la media aritmética.

día⁻¹. En 7,5 h día⁻¹ de trabajo efectivo (deduciendo 1 h de almuerzo y 2 lapsos de 15 min para café) los equipos de aserrío A y B operaron el 52 y 59% del tiempo disponible. Además de las características particulares de cada equipo, las diferencias observadas podrían estar afectadas por la habilidad de cada operador. Trabajadores experimentados con capacidad para tomar decisiones rápidas con respecto a la mejor forma de fijar la troza, practicar los cortes o realizar los giros, pueden incrementar el tiempo que la sierra esta activa y en contacto directo con la madera a aserrar.

El consumo de madera por HPM también fue significativamente diferente ($p < 0,01$) entre ambos aserraderos. En cada HPM el aserradero B procesó 14% más PMT_r que el aserradero A, con medias respectivas de 330 y 290 $PMT_r \text{ HPM}^{-1}$ (0,38 y 0,33 $\text{m}^3_a \text{ HPM}^{-1}$). La tasa ventajosa de procesamiento de madera rolliza del aserradero B junto con una mayor cantidad de HPM día⁻¹, afectó la diferencia en el consumo medio diario con respecto al aserradero A, con una diferencia relativa del 28%. El consumo medio diario determinado para estos equipos fue de 1131 y 1452 PMT_r , respectivamente en los modelos A y B. Esto corresponde a productividades medias de 1,3 y 1,7 $\text{m}^3_a \text{ día}^{-1}$, en el mismo orden.

Las cifras anteriores parecen ser bajas si se las compara con la tasa de producción dada por el fabricante (Cuadro 1). La principal causa de dicha diferencia puede ser el método usado para determinar el volumen de las trozas. En Costa Rica al igual que en todo el mundo, el sistema de medida utilizado por compradores e industriales de la madera mide las trozas aplicando fórmulas y castigos que reducen significativamente el volumen verdadero (Alfaro 2002). Esto se hace para que la medición refleje únicamente el volumen aprovechable (o “volumen útil” desde el punto de vista industrial) al excluir los “costeros” carentes de valor comercial. Aunque el método “al metro” distorsiona el verdadero volumen de la troza, su uso continúa siendo generalizado en el país pues constituye una manera simple de estimar el volumen útil y es aceptado tanto por productores de madera como por industriales. Con respecto a la cantidad de PMT_r procesadas en cada cambio de sierra no se registró diferencias entre aserraderos. En general, fue preciso cambiar la sierra luego de aserrar en promedio 425 PMT_r .

Consumo y productividad teórica

Aunque la productividad de los aserraderos portátiles con sierra de banda horizontal es muy

inferior a los sistemas con líneas de alta velocidad de procesamiento (Serrano 1991); para lograr alta eficiencia en el rendimiento de la materia prima, son una opción práctica para aumentar la utilización de las trozas, especialmente al aserrar maderas valiosas, suaves o semiduras, sin serios problemas por tensiones de crecimiento. Aserraderos portátiles de este tipo podrían ser operados comercialmente por pequeñas empresas dedicadas a prestar servicios de aserrío o por productores forestales cuyas plantaciones estén graduadas para la producción continua de pequeños volúmenes anuales. Para esta clase de usuarios son de utilidad las estimaciones dadas en el cuadro 3.

En las estimaciones del cuadro anterior se cumple una jornada de trabajo semanal de 48 h. Se trabaja 5 días hábiles por semana y 8 h efectivas de trabajo al día. Se establece como condición, cumplir en ambos casos un mínimo de 60% del tiempo efectivo en HPM. Las cifras indicadas corresponden a la capacidad de consumo y

producción al operar ambos sistemas de aserrío durante un turno normal de trabajo. Incrementos proporcionales se observarían en caso de trabajar dichos aserraderos en jornadas de turno y medio o dobles turnos, efectuando las rotaciones del recurso humano correspondientes.

