

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE



TIEMPOS, RENDIMIENTOS Y COSTOS EN MADEREO CON
CLAMBUNK SKIDDER FMG TIMBERJACK 933C EN
RODALES DE PINUS RADIATA D. DON

Por

ROBERTO MAURICIO RIOS DORIA MEDINA

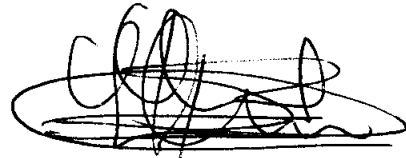
MEMORIA DE TITULO PRESENTADA A
LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD DE
CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE


1997

TIEMPOS, RENDIMIENTOS Y COSTOS EN MADEREO CON CLAMBUNK
SKIDDER FMG TIMBERJACK 933C EN RODALES DE
PINUS RADIATA D.DON.

Profesores Asesores

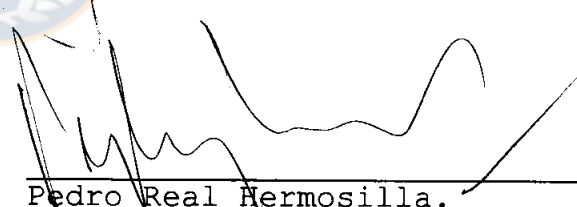


Manuel A. Lineros Parra.
Profesor Asistente.
Ingeniero Forestal.Mg.Sc.



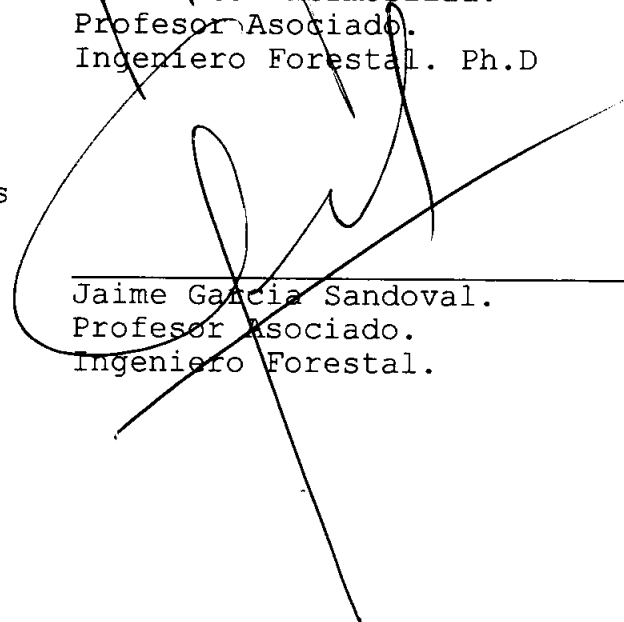
Jorge Beyer Barrientos.
Profesor Asistente.
Ingeniero Civil Industrial.

Director Departamento de
Manejo de Bosques y Medio
Ambiente.



Pedro Real Hermosilla.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal. Ph.D

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Jaime García Sandoval.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal.

DEDICATORIA

A mis amados padres, hermanos y a mi adorable novia;
quienes me brindaron siempre la fuerza necesaria para
seguir el buen camino.



AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta etapa tan importante en mi desarrollo personal es mi deseo agradecer a todas aquellas personas que gentilmente compartieron conmigo sus conocimientos y sapiencia, es decir los señores profesores; en especial los asesores de esta memoria. Es mi deber también hacer extensivo este agradecimiento a mis compañeros y amigos, así como a todos quienes generosamente me brindaron esa hospitalidad típica chilena en los momentos más necesarios.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I. INTRODUCCIÓN	9
II. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Material.....	15
3.2. Metodología.....	15
3.2.1. Antecedentes generales	15
3.2.1.1. Área de estudio	15
3.2.1.2. Descripción de la maquinaria	16
3.2.2. Estudio de tiempos y rendimiento	18
3.2.2.1. Método de muestreo	18
3.2.2.2. Medición de variables	20
3.2.2.3. Procesamiento de la información	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Valores promedio.....	23
4.1.1. Tiempos parciales	23
4.1.2. Distribución de tiempos por ciclo	24
4.1.3. Variables de terreno	24
4.2. Funciones de tiempo.....	25
4.2.1. Tiempos variables	25
4.2.1.1. Función de tiempos variables	25
4.2.2. Tiempos fijos	27
4.3. Función de rendimiento.....	28
4.4. Costos.....	29

