



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**SISTEMA TECNOLÓGICO DE APROVEHAMIENTO EN PLANTACIONES  
FORESTALES DE ACACIA (*Acacia mangium*). SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA  
RICA.**

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

VERÓNICA VILLALOBOS BARQUERO

CARTAGO, COSTA RICA  
NOVIEMBRE, 2014

**SISTEMA TECNOLÓGICO DE APROVECHAMIENTO EN PLANTACIONES FORESTALES  
DE ACACIA (*Acacia Mangium*). SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA.**

**Verónica Villalobos Barquero**

**Resumen**

El presente trabajo evaluó el sistema tecnológico utilizado en el aprovechamiento de plantaciones forestales de acacia ubicadas en San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Se definieron cuatro etapas sobre las que se trabajó: volteo, arrastre, troceo y carga. Se determinó la eficiencia de cada una de ellas mediante un estudio de tiempos (T) y movimientos (M) utilizando la metodología del Muestreo propuesta por Cordero (1989). También se calculó la producción ( $m^3/hr$ ) de cada una de las etapas tomando en cuenta el volumen ( $m^3$ ) y la duración de cada jornada evaluada; para obtener el volumen ( $m^3$ ) promedio se utilizó la fórmula Smalian. Se realizó el análisis de los costos de producción determinando el costo horario ( $\$/hr$ ) de cada una de las etapas. Con base en el costo horario ( $\$/hr$ ) y en la producción obtenida ( $m^3/hr$ ) se calculó el costo de producción ( $\$/m^3$ ). Finalmente, se analizaron las jornadas y se determinaron movimientos improductivos y atrasos para suprimir los necesarios y aumentar la eficiencia, rediseñando el sistema actualmente utilizado, estructurando las medidas correctivas para lograr la eliminación de esos principales atrasos. Para la labor de volteo se obtuvieron valores de movimientos productivos (72,10%) superiores a los atrasos (27,90%). La eficiencia promedio de las ocho jornadas evaluadas fue de 72,10%. La producción promedio para las ocho jornadas evaluadas fue de 9,75  $m^3$ . Los fustes fueron arrastrados con bueyes, sólo se arrastró un fuste por ciclo y en las mejores condiciones 2. El mayor de los movimientos productivos fue arrastre con un 21,37% del total del tiempo y una eficiencia de 59,72%. Se obtuvo una producción promedio de 5,32  $m^3$  por hora programada. En la labor de troceo la “corta” (acción de trocear) se muestra como el movimiento productivo que más tiempo consumió con un 28,64%. Se obtuvo una eficiencia de 60,42% resultando una producción promedio de 12,48  $m^3$  por hora programada. En la operación de carga se obtuvo un volumen promedio ( $m^3$ ) de 4,97 para trozas cortas (1,10 cm) y de 7,98 para trozas largas (1,35 cm), además una producción de 3,52  $m^3/hr$ . De acuerdo a estos resultados se establecieron las mejoras y recomendaciones pertinentes al sistema actual para cada una de las etapas. Se describe el diseño del sistema tecnológico propuesto, basado en las metas de minimizar los riesgos laborales, aumentar la producción y disminuir los costos de producción del sistema de aprovechamiento.

**Palabras claves:** Aprovechamiento de plantaciones forestales, *Acacia mangium*, Costa Rica, Sistema tecnológico.

## **Abstract**

This project evaluated the technological system used in the exploitation of acacia's forestry plantations located in San Carlos, Alajuela, Costa Rica. For stages were defined: Tumbling trees, pull trees, hash trees and loading trees. The efficiency of each was determined through a study of time (T) and movement (M) using the sampling methodology proposed by Cordero (1989). Also, the production ( $m^3/hr$ ) of each stage was calculated based on the volume ( $m^3$ ) and the duration of each evaluated day, to obtain the average volume ( $m^3$ ) the Smalian formule was used. The analysis of production costs was conducted by determining the hourly cost ( $\$/hr$ ) of each of the stages. Based on the hourly cost ( $\$/hr$ ) and the production obtained ( $m^3/hr$ ), the production's total cost ( $\$/m^3$ ) calculated. Finally, the days were analyzed, unproductive movements were determined to suppress the necessary and increase the efficiency by redesigning the system currently used, structuring corrective measures to achieve the elimination the main delays. For the work of the tumbling trees, the productive movements of values (27.90%) were obtained and they were higher than the arrears (72.10%); this means that most of the day's workers were working. The average efficiency of the eight evaluated days was 72.10%. The average production for eight evaluated days was about  $9.75 m^3$ . The shafts were dragged by oxen, only one trunk was dragged per cycle and two trunk when the condition was better. The higher productive movements was the pull with a 21.37% of the time's total and an efficiency of 59.72%. An average production of  $5.32 m^3$  per scheduled time was obtained. For the work of hash "corta" (hashing action) was shown as the productive movement that consumed more time with 28.64%. It was obtained an efficiency of 60.42% resulting an average production of  $12.48 m^3$  per scheduled time. In the loading stage, an average volume ( $m^3$ ) of 4.97 for short logs (1.10 cm) and 7.98 for long logs (1.35 cm) was obtained, plus, a production of  $3.52 m^3/hr$  was obtained. According to these results, improvements and appropriate recommendations to the currents system were established for each one of the stages. The technological system proposed is described, based on the following goals; reducing occupational hazards for workers, increasing the production and decreasing the production costs of the exploitation system.

**Keywords:** Exploitation forestry plantations, *Acacia mangium*, Costa Rica, Technological system.

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

**SISTEMA TECNOLÓGICO DE APROVEHAMIENTO EN PLANTACIONES  
FORESTALES DE ACACIA (*Acacia mangium*). SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA  
RICA.**

Miembros del tribunal

**Miembros del tribunal**



**Ing. Alejandro Meza Montoya, M. Sc**  
**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Director de tesis**



**Ing. Dorian Carvajal Venegas, Lic**  
**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Lector**



**Jordan Cardenas Zúñiga**  
**PROTEAK FORESTAL S.A.**  
**Lector**

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen de Los Ángeles, por la gran bendición del don de la vida, por ser mis guías en momentos de oscuridad y por darme la fuerza para superar cada obstáculo que hubo en mi camino.

A mi familia, Pa, Ma, Cucha, Josué, Lusk y Meguitan, por ser los pilares que sostienen mi vida y por el sacrificio que cada uno tuvo que hacer para que éste, mi sueño, fuera posible. Los amo con todo mi corazón y les dedico mi lucha, mis lágrimas y cada esfuerzo que tuve que hacer para lograr éste título.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, en primer lugar, por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida.

A mi familia, en especial a Papi y a Mami, por el gran trabajo que hicieron al convertirme en la mujer que soy hoy, por inculcarme los valores necesarios para desenvolverme fuera de mi hogar y por darme la seguridad y confianza en mí misma para terminar éste sueño a pesar de las dificultades y miedos que se presentaron en el camino. Gracias!!!!

A la comunidad TEC.

Quiero agradecerle a los nuevos amigos que se cruzaron en mi camino y que, de ahora en adelante, serán para siempre. A Pedro por caminar juntos en este gran proceso y por no dejarme nunca atrás; a Erick y a Jason, mis hermanos por cada momento, bueno y malo, que vivimos en estos años y por el compañerismo y apoyo.

A los Profes de la Escuela de Ingeniería Forestal, por el conocimiento transmitido y por el esfuerzo brindado para conmigo, especial agradecimiento al Profe Moya que más que un profe se convirtió en guía y amigo.

Al Profe Meza, un gran profesor al que admiro, mi tutor y amigo; gracias por la paciencia y el gran esfuerzo durante este proyecto.

Gracias Vílchez por los cientos de consejos que lograron que estos años de estudio fueran más fáciles, gracias por el apoyo y su amistad incondicional.

A los funcionarios-administrativos de la Escuela FO, por la ayuda brindada durante los trabajos de curso y proyectos de investigación.

Gracias a PROTEAK FORESTAL S.A por permitirme realizar mi Trabajo Final de Graduación en su empresa y por el apoyo técnico, económico y social durante los meses laborados.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Contenido</b>	
Resumen .....	ii
Palabras claves. ....	iii
Abstract .....	iii
Keywords.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	13
OBJETIVOS .....	14
Objetivo general: .....	14
Objetivos específicos: .....	14
MATERIAL Y MÉTODOS .....	15
1. Descripción del sitio.....	15
2. Determinación de la eficiencia de cada una de las etapas del aprovechamiento forestal.....	16
3. Análisis del trabajo en cada etapa del sistema .....	17
4. Determinación de la producción de cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal.....	17
5. Rediseño del sistema de aprovechamiento forestal .....	18
6. Determinación del costo total de producción.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
1. Descripción del sistema de producción.....	21
2. Características del sitio de estudio .....	25
3. Estudio del trabajo .....	25
4. Producción obtenida .....	30
5. Mejoras y recomendaciones al sistema actual.....	34
DISEÑO DEL SISTEMA TECNOLÓGICO DE PRODUCCIÓN .....	36
<b>COSTOS</b> .....	44
Volteo .....	44
Arrastre.....	45
Troceo .....	45
Carga.....	46
Costo total del Sistema propuesto .....	46
CONCLUSIONES .....	47
REFERENCIAS .....	48
ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Resultados de la evaluación de la operación de carga en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	30
<b>Cuadro 2.</b> Producción y eficiencia por jornada en la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	31
<b>Cuadro 3.</b> Producción y eficiencia por jornada en la operación de arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	32
<b>Cuadro 4.</b> Producción y eficiencia por jornada en la operación de troceo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	33
<b>Cuadro 5.</b> Determinación de la producción promedio de la operación de carga en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014 .....	34
<b>Cuadro 6.</b> Determinación del costo de producción de la operación de volteo en el sistema propuesto para un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	44
<b>Cuadro 7.</b> Determinación del costo de producción de la operación de troceo en el sistema propuesto para un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	45
<b>Cuadro 8.</b> Costo total de producción para el sistema propuesto de aprovechamiento de plantaciones forestales de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	46
<b>Cuadro 9.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	54
<b>Cuadro 10.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	55
<b>Cuadro 11.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	56
<b>Cuadro 12.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	57
<b>Cuadro 13.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	58
<b>Cuadro 14.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	59
<b>Cuadro 15.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	60

<b>Cuadro 16.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	61
<b>Cuadro 17.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	62
<b>Cuadro 18.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	64
<b>Cuadro 19.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	66
<b>Cuadro 20.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	68
<b>Cuadro 21.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	70
<b>Cuadro 22.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	72
<b>Cuadro 23.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	74
<b>Cuadro 24.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	75
<b>Cuadro 25.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	76
<b>Cuadro 26.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	77
<b>Cuadro 27.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	78
<b>Cuadro 28.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	79
<b>Cuadro 29.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	80
<b>Cuadro 30.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	81
<b>Cuadro 31.</b> Distribución del tiempo de la en la jornada 9 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	82
<b>Cuadro 32.</b> Volumen obtenido por troza en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	84
<b>Cuadro 33.</b> Volumen obtenido por troza en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	85
<b>Cuadro 34.</b> Volumen obtenido por troza en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	86
<b>Cuadro 35.</b> Volumen obtenido por troza en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	87

<b>Cuadro 36.</b> Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Volteo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	90
<b>Cuadro 37.</b> Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	90
<b>Cuadro 38.</b> Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Troceo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución del uso actual de la tierra en la finca Luna Verde. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	15
<b>Figura 2.</b> Corte tipo “cuadrado” realizado en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	22
<b>Figura 3.</b> Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	26
<b>Figura 4.</b> Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	27
<b>Figura 5.</b> Obstáculos presentes en las pistas de arrastre en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	28
<b>Figura 6.</b> Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de troceo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	29
<b>Figura 7.</b> Producción por jornada obtenida en la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de <i>Acacia mangium</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	31
<b>Figura 8.</b> Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	54
<b>Figura 9.</b> Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	55
<b>Figura 10.</b> Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	56
<b>Figura 11.</b> Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	57
<b>Figura 12.</b> Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	58
<b>Figura 13.</b> Distribución del tiempo de la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	59
<b>Figura 14.</b> Distribución del tiempo de la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	60
<b>Figura 15.</b> Distribución del tiempo de la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	61
<b>Figura 16.</b> Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	63
<b>Figura 17.</b> Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	65

<b>Figura 18.</b> Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	67
<b>Figura 19.</b> Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	69
<b>Figura 20.</b> Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.....	71
<b>Figura 21.</b> .....	73
<b>Figura 22.</b> Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	74
<b>Figura 23.</b> Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	75
<b>Figura 24.</b> Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	76
<b>Figura 25.</b> Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	77
<b>Figura 26.</b> Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	78
<b>Figura 27.</b> Distribución del tiempo de la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	79
<b>Figura 28.</b> Distribución del tiempo de la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	80
<b>Figura 29.</b> Distribución del tiempo de la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	81
<b>Figura 30.</b> Distribución del tiempo de la jornada 9 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. ....	82

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las plantaciones forestales aumentaron considerablemente a partir de los años ochenta. Vaides (2004), estima que América Central cuenta con un potencial para plantar más de 100 mil hectáreas, de las cuales el 25% se localiza en Guatemala, 25% en Nicaragua, 20% en Costa Rica, 15% en el Salvador y 15% en Panamá. En el año 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), señaló que el total de plantaciones de árboles en el mundo aumentó de 17,8 millones de hectáreas en 1980 a 187 millones de hectáreas en el año 2000, con una tasa anual de nuevas plantaciones de 4,5 millones de hectáreas a nivel mundial. En América Latina, específicamente en Centroamérica, países muy pequeños de extensión incrementaron notablemente su cobertura forestal de plantaciones.

Las plantaciones forestales, en su mayoría, son establecidas como fuente de materia prima para la sociedad, que demanda productos de madera para diferentes usos (Vaides, 2004); sin embargo, su establecimiento trae consigo una serie de beneficios adicionales desde el punto de vista social, económico y ambiental. La generación de empleo en las comunidades vecinas y el crecimiento de las economías locales, son elementos que contribuyen con el desarrollo de regiones rurales.

El aprovechamiento forestal es la actividad silvicultural que permite el abastecimiento del creciente mercado de la madera; es un sistema tecnológico de producción que cuenta con una serie de etapas que interactúan en forma ordenada y lógica para cumplir con las operaciones de extraer y transportar los productos a las industrias primarias para su transformación (Meza-Montoya, 2004 y Novo, 2009)

La planificación, a diferentes niveles del aprovechamiento, es fundamental para que el resto de las etapas del sistema tecnológico sean funcionales entre sí, es decir, que cada etapa se desarrolle de manera que la siguiente pueda ejecutarse con la eficiencia, rentabilidad y protección al ambiente que se requiere (Meza-Montoya, 1996). La planificación debe permitir que las prácticas que se ejecuten en cada etapa del sistema sean sostenibles y se puedan establecer los mecanismos de control que garanticen el mínimo costo de las operaciones (FAO, 2009).

La ejecución de las operaciones en cada etapa del aprovechamiento forestal, debe ser evaluada de manera que se confronte lo planificado con lo actuado y se puedan realizar los ajustes necesarios (Contreras; Cordero; Fredericksen, 2001). Por lo tanto, la evaluación de las operaciones debe realizarse en plena ejecución de las mismas, de manera que permita observar el funcionamiento de maquinaria, equipo y personal en el campo y adoptar inmediatamente las medidas correctivas necesarias (Dykstra y Heinrich, 1996)

La evaluación de una operación de aprovechamiento forestal debe estar dirigida fundamentalmente hacia la eficiencia, la producción, la distribución del tiempo en la jornada de trabajo y los costos de producción de cada una de las etapas del sistema (Meza A., 2014). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el sistema tecnológico utilizado en el aprovechamiento en plantaciones forestales de acacia ubicadas en San Carlos, Alajuela, Costa Rica, con la finalidad de detectar posibles problemas y brindar una recomendación para mejorar el sistema de producción en forma integral

## **OBJETIVOS**

### Objetivo general:

- Evaluar y rediseñar el sistema tecnológico de aprovechamiento en plantaciones forestales de acacia (*Acacia mangium*) ubicadas en San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

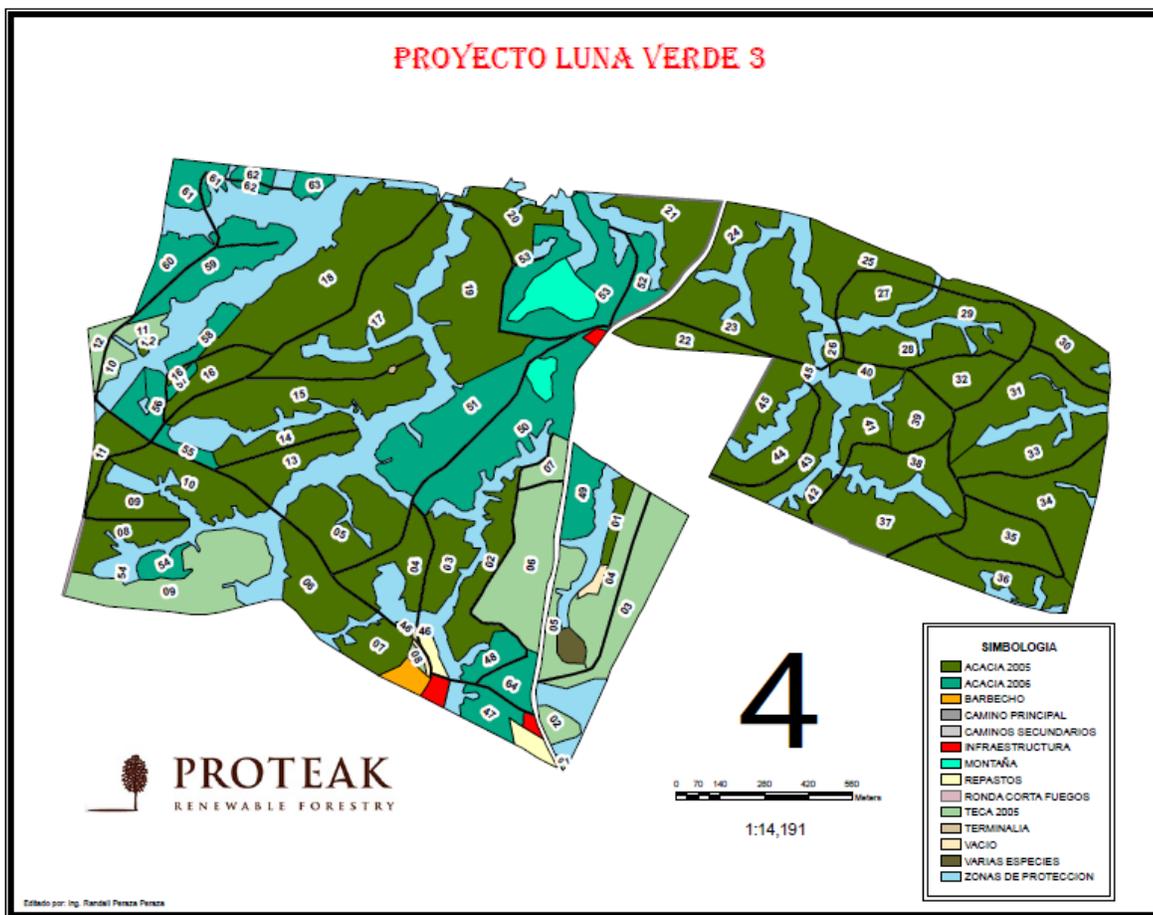
### *Objetivos específicos:*

- Evaluar eficiencia y producción de la tecnología a utilizar en cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal.
- Determinar costos de operación en cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal.
- Rediseñar el sistema tecnológico mediante una propuesta de mejoras al sistema de producción que permita aumentar la eficiencia y la producción, así como disminuir los costos y el riesgo de accidentes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Descripción del sitio

El presente trabajo se realizó en plantaciones forestales de acacia (*Acacia mangium*), pertenecientes a la empresa PROTEAK FORESTAL S.A., ubicadas en la región de El Concho, en el cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica. Geográficamente el sitio se encuentra entre las coordenadas 491849-495185,5 eje vertical y 315537,9-317492,9 eje horizontal. San Carlos es el cantón 10 de la provincia de Alajuela, tiene una superficie de 3347,98 km<sup>2</sup> y una población estimada de 163 745 habitantes. Su principal actividad económica es la agropecuaria. El sitio presenta un clima muy húmedo y lluvioso (Hidalgo A y Zarate W, 2010)



**Figura 1.** Distribución del uso actual de la tierra en la finca Luna Verde. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014  
Fuente: PROTEAK S.A.

## 2. Determinación de la eficiencia de cada una de las etapas del aprovechamiento forestal

Para determinar la eficiencia de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal se realizó un estudio de tiempos (T) y movimientos (M) utilizando la metodología del Muestreo propuesta por Cordero (1989), en donde establece realizar observaciones cada dos minutos con el fin de determinar los porcentajes del tiempo de la jornada que consume cada movimiento; para registrar los datos de T y M se utilizó un cronómetro modelo Lap Memory Timer y se anotaron los datos en la libreta de campo. Asimismo, se clasificaron los movimientos que componen el ciclo productivo de cada etapa en movimientos productivos e improductivos o atrasos.

Para determinar la eficiencia se utilizó la relación entre el total del tiempo productivo y el total del tiempo programado de la siguiente manera:

$$\% E = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Programado}}$$

Donde:

Tiempo Productivo= número de observaciones de movimientos productivos.

Tiempo Programado= total de observaciones de la jornada evaluada.

Para calcular el número de jornadas a evaluar (intensidad de muestreo) se utilizó la fórmula según Cordero (1989):

$$Z = \frac{Z^2 * Q}{E^2 * D}$$

Donde:

Z<sup>2</sup>= porcentaje de confianza deseado.

E<sup>2</sup>= error de muestreo esperado.

