

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COSECHA FORESTAL: ESTUDIO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN
OPERACIONES MECANIZADAS.

por

Sebastián WAGNER

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título
de Ingeniero Agrónomo

Montevideo
Uruguay
2006

Tesis aprobada por:

Director
Nombre completo y firma

.....
Nombre completo y firma

.....
Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis: Gustavo Daniluk

A Estela Priore

A Rafael Escudero

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.1.1 <u>Objetivos específicos</u>	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 ESTUDIOS DE TIEMPOS.....	4
2.1.1 <u>Modelos de tiempo</u>	4
2.1.2 <u>Método multimomento</u>	5
2.1.3 <u>Método continuo</u>	5
2.1.4 <u>Método de vuelta a cero</u>	6
2.2 TERMINOLOGÍA EN ESTUDIOS DE TIEMPOS.....	6
2.2.1 <u>Tiempo de trabajo productivo</u>	6
2.2.1.1 Tiempo de trabajo principal.....	7
2.2.1.2 Tiempo de trabajo complementario.....	7
2.2.2 <u>Tiempo de trabajo indirecto</u>	7
2.2.2.1 Tiempo de preparación.....	7
2.2.2.2 Tiempo de traslado.....	7
2.2.2.3 Tiempo de preparación operacional.....	8
2.2.2.4 Tiempo de servicio.....	8
2.2.2.5 Tiempo de reparación.....	8
2.2.2.6 Tiempo de mantenimiento.....	8
2.2.2.7 Tiempo de repostado.....	9
2.2.3 <u>Tiempo no operativo</u>	9
2.3.3.1 Tiempo de interrupción.....	9
2.3.3.2 Tiempo de descanso.....	9
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.....	10
ESTUDIOS DE TIEMPOS	
2.4 ANTECEDENTES DE DESCORTEZADO.....	20
2.5 DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS.....	20
2.6 DESCRIPCIÓN DE UN HARVESTER.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	23
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	23

3.2	CAPACITACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	23
3.3	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA BAJO ESTUDIO.....	23
3.3.1	<u>Ubicación</u>	23
3.3.2	<u>Suelos</u>	23
3.3.3	<u>Clima</u>	23
3.3.4	<u>Variables de rodal</u>	24
3.4	MATERIALES UTILIZADOS.....	24
3.5	DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	24
3.6	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	26
3.7	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE TRABAJO.....	28
3.8	DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS.....	28
4.	<u>RESULTADOS</u>	30
4.1	CÁLCULO DE LOS FACTORES DE FORMA.....	30
4.2	CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LOS ÁRBOLES.....	30
4.3	CÁLCULO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS.....	31
4.4	PRODUCTIVIDAD.....	37
4.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4.6	REGRESIONES.....	39
5.	<u>DISCUSIÓN</u>	40
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	42
7.	<u>RESUMEN</u>	44
8.	<u>SUMMARY</u>	46
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	47
10.	<u>ANEXOS</u>	50

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Comparativo entre sistemas de cosecha.....	12
2. Valores obtenidos para Valmet 960.....	15
3. Tareas con motosierra.....	16
4. Registros de tiempo de Harvesters.....	17
5. Porcentaje de tiempo del motosierrista.....	18
6. Planilla de trabajo.....	27
7. Factores de forma.....	30
8. Tiempo según fase de trabajo.....	31
9. Tiempo según fase de trabajo en B.....	33
10. Tiempo promedio descortezado por árbol.....	36
11. Resumen de los sistemas	37
12. Análisis de la varianza.....	38

Gráfico No.	Página
1. Tiempo según fase de trabajo en la mañana A	32
2. Tiempo según fase de trabajo en la tarde A	32
3. Tiempo según fase de trabajo en la mañana B	33
4. Tiempo según fase de trabajo en la tarde B	34
5. Proporción de tiempo según fase MB.....	34
6. Proporción de tiempo según fase TB.....	35
7. Proporción de tiempo según fase MA.....	35
8. Proporción de tiempo según fase TA.....	36

1. INTRODUCCIÓN

El sector forestal uruguayo está expandiéndose notoriamente. El Uruguay asiste al desarrollo industrial importante en el litoral con la construcción de dos plantas de pulpa de celulosa. Cuando las plantas comiencen a funcionar demandarán alrededor de 4.000.000 m³ por año. De manera que la mecanización de la cosecha será un factor relevante en el Uruguay del mañana para poder abastecer en forma y tiempo de materias primas a estas industrias.

Hoy día cada vez son más los contratistas que deciden adquirir un "Harvester" , un "Forwarder" para las tareas de cosecha. La empresa Forestal Oriental fue una de las pioneras en utilizar este tipo de equipos.

La maquinaria está siendo utilizada en aprovechamientos para diferentes especies de *Eucalyptus*, en talarasa y raleos.

En el litoral FOSA procesa *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus dunnii* , con el objetivo pulpa.

En el departamento de Lavalleja contratistas están utilizando Feller buncher, Skidder y cabezales procesadores en pie de excavadoras para el procesado de los fustes, en lo que se conoce como proceso de fustes enteros.

De manera que es importante hacer estudios sobre este tipo de máquinas que serán las responsables de procesar una gran parte de la producción nacional el día de mañana.

Es importante hacer referencia a las condiciones que llevaron a la mecanización de la cosecha. Las razones son varias y se enumeran a continuación.

*Necesidad de bajar los costos de mano de obra.

*Desinterés de los trabajadores de realizar actividades poco remuneradas como el acarreo manual, apeo, carga en los camiones.

*Tecnología disponible y servicio técnico adecuado.

*Justificado y creciente interés en la seguridad y ergonomía de los trabajadores.

*Disponibilidad de volúmenes grandes a cosechar.

*Capacitación de los trabajadores.

Desde hace diez años aproximadamente se están usando en el país equipos de cosecha mecanizados. Estas máquinas son Harvesters, Feller buncher, Skidders y Forwarders.

Sin embargo no se ha encarado la problemática puntual sobre el tiempo que lleva descortezar los árboles con las máquinas.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar un estudio de tiempos y rendimientos en operaciones altamente mecanizadas, en cosecha forestal mediante el uso de Harvesters, sobre una masa de *Eucalyptus saligna*.

1.1.1 Objetivos específicos

El estudio se propone comparar dos sistemas de trabajo, para determinar la mejor forma de procesar un árbol, que permita obtener una mayor productividad.

Validar una metodología de estudio basada en el método multimomento y vuelta a cero en forma simultánea. Multimomento por ser actividades de tiempo muy corto (fases de trabajo), y vuelta a cero para poder ajustar curvas de relación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTUDIOS DE TIEMPOS

Un estudio de tiempos es un estudio detallado de la distribución del uso del tiempo en las diversas tareas que componen un determinado esquema de trabajo, incluyendo también el tiempo consumido por otros eventos ajenos en principio al objetivo del trabajo como retrasos , pausas, incidentes, etc.

Con el estudio de tiempos se puede valorar el rendimiento de la mano de obra y maquinaria empleados en las tareas.

2.1.1 Modelos de tiempos

Los modelos de tiempo suelen descomponer el tiempo observado en categorías. Como por ejemplo en fases tales como apeo, descortezado, trozado, apilado ,avance , etc.

Los modelos analíticos son aquellos que proporcionan una estimación del tiempo productivo empleado en cada una de las fases en que se puede descomponer el ciclo de trabajo.

Es importante que los períodos de cronometraje estén compuestos por jornadas completas , dada la variación en los tiempos y rendimientos a lo largo de la misma (después de la comida o al final, etc).

La utilidad de los modelos de tiempos tiene otros objetivos como pueden ser la mejora de los métodos de trabajo y la comparación de técnicas de trabajo no conocidas.

2.1.2 Método multimomento

Con respecto a los métodos de medición de tiempos el aplicado fue el método multimomento.

Se procede de la siguiente forma :

- a. Se fija un intervalo de tiempo para hacer observaciones. En este caso cada diez segundos.
- b. Se pone en marcha el cronómetro.
- c. Cada vez que suene el cronómetro se anota en la planilla que actividad es la que está realizando.
- d. Como resultado de esta forma de trabajo , el método permite determinar la frecuencia porcentual de cada actividad.

Las ventajas de este método es que se puede registrar secuencias cortas siempre que se realice los estudios durante un período suficientemente largo. Además no es necesaria una observación precisa de los puntos de medición.

Como desventaja tenemos que no se puede reconstruir la secuencia de trabajo.

2.1.3 Método continuo

Se mide el tiempo sin detener el cronómetro; cada vez que la acción pasa por un punto de medición, el operador anota la posición de los punteros sin detenerlos, junto con el nombre de la actividad recién terminada. El tiempo abarcado por cada actividad parcial se calcula por diferencia.