4.4.1. Costos fijos o de posesión	30
4.4.2. Costos variables o de operación	30
4.4.3. Costos de mano de obra	31
4.4.4. Costo horario total	31
4.4.5. Costo unitario	32
V. CONCLUSIONES	33
VI. RESUMEN	34
SUMMARY	35
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	36
VIII. APENDICES	40
8.1. Apéndice A: Definición de las etapas del ciclo de trabajo	40
8.2. Apéndice B: Antecedentes para el cálculo de costos	40
8.3. Apéndice C: Definición de costos.....	44

INDICE DE TABLAS

	PAGINA
TABLA 1 Estimadores estadísticos de tiempos parciales. .	23
TABLA 2 Estimadores estadísticos de las variables de terreno.	25
TABLA 3 Modelos ajustados para los tiempos variables en madero con Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.	26
TABLA 4 Costos fijos o de posesión	30
TABLA 5 Costos variables o de operación	30
TABLA 6 Costos de mano de obra	31
TABLA 7 Costo horario total	31



INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
FIGURA 1 Clambunk skidder FMG Timberjack 933C.	18
FIGURA 2 Distribución porcentual de tiempos en un ciclo promedio de madereo con Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.	24
FIGURA 3 Función de tiempos variables con menor error estándar de estimación y mayor grado de correlación.	27
FIGURA 4 Función de rendimiento del Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.	29



I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemorables el ser humano ha necesitado satisfacer necesidades de diversa índole y complejidad como trata de explicar la pirámide de jerarquización de necesidades de Maslow, citada principalmente en la mayoría de los textos de economía. No cabe duda que la primera prioridad entre las necesidades humanas es la subsistencia, la cual involucra demandas de ciertos factores básicos como la disponibilidad de agua potable, refugio, y alimentación (Gujarati,1981; Koontz y O'Donnel,1984).

Con una perspectiva de visión forestal, la satisfacción de éstas y otras necesidades está estrechamente relacionada con la presencia de los bosques sobre la superficie terrestre, ya que éstos juegan un rol muy importante en la regulación del ciclo hidrológico, en la provisión de productos madereros para la construcción de viviendas y otros. En la actualidad es posible manejar la masa boscosa terrestre bajo un enfoque de sustentabilidad, y así, satisfacer las más importantes demandas generadas por las necesidades humanas.

Paralelamente en el tiempo se desarrolla la tecnología, y consecuentemente cambian también los métodos tradicionales de extracción forestal, siendo la cosecha mecanizada una opción ampliamente usada en la mayoría de los países considerados productores de madera.

La mecanización se puede definir como el proceso que busca mediante la aplicación de métodos mecánicos apropiados y económicos, aumentar la productividad, aliviar el esfuerzo físico del hombre, mejorar su capacidad, eficiencia y calidad de trabajo y elevar su nivel de vida (Líneros, 1994).

Chile, es un país cuya producción maderera se ha incrementado notablemente, especialmente proveniente de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. establecidas bajo el amparo del Decreto Ley de Fomento Forestal 701 y posteriores modificaciones, alcanzando al año 1995 una superficie plantada de 1.379.748 hectáreas (INFOR, 1996).

Se entiende por transporte menor¹, transporte primario o madereo² al traslado de la madera desde el lugar de apeo¹, corta o volteo², hasta un patio¹ o cancha² sobre una vía principal de acceso (camino forestal o carretera pública, río, ferrocarril o canal), incluyendo las operaciones terminales. Líneros (1992), clasifica el madereo en Sistema de madereo terrestre (Tracción animal, Mecanizado) y Sistema de madereo aéreo (Helicóptero, Globos).