D= porcentaje de tiempo programado en que ocurren atrasos (expresado en decimales).

Q= (1-D) porcentaje de tiempo programado en que no hay atrasos (expresado en decimales).

Los formularios a utilizar que contienen los movimientos definidos preliminarmente para cada una de las etapas se encuentran en el Anexo 1.

### 3. *Análisis del trabajo en cada etapa del sistema*

La evaluación de cada una de las etapas del sistema se realizó mediante el análisis de los resultados de los estudios de T y M que se ejecutaron.

Parte del análisis fue determinar los movimientos improductivos, y de estos, cuales deben estar presentes en el ciclo productivo y cuáles deben suprimirse para aumentar la eficiencia. De igual forma se valoró el peso del porcentaje de cada uno de los tiempos improductivos o atrasos en la jornada total para determinar la necesidad o no de invertir en su eliminación.

### 4. *Determinación de la producción de cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal*

Se requiere obtener el volumen y la duración de la jornada. Para calcular estas variables se determinaron los metros cúbicos de la jornada evaluada y se registró la hora inicial y la hora final de la misma.

$$\text{Producción (m}^3\text{/hr.prog.)} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Horas programadas}}$$

- Para calcular el volumen y por la alta cantidad de fustes cortados, arrastrados, troceados y/o cargados que se trabajan por día, se utilizó un muestreo de un 45% de los fustes totales al final de la jornada, valor que se multiplicó por el número de fustes trabajados en cada jornada, todo esto, en el campo.

Se utilizó la fórmula Smalian de la siguiente manera:

$$V = \frac{\pi}{8} * (d_1^2 + d_2^2) * L$$

Donde:

V = volumen en metros cúbicos

d<sub>1</sub>= diámetro en centímetros medido en la cara mayor.

d<sub>2</sub>= diámetro en centímetros medido en la cara menor.

L = largo del fuste en metros.

El formulario que se utilizó para obtener los datos de campo necesarios para la cubicación se presentan en el Anexo 1.

- La duración de la jornada u horas programadas, se obtuvo de la evaluación de T y M realizada anteriormente, calculando la diferencia entre la hora de inicio y la hora final.

- Se obtuvo una producción por jornada evaluada y luego se obtuvo un promedio de todas las jornadas.

### 5. Rediseño del sistema de aprovechamiento forestal

De acuerdo con el análisis del trabajo que se realizó para cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento forestal, se elaboraron simulaciones y se determinó el grado de aumento de la eficiencia. Con base en estas simulaciones, se diseñaron y estructuraron las medidas correctivas para lograr la eliminación de atrasos improductivos

Finalmente se rediseñó el sistema de aprovechamiento detallando para cada etapa el tamaño y conformación del equipo de trabajo, el equipo requerido para realizar el trabajo, el equipo complementario para asegurar la eficiencia de la operación, el equipo de seguridad requerido y los métodos de trabajo sugeridos para obtener las mejoras en la eficiencia y la producción determinadas en los objetivos del presente trabajo.

### 6. Determinación del costo total de producción

Se registraron todas las variables necesarias para determinar el costo horario de cada una de las etapas del sistema de producción (¢/hr), de la siguiente forma:

*Volteo*

Costos Fijos:

Depreciación: se consideró la depreciación de la motosierra calculada con el método de línea recta y estimando una vida útil de 3 años y 200 días de trabajo por año, de la siguiente forma:

$$D = \frac{P-S}{N}, \text{ donde}$$

D= depreciación de la motosierra (¢ /hr).

P= valor inicial de la motosierra sin considerar descuentos.

S= valor de rescate de la máquina, que para la motosierra se considera cero.

N= vida útil de la motosierra.

Costo capital: es el costo que representa la alternativa de utilizar el dinero correspondiente a la compra de la motosierra en otra inversión. Se calculó con base en la inversión media anual, con la siguiente formula:

$$CC = \left( \frac{(P-S) \cdot (N+1)}{2N} + S \right) * i, \text{ donde:}$$

CC= costo capital (¢ /hr)

P= valor inicial de la motosierra sin considerar descuentos

S= valor de rescate de la máquina, que para la motosierra se considera cero.

N= vida útil de la motosierra.

i= tasa de interés.

Mano de Obra: se utilizaron los valores establecidos en la legislación costarricense como salarios mínimos para un trabajador de campo (peón) y para un operario no calificado. Se consideró un 44% de cargas sociales sobre ambos salarios.

### Costos Variables

Combustible: se calculó el costo horario del combustible utilizado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{¢/hr} = \frac{Pa + (Pg * g)}{g + 1} * CC, \quad CC = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tanques} * \text{capacidad del tanque (l)}}{\text{hrs efectivas}} \quad \text{donde:}$$

¢/hr = costo por hora efectiva.

Pa= precio de aceite 2T que utiliza la motosierra (¢/l).

Pg= precio de gasolina utilizada por la motosierra (¢/l).

g= proporción de gasolina en la mezcla.

Lubricantes: se calculó el costo del aceite utilizado para lubricar la cadena de la motosierra utilizando la siguiente de fórmula:

$$\text{¢ /hr} = \text{¢ /l} * CC, \quad CC = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tanques} * \text{capacidad del tanque (l)}}{\text{hrs efectivas}} \quad \text{donde:}$$

¢ /hr = costo por hora programada.

¢ /l = costo por litro.

Cadena: la cadena se considera un costo variable ya que es de los elementos que más se utiliza y por tanto que más se gasta. Su costo se calcula como una depreciación mediante el método de línea recta de la siguiente manera:

$$D = \frac{P - S}{N}, \text{ donde}$$

D= depreciación de la cadena (¢ /hr efectiva).

P= valor inicial de la cadena.

S= valor de rescate de la cadena, que se considera cero.

N= vida útil de la cadena (horas efectivas).

Sable: el sable se considera un costo variable ya que es de los elementos que más se utiliza y por tanto que más se gasta. Su costo se calcula como una depreciación mediante el método de línea recta con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{P-S}{N}, \text{ donde}$$

D= depreciación del sable (¢ /hr efectiva).

P= valor inicial del sable.

S= valor de rescate del sable, que se considera cero.

N= vida útil del sable (horas efectivas).

Mantenimiento y reparación de la motosierra: el valor más exacto de este costo debe provenir de registros de campo, como no se cuenta con los mismos se asume un valor equivalente al 100% de la depreciación de la motosierra.

### *Arrastre*

Se realizaron consultas a diferentes boyeros de la zona para definir el costo de ésta operación.

### *Troceo*

Para calcular el costo horario de la etapa de troceo se siguió el mismo procedimiento señalado anteriormente para el volteo.

### *Carga*

La operación de caga se realiza manualmente, por lo tanto el costo horario corresponde al costo de los salarios mínimos de una cuadrilla compuesta por cuatro trabajadores más las cargas sociales establecidas por Ley.

### *Costo total de producción (¢/m<sup>3</sup>)*

Con base en el costo horario determinado (Costos Fijos + Costos Variables) y considerando la producción obtenida (m<sup>3</sup>/hr), se definió para cada etapa el costo de producción (¢/m<sup>3</sup>), así como el costo total del sistema utilizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Descripción del sistema de producción

El aprovechamiento forestal evaluado fue realizado en plantaciones de *Acacia mangium* pertenecientes a la empresa PROTEAK FORESTAL S.A. Dicha empresa vende la madera en pie pero cobra por camión cargado cuando sale de la plantación, es un funcionario de la empresa quien toma los datos necesarios para cubicar dicho camión mediante la fórmula estéreo. La empresa coordina directa y únicamente con el contratista. La actividad de aprovechamiento está a cargo del contratista quien a su vez sub-contrata servicios como la corta, el arrastre con bueyes y algunas máquinas de aserrío. Estos sub-contratistas son los encargados de buscar a los operadores aptos para realizar cada labor y son los sub-contratistas, una vez que el contratista les paga, los que pagan los salarios a los operadores. Dependiendo del modo de trabajo del sub-contratista, así pagará el salario a los operarios; hay quienes pagan por pulgada cargada o aserrada, mientras que otros pagan por día laborado.

El sistema tecnológico de aprovechamiento forestal utilizado al momento de la evaluación estuvo compuesto por 4 etapas: volteo, arrastre, troceo y carga. A continuación se describe cada una de ella:

#### *Volteo*

Esta etapa del sistema consistió en tumbar los árboles previamente seleccionados para un posterior arrastre, considerando fundamentalmente dos aspectos:

- a) Dirección de caída natural del árbol: con el fin de facilitar la labor del operador de la motosierra, primero se ubicó la dirección natural de caída para derribar el árbol en la dirección más adecuada, además el tamaño de los árboles le permitió al operador, utilizando su pericia, variar la dirección de caída natural del árbol en un rango de hasta 45 ° a ambos lados. Sin embargo, no siempre ocurrió así provocando aterros de madera.
- b) Ubicación de las pistas de arrastre: el operador ubicó visualmente la pista de arrastre más cercana y volteó el árbol en la dirección más adecuada en función de facilitar la siguiente operación que sería la de arrastre. Cuando el operario no veía las pistas de arrastre se producían atrasos dentro del sistema.

El tratamiento aplicado en el aprovechamiento evaluado fue tala raza, este fue ejecutado por una cuadrilla compuesta por un solo operario, a pesar de que lo recomendado es una cuadrilla de no menos de 2 personas (Meza-Montoya, 2014). Además, el sierrero no utilizó ningún tipo de equipo de seguridad.

A la hora de voltear, en la mayoría de los casos, el sierrero utilizó el corte tipo “cuadrado” (Figura 2), compuesto por un corte horizontal del lado seleccionado para la caída del árbol y un corte de caída, ubicado al lado opuesto y un poco más arriba que el primero, generando una grada o escalón que permitió que en la mayoría de los casos, el árbol cayera en la dirección seleccionada. Esto se realizó así debido a que los árboles, en su mayoría, son de tamaño pequeño con diámetro en la base menor de 25 centímetros. Cuando el árbol a cortar tenía un diámetro un poco más grande o bien presentaba alguna dificultad para dirigir su caída, el sierrero utilizaba los tres cortes básicos, realizando una boca y un corte de caída.



**Figura 2.** Corte tipo “cuadrado” realizado en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

La principal función de la cuadrilla de volteo fue ocuparse de la corta de los árboles y el desrame y despunte de los fustes dejándolos listos para ser arrastrados, sin embargo, dentro del sistema utilizado, el mismo operador realizaba también el troceo de los fustes una vez que eran arrastrados al patio y algunas veces se encargaba de apilar las trozas.

Para el alistado de los fustes, si un árbol presentaba una bifurcación, se cortaba la rama más gruesa, dejando un solo eje principal. El diámetro mínimo de aprovechamiento estaba definido en 10 centímetros.

Una vez concluida la jornada de trabajo, el procedimiento seguido por el operador, fue desarmar la motosierra para dejar escondido en el campo el sable y la cadena; por lo tanto la jornada de trabajo siempre iniciaba con un “atraso”, ya que se tenía que volver a armar la sierra, luego procedía a afilar la cadena, desayunaba y posteriormente iniciaba la labor de corta.

El trabajo de volteo se realizó con una motosierra exclusiva para esta actividad y se definían ciclos de trabajo de 3 a 4 árboles, ya que después de ser cortados y desramados, se daba espacio para que se realizara la labor de arrastre, lo que generaba, en muchas ocasiones, tiempos muertos.

### *Arrastre*

La operación de arrastre consistió en trasladar los fustes del sitio de corta a la orilla del camino principal o a un patio de acopio previamente establecido.

El método de arrastre utilizado fue la fuerza animal, específicamente los bueyes, ya que las condiciones climáticas de la región hacían muy difícil mantener una operación en forma permanente utilizando maquinaria, además del daño excesivo que se causaría al suelo.

Al igual que la operación de volteo, el arrastre inicia la jornada de trabajo con un tiempo muerto: la búsqueda de los animales. Esta situación se presentó ya que en la finca no existen las condiciones idóneas para mantener los bueyes, es decir, no hay repastos ni cercas adecuadas, por lo que al final del día los bueyes son desenyugados y se dejan en las rondas de los caminos para que se alimenten, dando paso a que los bueyes caminen largas distancias dificultando su ubicación al día siguiente.

Una vez hallados los animales, se enyugan y el boyero procede a desayunar para iniciar el arrastre de los fustes, pero nuevamente debe esperar a que el sierrero corte los primeros árboles. Esto hace que los movimientos productivos de dicha jornada sucedan hasta alrededor de las 7:30 am.

Los fustes son arrastrados uno por ciclo, solo al final de haber trasladados los árboles cortados, se arrastran los ejes más delgados eliminados de las bifurcaciones, estas piezas si son llevadas en grupos de dos o tres. La distancia promedio de arrastre fue de 64 metros y una característica importante de esta operación es que no hay ningún tipo de preparación de la pista de arrastre por donde pasan los bueyes, ramas, troncos, piedras, arbustos, etc., no son removidos ni apartados.

La etapa de arrastre se llevó a cabo con una cuadrilla conformada por dos yuntas de bueyes pero un solo boyero, de manera que se trabajaba con una yunta un período aproximado a las 3.5 horas, luego se dejaban descansar o se desenyugaban y se trabajaba la siguiente yunta por un período de tiempo similar. El boyero no utilizó ningún tipo de equipo de seguridad.

Al ser arrastrados, los fustes siempre fueron sujetos por el diámetro mayor, lo que denota que en la operación de corta el operador dirige bien los árboles para facilitar su amarre en el arrastre. Un aspecto a resaltar del sistema utilizado es que en algunas ocasiones, el boyero también realizaba la función de apilado de las trozas en el patio de acopio.

### *Troceo*

Esta etapa consistió en seccionar los fustes en trozas según las medidas previamente definidas, en este caso se utilizaron dos longitudes relacionadas con el diámetro y la porosidad de la madera. Las

trozas más delgadas, de menos de 20 centímetros en la cara menor se troceaban en 1.10 m (42 pulgadas) y las de más de 20 centímetros se troceaban en 1.35 m (52 pulgadas).

En esta etapa se utilizaron dos modalidades de producción, madera en troza y madera aserrada. Para la primera modalidad, la madera se troceó a la orilla del camino principal y en el caso de la madera aserrada, se realizó el troceo en el patio establecido para dicha actividad.

En el momento de producir madera aserrada en el campo, el troceo se iba realizando conforme los fustes iban llegando al patio, en este caso se generaron tiempos muertos cuando los bueyes se retrasaban en el arrastre, situación que el sierrero aprovechaba para apilar la madera y descansar; por el contrario, en casos en que la cantidad de madera arrastrada superaba la capacidad de troceo, se buscaba otro sierrero entre el personal de campo para facilitar y apresurar las labores.

Cuando se producía madera en rollo para transportar en camión, la madera se iba acumulando en el patio donde se procedía con el troceo; el apilado no era riguroso, más bien lo que se trata era de colocar la madera de acuerdo con su longitud para facilitar su acomodo en el camión. Algunas veces se presentaban tiempos muertos al esperar a que la madera fuera cargada, ya que de lo contrario, si se continuaba troceando los fustes, las piezas quedarían muy lejos del camión y complicaría la carga que dicho sea de paso se realizaba manualmente.

En todo caso, por las condiciones de reventadura que presenta la especie, no se dejaba nunca madera troceada en el patio sin procesar o sin cargar, con la finalidad de evitar pérdidas de producto, esto conllevaba otro atraso ya que el sierrero tenía que ir troceando poco a poco hasta que el camión fuera alcanzando la altura deseada por el camionero.

Para la operación de troceo, al igual que se hizo en la operación de volteo, se utilizó una sierra exclusiva ya que el desgaste de los eslabones de corte es mucho mayor en esta labor, debido a la especie aprovechada (*Acacia mangium*) y al efecto del golpe del sable en el suelo.

Igual que las operaciones de volteo y arrastre, el troceo inicia con un atraso, ya que la motosierra también es desarmada al final del día para esconder en el campo el sable y la cadena. El equipo se arma, se afila, el operario desayuna e inicia la labor, pero normalmente tiene que esperar que los bueyes lleven madera al patio y estos a la vez tienen que esperar que el sierrero corte un grupo de árboles.

En esta etapa del aprovechamiento se utilizó una cuadrilla de una sola persona y no existió marcaje previo, el sierrero disponía de una varita marcada con las dos dimensiones, la cual colocaba en el fuste

y visualmente determinaba el sitio donde debía colocar la sierra para realizar el corte. El operador no utilizó ningún tipo de equipo de seguridad.

### *Carga*

La operación de carga se realizó manualmente, con una cuadrilla compuesta por 4 personas. De estos, 3 eran cargadores y uno se coloca sobre la plataforma con un pico (piquero) para acomodar la madera que los demás iban subiendo al camión. Ninguno utilizó ningún tipo de equipo de seguridad.

La carga utilizada con mayor frecuencia consistió en madera corta ubicada en forma transversal a la plataforma. Se coloca una pila de madera larga (1,35 m) y una pila de madera corta (1,10) según las especificaciones dadas por el camionero. Es costumbre que el conductor del camión sea el que indique la altura máxima de carga para cada pila de trozas.

## *2. Características del sitio de estudio*

El sitio evaluado presentó características particulares en cuanto a clima ya que durante la mayoría de las jornadas permaneció lloviendo lo que ocasionaba que el suelo estuviera húmedo e impidiera el trabajo con maquinaria pesada. Se evaluaron las actividades de aprovechamiento en 3 lotes continuos que forman parte de la finca llamada Luna verde 3 (Figura 1). Topográficamente, las fincas contaban con lomas cortas y pendientes bajas que no superaban los 10 grados. La plantación aprovechada tenía 9 años de edad; los fustes alcanzaban los 23 metros de altura total, una altura comercial promedio de 20,95 metros y un diámetro promedio de 19,644 cm. Se observó desde el primer lote que a las plantaciones no se les dio ningún tipo de mantenimiento en los últimos 5 años ya que el sotobosque que presentaban era muy denso con regeneración de especies colonizadoras.

## *3. Estudio del trabajo*

El análisis de los datos obtenidos en cada una de las etapas del sistema tecnológico evaluado persigue diagnosticar la distribución del tiempo de una jornada de trabajo, lo que a la vez permite conocer a fondo las operaciones para poder brindar las recomendaciones más adecuadas y necesarias.

### *Volteo*

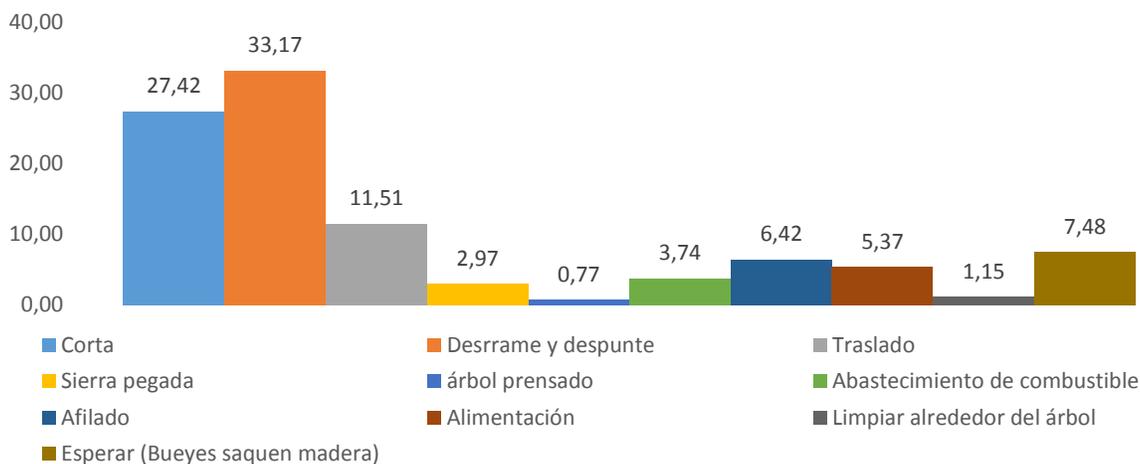
La Figura 3 muestra el resultado del estudio del trabajo durante la operación de volteo, además se presenta la cantidad de tiempo que consumió cada movimiento de esta operación.

Se muestran valores esperados donde los movimientos productivos (72,10%) superan los atrasos (27,90%), esto quiere decir que, la mayor parte de la jornada los trabajadores estuvieron laborando. La eficiencia promedio de las ocho jornadas evaluadas fue de 72,10%. (Cuadro 36, Anexo 4)

El movimiento productivo que consumió la mayor parte del tiempo fue el “desrame y despunte” con un 33,17% ya que por la poca capacitación del operario, en algunas ocasiones, se cortaron varios árboles a la vez lo que dificultó la labor de desrame. Además, cerca de la plantación aprovechada existía un río por lo que se debía de respetar la zona de protección, las ramas que caían en esta zona debían ser troceadas en secciones pequeñas para facilitar su extracción. Otra de las razones por las que tomaba más tiempo desramar y despuntar era que junto a la plantación se encontraba un camino y para facilitar la labor de limpieza del mismo, las ramas de los árboles que caían allí debían ser cortadas en dimensiones más pequeñas.

En cuanto a los atrasos, los más importantes ocurrieron cuando los trabajadores esperaban a que se realizara alguna otra operación o afilaban consumiendo el 7,48% y el 6,42 % y del tiempo total respectivamente (Figura 3). El volteo en éste sistema evaluado no fue una actividad continua ya que el sierrero cortaba y desramaba cierta cantidad de árboles y debían “esperar” a que los bueyes arrastraran la madera hasta el patio de acopio lo que generaba éste tiempo muerto.

Asimismo, el operario encargado del volteo era el mismo encargado del troceo y en los casos en los que había mucha madera acumulada en el patio, se estancaba la operación de volteo para ir a trocear, originando el mayor movimiento improductivo (Figura 3).