Las ventajas fundamentales son que se puede reconstruir la secuencia de trabajo y puede identificarse los errores de lectura o de registro.

Como desventajas se tiene que las secuencias cortas se registran con cierta dificultad y solo se puede observar una máquina a la vez.

2.1.4 Método de vuelta a cero.

El cronómetro es detenido en cada punto de medición y se le hace retornar de inmediato a cero; seguidamente se comienza a medir el tiempo parcial siguiente.

Como ventaja se tienen los tiempos directamente sin necesidad de sustracciones.

Como desventaja, solo se puede observar una máquina a la vez.

2.2 TERMINOLOGÍA EN ESTUDIOS DE TIEMPOS

A continuación detallaremos la terminología utilizada en el estudio referente a los tiempos.

2.2.1 Tiempo de trabajo productivo o directo

Parte del tiempo que es empleado en contribuir directamente en la consecución de una tarea específica del ciclo de trabajo (por ejemplo apeo de un árbol o viaje de desembosque). Dentro de este se puede considerar:

2.2.1.1 Tiempo de trabajo principal

Parte del tiempo usado en cambiar el objeto del trabajo árboles, fustes, trozas, en lo que respecta a su forma u posición por ejemplo apeo, desramado, apilado, carga, etc.

2.2.1.2 Tiempo de trabajo complementario

Parte del tiempo de trabajo en que no ocurre lo anterior, pero que es necesario para completar la tarea y que es parte integral del ciclo del trabajo , como posicionamiento de la maquina, limpieza del área de trabajo, etc.

2.2.2 Tiempo de trabajo indirecto

Parte del tiempo de trabajo que no es empleado directamente en la consecución de una tarea específica del ciclo de trabajo, pero que se desarrolla como apoyo necesario a la misma.

2.2.2.1 Tiempo de preparación

Parte del TTI que se emplea para la preparación de las maquinas y las condiciones de la zona de trabajo. Se divide a su vez:

2.2.2.2 Tiempo de traslado

Parte del tiempo empleado en trasladar las máquinas , personas, etc.

2.2.2.3 Tiempo de preparación operacional

Parte del tiempo de preparación usado para preparar el sistema de aprovechamiento con el fin de que se siga trabajando en un sitio en particular , como por ejemplo cambio de turno , desplazamiento del personal por el monte ,etc.

2.2.2.4 Tiempo de servicio

Parte del Tiempo de preparación que se emplea para mantener la capacidad de trabajo de las máquinas en el sistema de producción. Se divide en:

2.2.2.5 Tiempo de reparación

Parte del tiempo de servicio que se emplea en la reparación de daños o desgastes de elementos del sistema de trabajo , que ocurren como interrupciones no cíclicas, como por ejemplo una pequeña avería, espera de un mecánico , el traslado de una pieza dañada para su reparación.

2.2.2.6 Tiempo de mantenimiento

Parte del tiempo de servicio que se emplea para reparar la degradación de las herramientas y de las máquinas , constituyendo una interrupción cíclica, como por ejemplo el mantenimiento normal de las máquinas, la espera a un mecánico de mantenimiento, la comprobación diaria del funcionamiento de la maquinaria, etc.

2.2.2.7 Tiempo de repostado

Parte del tiempo de servicio que se emplea para repostado de la máquina , incluyendo el traslado de la máquina para repostar incluyendo el propio repostado.

2.3.3 Tiempo no operativo

No se realizan tareas directas ni auxiliares que contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo. Se divide a su vez en :

2.3.3.1 Tiempo de interrupción

Parte del TNO que se considera como una interrupción en el trabajo sin conexión directa o indirecta con las tareas que lo componen , como por ejemplo recabar información , parar por inclemencias del tiempo , accidente , etc.

2.3.3.2 Tiempo de descanso y necesidades personales

Parte del tiempo que se emplea en la comida de los trabajadores , el descanso que se estima necesario, las necesidades fisiológicas, etc.

2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD. ESTUDIOS DE TIEMPO.

Malinovski y Malinovski(2000), señala que en la productividad de las máquinas forestales influyen muchas variables:

VARIABLES DE RODAL

*Volumen medio de los árboles. Existe un rango de volúmenes para los cuales la productividad de los equipos de corta es óptima. Por debajo/encima de esos valores , existe pérdida de la productividad.

*Espaciamiento entre árboles: A menor espaciamiento entre árboles aumenta la productividad de los Harvesters porque reduce el tiempo de desplazamiento.

*Espaciamiento entre filas : A mayor espaciamiento entrefilas se reduce la productividad del Harvester , pues puede abarcar menos filas en el corte (con la grúa). Por lo contrario la productividad de las máquinas de extracción aumenta debido a que tienen más espacio para movilizarse.

*Altura de los tocones. Si son muy altos perjudica la extracción por parte de los Forwarders, debido a que puede comprometer la vida útil de las esteiras , pudiendo llevar también a las máquinas a realizar movimientos no necesarios.

*Sotobosque. Puede llegar a perjudicar la visibilidad de los operarios, reduciendo la productividad.

*Vol/ha . Cuanto mayor sea el volumen/ha a extraer por los equipos de saca mayor será su productividad, debido a una

disminución de la necesidad de desplazamiento para completar la carga.

*Tortuosidad de los fustes. Cuanto más tortuosos son los fustes, menor productividad del Harvester pues demora más tiempo en procesar un árbol.

*Árboles bifurcados en la base. Disminuye la productividad de los equipos de corta, obligando a estos a realizar más cortes.

Variables de terreno

*Capacidad de sustentación de los suelos: Suelos con drenaje pobre, sin cubierta vegetal pueden generar patinamiento, reduciendo la productividad de las máquinas forestales.

*Topografía. Cuanto más elevada sea la pendiente más perjudica a las máquinas forestales. Sin embrago los Harvesters con el sistema de chasis articulado reduce en parte este problema.

Variables de operación

*Turno de trabajo. En general la productividad durante las horas nocturnas disminuye, debido a una reducción de la visibilidad.

*Distancia promedio de Madereo (DPM). A mayor distancia de madereo menor será la productividad de los equipos de saca, debido a un mayor tiempo de viaje cargado/descargado que realizan los equipos.

Los sistemas mecanizados de cosecha permiten reducir la mano de obra y consecuentemente los costos. Un ejemplo claro de esto es el de la empresa brasilera de celulosa y papel "Champion", la cual utilizaba un sistema de cosecha

manual tradicional y efectuó un cambio en las operaciones pasándose a un sistema altamente mecanizado. El mismo utiliza Feller bunchers, Forwarders y Skidders para la cosecha. Los datos de costos se presentan a continuación.

Cuadro No.1 Comparativo entre sistemas de cosecha.

	Sistema tradicional	Sistema altamente mecanizado
U\$S/m3	7.0	5.0
*Mano de obra	110	45

* Para un volumen mensual de 30000 m³.

Fuente: Depieri et al.(1998)

Los principales factores que influyen la cosecha de madera son clima, topografía y las características de los árboles(Dap, tamaño de copa, peso de la madera, etc.¹

Holtzcher, citado por Bramucci(2001), estudiando el efecto del Dap sobre el costo y productividad de la cosecha encontraron alta correlación entre tales factores, de modo que si aumenta el Dap aumenta también la productividad, y caían los costos operacionales.

Santos, citado por Salmeron (1996), la utilización de procesadores mecánicos en operaciones de descortezado, se observó que la productividad del equipo subía a medida que aumentaba el volumen medio de los árboles hasta 0.34 m³/árbol y luego decrecía.

Richardson, citado por Bramucci (2001),trabajando sobre Harvesters, determinaron que el factor que más incidía en la productividad era el volumen medio/árbol.

En Chile, utilizando Harvesters, procesando Eucalyptus en tala rasa, la productividad ha sido de 19m³/hr. Los árboles en cuestión eran de 0.2 m³ en promedio (Hakkila, 1994).

¹ Daniluk,G.2006.Com.personal.

Mc Conchie, citado por Bramucci , (2001), relató que de 212 trabajos publicados en Nueva Zelanda sobre mecanización forestal , apenas ocho trataban de la influencia de los aspectos humanos sobre cosecha mecanizada. La operación de un Harvester es un trabajo complejo que envuelve continuas tomas de decisión y rápidos movimientos de los controles y por esto la habilidad del operador tiene gran influencia sobre la productividad de los equipos.

Hoy día los maquinistas tanto de Harvester como de Forwarder tienen la posibilidad de aprender el manejo de los equipos mediante un simulador. Las ventajas sobre el aprendizaje en simulador son notorias. Freedman (1998), comparó un grupo de estudiantes que había entrenado 25 horas con el simulador, con estudiantes que no tenían entrenamiento. El resultado fue que los estudiantes que habían pasado por el simulador cortaron un 15% más de madera y los costos de reparación decrecieron un 30%. Este estudio se utilizó para identificar potenciales buenos operadores.