CONCLUSIÓN

Con datos reales generados al operar en forma comercial 2 aserraderos portátiles durante 6 años consecutivos, se determinó que el consumo de madera rolliza del aserradero B fue 40% mayor al aserradero A, con medias anuales de 291000 y 208000 PMT_r , equivalentes a una producción teórica de 333 y 238 m^3_a año⁻¹, respectivamente. En el mismo orden, manteniendo uniformes las condiciones de tiempo efectivo, se estimó el consumo normal en 376000 y 331000 PMT_r año⁻¹, y la producción normal teórica en 330 y 290 m^3_a año⁻¹.

Cuadro 3. Estimación del consumo anual y producción teórica para 2 modelos de aserradero portátil de banda horizontal.

| Variable | Unidad | Modelo de aserradero | |
|--|---------------------------|----------------------|------------|
| | | A – LT40HD | B – LT40SH |
| Días hábiles de trabajo | días año ⁻¹ | 238 | 238 |
| Horas productivas máquina (60% del tiempo efectivo) | HPM día ⁻¹ | 4,8 | 4,8 |
| | HPM año ⁻¹ | 1142 | 1142 |
| Consumo normal de madera en trozas | PMT_r HPM ⁻¹ | 290 | 330 |
| | PMT_r día ⁻¹ | 1392 | 1584 |
| | PMT_r año ⁻¹ | 331296 | 376992 |
| Producción teórica | m^3_a año ⁻¹ | 380 | 432 |

LITERATURA CITADA

- ALFARO M. 2002. El sistema de medida de madera y su efecto sobre el volumen real comercializado. Desde el Bosque 4(10): 10-13.
- ARIAS G. 2004. Análisis del impacto económico y social de las plantaciones forestales en Costa Rica. Fundación para el desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR). San José, 25 p.
- CARRILLO O. 2001. Situación de la industria forestal costarricense. *In*: Proyecto TCP/COS/006(A): mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales. FAO, MINAE y FONAFIFO. San José.
- COOPERACIÓN EN LOS SECTORES FORESTAL Y MADERERO (COSEFORMA). 1993. Recomendaciones para el aserrío de madera de pequeño diámetro. Documento del proyecto No. 29. Ciudad Quesada. 59 p.
- COSTA RICA. DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL (DGF). 1988. Censo de la Industria Forestal (1986-1987). Departamento de Desarrollo Industrial, Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas (MIRENEM), San José. 44 p.
- HERRERA M., QUIRÓS J. 2002. El sector forestal de Costa Rica. Unidad de comercialización de productos forestales, Cámara Costarricense Forestal. San José. 19 p.
- McKENZIE T. 2003. *Adendum* 001-2003 al contrato 012-2001: Conceptualización, recolección, análisis y procesamiento de estadísticas forestales de la Oficina Nacional Forestal. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Informe final, San José. 39 p.
- MOYA R. 2000. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de *Terminalia amazonia*. Revista Forestal Centroamericana 29(1): 14-19.
- QUIRÓS R. 1990. Optimización del proceso de aserrío en madera de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica. Tesis MSc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. 129 p.
- RODRÍGUEZ, J.M. 2004. Bosque, pago de servicios ambientales e industria forestal. *In*: Décimo informe sobre el Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible. San José, Costa Rica. 26 p. (En línea). Consultado 10 de noviembre de 2004. Disponible en: http://www.estadonacion.or.cr/Info2004/Ponencias/Armonía/Rodriguez_2004.pdf
- SAGE L. 2003. Análisis comparativo de competitividad (Aplicación práctica). Desde el Bosque 5(11): 12-15.
- SANABRIA C., SERRANO R. 1993. Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial de las trozas del primer raleo de una plantación de laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavón Oken). Tecnología en Marcha 12(2): 37-42.
- SERRANO R. 1990. Extracción de madera con bueyes y procesamiento con aserradero portátil de cinta. Tecnología en Marcha 10(3): 45-52.
- SERRANO R. 1991. Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12(1): 89-98.
- SERRANO R. 1996. Desarrollo experimental de una sierra circular doble para aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12(4): 9-16.
- TUSET R., DURÁN F. 1989. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización (aserrado, secado, preservación, descortezado, partículas). Editorial Agrop. Hemisferio Sur. Montevideo. 688 p.