1 Anaya, H y Christiansen, P (1986) usan términos como transporte menor, apeo, patio especialmente referidos a terminología de zonas tropicales y subtropicales.

2 Líneros, M (1992) utiliza terminología forestal típica de los países no tropicales de Sudamérica.

El diseño de nuevos equipos, maquinas y herramientas para las operaciones forestales ha tenido un desarrollo acelerado en los últimos años, por otra parte la apertura de nuevos mercados y la existencia de grandes superficies de bosque a ser intervenidas en el futuro inmediato en corta final, aconsejan la experimentación usando medios de madereo mecanizado, ya que son más productivos que los sistemas tradicionales (Anaya y Christiansen, 1986; Cabezas, 1992; Becker, 1989).

Rivas (1988), Becker (1989) y Lineros (1994) coinciden en que en la última década ha incrementado la utilización de maquinas especializadas en el madereo terrestre, posibilitando así la incorporación de nuevas áreas a la producción.

Los sistemas de madereo mecanizado de acuerdo a la forma de transportar la carga, se pueden clasificar en:

Madereo por arrastre (Skidder, Clambunk).

Madereo con remolque (Forwarder).

Los tractores arrastradores son maquinas que transportan la madera arrastrándola por el suelo, por lo que solamente son económicas a distancias cortas.

Antecedentes respecto a los equipos utilizados hasta ahora en la cosecha de bosques, han sido obtenidos en forma aislada y no se ha dado uso apropiado a éstos, por un lado

por carecer de fundamentos de tipo estadístico -muestreo- o por ser los datos de dudosa procedencia. (Alvarez, J. 1988).

En términos generales, si el grado de mecanización y selección de la maquinaria, ha seguido un análisis y evaluación de los factores técnicos, económicos, sociales y ambientales, presentará mayores efectos positivos, tales como: simplificación, aceleración y disminución de costos totales de producción; a la vez que, los beneficios sociales y de protección ambiental pueden ser mayores que los costos. (Largo, S; Larrain, O. 1986; Serón, J.1988).

Una maquinaria de alta versatilidad en el madereo terrestre mecanizado por arrastre, en la extracción de árboles completos desde la zona de volteo o corte hasta orilla de camino o cancha, es el Clambunk o tractor forestal articulado autocargable.

Según los fabricantes de la maquinaria ésta es capaz de reemplazar de cuatro a seis skidders convencionales y trasladar la producción de uno u generalmente dos feller buncher. Actualmente en Chile, la productividad o rendimiento del Clambunk en la cosecha de plantaciones de *Pinus radiata* D.Don., en las diversas condiciones topográficas posibles de presentarse en los patrimonios boscosos propiedad de las empresas y/o particulares, está en evaluación.

Además, posiblemente el no conocer antecedentes acerca del rendimiento del Clambunk, en condiciones tales como las que se presentan en las plantaciones de pino, puede llevar a una planificación de la producción con costos demasiado altos y combinaciones de maquinaria no óptimas; incurriendo así en pérdidas económicas y de rendimiento.

Es así como nace la necesidad de realizar un estudio de tiempos, rendimientos y costos de madereo con Clambunk, como una herramienta de utilidad en el proceso de planificación y la selección de maquinarias a usar, para las distintas condiciones topográficas y de espaciamiento de caminos.



II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Proporcionar información acerca de tiempos, costos y rendimiento de maderero con Clambunk FMG Timberjack 933C en rodales de *Pinus radiata* D.Don.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer la distribución porcentual de tiempos en un ciclo de maderero con clambunk en función de la distancia y volumen por viaje.
- Establecer el rendimiento promedio de maderero con clambunk en función de la distancia y volumen por viaje.
- Definir el costo horario de maderero con clambunk.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material

Para objeto de este estudio se utilizaron los siguientes materiales:

- Tablas de datos de terreno con la medición de las variables necesarias para la elaboración del estudio.
- Software de apoyo para el análisis estadístico.
- Material de escritorio.