Erwing, citado por Bramucci(2001) estudiaron un Valmet 544H en operaciones de raleo(densidad inicial 1620 arb/ha, densidad final 727 arb/ha). La capacidad productiva de la máquina fue de 85 arb/ha, 12m³/hora. La eficiencia fue de 80%.

Bramucci(2001), realizó un estudio en Brasil en empresas todas productoras de madera de *Eucalyptus* para pulpa de celulosa. Fueron utilizados 10 grupos de Harvesters , de marcas tales como Timberjack, Caterpillar, Volvo, Fiat, Valmet. Fueron recolectados datos de la cosecha de más de 4.000.000 de m³ de madera.

El estudio evaluó la productividad de estos equipos en función de las siguientes variables:

- Volumen medio por árbol. Se verificó que la productividad aumentaba hasta 0.5 m³/árbol y luego se estabilizaba.

- Dap medio de los árboles. Se comprobó que la productividad aumentaba hasta diámetros de 24 cm, notándose una estabilización de la misma a partir de aquí. Esto indicó que los cabezales utilizados son más adecuados para trabajar con árboles de hasta 24 cm de Dap.
- Altura media de los árboles. La productividad aumenta con la altura , pero a partir de 40 m/árb, se estabiliza.
- Volumen/ha. La productividad de los equipos aumenta a medida que aumenta el volumen/ha.
- Árboles/ha. Un aumento de la densidad implica una reducción del volumen individual/árbol. Esto resulta en una baja de la productividad de los Harvesters. Esta reducción en la productividad , puede ser atribuida en parte a una mayor dificultad de movimientos de los equipos en el monte. Este autor considera que las densidades ideales para cosecha mecanizada están entre 800-1200 árboles /ha.
- Experiencia del operador. Se verifica que la productividad de los equipos aumenta a medida que el operador tiene más horas de trabajo pero no se pudo comprobar cual es ese número de horas.

Salmeron et al.(1998), evaluaron el sistema de cosecha con harvester, mediante trozas cortas(2.7m) y trozas largas (5.5m) de *Eucalyptus*. El destino de las mismas era pulpa de celulosa. Ambas eran descortezadas por el harvester. Se vio que la productividad de la máquina para trozas cortas era de 13.39m³/hr. En tanto que para el sistema de trozas largas la misma aumentaba a 19.17m³/hr.

Concluyeron que el cabezal está menos tiempo trozando. Como consecuencia la productividad del Forwarder también subió, basado en un menor número de ciclos de carga.

Los autores realizaron un estudio de tiempos y rendimientos también para *Eucalyptus*. Los mismos se llevaron a cabo con árboles de 0.25m³ en promedio, en localidades de un 25% de pendiente. Los estudios hechos sobre un Harvester Valmet 960 II brindaron los siguientes resultados:

Cuadro No.2 Valores obtenidos para Valmet 960

ÍTEMS	VALORES
Tiempo de corte	16%
Descortezado	27%
Trozado	26%
Tiempo de desplazamiento	22%
Otros	9%
Árboles/minuto	1.55
Productividad media	23.3 m ³ /hr

Fuente: Salmeron y Simonetti(1998)

Aguirre y Landachea(1986), efectuaron un estudio de rendimientos para *E.globulus*. Los resultados se detallan a continuación.

Para suelo de sierra:	Apeo y trozado	40 m.e/h/día
	Desrame y descortezado	7 m.e/h/día
	Apilado	25 m.e/h/día
Para suelo plano:	Apeo y trozado	60 m.e/h/día
	Desrame y descortezado	10 m.e/h/día

Alzugaray(1987), en un monte de *E.grandis* en la localidad de Piedras Coloradas , evaluando una cuadrilla de 5 operarios por el método multimomento obtuvo la siguiente distribución de tiempos:

1.Tiempos principales	48.65%
1.1 apeo	8.33%
1.2 desrame	16.67%
1.3 saca	49.07%
1.4 marcación y tronzado	25.93%
2.Tiempos secundarios	51.35%

2.1 preparación de herramientas	5.04%
2.2 esperas	53.95%
2.3 descansos	26.97%
2.4 tiempos personales	3.95%
2.5 mantenimiento de herramientas	10.09%

Pedocchi y Reyes (1990), trabajando sobre *E. saligna* de 12 años de edad obtuvieron los siguientes datos de rendimientos (m³/hora/hombre):

Apeo:20.2
Trozado:7.6
Apilado:2.1

Arbe y Correa (1995), trabajando sobre *P. taeda* en la localidad de Piedras Coloradas determinaron los siguientes valores:

Volumen medio de los individuos:0.58 m³

Cuadro No.3 Tareas con motosierra

Actividad	Productividad m ³ /hora/hombre
Apeo, evaluado por m.continuo	27
Desrame , descortezado, evaluado por m.multimomento	4.19

Fuente: Arbe y Correa(1995)

Castroman y Izuibejeres(2002) trabajando con un monte de *E. viminalis* (0.15m³/árb), 1170 arb/ha; determinaron valores de cosecha con Harvester que se detallan a continuación:

Cuadro No.4 Registros de tiempo de Harvester

	Segundos
Tiempo del ciclo	62
Tiempo de corte	9
Descortezado y desrame	33
Trozado	9
Desplazamiento	11
Productividad	3.9 m ³ /hr
Disponibilidad operacional	86.96%
Disponibilidad mecánica	85%

Fuente: Castroman e Izuibejeres(2002)

Tolosana et al.(1998), realizando un estudio de tiempos y rendimientos en España por sobre una masa de *Pinus sylvestris* en un raleo se determinaron los siguientes valores para el método multimomento.

Cuadro No. 5 Porcentajes de tiempo del motoserrista

Operación	% de tiempo
Ninguna	0.8
Repostado	0.11
Interrupción por avería	0.07
Interrupción por comida	33.89
Interrupción por descanso	0.26
Movimiento hacia el lugar de trabajo	0.37
Afilado	1.97
Repostado	1.9
Tensado de cadena	0.04
Otras operaciones de mantenimiento	0.29
Desplazamiento entre pies	7.01
Preparación/árbol	2.67
Apeo	4.93
Desenganche de árboles	1.31
Desramado y tronzado	29.33
Medición	3.18
Acomodo de residuos	0.55
Tareas auxiliares	1.02
Consulta agentes forestales	10.3
Total	100

Fuente: Tolosana et al.(1998)

El apeo se realizó con motosierra , produciéndose luego madera de trozas cortas de 2.20 m, de 0.046m³ cada una. El rendimiento del motosierrista(el cual realizaba el apeo y procesado) fue de 3.17 m³/hora productiva.

Con respecto a los estudios de tiempo, las variables forma de los árboles, dimensiones de los mismos, disposición de las ramas, temperatura, lluvias son importantes a la hora del estudio (Frauenholz, 1981)

A nivel mundial , la mecanización forestal comprende la tecnificación por dos vías diferentes: por un lado se ha buscado incrementar la productividad de los raleos , fundamentalmente con el diseño de máquinas pequeñas adaptadas para tales condiciones.

En tanto que también se ha puesto empeño en el diseño de Harvesters y Fellers bunchers destinados a cortas finales. La mecanización de las actividades de cosecha toma mayor importancia en los países de altos costos de mano de obra.

2.4 ANTECEDENTES DE DESCORTEZADO

El descortezado se realiza mejor en las horas de la noche que durante el día . A su vez se descortezado mejor en invierno que en verano. Por otro lado tenemos que luego de una lluvia , se comienza a descortezado mejor a los dos o tres días de ocurrida la misma. Lo anterior denota la importancia que tiene el agua dentro del árbol a la hora del descortezado.²

Por otro lado citando las especies de *Eucalyptus* se tiene que el más fácil para descortezado es el *E. dunnii*, luego el *E. grandis* y por último el *E. saligna*. En este último la corteza se desprende por pedazos , no como en el caso del *E. grandis* el cual se desprende fácilmente en fajas enteras.

2.5 DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS.

Hakkila(1994), señala que la productividad de un sistema de cosecha es afectado por la disponibilidad mecánica (dm) y la disponibilidad operacional(dop).

Disponibilidad operacional=Tiempo efectivo / tiempo total*100

Castromán e Izuibejeres(2002), encontraron los siguientes valores:

Equipo: Harvester
Disponibilidad mecánica: 85%
Disponibilidad operacional:86.8%
% de disponibilidad total:74%

2.6 DESCRIPCIÓN DE UN HARVESTER

Una cosechadora se define como máquinas que pueden cortar , desramar, descortezar y trozar. Constan de tres partes fundamentales:

²Com. personal con maquinistas.