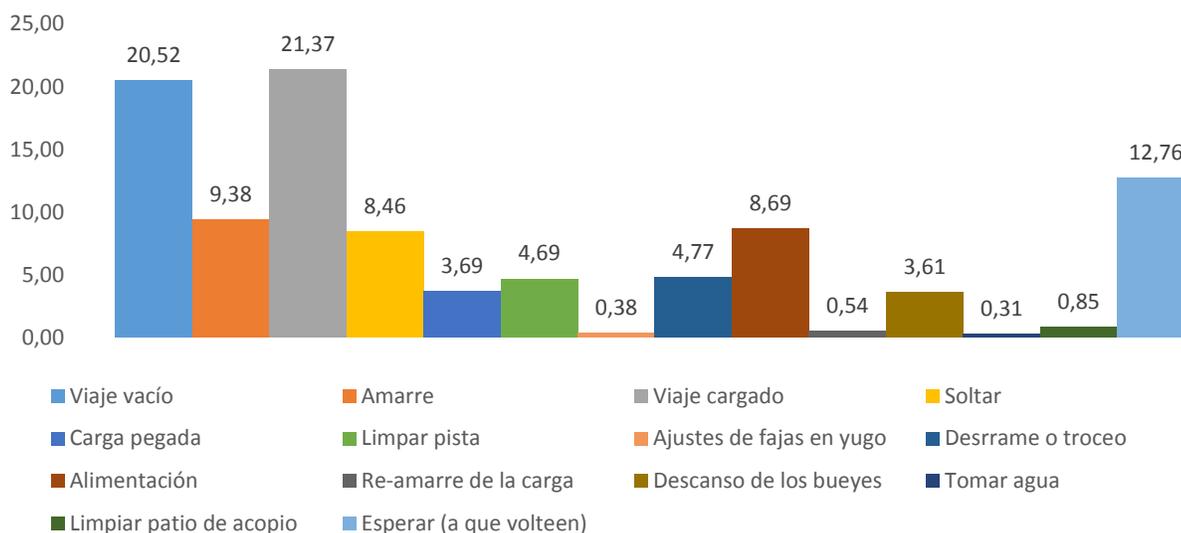
**Figura 3.** Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de Acacia mangium. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. Fuente. Cuadro 36, Anexo 4

En lo referente al “afilado”, que consume un importante porcentaje del tiempo de la jornada y que no es productivo, el sierrero sólo contaba con una cadena para la motosierra y cada vez que se desafilaba se detenían las labores de volteo por más de 15 minutos, atraso que sucedía varias veces al día.

### Arrastre

En ésta etapa los fustes son trasladados desde el lugar de corta hasta el patio de acopio u orilla del camino. El cuadro 37 (Anexo 4) muestra los valores promedio de 6 jornadas evaluadas con una eficiencia de 59, 72.

Los fustes fueron arrastrados con bueyes, sólo se arrastró un fuste por ciclo y en las mejores condiciones 2, produciendo el mayor de los movimientos productivos con un 21,37% del total del tiempo. Los movimientos productivos “viaje vacío” y “viaje cargado” presentan porcentajes muy similares (Figura 4) lo que pone en evidencia que probablemente la fuerza de los bueyes fue subutilizada o que por el diámetro promedio de los fustes los bueyes tenían mayor capacidad de arrastre.



**Figura 4.** Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Fuente. Cuadro 37, Anexo 4.

Al igual que en la etapa de *Volteo*, la “espera” sigue consumiendo el mayor porcentaje de tiempo en cuanto a atrasos se refiere; al inicio y durante la jornada los bueyes debían esperar a que el operario encargado de voltear cortara un ciclo de 3-5 árboles para poder arrastrarlos, acción que ocurría cada una hora y media aproximadamente.

Para este caso, “desrame” o “troceo” de los fustes y “limpiar pista” son movimientos improductivos que sobresalen en cuanto a la cantidad de tiempo consumido (4,77% y 4,69% respectivamente, Figura 4). El primer atraso se daba ya que en algunas ocasiones los árboles eran mal desramados durante el volteo y había que acudir a un sierrero para limpiar por completo el fuste facilitando la labor de arrastre; en cuanto a la limpieza de caminos, nunca se tomó un espacio al inicio de la jornada para eliminar los obstáculos presentes en la pista de arrastre (Figura 5) lo que ocasionó que durante cada ciclo de trabajo los boyeros detuvieran actividades para sacar del camino ramas, troncos, trozas, etc, o bien provocó que los animales circularan más lentamente de lo normal y sufrieran un maltrato mayor en sus

patas. Esta situación es producto de la costumbre de los boyeros ya que nunca han recibido capacitación por tanto no visualizan las ventajas que tendría preparar mejor las pistas de arrastre.



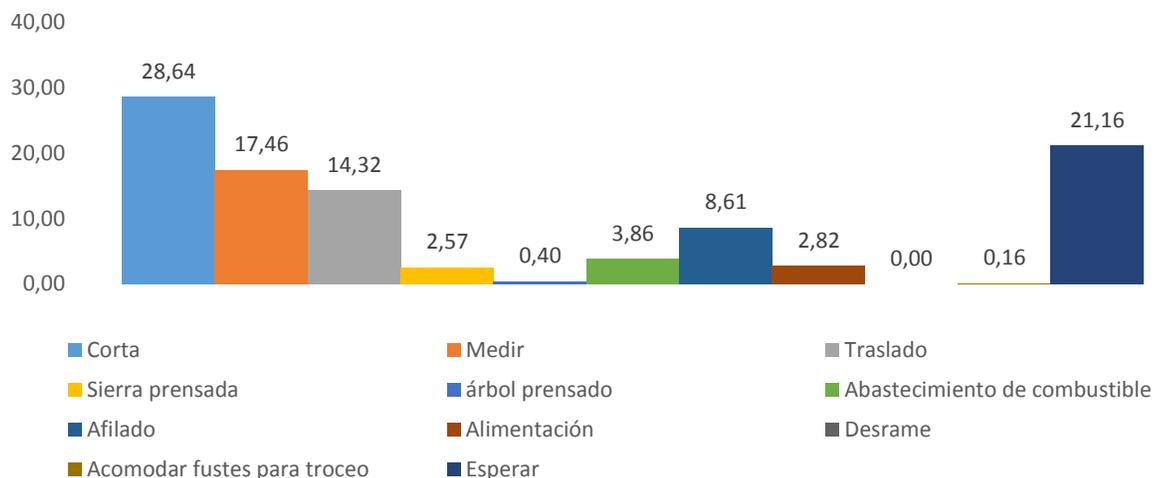
**Figura 5.** Obstáculos presentes en las pistas de arrastre en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

### *Troceo*

La tercera etapa del aprovechamiento evaluado fue la etapa de troceo. Se establecieron dos medidas de troza según los objetivos del aprovechamiento: troza corta 1,10 m (42 pulgadas) y troza larga 1,35 m (52 pulgadas). El cuadro 38 (Anexo 4) muestra la distribución del tiempo promedio de 9 jornadas de trabajo valoradas presentando una eficiencia de 60,42%

La “corta” (acción de trocear) se muestra como el movimiento productivo que más tiempo consumió con un 28,64% ya que de los 3 movimientos éste es el que implica más trabajo, la acción de “medir” se facilitaba y no consumía tanto tiempo pues el operario contaba con una vara con los largos marcados con anterioridad y no era necesario medir con cinta antes de trocear.

Al evaluar la labor de troceo se presentaron dos escenarios; el primero proveía madera a un aserradero portátil ubicado dentro de las plantaciones mientras que el segundo alistaba madera para ser cargada en camiones. El atraso denominado “esperar” fue el que consumió mayor porcentaje del tiempo (Figura 6) debido a que el troceo siempre estuvo en función de la capacidad de consumo del aserradero o de la capacidad de carga de los trabajadores. Si el aserradero se detenía, el sierrero dejaba de trocear y esperaba a que se reanudaran las labores; también ocurría cuando se cargaba madera en rollo ya que la especie aprovechada en las condiciones climáticas del sitio se reventaba y no se podía dejar madera troceada en patio por lo que el operario de la sierra debía esperar a que el camión se fuera cargando.



**Figura 6.** Distribución promedio del porcentaje del tiempo consumido por cada movimiento durante la operación de troceo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. Fuente. Cuadro 38, Anexo 4.

Nuevamente el “afilado” consume un alto porcentaje del tiempo de la jornada (8,61%, Figura 6) convirtiéndose en un atraso que tiene que ser analizado y minimizado. Similar a la operación de volteo, el sierrero contaba con una única cadena, sólo que en este caso los eslabones de corte estaban en contacto con tierra y piedras lo que provocaba que se desafilara más rápido.

### **Carga**

En la mayoría de las jornadas evaluadas en esta operación, cuadrilla de carga estuvo compuesta por cuatro operarios lo que permitía que se diera una jornada continua, es decir, aunque un trabajador se ausentara por unos minutos a descansar o tomar agua, los otros tres seguían cargando el camión. Los cargadores son vecinos de la zona y se dedican exclusivamente a esta actividad. Estos trabajadores permanecen desocupados durante todo el día hasta que el dueño de un camión les contrata para cargar un viaje.

Según la evaluación realizada, la jornada de trabajo de los operarios de carga duró en promedio tres horas con cincuenta y seis minutos para un camión tipo Tandem (Cuadro 1). Luego de finalizada la carga del camión, los operarios vuelven a sus casas esperando la siguiente llamada de algún dueño de un camión, ésta espera puede extenderse de 2 a 4 días según la demanda del aserradero ubicado en la zona.

**Cuadro 1.** Resultados de la evaluación de la operación de carga en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada	Duración de la Jornada	Número de cargadores	Longitud de troza (m)	Número trozas cargadas	Volumen Total (m3)
1	03:20	4	Corta (1,10 )	190,00	6,01
			Larga (1,35 )	110,00	5,28
2	03:35	4	Corta (1,10 )	176,00	5,50
			Larga (1,35 )	133,00	6,28
3	04:40	3	Corta (1,10 )	125,00	4,64
			Larga (1,35 )	167,00	10,87
4	04:10	4	Corta (1,10 )	85,00	3,02
			Larga (1,35 )	154,00	9,47
Promedio	03:56	3,75	Corta (1,10 )	144,00	4,79
			Larga (1,35 )	141,00	7,98

Fuente. Datos de campo. 2014

#### 4. Producción obtenida

##### Volteo

La producción promedio para las ocho jornadas evaluadas fue de 9,75 m<sup>3</sup>, con una producción máxima de 12,45 m<sup>3</sup> con una eficiencia de 84,88% y una producción mínima de 8,07 m<sup>3</sup> con una eficiencia de 72% (Cuadro 2).

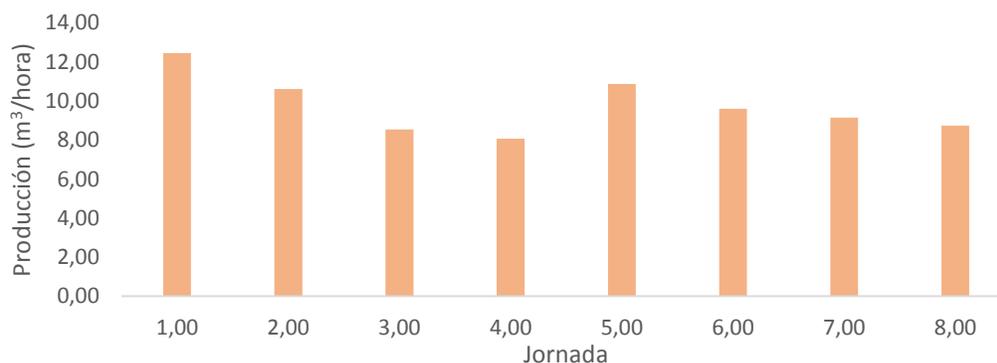
La producción más baja que se obtuvo (8.07 m<sup>3</sup>/hr.prog) obedece a una situación particular del día de trabajo en que el movimiento “desrame y despunte” fue superior al 40% (Cuadro 12, Anexo 2) del tiempo de la jornada, por lo que la producción de madera fue baja; no obstante la eficiencia de esta jornada fue de un 72%, ya que el movimiento señalado es considerado productivo dentro del sistema utilizado, es decir que a pesar de que el operario se mantuvo realizando movimientos productivos, la generación de madera fue baja.

**Cuadro 2.** Producción y eficiencia por jornada en la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada	Eficiencia (%)	Duración de la jornada (horas)	Volumen por jornada (m3)	m3/hora programada	m3/hora efectiva
1	84,88	2:52:00	35,696	12,45	14,67
2	73,27	3:22:00	35,696	10,60	14,47
3	49,17	4:00:00	34,144	8,54	17,36
4	72,00	5:00:00	40,352	8,07	11,21
5	73,33	6:30:00	70,616	10,86	14,81
6	75,00	5:20:00	51,216	9,60	12,80
7	76,30	4:30:00	41,128	9,14	11,98
8	75,00	3:12:00	27,936	8,73	11,64
Promedio	72,37	4:20:45	42,098	9,75	13,62

Fuente. Datos de campo. 2014

Como se aprecia en la Figura 7, la operación de volteo muestra una producción muy uniforme a lo largo de las jornadas evaluadas, lo mismo que la eficiencia que presenta valores muy homogéneos; esto indica que la operación es realizada por el sierrero en una forma muy similar y que las plantaciones en las que se realizó la evaluación no presentan grandes variaciones que afecten severamente esta operación. Únicamente se presentó una jornada de trabajo con una eficiencia mucho más baja (49.17%) que el promedio (72.37 %), el análisis de este día de trabajo señala que se presentó un tiempo muerto (“espera” por otras labores) mayor al 20% del tiempo total, razón por la que la eficiencia bajo sustancialmente (Cuadro 11, Anexo 2).



**Figura 7.** Producción por jornada obtenida en la operación de volteo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Fuente. Cuadro 36, Anexo 4.

La producción en la operación de volteo podría aumentarse eliminando los tiempos muertos que generan la “espera” y el “afilado” como se mencionó antes, sin embargo, las características del sistema utilizado deben ser modificadas para lograrlo.

## Arrastre

La producción ( $\text{m}^3/\text{hr. prog}$ ) en la operación de arrastre muestra una homogeneidad casi perfecta en las jornadas evaluadas, lo que indica que el trabajo de los bueyes está limitado principalmente por la capacidad del sistema de aprovechamiento, que a la vez está limitado por la especie y el producto meta, es decir, los bueyes no pueden producir más de lo que se puede procesar o cargar en el día, ya que la especie no soporta mucho tiempo almacenada en los patios.

**Cuadro 3.** Producción y eficiencia por jornada en la operación de arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada	Eficiencia (%)	Duración de la jornada (horas)	Volumen por jornada ( $\text{m}^3$ )	$\text{m}^3/\text{hora}$ programada*	$\text{m}^3/\text{hora}$ efectiva
1	61,78	7:30:00	44,232	5,898 B	9,546 BC
2	52,69	6:12:00	35,696	5,757 B	10,927 C
3	52,68	6:50:00	25,608	3,748 A	7,113 A
4	62,29	7:52:00	41,128	5,228 B	8,393 B
5	53,71	5:50:00	31,040	5,321 B	9,906 C
6	69,20	9:12:00	55,096	5,989 B	8,654 B
Promedio	58,73	7:14:20	38,80	5,32	9,09

\*Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente. Datos de campo. 2014

La producción más baja que se obtuvo en la evaluación ( $3,784 \text{ m}^3/\text{hr}$ , Cuadro 3) responde a una jornada en la que el movimiento improductivo “esperar” consumió la mayor cantidad de tiempo, un 25,37% del total (Cuadro 19, Anexo 2), superando incluso los movimientos productivos, lo que indica que los bueyes no estuvieron trabajando; si se logra suprimir este atraso, como se discutirá más adelante, la eficiencia de la jornada pasaría de un 52,68% (actual) a un 70, 59%, lo que conllevaría a un aumento en la producción.

Para la etapa de arrastre se intentó crear un modelo de regresión que facilite el cálculo de la producción con variables de fácil medición. Se seleccionaron las variables de volumen, distancia, tiempo y pendiente como las de mayor importancia; estas variables fueron analizadas por medio del programa estadístico Infostat (versión 2008) con un 95% de confianza ( $\alpha = 0,05$ ).

El primer paso para crear el modelo fue analizar la normalidad de los datos mediante una prueba de Shapiro-Wilks modificado, se plantearon dos Hipótesis:  $H_0$ : los datos no siguen una distribución normal y  $H_a$ : los datos siguen una distribución normal, teniendo como resultado que ninguno de los valores tuvo un comportamiento normal, se intentaron transformar los datos sin lograr buenos resultados. Antes de buscar el modelo es necesario ver cuán relacionadas se encuentran las variables; se realizó un Análisis de Correlación utilizando el coeficiente de correlación Spearman que es exclusivo para

variables No paramétricas o datos que no son normales, obteniendo que estadísticamente no existe ningún tipo de correlación entre las variables; sin embargo, basándose en modelos para cubicar volúmenes encontrados en la literatura, se decidió correr 3 tipos nuevos de modelos que contuvieran las variables ya mencionadas, obteniendo que el R<sup>2</sup> que arrojó el análisis (indica el ajuste de los datos) fue muy bajo para todos los modelos probados.

### Troceo

Los resultados de la evaluación de la operación de troceo se presentan en el Cuadro 4. Las primeras cinco jornadas corresponden al troceo realizado al cargar un camión tipo Tandem mientras que las siguientes cuatro jornadas se evaluaron mientras se troceaba para abastecer un aserradero portátil ubicado en la plantación. La jornada 1 posee la eficiencia más baja debido a que el atraso “esperar” consume poco más del 47% del total de la jornada (Cuadro 23, Anexo 3). La producción más baja (9,77%, Cuadro 4) se debe principalmente a que en dicha jornada el volumen procesado es muy poco para la duración total de la jornada.

**Cuadro 4.** Producción y eficiencia por jornada en la operación de troceo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada	Eficiencia (%)	Duración de la jornada (horas)	Volumen por jornada (m3)	m3/hora programada	m3/hora efectiva
1	40,00	3:30:00	56,65	16,19	40,46
2	45,19	4:30:00	67,51	15,00	33,20
3	50,85	3:56:00	49,66	12,63	24,83
4	57,33	5:00:00	51,22	10,24	17,87
5	60,32	4:12:00	52,77	12,56	20,83
6	74,44	6:00:00	80,70	13,45	18,07
7	74,29	3:30:00	35,70	10,20	13,73
8	63,79	5:48:00	56,65	9,77	15,31
9	68,67	5:00:00	61,30	12,26	17,86
Promedio	59,43	4:36:13	56,91	12,48	22,46

Fuente. Datos de campo. 2014

Como se observa en el cuadro anterior, son precisamente las primeras cinco jornadas las que tienen las eficiencias más bajas, esto sucede ya que cuando se trocea para cargar un camión es cuando ocurre con más frecuencia el atraso “esperar” que consume un alto porcentaje del tiempo. A manera de simulación, si se disminuyera este atraso en un 80%, se obtendría un aumento en la eficiencia cercano al 10%.

## Carga

El método utilizado para calcular el volumen fue la fórmula de Huber que utiliza una medición del diámetro al centro de la troza.

Para el método de carga utilizado en este sistema de aprovechamiento, la producción obtenida se considera muy buena. El valor podría aumentar si la operación fuera constante y permanente.

**Cuadro 5.** Determinación de la producción promedio de la operación de carga en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014

Jornada	Duración de la Jornada	Longitud de troza (m)	Volumen A (m <sup>3</sup> )	Volumen B (m <sup>3</sup> )	Volumen C (m <sup>3</sup> )	Producción (m <sup>3</sup> /hora)
1	3:20:00	Corta (1,10 )	0,0316	6,0126	6,1560	4,05
		Larga (1,35 )	0,0480	5,2819	7,3411	
2	3:35:00	Corta (1,10 )	0,0313	5,5035	5,9438	3,71
		Larga (1,35 )	0,0472	6,2777	7,3393	
3	4:40:00	Corta (1,10 )	0,0371	4,6393	3,5383	2,98
		Larga (1,35 )	0,0651	10,8675	10,3787	
4	4:10:00	Corta (1,10 )	0,0355	3,0212	3,1947	3,35
		Larga (1,35 )	0,0615	9,4730	10,7726	
Promedio	3:56:15	Corta (1,10 )	0,0339	4,7942	4,7082	3,52
		Larga (1,35 )	0,0555	7,9751	8,9579	

Volumen A = volumen promedio por troza obtenido según los dos tipos de largo. (Fórmula Huber)

Volumen B= volumen A por el número total de trozas que cargó cada camión.

Volumen C= volumen reportado por la empresa PROTEAK FORESTAL S.A.

Fuente. Datos de campo. 2014

En este caso particular, las diferencias entre el volumen B y C son mínimas a pesar de que se usaron dos fórmulas diferentes ya que la empresa utilizó el método estéreo, lo que confirma nuevamente que este método de cubicación es muy acertado para diámetros menores

## 5. Mejoras y recomendaciones al sistema actual

Para aumentar la eficiencia, la producción y disminuir los costos de operación es necesario suprimir o reducir la mayor cantidad de atrasos improductivos que se presentan durante las operaciones. Seguidamente se presentan las recomendaciones que se consideran más adecuadas para optimizar el sistema.

### Volteo

- Utilizar “boca de caída” en todos los árboles para orienta mejor la dirección evitando así que caigan unos sobre otros dificultando el desrame y despunte.