3.2. Metodología

3.2.1. Antecedentes generales

3.2.1.1. Área de estudio

El estudio se ejecutó en el predio Los Barros, patrimonio de Forestal Mininco S.A. durante los meses de enero y febrero de 1995.

3.2.1.2. Descripción de la maquinaria

La maquinaria en estudio fue un tractor forestal articulado con tracción independiente en cada una de sus ruedas(8), equipado con cabina y motor en la sección anterior del chasis, mientras que en su sección posterior posee un travesaño semejante a las valvas de una almeja que se cierran por medio de un sistema de bombeo de aceite hidráulico y con un brazo articulado que lleva una grapa giratoria normalmente montada sobre un pedestal inmediatamente después del punto de articulación.

Las características técnicas de Clambunk FMG Timberjack 933C son las siguientes:

Motor:

Modelo	Volvo TD71A, 6 cilindros. Turbo Diesel.
Potencia máxima	154 kW a 2.200 r.p.m.
Capacidad estanque de combustible	260 litros.
Velocidades	3 bajas y 3 altas, avance y retroceso.
Velocidad máxima	30 km. / hr (neumáticos estándar).
Sistema hidráulico:	
Capacidad bomba principal	2 x 107 litros / min.
Capacidad reservorio	129 litros.

Luces 2 de conducción y 8 de trabajo, estilo halógenas de alta intensidad.

Neumáticos 8 de tamaño estándar 20,5 x 25 16 pr., ancho 130" (3.314 mm).

Cargador:

Tipo FMG 130L fijo.

Alcance 7,0 metros.

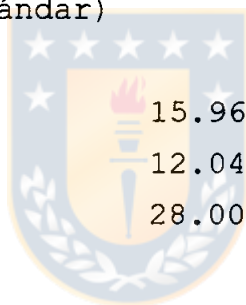
Área de grapa 0,35 m².

Peso: (equipamiento estándar)

Frontal 15.960 kg.

Trasero 12.040 kg.

Total 28.000 kg.



Clambunk:

Área de valvas 3,0 m².

Apertura de valvas 3.800 mm.

Capacidad de carga 18.000 kg.

Rotación 160 grados.

Capacidad de inclinación +13 grados adelante, -17 grados atrás.

Articulación:

Ángulo de giro 170 grados aproximadamente.

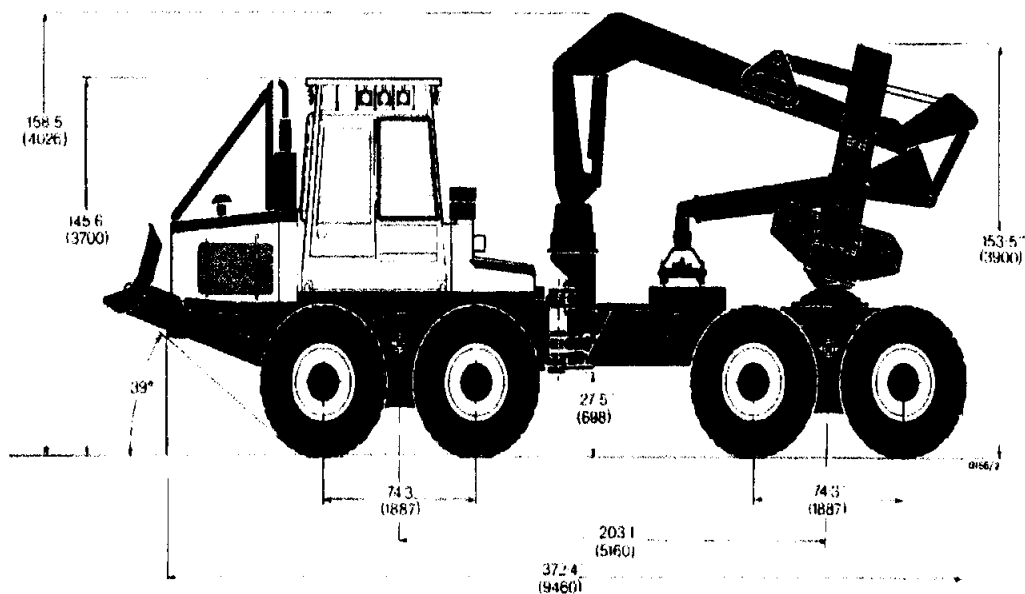


FIGURA 1. Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.