- Transportador: responsable del movimiento de la máquina.
- Alargador: elemento mecánico que lleva el cabezal hasta el árbol.
- Cabezal cortador.

Existen dos tipos de cosechadoras:

2. ONE GRIP HARVESTER. Son máquinas que tienen un único cabezal de apeo y procesamiento. Son las que están presentes actualmente hoy en Uruguay.
3. TWO GRIP HARVESTER. Son cosechadoras que tienen un cabezal de apeo y una plataforma de procesamiento en la parte de atrás. La ventaja radica en que mientras se procesa un fuste en la parte posterior , al cabezal está ya cortando otro árbol. Sin embargo estas máquinas son más costosas así como su mantenimiento. Presentan además menor movilidad que las otras.

Partes constitutivas de un cabezal cortador

1. Garras de sujeción. Dos garras: superior e inferior
2. Dispositivo de apeo y apilado: Esta compuesto por una sierra de cadena, con una velocidad lineal de 30-40m/seg.

3. Sistema de alimentación. Esta formado por dos rodillos de ejes paralelos que giran en sentidos opuestos por medio de un circuito de presión. El árbol se sitúa entre medio. Los rodillos más comunes son metálicos con estrías o puntas de agarre. Pueden ser de orugas también. Los rodillos metálicos son los que generan mayor adherencia pero producen más daños en el fuste.

4. Sistema de desramado. El desramado de árboles de pequeño diámetro es muy trabajoso por lo que es interesante su mecanización. En general los elementos de desrame consiste en cuchillas en forma de garras articuladas que al cerrarse se adaptan a la forma del fuste y eliminan las ramas por impacto. Otro sistema está compuesto por un cinturón de cuchillas que aunque es menos robusto que el anterior, se adapta mejor a la forma del fuste.

5. Sistema de descortezado. Consisten en cuchillas descortezadoras, las cuales son muy utilizadas en el caso de especies de fácil descortezado (*E. grandis*, *E.globulus ssp. globulus*).

6. Sistema de medición. Para la medición de la troza a cortar disponen de un rodillo dentado de medida que rueda sobre el tronco cuando este es desramado, y de un censor electrónico que envía impulsos a una computadora por cada pasada de los dientes. La computadora ofrece otros datos: recuento de trozas procesadas, medidas de diámetros en función de la apertura de los rodillos, el cálculo de los volúmenes de cosecha, resúmenes diarios y semanales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la evaluación a campo se trabajó en la empresa Forestal Oriental.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA BAJO ESTUDIO

3.3.1 Ubicación

El estudio fue hecho en una estancia ubicada en la ruta 90 km 70.

La etapa de campo se llevo a cabo en cinco días. Se trabajó con Harvesters de esa empresa.

3.3.2 Suelos

Según la carta de suelos 1/1.000.000, el predio está ubicado sobre la unidad Algorta. Los tipos de suelos presentes se corresponden con los 9.3 de la carta CONEAT. Los suelos predominantes corresponden a Planosoles dísticos y Argisoles Dísticos.

El relieve es suavemente ondulado con 1-3% de pendiente.

3.3.3 Clima

Según los registros de la dirección nacional de climatología la zona tiene una precipitación media anual de 1218mm.

La temperatura media es de 17.9°C, con una media máxima de 23.4°C y una media mínima de 12.2°C.

3.3.4 Variables de rodal.

Se trabajó sobre un monte de *Eucalyptus saligna* de 13 años de edad, el cual ocupaba una superficie de 19.5 ha. La densidad media era de 854 árboles /ha. El marco de plantación era de 2m*3m, lo que llevaba a una densidad inicial de 1666 árb/ha. Es importante aclarar que habían filas enteras suprimidas y también faltaban muchos individuos en la fila. Presentaba sotobosque producto de la regeneración natural de las propias semillas de los árboles inicialmente plantados. Desde el punto de vista sanitario se pudo constatar árboles afectados por *Phoracantha* spp. Además se pudo ver árboles afectados por canchros, que luego incidirán en el descortezado.

3.4 MATERIALES UTILIZADOS

Cronómetro digital Casio
Planillas de campo
Forcípula metálica
Cinta métrica
Pintura en aerosol

3.5 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Para llevar a cabo el estudio se realizó un experimento con diseño de bloques completos al azar(DBCA); se utilizó cada día como bloque, en el día se sorteó el sistema de trabajo.

1. Problema

Comparar los dos sistemas de trabajo propuestos A y B.

2. Diseño

DBCA.5 bloques (días), 2 tratamientos (sistemas de trabajo).

3. Unidad experimental

Los árboles

4. Modelo estadístico

$$Y = \mu + \beta_j + \zeta(A, B) + \varepsilon$$

$j=1, \dots, 5$ (No. repeticiones)

$I=1, 2$ (No. de tratamientos)

Y Productividad en m³/hr

μ : Media general

β_j : Efecto bloque (Día)

$\zeta(A, B)$: Efecto sistema de trabajo

ε : Error experimental

5. Hipótesis

H₀: $\zeta_A = \zeta_B$

H_a: $\zeta_A \neq \zeta_B$

Se sorteó sistema cada mediodía para determinar con cual comenzar.

3.6 METODOLOGÍA UTILIZADA

Como se explicó se utilizó un método mixto entre multimomento y vuelta a cero. Multimomento por ser

actividades de tiempo muy corto (fases de trabajo), y vuelta a cero para poder ajustar curvas de relación.

Se evaluaron cinco días cada uno de los cuales está dividido en mañana y tarde por los posibles efectos del cansancio de los trabajadores luego de varias horas de trabajo, así como después de las comidas.

El estudio llevado a cabo es un procedimiento de muestreo que se conoce como cronometraje discontinuo. Es decir que se registra la actividad que se realiza en un determinado instante por un procedimiento sistemático.

Se establecieron parcelas de 32 árboles. Se tomaron cuatro filas (8 árboles /fila). A éstos se les midió el Dap. Los bordes de la parcela fueron delimitados mediante pintura en aerosol. En total por día se hicieron cuatro parcelas, totalizando 20 en los cinco días de trabajo. En cada parcela se tomaron datos de tiempos según sistema de trabajo A y B. El tiempo insumido en cada parcela es variable debido a las roturas de las máquinas.

El cálculo de las alturas de los individuos se efectuó contando el número de trozas que se obtenía y se le sumaba 2m por la copa que no se procesaba. Para el cálculo de los factores de forma se tomaron los diámetros en ambas caras de las trozas de un árbol. Los largos de las trozas era de 4.80 m. De esta manera mediante la fórmula de Smalian se calculó el volumen real del árbol y se pudieron calcular los factores de forma.

Se evaluaron dos operadores de los Harvesters. Cada operador tiene una forma distinta de procesar el fuste. Se realizó una toma de tiempos por el método multimomento. Para esto se utilizó un cronómetro, el cual tenía una alarma. La misma se reguló para que sonara cada 10 segundos. De esta manera en cada "pitido" se marcaba en que fase de trabajo estaba el cabezal.

Los operarios con los que se trabajo habían recibido la misma capacitación. Tiempo de trabajo de uno y otro (Experiencia).

Además de detallar las fases en la cual se encuentra el cabezal se anotan en la planilla la fila a la cual pertenece el individuo que está siendo removido.

La planilla tipo se detalla a continuación:

Cuadro No.6 Planilla de trabajo

No. Fila	Día	Mediodía	Sistema	Árbol	Corte	Desramado/ Descortezado	Trozado	Despl.Res	Com.
	1M		B		1				
					2				
					3				
					4				
					5				
					6				
					7				
					8				
					9				
					10				
					11				
					.				
					.				
					.				
					.				
					60				

No. Máquina:

Hora inicio:

Hora finalización:

Observaciones:

Referencias:

Día: Día 1-5

Mediodía: T(tarde),M(mañana)

Sistema: sistema de trabajo A,B

Corte: Etapa en la cual el cabezal efectúa el apeo del árbol.

Descortezado y desramado: momento en el cual el cabezal realiza estas operaciones.

Trozado: tiempo de trozado del fuste.

Res/Av.: tiempo de acomodo de residuos y al avance de la máquina.

3.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE TRABAJO

El sistema A consiste en lo siguiente: El árbol es apeado, luego el cabezal descorteza casi la totalidad del fuste dejando un $\frac{1}{4}$ del fuste sin descortezar. Comienza a trozar hasta que se encuentra con corteza otra vez , lo termina de descortezar y lo troza.