- Realizar el corte lo más abajo posible en el fuste, con la intención de maximizar la madera aprovechable y facilitar la labor siguiente al disminuir los obstáculos en las pistas de arrastre.
- Contar, en el campo, con un mínimo de 3 cadenas de corte afiladas el día anterior y en buen estado, con la finalidad de mejorar la calidad del afilado y disminuir el tiempo de esta importante labor en la jornada de trabajo.
- Incorporar un asistente a la cuadrilla de volteo.
- Incorporar una palanca de apeo como equipo permanente de la cuadrilla de volteo.
- El asistente debe mantener siempre cerca el recipiente de combustible y aceite para ahorrar el tiempo que significaría caminar largas distancias cada vez que la motosierra se queda sin combustible. De la misma forma, debe asegurarse de llevar el combustible mezclado y en la cantidad suficiente para que alcance para toda la jornada de trabajo.
- Eliminar la práctica de desarmar la motosierra y dejar partes escondidas en el campo. El sierrero está obligado a transportar la máquina completa todos los días al campo.

#### Arrastre

- Reparar las cercas en los lugares de trabajo para establecer un espacio cerrado en el que los animales puedan pastorear y descansar al final de la jornada de trabajo sin el riesgo de que se distancien mucho del lugar de trabajo.
- Planificar la operación del sistema de manera que los responsables de la etapa de corta dejen fustes volteados el día anterior para poder iniciar la jornada sin necesidad de esperar a que el sierrero corte los primeros árboles, disminuyendo así los atrasos por esperas.
- Mejorar las condiciones de trabajo de los bueyes, eliminando de las pistas de arrastre obstáculos como troncos, ramas, fustes caídos, más fácilmente, con lo que se dañan menos y se aumenta la velocidad de los viajes y por tanto la producción.

#### Troceo

- Realizar los ajustes en el sistema de producción de manera que exista un operario específico para la actividad de troceo, con la finalidad de evitar acumulaciones de madera en el patio y atrasos para las labores de carga y/o proceso.
- Realizar los ajustes en el sistema para establecer una relación adecuada con la etapa de arrastre para que en el patio de acopio no falta madera.
- Realizar un análisis de la capacidad de carga de un camión para calcular los fustes a trocear y no esperar a que el camión se cargue poco a poco.
- Contar, en el campo, con un mínimo de 3 cadenas afiladas el día anterior y en buen estado para evitar los atrasos por afilado.

## Carga

- Utilizar el equipo ergonómico adecuado para garantizar la seguridad de los operarios.
- Planificar los sitios de carga, de manera que se puedan aprovechar cortes de caminos que brinden una diferencia de niveles mínima entre el sitio donde están las trozas y la plataforma del camión.

## **DISEÑO DEL SISTEMA TECNOLÓGICO DE PRODUCCIÓN**

Las recomendaciones señaladas anteriormente deben ser engranadas en el sistema de producción bajo un plan detallado de ejecución que asegure la fluidez administrativa, financiera y técnica.

A continuación se describe el diseño del sistema tecnológico propuesto, basado en las metas de disminuir los riesgos laborales, aumentar la producción y una disminuir los costos de producción del sistema de aprovechamiento.

### **Aspectos generales para el buen funcionamiento del sistema:**

#### Capacitación:

El éxito de una operación de aprovechamiento de plantaciones está fundamentado en el detalle con que se planifiquen las labores y la calidad con la que se ejecuten las mismas, por esta razón, todo el personal que trabajará en la operación deberá recibir un proceso de capacitación integral de todas las etapas del sistema. En la descripción de la propuesta que se hace a continuación se señalan los aspectos principales que debe cubrir la capacitación en cada etapa.

#### Seguridad social y laboral:

Para obtener niveles adecuados de eficiencia y producción, es necesario que el personal se sienta protegido de accidentes y enfermedades, por lo tanto, los trabajadores deberán disponer y utilizar el equipo de seguridad correspondiente a la labor que realiza y contar con póliza de riesgos del trabajo y seguro social.

#### Condiciones laborales:

Cuando los trabajadores se sienten bien, rinden bien, por lo tanto deberá procurarse que las relaciones entre el personal y la empresa sean de mutuo respeto y responsabilidad; esto involucra una justa remuneración, horarios de trabajo adecuados, puntualidad en los pagos, responsabilidad patronal con la seguridad social, buen estado de los equipos utilizados, etc.

## *Volteo*

Tamaño y funciones de la cuadrilla:

La cuadrilla está conformada por tres personas, una se desempeña como motosierrista de corta, otro como motosierrista de desrame y despunte y el otro como asistente. El operador de corta tiene a su cargo el volteo de los árboles, define el flujo de la corta y la dirección de caída de los árboles; también está bajo su responsabilidad el buen estado de la motosierra. El otro operador de motosierra tiene a su cargo el desrame y despunte de los árboles, así como el repique de las ramas que sean obstáculo para el tránsito de los bueyes o que caigan en zonas de protección de ríos o caminos. Por su parte, el asistente es responsable de transportar al campo y en el trayecto que resulte del flujo del trabajo, los recipientes con combustible, las herramientas básicas y las cadenas de repuesto; también asiste al operador de corta cuando sea necesario para facilitar la caída de un árbol.

Características de los trabajadores:

Los operadores de motosierra deben ser personas capacitadas y con experiencia en la corta de árboles bajo un sistema de trabajo funcional, capaces de identificar las necesidades de la labor de arrastre para poder facilitar esa labor. Deben conocer el funcionamiento de un motor de dos tiempos y tener conocimientos básicos de mecánica de motosierras. Deben ser personas proactivas, puntuales, responsables, respetuosas y capaces de trabajar en equipo.

Por su parte, el asistente debe ser una persona responsable, ordenada, activa, capaz de recibir órdenes y ejecutarlas en forma acertada, con capacidad para trabajar en equipo y respetuoso de las jerarquías.

Equipo y herramientas:

El equipo mínimo necesario para realizar la labor de corta y desrame está compuesto por:

- Dos motosierras medianas (cilindraje 70 cc, potencia 5 HP, peso 6 kg, sable de 60 cm aproximadamente)
- Una palanca de apeo
- Dos llaves de cubos y dos desatornilladores delgados
- Tres cadenas afiladas de repuesto
- Una cuerda de arranque y una bujía

Equipo de seguridad:

El equipo mínimo de seguridad para cada operador en esta labor lo conforman:

- Casco de seguridad certificado
- chaleco reflectivo
- Orejeras o tapones
- Visera o anteojos de seguridad
- Perneras de seguridad
- Botas con punta de acero

Por su parte el asistente debe contar con:

- Casco de seguridad certificado
- Botas con punta de acero
- Botiquín de campo

Capacitación:

La capacitación que recibe el personal en lo que respecta a la operación de corta debe incluir al menos los siguientes aspectos:

- Concepto de sistema funcional
- Cortes básicos para la corta de un árbol
- Aspectos a considerar para elegir la dirección de caída (dirección natural, obstáculos, pistas, remanentes)
- Como cambiar la dirección de caída natural de un árbol
- Uso de equipo adicional para facilitar la caída (cuerdas, cuñas, palanca de apeo)
- Técnicas de desrame y despunte
- Mecánica básica de motosierras
- Uso y funcionamiento de la motosierra

Detalle de ejecución de la operación:

La corta se realizará siempre en función de la labor de arrastre. Para cortar cada uno de los árboles es necesario que el operador utilice los 3 cortes básicos para cortar un árbol, esto brinda seguridad de acertar la dirección de caída seleccionada, que es la base para una buena calidad de la operación.

El operador debe elegir cuál será el flujo de la corta de acuerdo con la ubicación de las pistas de arrastre existentes en la unidad de corta, las cuáles deben ser visibles desde toda el área de trabajo, para esto se pueden utilizar balizas marcadas con cinta o con pintura. El flujo de corta debe tener varios flancos, de modo que cuando la madera esté siendo arrastrada el operador pueda estar cortando en otro sector.

El operador de corta se encarga de seleccionar la dirección de caída de los árboles teniendo en cuenta: la ubicación de las pistas de arrastre, la pendiente, la dirección de caída natural del árbol, la

presencia de obstáculos que puedan dañar el producto al caer y en caso de raleos, la ubicación de los árboles remanentes.

El operador de motosierra encargado del desrame y el despunte, deberá asegurarse de realizar los cortes al ras del fuste, que no queden secciones de ramas en el fuste y que el despunte se haga en el punto exacto donde se ubica el diámetro mínimo aprovechable. Esta operación debe seguir el mismo flujo que la operación de corta y debe asegurar que los fustes queden en posición de ser arrastrados, caso contrario, deberá, con ayuda del asistente, virar los fustes utilizando palancas de madera hasta que alcancen una posición adecuada para su arrastre.

En general, la cuadrilla debe tener claro que la operación de volteo no termina hasta que los fustes tengan una disposición en el campo que permita una fácil operación de arrastre.

### *Arrastre*

Tamaño y funciones de la cuadrilla:

La cuadrilla deberá estar compuesta por una persona y una yunta de bueyes. El operario de los bueyes o boyero será el encargado del arrastre de los fustes desde el punto de corta hasta el patio de acopio por medio de los bueyes, así como velar por que los animales sean tratados con respeto y responsabilidad, también será el responsable de las cadenas que le fueron asignadas para amarrar el fuste al yugo de los bueyes.

Características de los trabajadores:

El operario debe ser una persona con experiencia en el trabajo con animales, específicamente con bueyes, capaz de reconocer la capacidad de arrastre de una yunta y la fuerza y potencial en cuanto al trabajo que éstos animales realizan. Debe de conocer acerca del cuidado, la alimentación y el trato que se les da a los bueyes durante la jornada de trabajo, así como de las instrucciones y expresiones que se utilizan para comunicarse con éstos animales. Debe ser una persona responsable, competente y capaz de trabajar en equipo.

Equipo y herramientas:

El equipo mínimo necesario para realizar la labor de arrastre con bueyes está compuesto por:

- Una yunta de bueyes capacitada
- Un “chuzo” o varilla para establecer la jerarquía en la cuadrilla y conducir a los bueyes en la dirección deseada sin maltratarlos
- Una cadena de amarre de los fustes

Equipo de seguridad:

El equipo mínimo de seguridad para el operador en esta la actividad de arrastre debe ser:

- Casco de seguridad certificado
- chaleco reflector
- Botas con punta de acero

#### Capacitación:

La capacitación que recibe el personal en lo que respecta a la operación de arrastre debe incluir al menos los siguientes aspectos:

- Concepto de sistema funcional
- Técnicas básicas de arrastre
- Como identificar las pistas de arrastre más convenientes
- Trato de animales
- Acomodo correcto de fustes en el patio de acopio (para maximizar el espacio)

#### Detalle de ejecución de la operación:

La operación de arrastre se realizará en función de la siguiente etapa. Es indispensable planificar las pistas de saca, con todas las condiciones óptimas para que el animal pueda transitar eficientemente, junto con los patios de acopio previendo dos flujos de madera, de manera que mientras el operario de volteo está en una zona, los bueyes puedan estar trabajando en otra. Al amarrar los fustes al yugo de los animales, es necesario asegurarse de que las cadenas queden bien ajustadas de manera que el lado de la troza arrastrada que lleva la cadena se eleve a una altura que evite la fricción con el suelo y otros materiales que dificultan esta labor. Una vez en el patio de acopio, los fustes deben ser apilados en orden de manera que se maximice el espacio y los bueyes no se lastimen al introducir sus patas en la madera.

El boyero debe evaluar las mejores condiciones en las que trabajarán los animales, tomando en cuenta la pendiente del sitio, la distancia de arrastre -que no debe superar los cien metros-, las pistas de arrastre y las pistas de saca, entre otras cosas.

#### *Troceo*

Tamaño y funciones de la cuadrilla:

La cuadrilla de trabajo de la operación de troceo está compuesta por un operario motosierra y un ayudante. El sierrero estará a cargo de trocear el fuste en las dimensiones previamente establecidas por el contratista y tendrá a cargo el buen estado de la motosierra. El ayudante del sierrero se encargará de ir midiendo la troza facilitando la labor de troceo, así como de colaborar con el motosierrista en caso de que la sierra se quede pegada o haya que acomodar el fuste para un troceo

más eficiente. También deberá transportar al patio de acopio los recipientes con combustible, las herramientas básicas y las cadenas de repuesto.

Características de los trabajadores:

El operador de motosierra debe ser una persona capacitada y con experiencia en la corta y troceo de árboles, debe ser capaz de reconocer las características de las especies forestales con las que se trabaja para poder identificar aspectos como la porosidad y torceduras que determinan la dimensión óptima de manera que se aproveche al máximo la troza. Deben conocer el funcionamiento de un motor de dos tiempos y tener conocimientos básicos de mecánica de motosierras. Preferiblemente que sea una persona responsable, cumplidor y entregado al trabajo.

En cuanto al ayudante debe ser capaz de recibir órdenes y ejecutarlas de la mejor manera, debe ser muy responsable y apto para colaborar en dicha actividad.

Equipo y herramientas:

El equipo mínimo necesario para realizar la labor de troceo será:

- Una motosierras medianas (cilindraje 70 cc, potencia 5 HP, peso 6 kg, sable de 60 cm aproximadamente)
- Una llaves de cubos y un desatornillador delgado
- Do cadenas afiladas de repuesto
- Una cuerda de arranque y una bujía

Equipo de seguridad:

El equipo mínimo de seguridad para cada operador en esta labor lo conforman:

- Casco de seguridad certificado
- chaleco reflectivo
- Orejeras o tapones
- Visera o anteojos de seguridad
- Perneras de seguridad
- Botas con punta de acero

Por su parte el asistente debe contar con:

- Casco de seguridad certificado
- Chaleco reflectivo
- Botas con punta de acero

Capacitación:

El personal de troceo deberá recibir una capacitación que incluya al menos los siguientes aspectos:

- Concepto de sistema funcional
- Como aprovechar al máximo la madera
- Técnicas básicas de troceo
- Cuidados de la motosierra
- Mecánica básica de motosierras
- Uso y funcionamiento de la motosierra

Detalle de ejecución de la operación:

Esta operación, se realizará siempre en función de la carga y de las dimensiones que el contratista solicite. El operario del troceo deberá, antes de iniciar a cortar, visualizar todo el fuste con el fin de maximizar el volumen de madera aprovechable. El operador de la motosierra debe realizar la labor teniendo en cuenta que los dientes de corte de la sierra no deben estar en contacto con tierra o piedras ya que se desafilan más rápido.

El ayudante se encarga de dar la dimensión justa para que el sierrero realice el corte; para facilitar y agilizar dicha operación deberá tener una vara con los largos de corte medidos y marcados.

La cuadrilla de corte deberá ser funcional y efectiva para que las etapas del sistema de aprovechamiento sean fluidas y productivas.

En esta etapa se deben establecer, previamente y de forma planificada, varios patios de acopio tomando en cuenta las pistas de saca, separados y con un tamaño promedio de 10m x 10m con el fin de eliminar atrasos por falta de campo.

### *Carga*

Tamaño y funciones de la cuadrilla:

La cuadrilla de trabajo de la operación de carga está compuesta por cuatro trabajadores, tres de ellos cumplen las mismas funciones de carga mientras que el cuarto será quien, desde arriba de la plataforma del camión, suba las trozas a la misma con ayuda de un hacha.

Características de los trabajadores:

El trabajador de carga deberá contar con buena salud, y con las condiciones físicas para realizar dicha labor, así como con la capacidad y la fuerza para levantar cargas pesadas. Deben ser operadores con experiencia en la carga de camiones tipo Tandem. El operario de carga debe trabajar en equipo, con voluntad, ser responsable y solidario con sus compañeros.

Equipo y herramientas:

A pesar de ser poco, el equipo mínimo necesario para realizar la labor de carga será:

- Un pico o hacha para facilitar subir las trozas al camión.

Equipo de seguridad:

El equipo mínimo de seguridad para cada operador en esta labor lo conforman:

- Casco de seguridad certificado
- chaleco reflectivo
- Cinturones ergonómicos

Capacitación:

El personal de carga deberá recibir una capacitación que incluya al menos los siguientes aspectos:

- Concepto de sistema funcional
- Técnicas de carga
- Uso del equipo de salud y seguridad

Detalle de ejecución de la operación:

La operación de carga, que se realiza en forma manual, será dirigida por el camionero quien decide las alturas y las condiciones con la que se cargará el camión. Tres operarios de carga, desde el suelo, serán quienes acerquen las trozas desde el patio de acopio hasta la plataforma del camión, el cuarto operario, desde arriba de la plataforma, subirá las trozas con ayuda de un pico o hacha.

La cuadrilla de carga deberá trabajar en equipo ya que la labor lo amerita.

### **Funcionamiento del sistema de producción propuesto:**

Para que las etapas del sistema propuesto interactúen eficazmente, es necesario realizar una intensa y permanente administración de la ejecución del aprovechamiento, esto por tanto en la evaluación realizada se ha detectado que esta operación de aprovechamiento de raleos de plantaciones de *Acacia mangium* para la elaboración de tarimas, es muy sensible desde el punto de vista financiero y técnico.

El margen de utilidad unitario es bajo, por lo que se debe contar con una alta producción para mantener la empresa funcionando, además de mantener al margen costos como el de transporte. Estos aspectos, unidos al poco tiempo que resiste la especie en el patio sin dañarse, hacen que la operación tenga que contar con una sincronía exacta entre las etapas del sistema para que no se dañe madera en los patios y que nunca falte material para procesar en el campo o transportar a una industria, de acuerdo con los planes y objetivos de producción diaria que se deben establecer.

Por tanto el sistema propuesto parte de que debe existir un aumento tanto en la eficiencia como en la producción. En este caso se realizaron estimaciones de producción y eficiencia asumiendo la eliminación de tiempos improductivos y una proyección de la producción a jornadas de 8 horas, de esta manera se espera que con las recomendaciones brindadas en el sistema propuesto durante la

operación de volteo se cortará un promedio de 110 árboles por día. A partir de este dato se calcularon los requerimientos de las etapas siguientes.

Con base en los rendimientos obtenidos en la evaluación y haciendo una proyección a una jornada completa, para poder arrastrar el volumen cortado en la etapa anterior se requiere de dos yuntas de bueyes. A la vez, para trocear este volumen cortado y arrastrado, se requiere una cuadrilla compuesta por un sierrero y un ayudante lo que garantiza que el saldo de madera en patio al final del día será mínimo.

Este esquema produce una cantidad de madera que requiere de la carga de tres camiones tipo Tandem por día.

Finalmente la administración del sistema debe velar por que cada una de las etapas del sistema cumpla con las normas ya establecidas y mencionadas para la ejecución de cada etapa.

## COSTOS

El costo por metro cubico se obtuvo de la relación entre el costo horario (¢/hr prog) y la producción (m<sup>3</sup>/hr prog) obtenida para cada una de las etapas del sistema propuesto.

A continuación se describe el cálculo del costo de producción de cada una de las cuatro etapas que componen el sistema de aprovechamiento propuesto.

### Volteo

Como se mencionó anteriormente la cuadrilla de volteo propuesta estará compuesta por dos motosierristas y un asistente.

**Cuadro 6.** Determinación del costo de producción de la operación de volteo en el sistema propuesto para un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

	<b>Costos Fijos</b>	<b>(¢/hr prog)</b>
Depreciación		172,92
Costo Capital		17,29
<b>Total CF (¢/hr prog)</b>		<b>190,21</b>
	<b>Costos Variables</b>	<b>(¢/hr efec)</b>
Combustible		484,58
Aceite cadena		1633,33
Depreciación sable		226,00
Depreciación cadena		106,67
Mantenimiento y reparación		172,92
<b>Total CV (¢/hr efect)</b>		<b>5247,00</b>
<b>Total CV (¢/hr prog)</b>		<b>3935,25</b>
	<b>Mano de Obra</b>	<b>(¢/hr prog)</b>
2 Sierreros		3600
1 Ayudante		1200
C.C.S.S		1,44

<b>Total MO</b>	<b>6912</b>
<b>Costo Horario Total (¢/hr prog)</b>	<b>11037,46</b>
<b>Producción (m<sup>3</sup>/hr prog)</b>	<b>10,67</b>
<b>Costo total de producción (¢/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1034,44</b>
<b>Costo total de producción (¢/PMT)</b>	<b>2,86</b>

Para realizar esta labor se emplearán dos motosierras iguales, marca Husqvarna, modelo 272 que utilizan una proporción de combustible 1:20. Para la operación de volteo se proyecta una producción de 9,72 m<sup>3</sup>/hr prog que equivale a voltear 110 árboles por día, con una eficiencia de 75% producto de las mejoras recomendadas.

### Arrastre

Con base en datos actuales, obtenidos mediante consulta a diferentes boyeros de la zona, se definió un costo de ¢7240/m<sup>3</sup> equivalente a ¢20/PMT, valor que incluye tanto la mano de obra como el trabajo de los animales.

### Troceo

Para la operación de troceo se propone una cuadrilla compuesta por un sierrero y un ayudante.

**Cuadro 7.** Determinación del costo de producción de la operación de troceo en el sistema propuesto para un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Costos Fijos (¢/hr prog)</b>	<b>(¢/h prog)</b>
Depreciación	86,46
Costo Capital	8,65
<b>Total CF</b>	<b>95,10</b>
<b>Costos Variables</b>	<b>(¢/h efect)</b>
Combustible	488,66
Aceite cadena	1647,06
Depreciación sable	226,00
Depreciación cadena	106,67
Mantenimiento y reparación	86,46
<b>Total CV (¢/hr efect)</b>	<b>2554,84</b>
<b>Total CV (¢/hr prog)</b>	<b>2171,61</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>(¢/h prog)</b>
1 Sierrero	1800
1 Ayudante	1200
C.C.S.S	1,44
<b>Total MO</b>	<b>4320</b>
<b>Costo Horario Total (¢/hr prog)</b>	<b>6586,72</b>
<b>Producción (m<sup>3</sup>/hr prog)</b>	<b>12,32</b>

<b>Costo total de producción (¢/m<sup>3</sup>)</b>	<b>534,68</b>
<b>Costo total de producción (¢/PMT)</b>	<b>1,48</b>

Se utilizará una motosierra con las mismas características que la utilizada en la etapa de volteo.