El sistema B es distinto al anterior: El árbol es apeado, luego el cabezal va hasta la mitad, vuelve, va hasta la mitad del fuste ,vuelve (siempre descortezándolo), luego comienza a cortar, hasta el punto en que tiene corteza otra vez(la mitad del fuste) y prosigue descortezando hasta que no hay más corteza y lo termina de trozar. Se podría calificar de un procesado en dos etapas.

A pesar de las generalidades del trabajo tanto A como B pueden mezclar el sistema de trabajo.

Es relevante mencionar que los maquinistas trabajaban en turnos de 10:30hs , descansando 1 hora. Se trabajaban dos turnos por día.

3.8 DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS

Los harvesters con los que se efectuó el estudio son del tipo 1270 D con el cabezal 762 C. Tenían 11000 horas de uso aproximadamente y trabajaban 20 horas al día.

El consumo de combustible de estas máquinas está entorno a 10 litros/hora.

El harvester 1270 D tiene un motor de 6 cilindros, su cilindrada es de 8000cc.

El cabezal 762 c tiene un peso de 1350 kg. La capacidad de corte es de hasta 65 cm.

La capacidad de almacenaje de combustible es de 500 l.

Tiene un sistema hidráulico el cual es el que le permite realizar las operaciones de procesado.

4.RESULTADOS

Los datos fueron procesados mediante planilla Excel. Las planillas de campo se encuentran en el anexo I.

4.1 CÁLCULO DE LOS FACTORES DE FORMA

Para el cálculo del volumen real de los árboles se utilizó la fórmula de Smalian:

$$\text{Volumen real} = \frac{\pi}{4} * L * (\sum (di * di) \text{cara1} + (di \times di) \text{cara2}) \div 2$$

De esta manera el factor de forma se calculó como

$$FF = \frac{\text{volumen real com.s/c}}{\text{volumen aparente total c/c}}$$

A continuación se presentan los valores calculados:
Cuadro No. 7 Factores de Forma

Árbol	Dap(m)	Ht(m)	FF
1	0,1	12	0,39
2	0,18	21	0,59
3	0,23	26	0,53
4	0,25	26	0,38
5	0,31	31	0,42

Fuente: Elaboración propia

4.2 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LOS ÁRBOLES

Para determinar la altura de los individuos a través de los datos de diámetros y alturas de árboles marca de clase de la parcela, se realizó en excel una curva hipsométrica. A partir de esta y con la ecuación correspondiente se

calcularon las alturas de los restantes árboles. Los gráficos correspondientes se presentan en el anexo No.2

Se divide el estudio en las siguientes etapas

4.3 CÁLCULO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS

En el método multimomento no se determinan tiempos sino el porcentaje de veces que cada operación aparece registrada dentro del total de observaciones.

A continuación se presentan en los cuadros resumen, los tiempos cronometrados según fase de trabajo en los diferentes sistemas A y B.

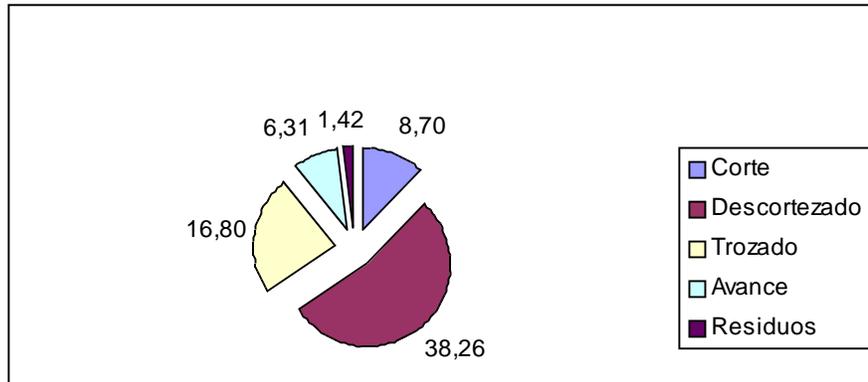
Cuadro No.8 Tiempo según fase de trabajo

Sistema A					
Mañana	Corte	Descortezado	Trozado	Avance	Acomodo de Residuos
D1	9,69	35,63	18,44	4,06	1,88
D2	9,17	43,33	17,92	6,25	
D3	7,27	35,15	16,97	4,55	
D4	9,68	42,90	15,81	6,13	0,97
D5	7,71	34,29	14,86	10,57	1,43
Media	8,70	38,26	16,80	6,31	1,42
Tarde					
D1	13	29	13,67	3,67	1,67
D2	10,42	37,5	21,67	4,17	
D3	8,5	38	20	3	
D4	7,78	38,89	13,33	4,17	2,22
D5	10	42,5	18,75	6,25	0,63
Media	9,94	37,18	17,48	4,25	1,50

Fuente: Elaboración propia

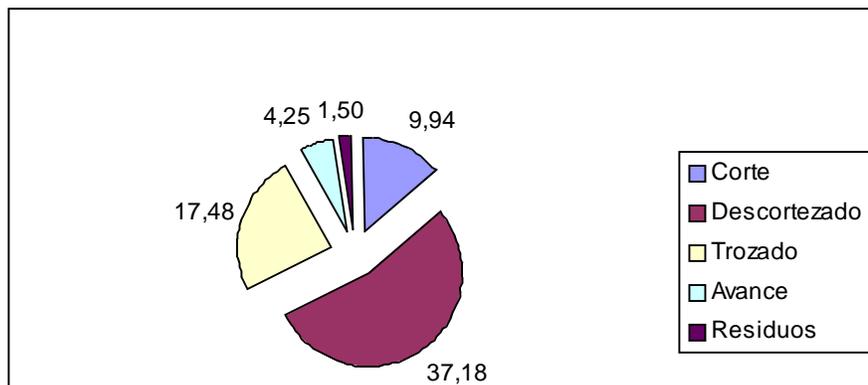
Gráficos de distribución del tiempo según fase de trabajo

Grafico No.1 Tiempo según fase de trabajo en la mañana, sistema A



Fuente: Elaboración propia

Grafico No.2 Tiempo según fase de trabajo en la tarde, sistema A.



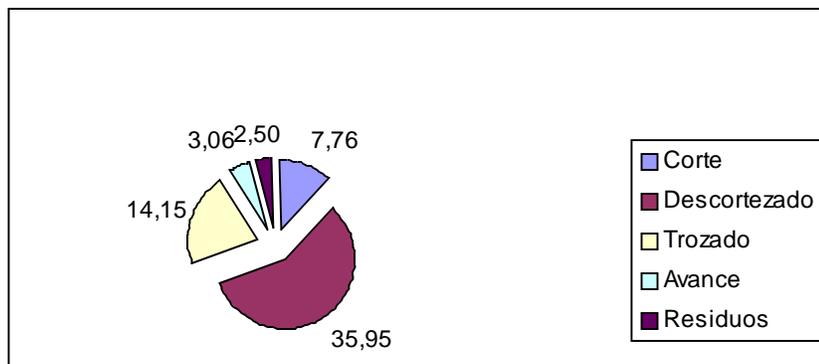
Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 9 Tiempo según fase de trabajo en sistema B

Sistema B					
Mañana	Corte	Descortezado	Trozado	Avance	Residuos
	9,33	46,33	19,00	3,67	1,33
	6,67	33,67	16,00	1,67	
	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
	7,19	36,56	15,63	3,13	2,50
	8,33	35,33	12,67	3,00	
Media	7,76	35,95	14,15	3,06	2,50
Tarde	7,37	33,68	14,74	2,63	
	10,42	37,92	13,75	2,92	0,83
	10	44,62	15,38	5,38	
	8,13	38,13	14,69	3,75	
	13	28	14	3,5	1,00
Media	9,78	36,47	14,51	3,64	0,92

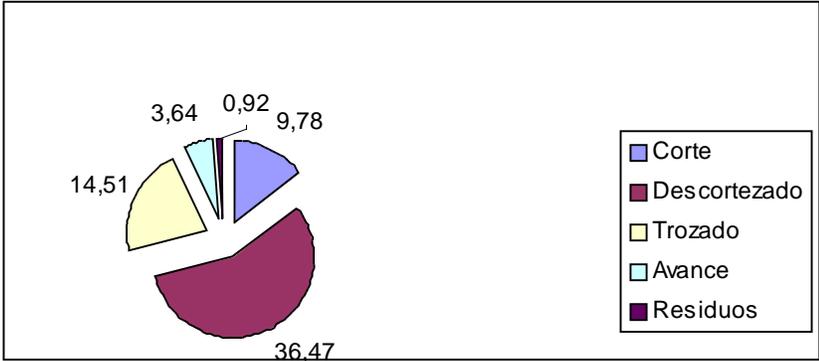
Fuente: Elaboración propia

Grafico No.3 Tiempo según fase de trabajo en la mañana, sistema B.



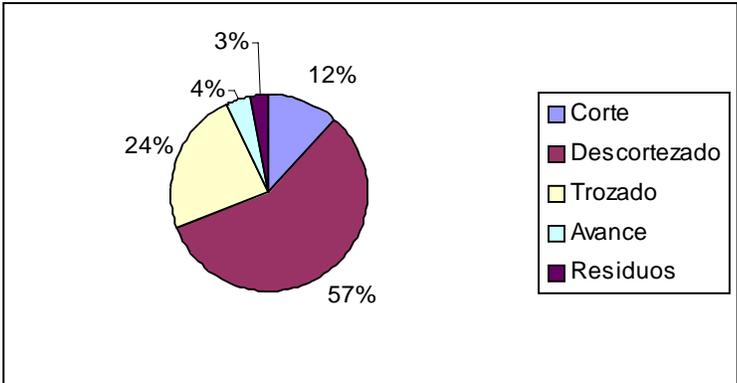
Fuente: Elaboración propia

Grafico No.4 Tiempo según fase de trabajo en la tarde, sistema B.



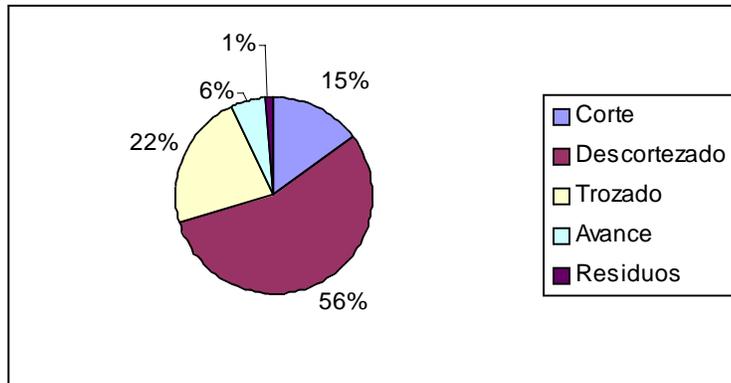
Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 5 Proporción de tiempo según fase (MB)



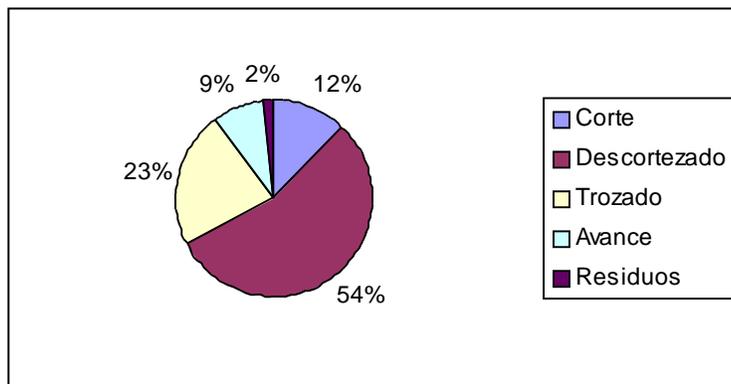
Fuente: Elaboración propia

Gráfico No.6 Proporción de tiempo según fase (TB)



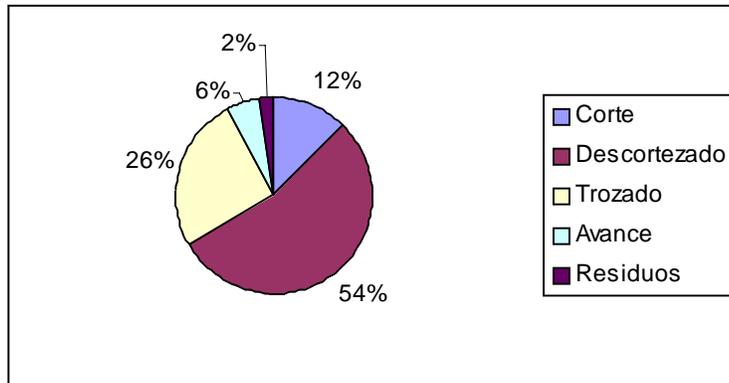
Fuente: Elaboración propia

Gráfico No.7 Proporción de tiempo según fase (MA)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico No.8 Proporción de tiempo según fase (TA)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro No.10 Tiempo(s) promedio de descortezado/árbol

Descortezado/árbol

	Dia	Sistema A	Sistema B
Mañana	1	43,33	46,33
	2	35,15	33,67
	3	42,9	S/d
	4	34,29	36,56
	5	35,63	35,33
	Media		38,26
		Media A	37,7
Tarde	1	37,5	33,68
	2	38	37,92
	3	38,89	44,62
	4	42,5	38,13
	5	29	28
	Media		37,18
		Media B	37,2

Fuente: Elaboración propia

4.4 PRODUCTIVIDAD

El cálculo de la productividad se hace en base al tiempo de trabajo principal.

Productividad= m3 cosechados/tiempo principal.

Cuadro No.11 Resumen de los sistemas

Dia	s/Árbol			Productividad			Producti vidad
	Sistema A	Vol.medio/árb	m3/h A	Sistema B	Vol.medio/árb	m3/h B	
M	1	76,67	0,74	26,73	79,67	0,56	23,4
	2	63,94	0,48	27,38	58	0,59	33,24
	3	75,48	0,57	27,31	s/d	s/d	s/d
	4	68,86	0,48	25,71	65	0,58	28,76
	5	69,69	0,62	28,97	59,33	0,58	27,61
	Media	70,93	0,58	27,22	65,5	0,58	28,25
T	1	73,75	0,69	25,05	58,42	0,47	26,93
	2	69,5	0,55	26,39	65,83	0,41	20,27
	3	66,39	0,75	37,87	75,38	0,63	30,3
	4	78,13	0,56	24,81	64,69	0,6	32,72
	5	61	0,54	31,5	59,5	0,7	42,24
	Media	69,75	0,59	28,36	64,76	0,56	30,49

Fuente: Elaboración propia

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si existen diferencias significativas entre los dos sistemas de trabajo, se realizó un análisis de la varianza. Los datos se procesaron con planilla electrónica mediante la herramienta "análisis de datos". A continuación se presentan los resultados del mismo.

Cuadro No.12 Análisis de la varianza

Fde var.	Grad.	Lib	SC	CM	Fo
Días	r-1=4		64,6745	16,16863	
Trat.	t-1=1		7,99236	7,99236	1,74
Error	(t-1)*(r-1)=4		18,3625	4,590616	
Total	tr-1=9		91,0294	10,11437	

Fuente: Elaboración propia

Ft:7.71

t:No de tratamientos (2) (i)

r:No de bloques (repeticiones) (5) (j)

Como Fo es menor que el Ftabla no rechazo Ho. De manera que se concluye que no hay diferencias significativas entre los dos sistemas de trabajo.

Lo que se observa es una alta variabilidad entre los días acusada por una alta varianza. Esto puede explicarse ya que los días de mayor productividad coinciden con el procesamiento de árboles de mayor volumen. Sin embargo hay días en que si bien se están procesando árboles de volumen alto(0.74m3), no se tiene buena productividad. Esto se explica por la falta de agua en los árboles . Además otro hecho importante a destacar es de que en el día 2 se registró una lluvia intensa de 50 mm. En el anexo No.5 se encuentran los datos de clima para el período de estudio. Véase en la semana del 24-30 de abril la lluvia importante registrada el día 25 , el cual se corresponde con el día 2 de trabajo.

Como se dijo anteriormente luego de las lluvias el descortezado se hace más fácil y se demora menos tiempo/árbol, con el consecuente aumento de productividad.

Los cálculos relacionados se encuentran en el anexo No.5

4.6 REGRESIONES

Se buscó ajustar una curva para tiempo en función del diámetro y tiempo en función del volumen. Para esto se trabajó con el programa SAS.

Cabe destacar que el método de medición que permite obtener una curva de este tipo es el de tiempo continuo.

El modelo ajustado es del tipo logarítmico . No se logró un buen ajuste($R < 0.7$). Las causas que explican esto es la alta variabilidad de los datos.

5. DISCUSIÓN

A continuación se enumeran los factores que influyeron en la toma de tiempos:

*rectitud de fuste vs. Tortuosidad(se demora más tiempo en descortezar/desramar un árbol tortuoso ya que el cabezal del Harvester se tranca.)

*Bifurcaciones del fuste(se demora más tiempo en árboles que tienen bifurcaciones en algún sector del fuste pues el cabezal se tranca y en algunos casos se ve obligado a trozar y continuar el trabajo con dos tallos, lo que lleva a pérdidas de tiempo.)