Para la operación de troceo se proyecta una producción de 12,32 m<sup>3</sup>/hr prog que equivale a trocear 127 fustes por día, con una eficiencia de 85% producto de las mejoras recomendadas.

### *Carga*

El costo de carga se calculó con base en una cuadrilla de cuatro personas con un salario de ¢1200/hr más las cargas sociales establecidas por Ley (44%), con una producción proyectada de 3,45 m<sup>3</sup>/hr, se obtiene un costo de producción de ¢2003,49/m<sup>3</sup> (¢5,53/PMT). Considerando que un camión tiene capacidad para transportar 13,67 m<sup>3</sup> (Cuadro 1), y que el volumen de corta proyectado es de 77,78 m<sup>3</sup> entonces se requiere cargar 6 camiones para transportar este volumen.

### *Costo total del Sistema propuesto*

El cuadro 8 resume los costos de operación para todo el sistema de aprovechamiento propuesto.

**Cuadro 8.** Costo total de producción para el sistema propuesto de aprovechamiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Etapas del sistema</b>	<b>Costo horario (¢/hr prog)</b>	<b>Producción (m<sup>3</sup>/hprog)</b>	<b>Costo de producción (¢/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo de producción (¢/PMT)</b>
Volteo	11037,46	10,67	1034,44	2,86
Arrastre	-----	-----	7240	20
Troceo	6586,72	12,32	534,64	1,48
Carga	6912	3,45	2003,47826	5,53
<b>Costo total</b>			<b>10812,55</b>	<b>29,87</b>

A manera de comparación, el sistema evaluado tiene un costo de ¢31/PMT que son pagados a dos contratistas diferentes, ¢23 por las etapas de volteo, arrastre y troceo y ¢8 por la etapa de carga. Nótese que el sistema propuesto tiene un costo menor (¢29,87) a pesar de que éste sí considera las cargas sociales (44%) en todas las etapas; esta diferencia radica en que el sistema propuesto incluye mejoras que aumentan la producción y la eficiencia.

## CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de la evaluación del trabajo señalan que en todas las etapas existe la presencia del atraso “espera”, por lo tanto se concluye que el principal problema operativo del sistema radica en la planificación y diseño de patios y áreas de trabajo.
- Las características de la especie hacen necesaria una sincronización entre las etapas del sistema, en el caso evaluado se convierte en una disminución de la eficiencia.
- Para que las etapas del sistema propuesto interactúen eficazmente, es necesario realizar una intensa y permanente administración de la ejecución del aprovechamiento.
- Se debe contar con una alta producción para mantener la empresa funcionando debido a que el margen de utilidad unitario del producto final es bajo.
- El “método estereo” para determinar el volumen es válido para la cubicación de diámetros menores de *Acacia mangium*.
- Se concluye, una vez más, que la capacitación técnica del personal es fundamental para alcanzar los niveles de producción y eficiencia óptimos.

## REFERENCIAS

- Contreras, F., Cordero, W., & Fredericksen, T. (2001). *Evaluación del aprovechamiento forestal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*. Recuperado de: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%2024%2097/pd24-97-8%20rev1\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%2024%2097/pd24-97-8%20rev1(F)%20s.pdf)
- Dykstra, D. P., & Heinrich, R. (1996). *Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO*. Food & Agriculture Org. Departamento Forestal de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/v6530s/v6530s00.htm>
- FAO. (2001). *Datos mundiales sobre los recursos de plantaciones forestales No. 29, 36*. Estudio FAO, Departamento de Montes, Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/004/y2316s/y2316s0b.htm>
- Hidalgo, A., & Zarate, W. (2010). *Plan estratégico funcional para la optimización de la gestión tributaria de la Municipalidad de San Carlos*. (Tesis de Licenciatura) San Carlos, Costa Rica. Recuperado de: <http://bibliodigital.itcr.ac.cr>.
- Meza-Montoya, A. (1996). *Fundamentos sobre aprovechamiento de plantaciones forestales. Informe final del proyecto. Alternativas tecnológicas para el arrastre de madera en plantaciones forestales*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica), 1(3), pág-54.
- Meza-Montoya, A. (2012). El aprovechamiento de plantaciones forestales: un sistema de producción. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* (Costa Rica), 1(3), pág-54. Recuperado de: <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/viewFile/565/491>
- Meza-Montoya, A. (2014). *Aprovechamiento de Plantaciones Forestales*. Informe final de actividad de fortalecimiento. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 80 p.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2012). *Estado de cobertura forestal de Costa Rica 2009-2010*. (Boletín informativo), San José, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.minae.go.cr/index.php/actualidad/anuncios/37-cobertura-forestal-del-pais-alcanza-el-52-38>
- Novo, A. (2009). *Generalidades sobre los aprovechamientos forestales*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Vigo, Pontevedra, España. Recuperado de: <http://webs.uvigo.es/anovo/pdf/aprov/generalidades>

Vaides López, E. E., y CATIE, Turrialba (Costa Rica). (2004). *Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (Tectona grandis L. f.) en plantaciones forestales de diferentes regiones de Guatemala* (Tesis de Maestría). Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3294E/A3294E.PDF>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Formulario que contienen los movimientos definidos preliminarmente para cada una de las etapas del sistema de aprovechamiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

### FORMULARIO VOLTEO

FECHA: \_\_\_\_\_ UBICACIÓN: (lote, finca, parcela, etc)

ANOTADOR: \_\_\_\_\_ LABOR: \_\_\_\_\_

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINAL: \_\_\_\_\_ JORNADA: \_\_\_\_\_

Nº TANQUES: \_\_\_\_\_ ARBOLES CORTADOS: \_\_\_\_\_

#### MOVIMIENTOS PRODUCTIVOS

	TOTAL
Corta	_____
Derrame y despunte	_____
Traslado	_____
TOTAL	_____

#### ATRASOS

	TOTAL
Sierra pegada	_____
Árbol prensado	_____
Abastecimiento combustible	_____
Afilando	_____
Alimentación	_____
Fisiológicos	_____
TOTAL	_____

**FORMULARIO ARRASTRE BUEYES**

FECHA: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN: (lote, finca, parcela, etc)

ANOTADOR: \_\_\_\_\_

LABOR: \_\_\_\_\_

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINAL: \_\_\_\_\_ JORNADA: \_\_\_\_\_

ARBOLES ARRASTRADOS: \_\_\_\_\_

DISTANCIA PROMEDIO: \_\_\_\_\_

**MOVIMIENTOS PRODUCTIVOS**

		TOTAL
Viaje vacío	_____	_____
Amarre	_____	_____
Viaje cargado	_____	_____
Soltar	_____	_____
TOTAL		_____

**ATRASOS**

		TOTAL
Carga pegada	_____	_____
Limpiar pista	_____	_____
Ajuste de fajas en yugo	_____	_____
Derrame o troceo	_____	_____
Alimentación	_____	_____
Fisiológicos	_____	_____
Re-amarre de la carga	_____	_____
Descanso de bueyes	_____	_____
Tomar agua (operario)	_____	_____
TOTAL		_____

**FORMULARIO TROCEO**

FECHA: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN: (lote, finca, parcela, etc)

ANOTADOR: \_\_\_\_\_

LABOR: \_\_\_\_\_

HORA INICIO: \_\_\_\_\_

HORA FINAL: \_\_\_\_\_ JORNADA: \_\_\_\_\_

Nº TANQUES: \_\_\_\_\_

ARBOLES TROCEADOS: \_\_\_\_\_

**MOVIMIENTOS PRODUCTIVOS**

	TOTAL
Corta	_____
Medir	_____
Traslado	_____
<b>TOTAL</b>	_____

**ATRASOS**

	TOTAL
Sierra pegada	_____
Árbol prensado	_____
Abastecimiento combustible	_____
Afilando	_____
Alimentación	_____
Fisiológicos	_____
Desrame	_____
Acomodar fustes para troceo	_____
<b>TOTAL</b>	_____

**Anexo 2.** Distribución del tiempo de cada una de las jornadas de trabajo evaluadas en cada etapa del sistema de aprovechamiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

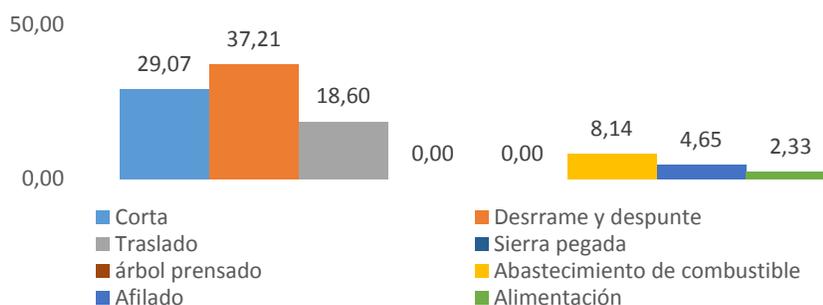
## VOLTEO

**Cuadro 9.** Distribución del tiempo de la en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>1</b>		
Hora inicio:		08:10		
Hora final:		11:02		
Árboles volteados:		46,00		
Número de tanques		3,00		
% de Eficiencia		84,88		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		35,696		
m <sup>3</sup> /hr programada		12,452		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		14,670		

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	25	50	0,83	29,07
Desrame y despunte	32	64	1,07	37,21
Traslado	16	32	0,53	18,60
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>146</b>	<b>2,43</b>	<b>84,88</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	0	0	0,00	0,00
Árbol prensado	0	0	0,00	0,00
Abastecimiento de Combustible	7	14	0,23	8,14
Afilado	4	8	0,13	4,65
Alimentación	2	4	0,07	2,33
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	0	0	0,00	0,00
Esperar	0	0	0,00	0,00
<b>Total atrasos</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>0,43</b>	<b>15,12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>172</b>	<b>2,87</b>	<b>100,00</b>



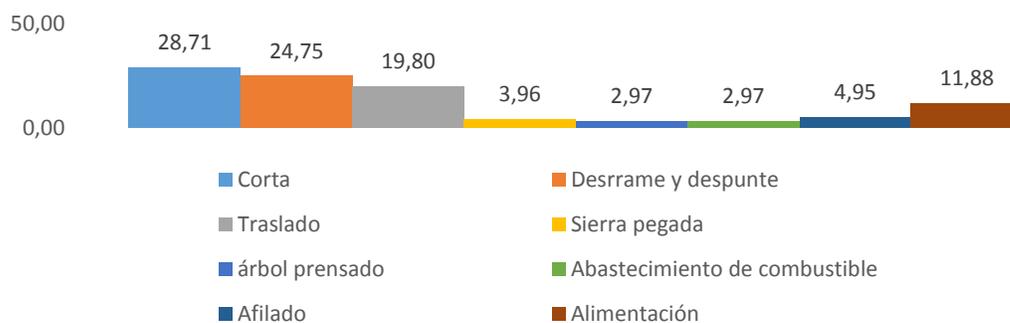
**Figura 8.** Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 10.** Distribución del tiempo de la en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>2</b>		
Hora inicio:				0,302
Hora final:				0,442
Árboles volteados:				46,000
Número de tanques				3,000
% de Eficiencia				73,267
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )				0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )				35,696
m <sup>3</sup> /hr programada				10,603
m <sup>3</sup> /hr efectiva				14,471

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	29	58	0,97	28,71
Desrame y despunte	25	50	0,83	24,75
Traslado	20	40	0,67	19,80
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>148</b>	<b>2,47</b>	<b>73,27</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	4	8	0,13	3,96
árbol prensado	3	6	0,10	2,97
Abastecimiento de combustible	3	6	0,10	2,97
Afilado	5	10	0,17	4,95
Alimentación	12	24	0,40	11,88
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	0	0	0,00	0,00
Esperar	0	0	0,00	0,00
<b>Total atrasos</b>	<b>27</b>	<b>54</b>	<b>0,90</b>	<b>26,73</b>
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>202</b>	<b>3,37</b>	<b>100,00</b>

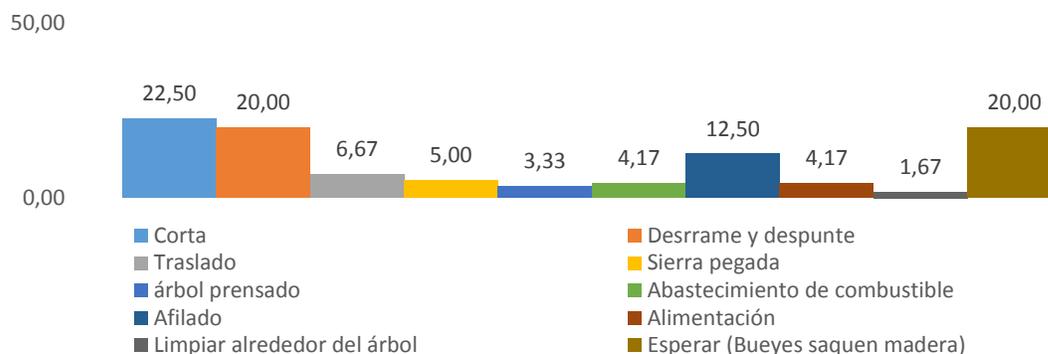


**Figura 9.** Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 11.** Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>3</b>
Hora inicio:	06:25
Hora final:	10:25
Árboles volteados:	44,00
Número de tanques	3,00
% de Eficiencia	49,167
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	34,144
m <sup>3</sup> /hr programada	8,536
m <sup>3</sup> /hr efectiva	17,361

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	27	54	0,90	22,50
Desrame y despunte	24	48	0,80	20,00
Traslado	8	16	0,27	6,67
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>118</b>	<b>1,97</b>	<b>49,17</b>
<b>Movimientos improproductivos</b>				
Sierra pegada	6	12	0,20	5,00
Árbol prensado	4	8	0,13	3,33
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	4,17
Afilado	15	30	0,50	12,50
Alimentación	5	10	0,17	4,17
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	2	4	0,07	1,67
Esperar (Bueyes saquen madera)	24	48	0,80	20,00
<b>Total atrasos</b>	<b>61</b>	<b>122</b>	<b>2,03</b>	<b>50,83</b>
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>240</b>	<b>4,00</b>	<b>100,00</b>

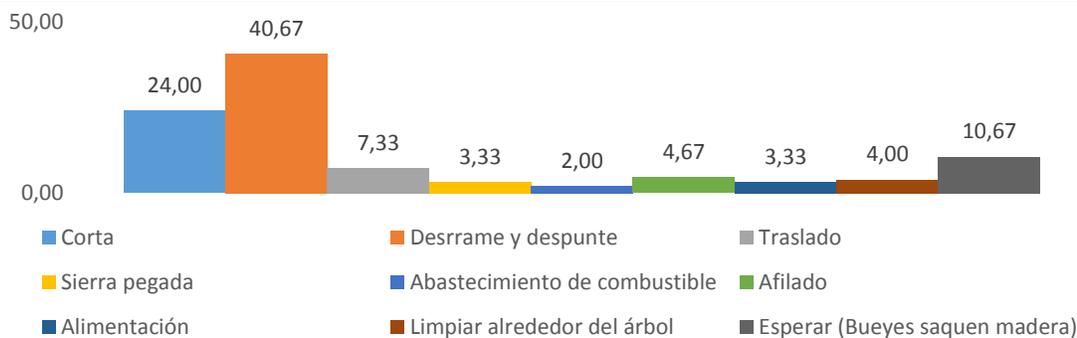


**Figura 10.** Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 12.** Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>4</b>
Hora inicio:	07:00
Hora final:	12:00
Árboles volteados:	52,00
Número de tanques	4,00
% de Eficiencia	72,00
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	40,352
m <sup>3</sup> /hr programada	8,070
m <sup>3</sup> /hr efectiva	11,209

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	36	72	1,20	24,00
Desrame y despunte	61	122	2,03	40,67
Traslado	11	22	0,37	7,33
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>216</b>	<b>3,60</b>	<b>72,00</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	5	10	0,17	3,33
árbol prensado	0	0	0,00	0,00
Abastecimiento de combustible	3	6	0,10	2,00
Afilado	7	14	0,23	4,67
Alimentación	5	10	0,17	3,33
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	6	12	0,20	4,00
Esperar (Bueyes saquen madera)	16	32	0,53	10,67
<b>Total atrasos</b>	<b>42</b>	<b>84</b>	<b>1,40</b>	<b>28,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	<b>5,00</b>	<b>100,00</b>

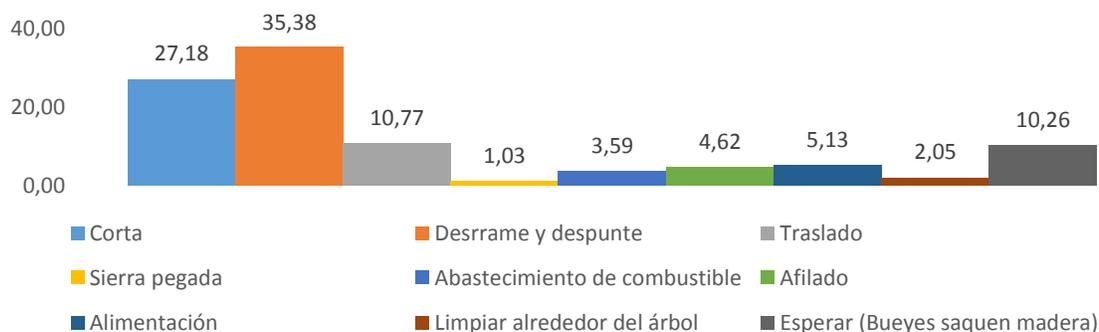


**Figura 11.** Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 13.** Distribución del tiempo de la en la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>5</b>
Hora inicio:	06:45
Hora final:	13:15
Árboles volteados:	91,00
Número de tanques	5,00
% de Eficiencia	73,333
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	70,616
m <sup>3</sup> /hr programada	10,864
m <sup>3</sup> /hr efectiva	14,815

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	53	106	1,77	27,18
Desrame y despunte	69	138	2,30	35,38
Traslado	21	42	0,70	10,77
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>286</b>	<b>4,77</b>	<b>73,33</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	2	4	0,07	1,03
árbol prensado	0	0	0,00	0,00
Abastecimiento de combustible	7	14	0,23	3,59
Afilado	9	18	0,30	4,62
Alimentación	10	20	0,33	5,13
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	4	8	0,13	2,05
Esperar (Bueyes saquen madera)	20	40	0,67	10,26
<b>Total atrasos</b>	<b>52</b>	<b>104</b>	<b>1,73</b>	<b>26,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>195</b>	<b>390</b>	<b>6,50</b>	<b>100,00</b>

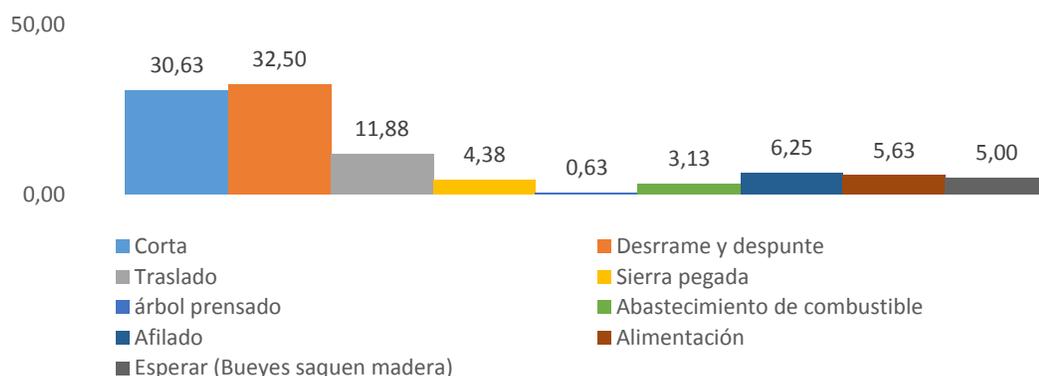


**Figura 12.** Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 14.** Distribución del tiempo de la en la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>6</b>
Hora inicio:	07:10
Hora final:	12:30
Árboles volteados:	66,00
Número de tanques	4,00
% de Eficiencia	75,00
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	51,216
m <sup>3</sup> /hr programada	9,603
m <sup>3</sup> /hr efectiva	12,804

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	49	98	1,63	30,63
Desrame y despunte	52	104	1,73	32,50
Traslado	19	38	0,63	11,88
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>240</b>	<b>4,00</b>	<b>75,00</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	7	14	0,23	4,38
Árbol prensado	1	2	0,03	0,63
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	3,13
Afilado	10	20	0,33	6,25
Alimentación	9	18	0,30	5,63
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	0	0	0,00	0,00
Esperar (Bueyes saquen madera)	8	16	0,27	5,00
<b>Total atrasos</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>1,33</b>	<b>25,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>320</b>	<b>5,33</b>	<b>100,00</b>

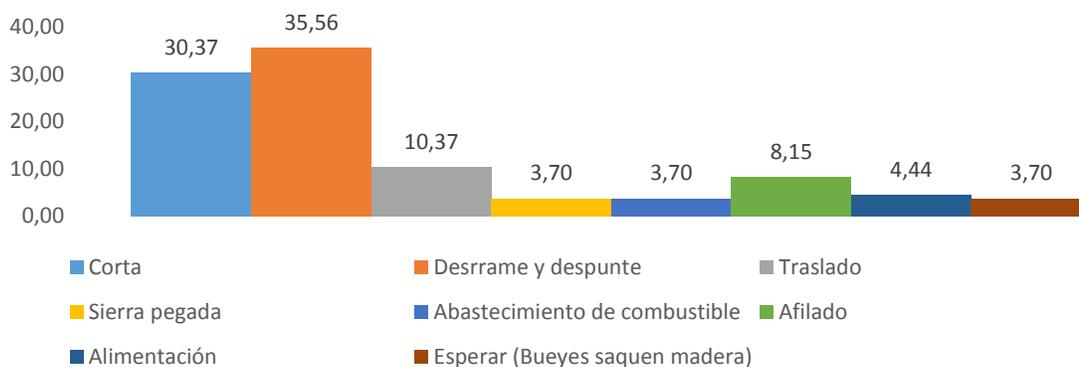


**Figura 13.** Distribución del tiempo de la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 15.** Distribución del tiempo de la en la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>7</b>
Hora inicio:	7:22:00
Hora final:	11:52:00
Árboles volteados:	4,00
Número de tanques	53,00
% de eficiencia	76,296
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	41,128
m <sup>3</sup> /hr programada	9,140
m <sup>3</sup> /hr efectiva	11,979

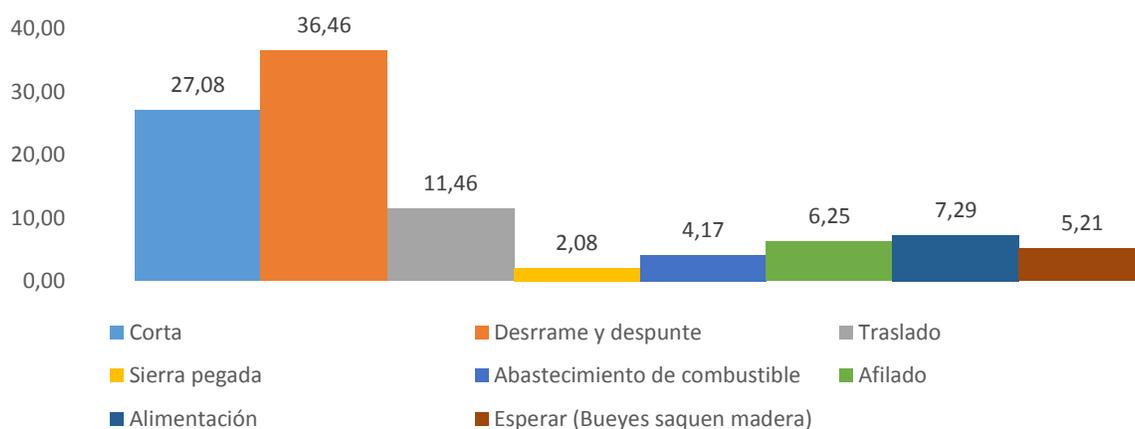
<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	41	82	1,37	30,37
Desrame y despunte	48	96	1,60	35,56
Traslado	14	28	0,47	10,37
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>206</b>	<b>3,43</b>	<b>76,30</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	5	10	0,17	3,70
Árbol prensado	0	0	0,00	0,00
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	3,70
Afilado	11	22	0,37	8,15
Alimentación	6	12	0,20	4,44
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	0	0	0,00	0,00
Esperar (Bueyes saquen madera)	5	10	0,17	3,70
<b>Total atrasos</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>1,07</b>	<b>23,70</b>
<b>TOTAL</b>	<b>135</b>	<b>270</b>	<b>4,50</b>	<b>100,00</b>



**Figura 14.** Distribución del tiempo de la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

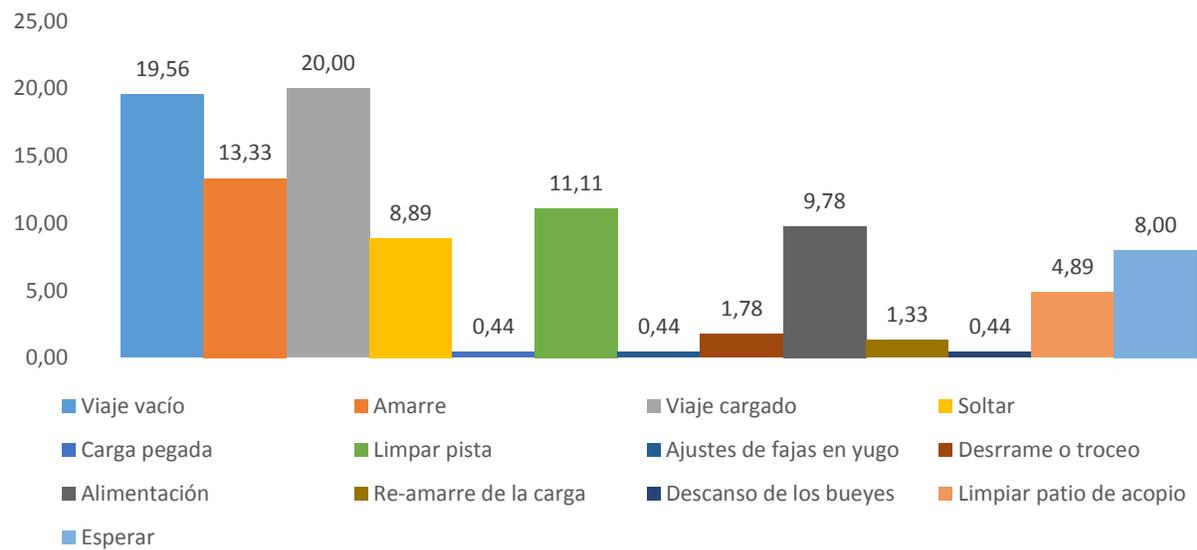
**Cuadro 16.** Distribución del tiempo de la en la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>8</b>		
Hora inicio:		12:15		
Hora final:		15:27		
Árboles volteados:		36,00		
Número de tanques		2,00		
% de eficiencia		75,00		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		27,936		
m <sup>3</sup> /hr programada		8,730		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		11,640		
<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	26	52	0,87	27,08
Desrame y despunte	35	70	1,17	36,46
Traslado	11	22	0,37	11,46
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>144</b>	<b>2,40</b>	<b>75,00</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	2	4	0,07	2,08
Árbol prensado	0	0	0,00	0,00
Abastecimiento de combustible	4	8	0,13	4,17
Afilado	6	12	0,20	6,25
Alimentación	7	14	0,23	7,29
Fisiológicos	0	0	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	0	0	0,00	0,00
Esperar (Bueyes saquen madera)	5	10	0,17	5,21
<b>Total atrasos</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>0,80</b>	<b>25,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>192</b>	<b>3,20</b>	<b>100,00</b>



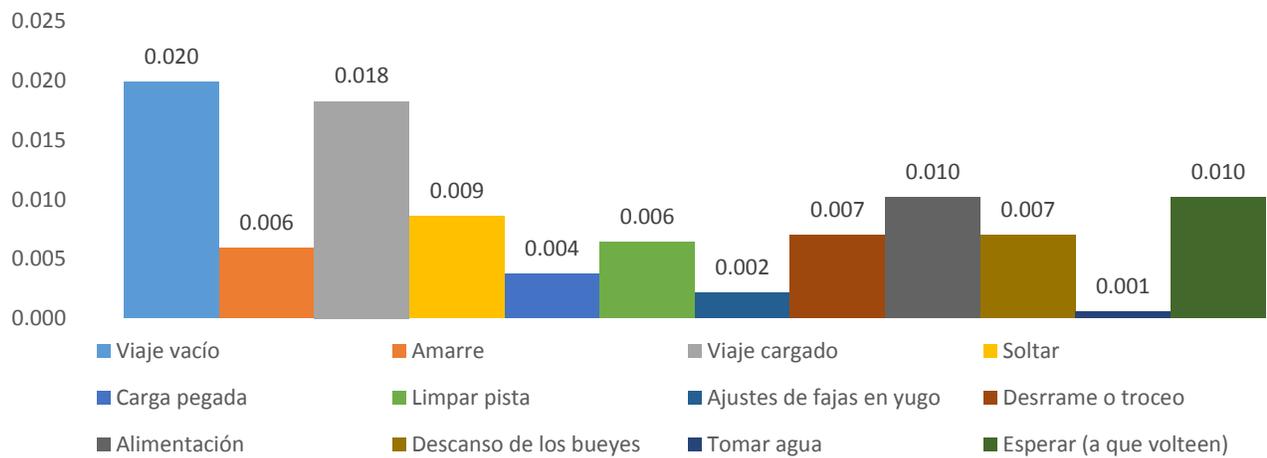
**Figura 15.** Distribución del tiempo de la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Volteo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.





**Figura 16.** Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

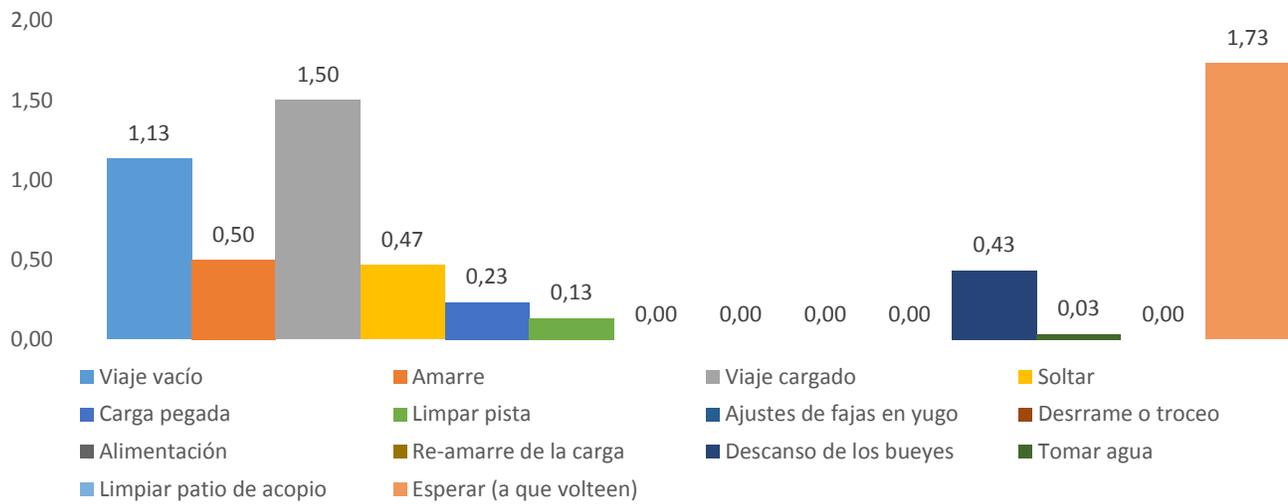




**Figura 17.** Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 19.** Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

JORNADA 3																										Total de Obs.	Tiempo (min)	Tiempo (h)	Obs. (%)		
Número de Trozas	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	33				
<b>Movimientos Productivos</b>																															
Viaje vacío	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	34	68	1,13	16,59		
Amarre	1			1		1	1	1		1		1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	15	30	0,50	7,32			
Viaje cargado	3	2	2	3	2	2	3	1	3	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	45	90	1,50	21,95		
Soltar		1	1		1						1		1	1		1	1		1	1	1	1		1	14	28	0,47	6,83			
Sub-total (observaciones)	5	5	5	5	4	4	5	4	5	3	3	3	4	4	4	4	5	3	3	5	3	4	5	3	3	3	4	108	216	3,60	52,68
<b>Movimientos Improductivos</b>																															
Carga pegada	1	1					1						1	1								2			7	14	0,23	3,41			
Limpar pista															3							1			4	8	0,13	1,95			
Ajustes de fajas en																									0	0	0,00	0,00			
Desrrame o troceo																									0	0	0,00	0,00			
Alimentación																									0	0	0,00	0,00			
Fisiológicos									20																20	40	0,67	9,76			
Re-amarre de la																									0	0	0,00	0,00			
Descanso de los					9																	4			13	26	0,43	6,34			
Tomar agua														1											1	2	0,03	0,49			
Limpiar patio de																									0	0	0,00	0,00			
Esperar						12					13					12				15					52	104	1,73	25,37			
Sub-total (observaciones)	1	1	0	0	0	9	13	0	20	0	13	0	1	1	0	16	0	0	0	15	0	0	5	2	0	0	97	194	3,23	47,32	
TOTAL (observaciones)	6	6	5	5	4	13	18	4	25	3	16	3	5	5	4	20	5	3	3	20	3	4	10	5	3	3	4	205	410	6,83	100
TOTAL (minutos)	12	12	10	10	8	26	36	8	50	6	32	6	10	10	8	40	10	6	6	40	6	8	20	10	6	6	8				
VOLUMEN POR CICLO (m³)	0,776	1,552	0,776	0,776	0,776	1,552	0,776	0,776	1,552	0,776	0,776	0,776	1,552	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	1,552	0,776	0,776	0,776	1,552	0,776	25,61				

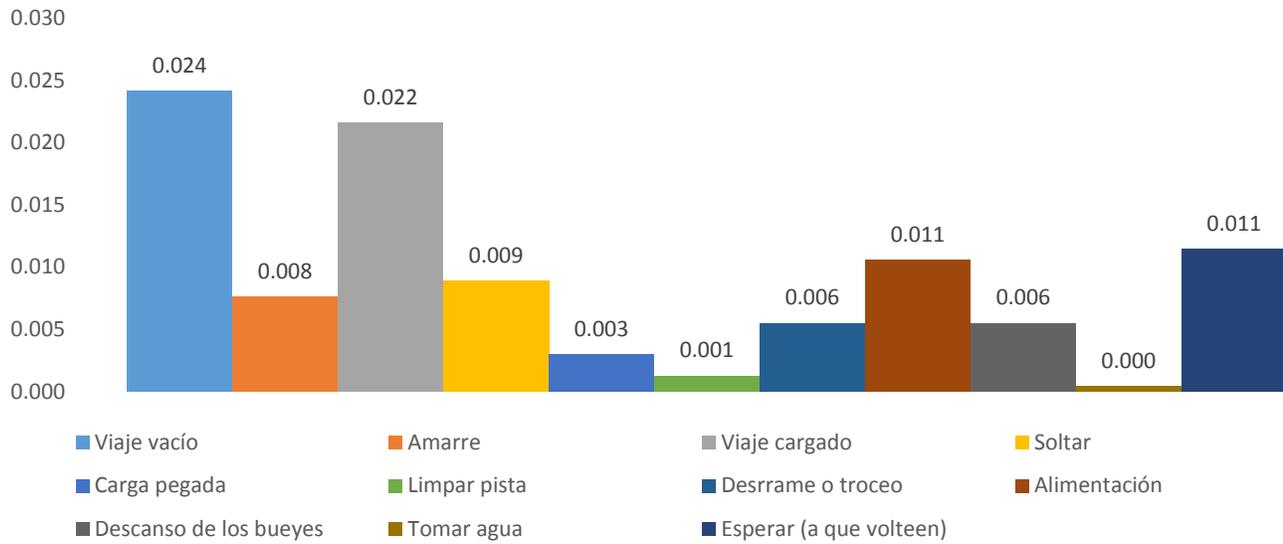


**Figura 18.** Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 20.** Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

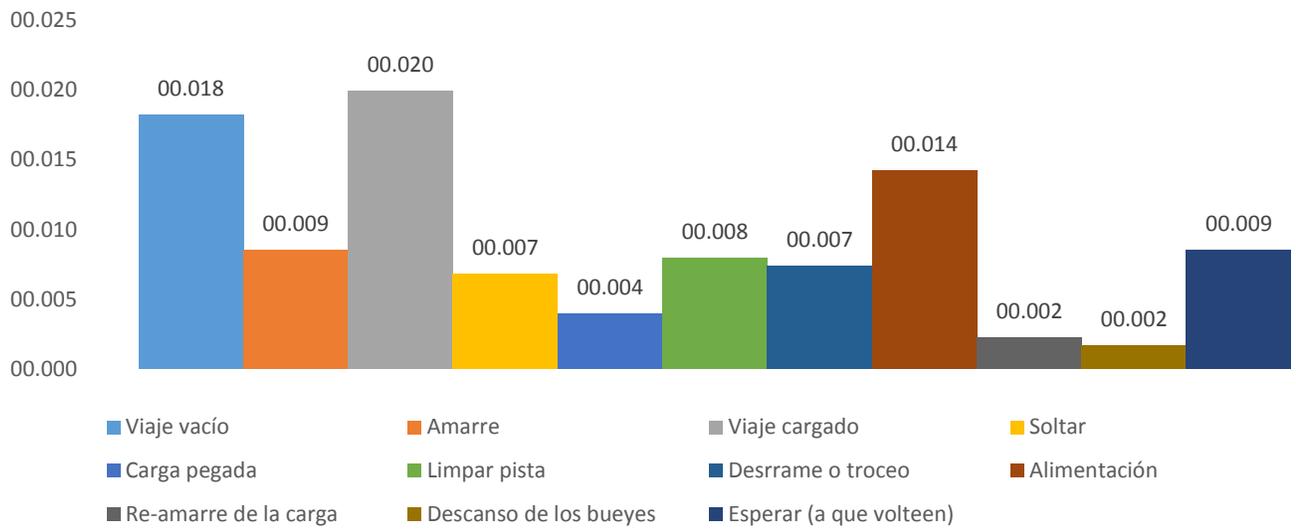
JORNADA 4																																			
Número de Trozas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
<b>Movimientos Productivos</b>																																			
Viaje vacío	2	1	1	1		2	1	2	1	1	1	1	1	1	2		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Amarre		1		1	1				1				1		1		1									1		1	1						
Viaje cargado	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1		1	1		1	1		1	1						
Soltar	1			1							1		1		1		1		1		1				1			1	1						
Sub-total (observaciones)	4	4	3	4	3	3	2	4	4	2	3	2	3	3	3	3	4	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	1	2	2	2		
<b>Movimientos Improductivos</b>																																			
Carga pegada					2														2																
Limpar pista																																			
Ajustes de fajas en yugo																																			
Desrame o troceo						1								1							11														
Alimentación																																			
Fisiológicos																																			
Re-amarre de la carga																																			
Descanso de los bueyes												9												4											
Tomar agua																	1																		
Limpiar patio de acopio																																			
Esperar													5																						
Sub-total (observaciones)	0	0	0	0	2	1	0	5	0	0	9	0	0	0	0	2	0	0	2	11	0	0	4	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (observaciones)	4	4	3	4	5	4	2	9	4	2	12	2	3	3	3	5	3	4	5	13	3	2	6	16	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	
TOTAL (minutos)	8	8	6	8	10	8	4	18	8	4	24	4	6	6	6	10	6	8	10	26	6	4	12	32	4	4	6	2	4	4	4	4	4	4	
VOLUMEN POR CICLO (m³)	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	

																						Total de Obs.	Tiempo (min)	Tiempo (h)	Obs. (%)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	53			
1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	57	114	1,90	24,15
																						18	36	0,60	7,63
1	1	1	1	1	2			1	1	1	1	1	1	1					2	1	51	102	1,70	21,61	
																						21	42	0,70	8,90
2	3	3	4	1	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	4	3	3	147	294	4,90	62,29
																						7	14	0,23	2,97
																						3	6	0,10	1,27
																						0	0	0,00	0,00
																						13	26	0,43	5,51
			25																			25	50	0,83	10,59
																						0	0	0,00	0,00
																						0	0	0,00	0,00
																						13	26	0,43	5,51
																						1	2	0,03	0,42
																						0	0	0,00	0,00
																						27	54	0,90	11,44
0	0	0	25	0	0	0	0	9	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0	0	89	178	2,97	37,71
2	3	3	29	1	3	4	2	12	3	3	3	3	5	3	4	3	2	3	5	3	3	236	472	7,87	100
4	6	6	58	2	6	8	4	24	6	6	6	6	10	6	8	6	4	6	10	6	6				
0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	41,13			



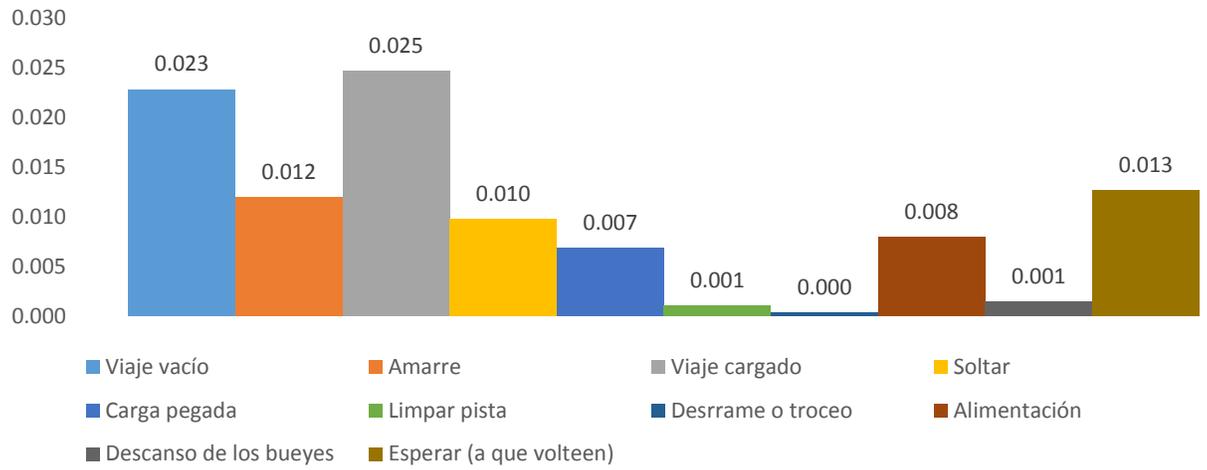
**Figura 19.** Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.