*Dificultad para el posicionamiento del cabezal(Es común que cuando el cabezal se sitúe para el apeo tenga alrededor rollos que ya cortó y están dificultando el posicionamiento del mismo sobre la base del árbol , lo que lleva a tener que cambiar esos rollos de lugar; como consecuencia se pierde más tiempo en el desplazamiento)

*Desgaste de sierra de cadena(Suele ocurrir que el maquinista no cambia la sierra de cadena sino hasta que ésta no corta más. Esto trae como consecuencia que hay momentos en que se demora el trozado o el apeo porque la sierra está desgastada.)

*Árboles partidos(Es común que cuando se estén derribando los árboles, éstos caigan sobre otros y les saquen una porción. En estos casos lo importante es identificar el árbol que no estaba completo para no tenerlo en cuenta luego a la hora de los cálculos. El problema residía en la dificultad de visualizar cual había sido el árbol afectado.)

*Dificultades operativas(Es común también que el fuste se cayera de las garras del cabezal a causa de golpearlo contra otro por ejemplo, aumentando el tiempo de

procesado.) Por esto y por lo dicho en el punto anterior, se concluye que los maquinistas presentan malas técnicas de apeo.

*Cantidad de agua dentro de los árboles. Como se cita en la bibliografía el descortezado se realiza más fácilmente cuando hay más agua dentro del árbol.

*Residuos(El acomodo de residuos es variable y a la hora de cuantificarlo , en las planillas está detallado quizás el acomodo de los residuos para un árbol de 15 cm de Dap aumentando el tiempo real de procesado de ese árbol)

*Avance(Esto es similar a lo anterior)

*Presencia de canchales. Se pudo observar la presencia de canchales en los fustes de los árboles. Esto dificulta el descortezado en cierta forma.

Los factores anteriores permiten ver porque árboles de 15 cm de Dap tienen un tiempo de procesado similar a otro de 30 cm de Dap.

6.CONCLUSIONES

Con respecto a los porcentajes de tiempo según fase de trabajo se identificó en modo general que el apeo correspondía a 12%, descortezado/desramado a 55%, trozado a 25%, avance a 6% y el acomodo de residuos a 2%. En relación a la bibliografía consultada, estos valores son en general similares excepto el descortezado el cual es mayor. Esto se puede deber en parte a factores como la especie en estudio, el estado sanitario, el contenido de agua dentro de estos y a los volúmenes procesados entre otros factores.

En cuanto al tiempo del ciclo total comparando los valores de Castromán e Izuibejeres (2002), los cuales citan un tiempo total de 62 segundos por árbol(0.15m³/árb), los valores del presente estudio son mayores. En general se tienen tiempos de procesado de 65-70 segundos/árb. La explicación fundamental que explica esto es el mayor volumen de los individuos que están siendo procesados (0.58m³/árbol).

Según el análisis estadístico llevado a cabo no se detectaron diferencias significativas entre los dos sistemas de trabajo. De manera que no se puede seleccionar un sistema de trabajo como el mejor para ser aplicado en el centro de capacitación.

Se observa una alta variabilidad entre los días acusada por una alta varianza. Esto puede explicarse ya que los días de mayor productividad coinciden con el procesamiento de árboles de mayor volumen o también puede ocurrir que el contenido de agua dentro de los árboles esté influyendo bastante en el aumento de la productividad.

El efecto mediodía fue dejado de lado pues la diferencia entre las medias de la mañana y la tarde es mínima.

De acuerdo al análisis estadístico realizado, se está en condiciones de afirmar que lo que más influye a la hora de procesar un árbol es el Dap y la altura , es decir su

volumen en definitiva. Árboles muy altos se procesan en dos etapas , mientras que árboles de poca altura se pueden descortezar en una sola etapa.

Es importante aclarar que tanto un sistema como otro mezclaban en algunas oportunidades los sistemas de trabajo.

La productividad media de los Harvester es de 28.58m³/hora efectiva, lo cual se aproxima en buena forma a lo que se cita en la bibliografía. Los Harvesters procesaban entre 380-400 árboles por turno. Es decir que por día se procesaban alrededor de 800 árboles.

Como se dijo anteriormente no fue posible ajustar una curva de tiempo en función de Dap, pues la variabilidad de los datos no lo permitía.

El modelo propuesto, es del tipo logarítmico. Tiempo en función del Dap(variable independiente). El mismo no brinda un R² aceptable, es decir superior a 0.7.

Se pudo constatar problemas operacionales debido a la rotura de piezas de los Harvesters. Tal es el caso de las fracturas de las grúas , debido según los maquinistas al elevado peso de los árboles que se estaban procesando.

Las paradas más frecuentes de los Harvesters se deben a cambio de la cadena de la espada por desgaste, rotura de la cadena, roturas de mangueras de líquido hidráulico(del rotor), problemas con el motor son menos frecuentes pero ocurren como ser problemas en la tapa de cilindros.

7.RESUMEN

Este estudio pretende hacer un énfasis importante en la cosecha forestal mecanizada. La futura planta de pulpa de celulosa a instalarse en Fray Bentos, demandará anualmente 4.000.000 m³ de madera. Esto significa que deberá existir un sistema de cosecha acorde a las necesidades en cuanto a tiempo y forma.

La mecanización aumenta la productividad(m³/hr), lo cual permite reducir costos. Por supuesto que inciden factores como ser densidad del rodal a cosechar y volumen medio/ árbol como determinantes para la mecanización.

Precisamente la cosecha con el sistema Harvester-Forwarder, se plantea como una de las opciones más viables.

El objetivo fue estudiar tiempos y rendimientos por el método multimomento sobre una masa de Eucalyptus saligna en operaciones con Harvesters.

Como objetivo secundario se comparan dos metodologías de trabajo distintas.

Los resultados proponen una distribución de tiempos según fase de trabajo de la siguiente manera: el apeo corresponde a 12%, descortezado/desramado a 55%, trozado a 25%, avance a 6% y el acomodo de residuos a 2%.

Es importante aclarar que influyen muchos factores en la toma de tiempos que dificultan determinar claramente el tiempo efectivo según fase de trabajo.

Los datos de productividad se acercan en buena forma a lo que se cita en la bibliografía. La productividad media está en torno a 28.5m³/h efectiva de trabajo.

Por otro lado no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas de trabajo comparados.

Palabras clave: Productividad, Estudio de tiempos , Harvester.

8.SUMMARY

This study is about mechanic forest harvesting.

The Botnia pulp industry will be install in Fray Bentos next year. This industry will demand 4.000.000 m³ of solid wood per year.

This mean that should exist an excellent harvest system, which can support it. This way of harvesting is the best alternative.

The report is a work study of time and performance by multimoment method. The second objective is to compare two different method of work.

The harvest was done with *Eucalyptus saligna*, with harvester.

The results are this, time proportion: cut 12%, debarking 55%,cut in pieces 25%, advance 6%, residue 2%.

It is important to remark that many factors are affecting the exactly time, when you have to take the efficiency.

As results the productivity numbers are very well compared with the bibliography ones. As average the productivity is 28.5m³/hour , (by effective time hour).

In other way there are not significant differences between the two work systems.

Keywords: productivity, work study, harvester.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, B.; LANDECHEA, S. 1986. Incidencia de la topografía en los métodos costos y rendimientos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 123 p.
2. ALZUGARAY, G. 1987. Estudio de tiempos y rendimientos en las faenas de explotación forestal en una plantación de *Eucalyptus grandis*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 142 p.
3. ARBE, E.; CORREA, R. 1995. Estudio de tiempo en una explotación de Pino en la localidad de Piedras Coloradas. Evaluación técnica y económica de cosecha forestal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 67 p.
4. BRAMUCCI, M. 2001. Determinação e quantificação de fatores de influencia sobre a produtividade de "harvesters" na colheita de madeira. Sao Paulo, Universidade de Sao Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 65 p.
5. BRUSSA, C. 1994. Eucalyptus. Montevideo, Hemisferio Sur. 325 p.
6. CASTROMÁN, A.; IZUIBEJERES, L. 2002. Cosecha forestal, operaciones manuales o altamente mecanizadas. Consideraciones económicas, sociales y ambientales de los sistemas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 164 p.
7. DANILUK, G. 2002. Código de cosecha forestal uruguayo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.
8. DEPIERI, A.; CADINI, M.; POSSAMAI, E. 1998, O sistema atual de colheita florestal mecanizada CHAMPION PAPEL E CELULOSE e sua influencia na condução de clones