**Figura 20.** Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.





**Figura 21.** Distribución del tiempo de la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Arrastre. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

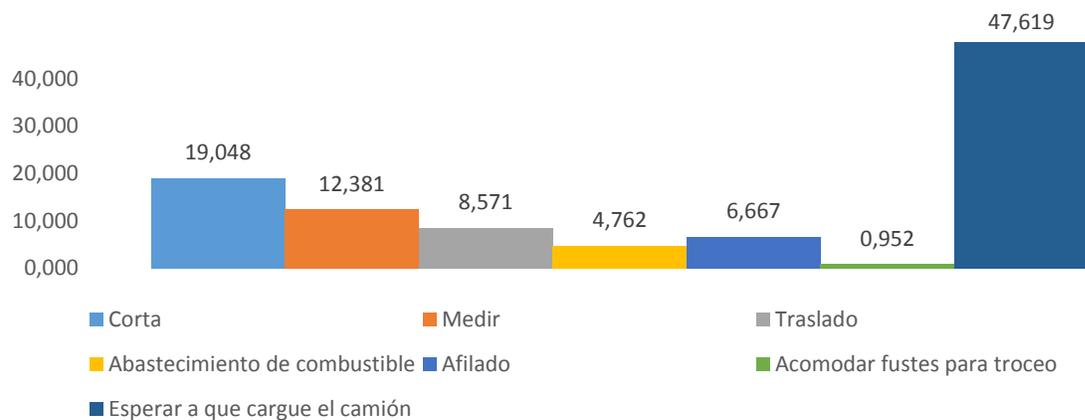
## TROCEO

**Cuadro 23.** Distribución del tiempo de la en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada		1		
Hora inicio:		11:45		
Hora final:		15:15		
Árboles volteados:		73,00		
Número de tanques		4,00		
% de eficiencia		40,00		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		56,648		
m <sup>3</sup> /hr programada		16,185		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		40,463		

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	20	40	0,67	19,048
Medir	13	26	0,43	12,381
Traslado	9	18	0,30	8,571
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>84</b>	<b>1,40</b>	<b>40,000</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	0	0	0,00	0,000
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	4,762
Afilado	7	14	0,23	6,667
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	1	2	0,03	0,952
Esperar a que cargue el camión	50	100	1,67	47,619
<b>Total atrasos</b>	<b>63</b>	<b>126</b>	<b>2,10</b>	<b>60,000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>210</b>	<b>3,50</b>	<b>100</b>

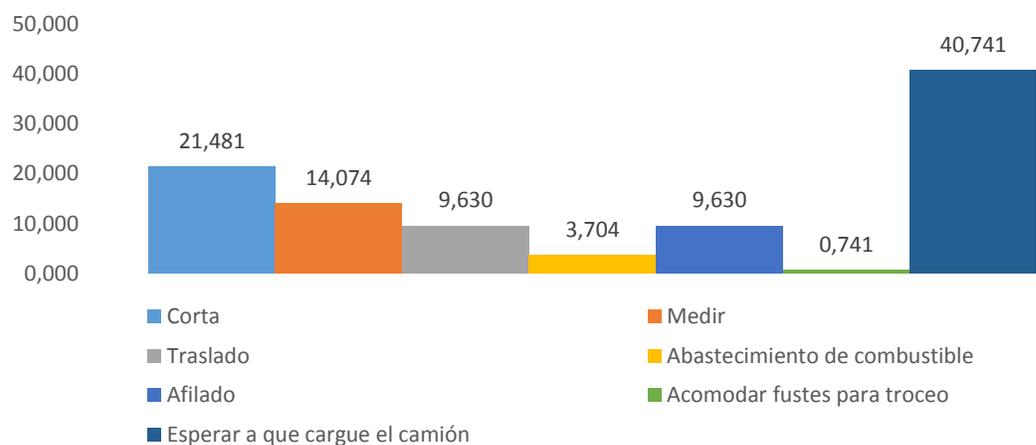


**Figura 22.** Distribución del tiempo de la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 24.** Distribución del tiempo de la en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>2</b>
Hora inicio:	08:10
Hora final:	12:40
Árboles volteados:	87,00
Número de tanques	4,00
% de eficiencia	45,185
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	67,512
m <sup>3</sup> /hr programada	15,003
m <sup>3</sup> /hr efectiva	33,203

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	29	58	0,97	21,481
Medir	19	38	0,63	14,074
Traslado	13	26	0,43	9,630
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>122</b>	<b>2,03</b>	<b>45,185</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	0	0	0,00	0,000
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	3,704
Afilado	13	26	0,43	9,630
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	1	2	0,03	0,741
Esperar a que cargue el camión	55	110	1,83	40,741
<b>Total atrasos</b>	<b>74</b>	<b>148</b>	<b>2,47</b>	<b>54,815</b>
<b>TOTAL</b>	<b>135</b>	<b>270</b>	<b>4,50</b>	<b>100</b>



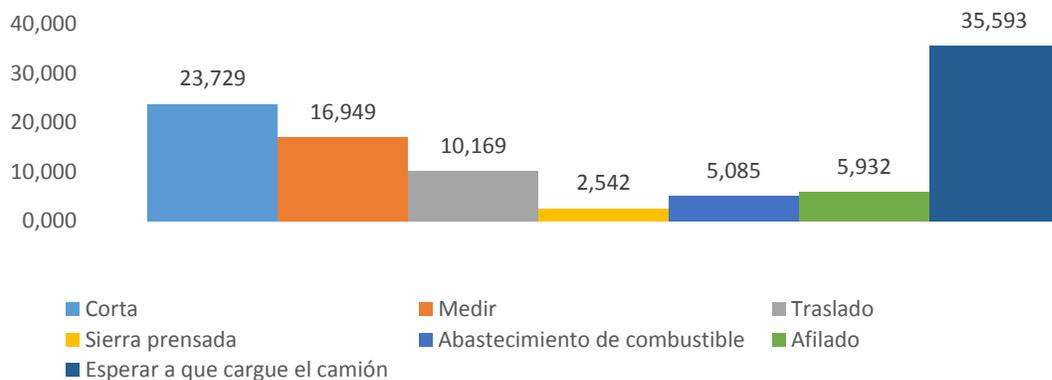
**Figura 23.** Distribución del tiempo de la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 25.** Distribución del tiempo de la en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>3</b>		
Hora inicio:		10:00		
Hora final:		13:56		
Árboles volteados:		64,00		
Número de tanques		3,00		
% de eficiencia		50,847		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		49,664		
m <sup>3</sup> /hr programada		12,626		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		24,832		

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	28	56	0,93	23,729
Medir	20	40	0,67	16,949
Traslado	12	24	0,40	10,169
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>2,00</b>	<b>50,847</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	3	6	0,10	2,542
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	6	12	0,20	5,085
Afilado	7	14	0,23	5,932
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar a que cargue el camión	42	84	1,40	35,593
<b>Total atrasos</b>	<b>58</b>	<b>116</b>	<b>1,93</b>	<b>49,153</b>
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>	<b>236</b>	<b>3,93</b>	<b>100</b>



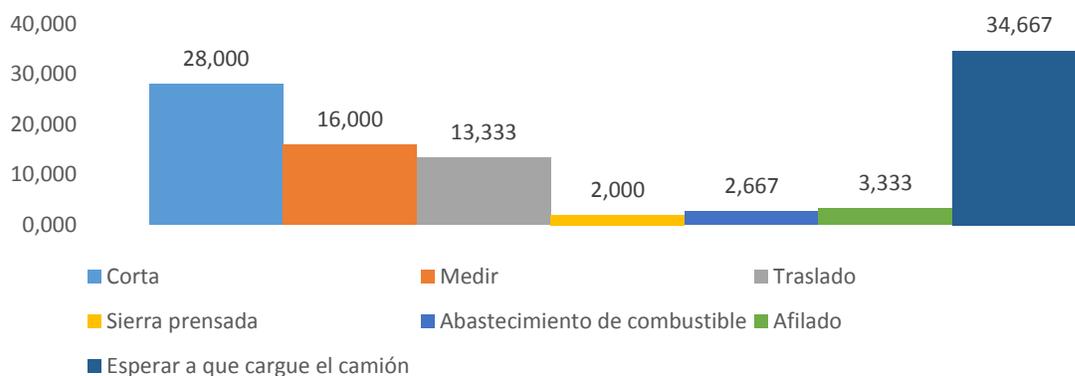
**Figura 24.** Distribución del tiempo de la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 26.** Distribución del tiempo de la en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>4</b>		
Hora inicio:		11:50:00		
Hora final:		16:50:00		
Árboles volteados:		66,00		
Número de tanques		4,00		
% de eficiencia		57,333		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		51,216		
m <sup>3</sup> /hr programada		10,243		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		17,866		

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	42	84	1,40	28,000
Medir	24	48	0,80	16,000
Traslado	20	40	0,67	13,333
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>172</b>	<b>2,87</b>	<b>57,333</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	3	6	0,10	2,000
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	4	8	0,13	2,667
Afilado	5	10	0,17	3,333
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar a que cargue el camión	52	104	1,73	34,667
<b>Total atrasos</b>	<b>64</b>	<b>128</b>	<b>2,13</b>	<b>42,667</b>
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	<b>5,00</b>	<b>100</b>

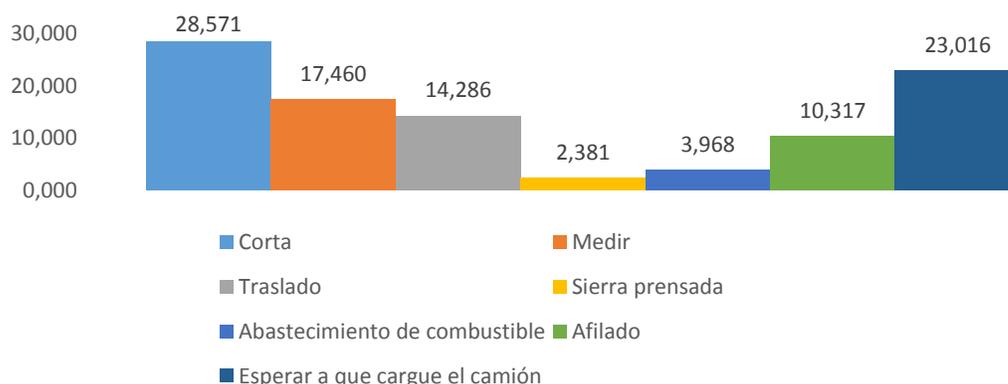


**Figura 25.** Distribución del tiempo de la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 27.** Distribución del tiempo de la en la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>	<b>5</b>
Hora inicio:	11:50:00
Hora final:	16:02:00
Árboles volteados:	68,00
Número de tanques	4,00
% de eficiencia	60,317
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )	0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )	52,768
m <sup>3</sup> /hr programada	12,564
m <sup>3</sup> /hr efectiva	20,829

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	36	72	1,20	28,571
Medir	22	44	0,73	17,460
Traslado	18	36	0,60	14,286
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>152</b>	<b>2,53</b>	<b>60,317</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	3	6	0,10	2,381
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	3,968
Afilado	13	26	0,43	10,317
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar a que cargue el camión	29	58	0,97	23,016
<b>Total atrasos</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>1,67</b>	<b>39,683</b>
<b>TOTAL</b>	<b>126</b>	<b>252</b>	<b>4,20</b>	<b>100</b>



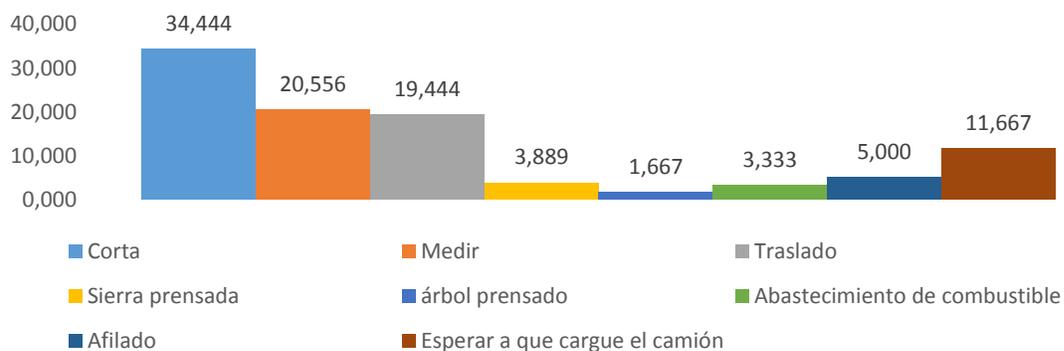
**Figura 26.** Distribución del tiempo de la jornada 5 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 28.** Distribución del tiempo de la en la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>6</b>		
Hora inicio:				10:00
Hora final:				16:00
Árboles volteados:				104,00
Número de tanques				6,00
% de eficiencia				74,444
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )				0,776
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )				80,704
m <sup>3</sup> /hr programada				13,451
m <sup>3</sup> /hr efectiva				18,068

<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	62	124	2,07	34,444
Medir	37	74	1,23	20,556
Traslado	35	70	1,17	19,444
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>268</b>	<b>4,47</b>	<b>74,444</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	7	14	0,23	3,889
Árbol prensado	3	6	0,10	1,667
Abastecimiento de combustible	6	12	0,20	3,333
Afilado	9	18	0,30	5,000
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar a que cargue el camión	21	42	0,70	11,667
<b>Total atrasos</b>	<b>46</b>	<b>92</b>	<b>1,53</b>	<b>25,556</b>
<b>TOTAL</b>	<b>180</b>	<b>360</b>	<b>6,00</b>	<b>100</b>



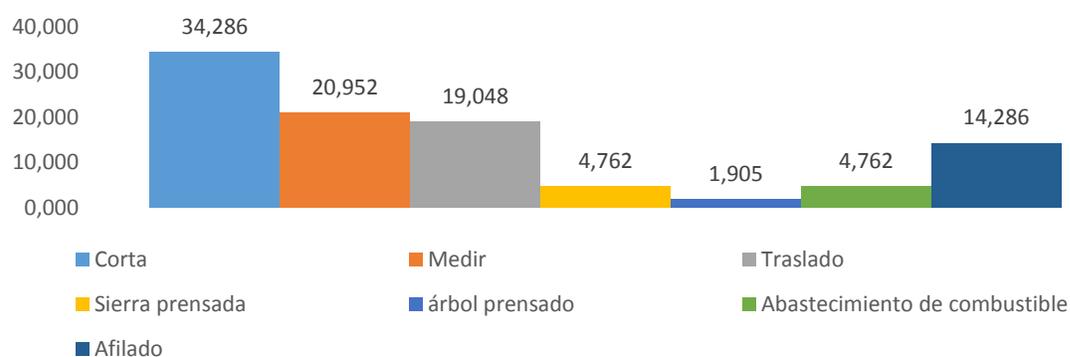
**Figura 27.** Distribución del tiempo de la jornada 6 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 29.** Distribución del tiempo de la en la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Jornada		7		
Hora inicio:		09:10		
Hora final:		12:40		
Árboles volteados:		46,00		
Número de tanques		3,00		
% de eficiencia		74,286		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		35,696		
m <sup>3</sup> /hr programada		10,199		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		13,729		

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	36	72	1,20	34,286
Medir	22	44	0,73	20,952
Traslado	20	40	0,67	19,048
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>156</b>	<b>2,60</b>	<b>74,286</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	5	10	0,17	4,762
Árbol prensado	2	4	0,07	1,905
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	4,762
Afilado	15	30	0,50	14,286
Alimentación	0	0	0,00	0,000
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar a que cargue el camión	0	0	0,00	0,000
<b>Total atrasos</b>	<b>27</b>	<b>54</b>	<b>0,90</b>	<b>25,714</b>
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>210</b>	<b>3,50</b>	<b>100</b>



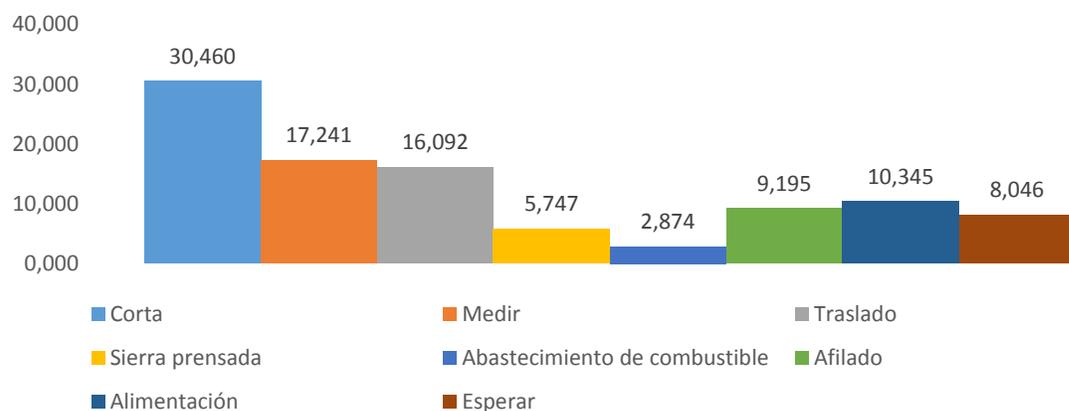
**Figura 28.** Distribución del tiempo de la jornada 7 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 30.** Distribución del tiempo de la en la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>8</b>		
Hora inicio:		08:50		
Hora final:		14:38		
Árboles volteados:		73,00		
Número de tanques		4,00		
% de eficiencia		63,793		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		56,648		
m <sup>3</sup> /hr programada		9,767		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		15,310		

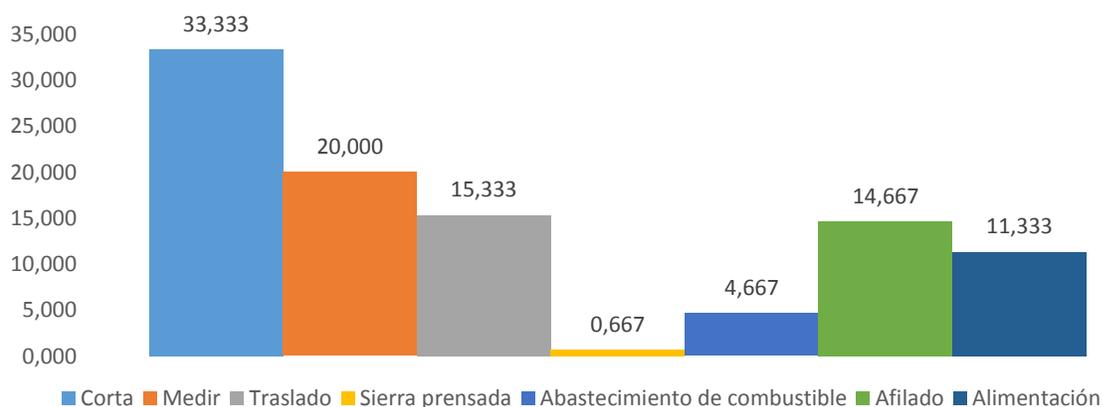
<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	53	106	1,77	30,460
Medir	30	60	1,00	17,241
Traslado	28	56	0,93	16,092
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>222</b>	<b>3,70</b>	<b>63,793</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	10	20	0,33	5,747
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	5	10	0,17	2,874
Afilado	16	32	0,53	9,195
Alimentación	18	36	0,60	10,345
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar	14	28	0,47	8,046
<b>Total atrasos</b>	<b>63</b>	<b>126</b>	<b>2,10</b>	<b>36,207</b>
<b>TOTAL</b>	<b>174</b>	<b>348</b>	<b>5,80</b>	<b>100</b>



**Figura 29.** Distribución del tiempo de la jornada 8 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 31.** Distribución del tiempo de la en la jornada 9 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

<b>Jornada</b>		<b>9</b>		
Hora inicio:		06:50		
Hora final:		11:50		
Árboles volteados:		79,00		
Número de tanques		4,00		
% de eficiencia		68,667		
Volumen promedio (m <sup>3</sup> )		0,776		
Volumen por jornada (m <sup>3</sup> )		61,304		
m <sup>3</sup> /hr programada		12,261		
m <sup>3</sup> /hr efectiva		17,856		
<b>Movimientos del sistema</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	50	100	1,67	33,333
Medir	30	60	1,00	20,000
Traslado	23	46	0,77	15,333
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>206</b>	<b>3,43</b>	<b>68,667</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	1	2	0,03	0,667
Árbol prensado	0	0	0,00	0,000
Abastecimiento de combustible	7	14	0,23	4,667
Afilado	22	44	0,73	14,667
Alimentación	17	34	0,57	11,333
Fisiológicos	0	0	0,00	0,000
Desrame	0	0	0,00	0,000
Acomodar fustes para troceo	0	0	0,00	0,000
Esperar	0	0	0,00	0,000
<b>Total atrasos</b>	<b>47</b>	<b>94</b>	<b>1,57</b>	<b>31,333</b>
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	<b>5,00</b>	<b>100</b>