- híbridos de Eucalipto. In: Seminario de Atualizacáo Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal (10°, 1998, Curitiba). Trabalhos apresentados. Curitiba, Brasil, FUPEF. pp 95-107.
9. FRAUENHOLZ, O. 1984. Estudios de trabajo en actividades forestales. Revista FAO Montes. 33: 259-270.
10. HAKILLA, P. 1994. The development of small log harvesting for the Indonesian pulp and paper industries. s.l., Enso Forest Development by Imatra. 72 p.
11. MALINOVSKY, J.; MALINOVSKY, R. 2000. Programa de computacáo para simulacáo e controle de operacáo de colheita de madeira. In: Seminario de Atualizacáo Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal (11, 2000, Curitiba) . Trabalhos apresentados. Curitiba, Brasil, FUPEF. pp 152-197.
12. OVASKAINEN, H. 2005. Comparison of harvester work and simulator environments. Silva Fennica 1: 89-101.
13. PEDOCHI, E.; REYES, E. 1990. Determinación de tiempos y rendimientos en una cosecha forestal en bosques de Eucalipto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 178 p.
14. SALMERON, A.; SIMONETTI, R. 1998. Colheita mecanizada de Eucalyptus em regioes accidentadas. In: Seminario de Atualizacáo Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal (10, 1998, Curitiba). Trabalhos apresentados. Curitiba, Brasil, FUPEF. pp 165-183.
15. TIMBERJACK. s.f. Brochure Harvester 1270D. (en línea) Consultado 2 Jun. 2006. Disponible en <http://timberjack.com>
16. TOLOSANA, E.; TORRIJOS, Y.; VIGNOTE, S. 1998. Estudio de tiempos, rendimientos y costes de las operaciones

manuales. Influencia de la distancia entre calles.
In: Cortas de mejora de las masas españolas.
Fundación Conde del Valle del Salazar. Madrid,
Escuela Superior de Ingenieros de Montes de Madrid.
pp. 195-207.

17. TOLOSANA, E.; TORRIJOS, Y.; VIGNOTE, S. 2000. El aprovechamiento maderero. Madrid, Mundi-Prensa. 590 p.
18. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1987. Estudios de trabajo y estudios de tiempos, recolección de datos en actividades forestales. Montevideo. 35 p.
19. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1990. Manual teórico - práctico; técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo. 2v
20. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. CURSO DE MMCC II. 2001. Ejercicios de estadística. Montevideo. 66 p.
21. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1994. Índices de productividad de suelos grupo CONEAT. Montevideo. 182 p.

10. ANEXOS

ANEXO No.1 Planillas de campo

ANEXO No. 1 Planillas de campo

Día

1

Comentarios: 37 minutos la máquina estuvo parada por rotura de manguera del rotor.

Día 1

MA **Tiempo de trabajo principal :40 min.**

Árbol	Nº Fila	Dap	H	Vo I	Clase		Corte	Des.	Troza	Ava.	Res.	T/arb	
					Dap	FF							
		0,2	31,	0,	0,1	0,39							
1	2	8	1	7	0,18	0,59	1	4	3			8	80
		0,2	28,	0,									
2	1	4	1	7	0,23	0,53		6	1	1		8	80
		0,3	33,	1,									
3	2	2	6	1	0,25	0,38	1	4	2			7	70
		0,2	25,	0,									
4	1	1	5	5	0,31	0,42	1	4	2			7	70
		0,2	31,	0,									
5	3	9	8	8			1	6	2	2		11	110
		0,2	28,	0,									
6	2	4	1	7			1	4		1		6	60
		0,2	29,	0,									
7	1	5	1	6			2	5	3			10	100
		0,2	30,	0,									
8	3	7	4	7				4	1			5	50
		0,1	19,	0,									
9	2	5	0	1			1	1				2	20
		0,1	21,	0,									
10	3	7	7	3			1	1	1			3	30
		0,1	18,	0,									
11	1	5	4	1			1	2		1		4	40
		0,2	29,	0,									
12	3	6	9	6			1	5	2	2		10	100
		0,3	34,	1,									
13	3	3	0	2			1	4	2	1		8	80
		0,3	33,	1,									
14	2	2	7	1			1	5	3			9	90
		0,3	32,	1,									
15	1	1	8	0			1	5	3	1		10	100
		0,3	33,	1,									
16	2	2	4	1				5	2	1		8	80
		0,2	28,	0,									
17	1	4	1	7				3	1	1		5	50
		0,3	32,	1,									
18	3	1	8	0			1	6	1			8	80
		0,3	33,	1,									
19	3	2	6	1			1	6	3	1		11	110
		0,2	27,	0,									
20	3	4	9	7			1	2	2	1		6	60
		0,3	33,	1,									
21	2	1	1	0			1	3	2	1		7	70

22	1	0,2	31,	0,	1	7	2	10	100
23	3	8	0	8	1	7	5	13	130
24	2	0,2	26,	0,	2	5	1	8	80
		2	0	5					
Total					22	104	43	15	184
Unidades 10 s					0,92	4,33	1,79	0,63	Total s/árb
Seg/árb					9,17	43,3	3	17,92	6,25
Prop. Tiempo					11,96	56,5	2	23,37	8,15
									76,67

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, B.; LANDECHEA, S. 1986. Incidencia de la topografía en los métodos costos y rendimientos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 123 p.
2. ALZUGARAY, G. 1987. Estudio de tiempos y rendimientos en las faenas de explotación forestal en una plantación de *Eucalyptus grandis*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 142 p.
3. ARBE, E.; CORREA, R. 1995. Estudio de tiempo en una explotación de Pino en la localidad de Piedras Coloradas. Evaluación técnica y económica de cosecha forestal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 67 p.
4. BRAMUCCI, M. 2001. Determinacao e cuantificacao de fatores de influencia sobre a produtividade de "harvesters" na colheita de madeira. Sao Paulo, Universidade de Sao Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 65 p.
5. BRUSSA, C. 1994. Eucalyptus. Montevideo, Hemisferio Sur. 325 p.
6. CASTROMÁN, A.; IZUIBEJERES, L. 2002. Cosecha forestal, operaciones manuales o altamente mecanizadas. Consideraciones económicas, sociales y ambientales de los sistemas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 164 p.
7. DANILUK, G. 2002. Código de cosecha forestal uruguayo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.
8. DEPIERI, A; CADINI, M; POSSAMAI, E. 1998, O sistema atual de colheita florestal mecanizada CHAMPION PAPEL E

CELULOSE e sua influencia na conducao de clones híbridos de Eucalipto. In: Seminario de Atualizacao Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal(10º.,1998,Curitiba).Trabalhos presentados. Curitiba, Brasil, FUPEF. pp 95-107.

- 9.FRAUENHOLZ,O.1984. Estudios de trabajo en actividades forestales. Revista FAO Montes. 33: 259-270.
- 10.HAKILLA,P.1994.The development of small log harvesting for the Indonesian pulp and paper industries.s.l., Enso Forest Development by Imatra. 72 p.
- 11.MALINOVSKY,J.; MALINOVSKY,R. 2000. Programa de computacao para simulacao e controle de operacoes de colheita de madeira. In: Seminario de Atualizacao Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal (11, 2000, Curitiba) . Trabalhos presentados. Curitiba, Brasil, FUPEF. pp 152-197.
- 12.OVASKAINEN,H.2005.Comparison of harvester work and simulator environments. Silva Fennica 1: 89-101.
- 13.PEDOCHI,E.; REYES,E. 1990. Determinación de tiempos y rendimientos en una cosecha forestal en bosques de Eucalipto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 178 p.
- 14.SALMERON,A;SIMONETTI,R. 1998. Colheita mecanizada de Eucalyptus em regioes accidentadas.In: Seminario de Atualizacao Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal (10, 1998,Curitiba). Trabalhos presentados. Curitiba,Brasil, FUPEF. pp 165-183.
- 15.TIMBERJACK. s.f. Brochure Harvester 1270D.(en línea) Consultado 2 Jun. 2006. Disponible en <http://timberjack.com>

16. TOLOSANA, E.; TORRIJOS, Y.; VIGNOTE, S. 1998. Estudio de tiempos, rendimientos y costes de las operaciones manuales. Influencia de la distancia entre calles. In: Cortas de mejora de las masas españolas. Fundación Conde del Valle del Salazar. Madrid, Escuela Superior de Ingenieros de Montes de Madrid. pp. 195-207.

17. TOLOSANA, E.; TORRIJOS, Y.; VIGNOTE, S. 2000. El aprovechamiento maderero. Madrid, Mundi-Prensa. 590 p.

18. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1987. Estudios de trabajo y estudios de tiempos, recolección de datos en actividades forestales. Montevideo. 35 p.

19. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1990. Manual teórico - práctico; técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo. 2v

20. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. CURSO DE MMCC II. 2001. Ejercicios de estadística. Montevideo. 66 p.

21. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1994. Índices de productividad de suelos grupo CONEAT. Montevideo. 182 p.