**Figura 30.** Distribución del tiempo de la jornada 9 durante la evaluación de la etapa de Troceo. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Anexo 3.** Diámetros obtenidos para cada uno de las 4 jornadas evaluadas durante la etapa de carga del sistema de aprovechamiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 32.** Volumen obtenido por troza en la jornada 1 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )	Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )
1	20,1	52	1,3520	0,0429	51	18,9	52	1,3520	0,0379
2	17,7	52	1,3520	0,0333	52	23,4	52	1,3520	0,0581
3	19,8	52	1,3520	0,0416	53	23,0	42	1,1004	0,0457
4	17,8	52	1,3520	0,0336	54	20,3	42	1,1004	0,0356
5	19,5	42	1,1004	0,0329	55	18,7	42	1,1004	0,0302
6	22,1	52	1,3520	0,0519	56	15,9	52	1,3520	0,0268
7	21,3	52	1,3520	0,0482	57	25,0	52	1,3520	0,0664
8	19,2	42	1,1004	0,0319	58	22,1	52	1,3520	0,0519
9	17,5	52	1,3520	0,0325	59	22,5	52	1,3520	0,0538
10	20,5	52	1,3520	0,0446	60	15,1	42	1,1004	0,0197
11	19,9	52	1,3520	0,0421	61	25,5	52	1,3520	0,0690
12	23,2	52	1,3520	0,0572	62	27,6	52	1,3520	0,0809
13	16,4	42	1,1004	0,0232	63	21,9	52	1,3520	0,0509
14	16,0	42	1,1004	0,0221	64	19,6	52	1,3520	0,0408
15	16,1	42	1,1004	0,0224	65	20,7	52	1,3520	0,0455
16	15,6	42	1,1004	0,0210	66	18,5	52	1,3520	0,0363
17	14,9	42	1,1004	0,0192	67	26,0	52	1,3520	0,0718
18	13,7	42	1,1004	0,0162	68	29,8	52	1,3520	0,0943
19	15,4	42	1,1004	0,0205	69	28,6	52	1,3520	0,0869
20	20,0	52	1,3520	0,0425	70	22,1	52	1,3520	0,0519
21	15,2	42	1,1004	0,0200	71	20,2	52	1,3520	0,0433
22	17,8	42	1,1004	0,0274	72	21,1	52	1,3520	0,0473
23	18,9	42	1,1004	0,0309	73	22,0	52	1,3520	0,0514
24	17,8	52	1,3520	0,0336	74	19,6	52	1,3520	0,0408
25	15,4	42	1,1004	0,0205	75	20,4	52	1,3520	0,0442
26	19,5	52	1,3520	0,0404	76	22,7	42	1,1004	0,0445
27	21,2	52	1,3520	0,0477	77	19,2	42	1,1004	0,0319
28	17,5	52	1,3520	0,0325	78	15,6	42	1,1004	0,0210
29	14,6	42	1,1004	0,0184	79	18,3	52	1,3520	0,0356
30	21,4	52	1,3520	0,0486	80	23,9	52	1,3520	0,0607
31	22,1	52	1,3520	0,0519	81	13,9	52	1,3520	0,0205
32	19,0	52	1,3520	0,0383	82	25,6	52	1,3520	0,0696
33	52,7	52	1,3520	0,2948	83	28,2	42	1,1004	0,0687
34	18,7	52	1,3520	0,0371	84	21,2	52	1,3520	0,0477
35	17,7	52	1,3520	0,0333	85	23,6	52	1,3520	0,0591
36	15,5	52	1,3520	0,0255	86	21,9	42	1,1004	0,0415
37	15,3	42	1,1004	0,0202	87	22,0	42	1,1004	0,0418
38	15,4	42	1,1004	0,0205	88	26,1	42	1,1004	0,0589
39	14,7	42	1,1004	0,0187	89	25,6	52	1,3520	0,0696
40	17,4	52	1,3520	0,0321	90	22,1	42	1,1004	0,0422
41	23,5	52	1,3520	0,0586	91	24,4	42	1,1004	0,0515
42	23,0	52	1,3520	0,0562	92	21,8	42	1,1004	0,0411
43	22,3	52	1,3520	0,0528	93	17,6	42	1,1004	0,0268
44	20,2	52	1,3520	0,0433	94	22,9	42	1,1004	0,0453
45	18,5	52	1,3520	0,0363	95	22,8	42	1,1004	0,0449
46	17,4	42	1,1004	0,0262	96	19,7	42	1,1004	0,0335
47	19,0	52	1,3520	0,0383	97	25,6	52	1,3520	0,0696
48	19,2	52	1,3520	0,0391	98	21,4	52	1,3520	0,0486
49	21,2	52	1,3520	0,0477	99	21,0	42	1,1004	0,0381
50	21,5	52	1,3520	0,0491	100	17,8	42	1,1004	0,0274

**Cuadro 33.** Volumen obtenido por troza en la jornada 2 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )	Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )
1	19,4	52	1,3520	0,0400	51	26,0	52	1,3520	0,0718
2	26,8	42	1,1004	0,0621	52	19,6	52	1,3520	0,0408
3	22,1	52	1,3520	0,0519	53	14,4	42	1,1004	0,0179
4	18,2	52	1,3520	0,0352	54	15,1	42	1,1004	0,0197
5	19,6	52	1,3520	0,0408	55	20,1	42	1,1004	0,0349
6	18,4	52	1,3520	0,0360	56	17,9	42	1,1004	0,0277
7	17,6	42	1,1004	0,0268	57	17,3	42	1,1004	0,0259
8	18,8	52	1,3520	0,0375	58	14,4	42	1,1004	0,0179
9	15,9	42	1,1004	0,0218	59	20,4	42	1,1004	0,0360
10	15,6	52	1,3520	0,0258	60	17,5	42	1,1004	0,0265
11	17,4	42	1,1004	0,0262	61	18,9	52	1,3520	0,0379
12	21,9	52	1,3520	0,0509	62	18,5	52	1,3520	0,0363
13	22,6	52	1,3520	0,0542	63	17,6	52	1,3520	0,0329
14	21,8	52	1,3520	0,0505	64	30,1	52	1,3520	0,0962
15	18,9	52	1,3520	0,0379	65	28,9	52	1,3520	0,0887
16	16,1	52	1,3520	0,0275	66	27,1	52	1,3520	0,0780
17	25,1	52	1,3520	0,0669	67	28,7	52	1,3520	0,0875
18	25,2	52	1,3520	0,0674	68	18,4	52	1,3520	0,0360
19	23,3	52	1,3520	0,0576	69	17,1	52	1,3520	0,0310
20	25,2	52	1,3520	0,0674	70	23,9	52	1,3520	0,0607
21	24,5	52	1,3520	0,0637	71	24,1	52	1,3520	0,0617
22	21,4	42	1,1004	0,0396	72	20,0	42	1,1004	0,0346
23	20,9	52	1,3520	0,0464	73	16,0	42	1,1004	0,0221
24	20,5	42	1,1004	0,0363	74	14,2	42	1,1004	0,0174
25	19,6	42	1,1004	0,0332	75	21,0	52	1,3520	0,0468
26	19,9	42	1,1004	0,0342	76	19,8	52	1,3520	0,0416
27	21,1	52	1,3520	0,0473	77	18,5	52	1,3520	0,0363
28	15,7	52	1,3520	0,0262	78	24,3	52	1,3520	0,0627
29	19,1	42	1,1004	0,0315	79	24,0	42	1,1004	0,0498
30	22,4	52	1,3520	0,0533	80	22,7	42	1,1004	0,0445
31	23,6	42	1,1004	0,0481	81	21,0	52	1,3520	0,0468
32	18,8	42	1,1004	0,0305	82	20,5	52	1,3520	0,0446
33	17,3	52	1,3520	0,0318	83	15,9	52	1,3520	0,0268
34	17,4	52	1,3520	0,0321	84	14,5	42	1,1004	0,0182
35	23,0	52	1,3520	0,0562	85	14,1	42	1,1004	0,0172
36	17,7	52	1,3520	0,0333	86	19,3	42	1,1004	0,0322
37	19,4	52	1,3520	0,0400	87	17,3	42	1,1004	0,0259
38	17,2	52	1,3520	0,0314	88	19,1	42	1,1004	0,0315
39	15,7	52	1,3520	0,0262	89	21,3	42	1,1004	0,0392
40	17,3	52	1,3520	0,0318	90	20,3	42	1,1004	0,0356
41	17,5	52	1,3520	0,0325	91	22,4	52	1,3520	0,0533
42	16,2	52	1,3520	0,0279	92	24,1	52	1,3520	0,0617
43	22,9	52	1,3520	0,0557	93	18,4	42	1,1004	0,0293
44	20,0	42	1,1004	0,0346	94	14,5	42	1,1004	0,0182
45	23,8	52	1,3520	0,0601	95	18,6	42	1,1004	0,0299
46	23,6	52	1,3520	0,0591	96	20,4	52	1,3520	0,0442
47	19,9	52	1,3520	0,0421	97	18,9	52	1,3520	0,0379
48	17,1	42	1,1004	0,0253	98	26,1	42	1,1004	0,0589
49	19,5	42	1,1004	0,0329	99	17,2	42	1,1004	0,0256
50	19,2	52	1,3520	0,0391	100	17,7	52	1,3520	0,0333

**Cuadro 34.** Volumen obtenido por troza en la jornada 3 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )	Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )
1	31,8	52	1,3520	0,1074	51	27,7	52	1,3520	0,0815
2	25,3	42	1,1004	0,0553	52	19,6	52	1,3520	0,0408
3	27,0	42	1,1004	0,0630	53	15,3	42	1,1004	0,0202
4	16,5	52	1,3520	0,0289	54	19,4	42	1,1004	0,0325
5	24,2	52	1,3520	0,0622	55	20,8	42	1,1004	0,0374
6	24,7	52	1,3520	0,0648	56	26,9	42	1,1004	0,0625
7	27,0	52	1,3520	0,0774	57	15,2	42	1,1004	0,0200
8	25,3	52	1,3520	0,0680	58	13,3	42	1,1004	0,0153
9	23,2	52	1,3520	0,0572	59	18,2	42	1,1004	0,0286
10	27,5	52	1,3520	0,0803	60	27,6	52	1,3520	0,0809
11	27,7	42	1,1004	0,0663	61	26,5	52	1,3520	0,0746
12	15,2	42	1,1004	0,0200	62	24,0	52	1,3520	0,0612
13	23,4	52	1,3520	0,0581	63	14,4	42	1,1004	0,0179
14	25,3	52	1,3520	0,0680	64	25,0	52	1,3520	0,0664
15	25,5	52	1,3520	0,0690	65	14,0	42	1,1004	0,0169
16	15,2	52	1,3520	0,0245	66	25,7	52	1,3520	0,0701
17	19,9	52	1,3520	0,0421	67	22,0	42	1,1004	0,0418
18	20,3	42	1,1004	0,0356	68	18,7	42	1,1004	0,0302
19	21,4	42	1,1004	0,0396	69	21,4	42	1,1004	0,0396
20	29,0	42	1,1004	0,0727	70	25,6	42	1,1004	0,0566
21	24,7	52	1,3520	0,0648	71	14,2	42	1,1004	0,0174
22	23,8	52	1,3520	0,0601	72	16,4	42	1,1004	0,0232
23	22,0	52	1,3520	0,0514	73	13,9	42	1,1004	0,0167
24	23,7	52	1,3520	0,0596	74	15,5	42	1,1004	0,0208
25	21,5	52	1,3520	0,0491	75	20,7	42	1,1004	0,0370
26	25,6	52	1,3520	0,0696	76	29,9	52	1,3520	0,0949
27	23,5	52	1,3520	0,0586	77	27,7	52	1,3520	0,0815
28	25,0	52	1,3520	0,0664	78	23,7	52	1,3520	0,0596
29	19,9	52	1,3520	0,0421	79	25,0	52	1,3520	0,0664
30	17,0	42	1,1004	0,0250	80	23,5	52	1,3520	0,0586
31	18,7	42	1,1004	0,0302	81	26,8	52	1,3520	0,0763
32	15,2	42	1,1004	0,0200	82	29,7	52	1,3520	0,0937
33	21,0	42	1,1004	0,0381	83	25,1	52	1,3520	0,0669
34	19,3	42	1,1004	0,0322	84	26,8	52	1,3520	0,0763
35	14,4	42	1,1004	0,0179	85	27,1	52	1,3520	0,0780
36	31,5	42	1,1004	0,0858	86	23,1	52	1,3520	0,0567
37	31,7	42	1,1004	0,0868	87	28,8	52	1,3520	0,0881
38	28,0	52	1,3520	0,0832	88	26,1	42	1,1004	0,0589
39	28,4	52	1,3520	0,0856	89	24,1	42	1,1004	0,0502
40	24,2	52	1,3520	0,0622	90	25,8	52	1,3520	0,0707
41	23,5	52	1,3520	0,0586	91	17,3	42	1,1004	0,0259
42	20,5	42	1,1004	0,0363	92	18,8	42	1,1004	0,0305
43	27,6	42	1,1004	0,0658	93	17,2	42	1,1004	0,0256
44	25,5	42	1,1004	0,0562	94	18,5	42	1,1004	0,0296
45	23,9	52	1,3520	0,0607	95	20,2	42	1,1004	0,0353
46	28,8	52	1,3520	0,0881	96	22,3	42	1,1004	0,0430
47	14,5	42	1,1004	0,0182	97	19,6	42	1,1004	0,0332
48	12,0	42	1,1004	0,0124	98	16,7	52	1,3520	0,0296
49	25,5	52	1,3520	0,0690	99	17,9	52	1,3520	0,0340
50	20,4	52	1,3520	0,0442	100	24,0	52	1,3520	0,0612

**Cuadro 35.** Volumen obtenido por troza en la jornada 4 durante la evaluación de la etapa de Carga. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )	Número de Troza	Diámetro al centro (cm)	Largo (pulgadas)	Largo (m)	Volumen Huber(m <sup>3</sup> )
1	29,6	52	1,3520	0,0930	61	23,4	52	1,3520	0,0581
2	23,9	52	1,3520	0,0607	62	21,0	52	1,3520	0,0468
3	29,1	52	1,3520	0,0899	63	18,9	52	1,3520	0,0379
4	25,9	42	1,1004	0,0580	64	21,3	52	1,3520	0,0482
5	22,2	42	1,1004	0,0426	65	22,7	52	1,3520	0,0547
6	17,8	42	1,1004	0,0274	66	24,6	52	1,3520	0,0643
7	18,1	52	1,3520	0,0348	67	19,2	42	1,1004	0,0319
8	16,5	42	1,1004	0,0235	68	18,8	42	1,1004	0,0305
9	14,3	42	1,1004	0,0177	69	21,5	52	1,3520	0,0491
10	13,7	42	1,1004	0,0162	70	25,0	52	1,3520	0,0664
11	30,0	52	1,3520	0,0956	71	27,2	52	1,3520	0,0786
12	21,3	42	1,1004	0,0392	72	21,7	52	1,3520	0,0500
13	19,4	52	1,3520	0,0400	73	26,6	52	1,3520	0,0751
14	20,6	52	1,3520	0,0451	74	27,6	52	1,3520	0,0809
15	24,2	52	1,3520	0,0622	75	18,5	42	1,1004	0,0296
16	19,8	42	1,1004	0,0339	76	25,4	42	1,1004	0,0558
17	28,6	52	1,3520	0,0869	77	26,6	52	1,3520	0,0751
18	26,0	52	1,3520	0,0718	78	21,9	52	1,3520	0,0509
19	18,9	42	1,1004	0,0309	79	23,4	52	1,3520	0,0581
20	25,6	42	1,1004	0,0566	80	18,1	42	1,1004	0,0283
21	26,8	52	1,3520	0,0763	81	25,5	52	1,3520	0,0690
22	18,2	42	1,1004	0,0286	82	17,4	52	1,3520	0,0321
23	20,4	42	1,1004	0,0360	83	22,8	52	1,3520	0,0552
24	24,0	42	1,1004	0,0498	84	16,8	52	1,3520	0,0300
25	19,9	42	1,1004	0,0342	85	20,5	42	1,1004	0,0363
26	23,5	52	1,3520	0,0586	86	18,3	42	1,1004	0,0289
27	15,5	42	1,1004	0,0208	87	22,3	52	1,3520	0,0528
28	21,7	52	1,3520	0,0500	88	24,1	52	1,3520	0,0617
29	25,2	52	1,3520	0,0674	89	19,2	42	1,1004	0,0319
30	19,4	42	1,1004	0,0325	90	18,7	42	1,1004	0,0302
31	20,2	42	1,1004	0,0353	91	19,7	42	1,1004	0,0335
32	26,4	52	1,3520	0,0740	92	20,1	42	1,1004	0,0349
33	23,7	42	1,1004	0,0485	93	23,5	52	1,3520	0,0586
34	29,3	52	1,3520	0,0912	94	27,0	52	1,3520	0,0774
35	25,8	42	1,1004	0,0575	95	19,8	42	1,1004	0,0339
36	27,1	52	1,3520	0,0780	96	25,9	42	1,1004	0,0580
37	21,6	52	1,3520	0,0495	97	20,5	52	1,3520	0,0446
38	23,3	52	1,3520	0,0576	98	17,5	42	1,1004	0,0265
39	20,2	52	1,3520	0,0434	99	22,6	52	1,3520	0,0542
40	22,3	52	1,3520	0,0528	100	27,4	52	1,3520	0,0797
41	18,7	42	1,1004	0,0302	101	23,1	52	1,3520	0,0567
42	14,4	42	1,1004	0,0179	102	25,8	52	1,3520	0,0707
43	25,2	52	1,3520	0,0674	103	19,5	42	1,1004	0,0329
44	19,9	42	1,1004	0,0342	104	20,9	42	1,1004	0,0378
45	26,4	42	1,1004	0,0602	105	22,0	52	1,3520	0,0514
46	23,9	42	1,1004	0,0494	106	19,4	42	1,1004	0,0325
47	25,6	52	1,3520	0,0696	107	30,4	52	1,3520	0,0981
48	20,0	42	1,1004	0,0346	108	27,3	52	1,3520	0,0791
49	22,7	52	1,3520	0,0547	109	24,9	52	1,3520	0,0658
50	18,9	42	1,1004	0,0309	110	25,4	52	1,3520	0,0685

51	28,1	52	1,3520	0,0838	111	21,5	52	1,3520	0,0491
52	21,3	52	1,3520	0,0482	112	18,2	52	1,3520	0,0352
53	19,0	42	1,1004	0,0312	113	24,0	52	1,3520	0,0612
54	25,5	52	1,3520	0,0690	114	21,7	52	1,3520	0,0500
55	23,0	42	1,1004	0,0457	115	19,9	42	1,1004	0,0342
56	25,1	52	1,3520	0,0669	116	22,6	52	1,3520	0,0542
57	16,5	52	1,3520	0,0289	117	28,4	52	1,3520	0,0856
58	24,4	52	1,3520	0,0632	118	21,7	42	1,1004	0,0407
59	21,3	52	1,3520	0,0482	119	20,3	42	1,1004	0,0356
60	23,7	52	1,3520	0,0596	120	22,8	52	1,3520	0,0552

---

**Anexo 4.** Distribución promedio del tiempo en las etapas de Volteo, Arrastre y Troceo del sistema de aprovechamiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

**Cuadro 36.** Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Volteo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	35,75	71,50	1,19	27,42
Desrame y despunte	43,25	86,50	1,44	33,17
Traslado	15,00	30,00	0,50	11,51
<b>Total</b>	<b>94,00</b>	<b>188,00</b>	<b>3,13</b>	<b>72,10</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra pegada	3,88	7,75	0,13	2,97
Árbol prensado	1,00	2,00	0,03	0,77
Abastecimiento de combustible	4,88	9,75	0,16	3,74
Afilado	8,38	16,75	0,28	6,42
Alimentación	7,00	14,00	0,23	5,37
Fisiológicos	0,00	0,00	0,00	0,00
Limpiar alrededor del árbol	1,50	3,00	0,05	1,15
Esperar (Bueyes saquen madera)	9,75	19,50	0,33	7,48
<b>Total atrasos</b>	<b>36,38</b>	<b>72,75</b>	<b>1,21</b>	<b>27,90</b>
<b>TOTAL</b>	<b>130,38</b>	<b>260,75</b>	<b>4,35</b>	<b>100,00</b>

**Cuadro 37.** Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Arrastre con bueyes en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Viaje vacío	44,50	89,00	1,48	20,52
Amarre	20,33	40,67	0,68	9,38
Viaje cargado	46,33	92,67	1,54	21,37
Soltar	18,33	36,67	0,61	8,46
<b>Total por ciclo (observaciones)</b>	<b>129,50</b>	<b>259,00</b>	<b>4,32</b>	<b>59,72</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Carga pegada	8,00	16,00	0,27	3,69
Limpiar pista	10,17	20,33	0,34	4,69
Ajustes de fajas en yugo	0,83	1,67	0,03	0,38
Desrame o troceo	10,33	20,67	0,34	4,77
Alimentación	18,83	37,67	0,63	8,69
Fisiológicos	0,00	0,00	0,00	0,00
Re-amarre de la carga	1,17	2,33	0,04	0,54
Descanso de los bueyes	7,83	15,67	0,26	3,61
Tomar agua	0,67	1,33	0,02	0,31
Limpiar patio de acopio	1,83	3,67	0,06	0,85
Esperar (a que volteen)	27,67	55,33	0,92	12,76
<b>Total por ciclo (observaciones)</b>	<b>87,33</b>	<b>174,67</b>	<b>2,91</b>	<b>40,28</b>
<b>TOTAL (observaciones)</b>	<b>216,83</b>	<b>433,67</b>	<b>7,23</b>	<b>100,00</b>

**Cuadro 38.** Distribución promedio del tiempo en una jornada de trabajo durante la operación de Troceo en un aprovechamiento de plantaciones de *Acacia mangium*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Movimientos del sistema	Observaciones	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Porcentajes
<b>Movimientos Productivos</b>				
Corta	39,56	79,11	1,32	28,64
Medir	24,11	48,22	0,80	17,46
Traslado	19,78	39,56	0,66	14,32
<b>Total</b>	<b>83,44</b>	<b>166,89</b>	<b>2,78</b>	<b>60,42</b>
<b>Movimientos improductivos</b>				
Sierra prensada	3,56	7,11	0,12	2,57
árbol prensado	0,56	1,11	0,02	0,40
Abastecimiento de combustible	5,33	10,67	0,18	3,86
Afilado	11,89	23,78	0,40	8,61
Alimentación	3,89	7,78	0,13	2,82
Fisiológicos	0,00	0,00	0,00	0,00
Desrame	0,00	0,00	0,00	0,00
Acomodar fustes para troceo	0,22	0,44	0,01	0,16
Esperar	29,22	58,44	0,97	21,16
<b>Total atrasos</b>	<b>54,67</b>	<b>109,33</b>	<b>1,82</b>	<b>39,58</b>
<b>TOTAL</b>	<b>138,11</b>	<b>276,22</b>	<b>4,60</b>	<b>100,00</b>