3.2.2. Estudio de tiempos y rendimiento

3.2.2.1. Método de muestreo

Para el estudio de transporte primario u maderero, la unidad muestral se definió como el ciclo de trabajo realizado por la máquina.

La definición de las etapas en el ciclo de trabajo se presentan en el apéndice A.

El ciclo de trabajo de la máquina de maderero terrestre se dividió en tres diferentes grupos: tiempos fijos, tiempos variables y tiempos suplementarios.

Los tiempos fijos son aquellos que no presentan relación alguna con una variable explicatoria, en este caso la carga y descarga.

Los tiempos variables son aquellos que presentan algún grado de dependencia o relación con las variables explicativas, éstos tiempos son viaje vacío y viaje cargado.

Los tiempos suplementarios son aquellos integrados por los descansos, necesidades personales del operador de la maquina y demoras.

Para los tiempos variables (viaje vacío y viaje cargado) se consideró un muestreo aleatorio simple para una población infinita con un error máximo admisible de 10% con una probabilidad del 95%. Para determinar el tamaño mínimo de la muestra, se utilizó la siguiente relación:

$$n = (t^2 * CV^2) / (E^2)$$

Donde:

n = número de unidades muestrales

t = valor "t" de student

CV = coeficiente de variación respecto de los tiempos variables (%)

E = error máximo admisible (%).

3.2.2.2. Medición de variables

Las variables medidas fueron:

Tiempos del ciclo de trabajo: Para fines del estudio se midieron estos tiempos con el método de cronometraje parcial, es decir, se tomo el tiempo para cada etapa del ciclo de trabajo del Clambunk.

Distancia de madereo: Esta variable se midió para cada ciclo de madereo, usando jalones, cada cierta distancia, paralelos a las fajas de madereo.

Pendiente del terreno: Se midieron todos los cambios de pendiente y su distancia asociada a lo largo de la vía.

Volumen por viaje: Para determinar esta variable se registró el número de árboles por cada viaje. Este multiplicado por un volumen promedio por árbol, resultó en el volumen por viaje.

3.2.2.3. Procesamiento de la información

Basados en los datos de medición de las variables, gentilmente proporcionados por el señor Enrique Arrué

Isamit, el procesamiento de la información fue el siguiente:

Ingreso de datos de medición de las variables en la tabla de edición de datos del software de análisis estadístico Table Curve - Jandel Scientific de AISN Software.

Cálculo de valores promedios y medidas de dispersión de las variables ingresadas.

Se ajustaron cerca de tres mil modelos con los datos, con objeto de determinar las mejores relaciones entre las variables explicatorias y sus respectivas variables dependientes. Así, se seleccionaron los seis modelos con menor error estándar de estimación y mayor grado de correlación.

Las función de rendimiento, se obtuvo de acuerdo con la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento (m}^3\text{ / hr)} = (60 * VM) / (FV + TPC + TPD)$$

Donde:

VM = Volumen promedio por viaje, m^3 .

FV = Función de tiempos variables, min.

TPC = Tiempo promedio de carga, min.

TPD = Tiempo promedio de descarga, min.

El costo de maderero, se calculó en base a todos los costos involucrados en el proceso.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Valores promedio

4.1.1. Tiempos parciales

Los datos tomados en terreno permitieron calcular los siguientes valores promedios, desviaciones y sus respectivos intervalos de confianza, los que se presentan en la tabla 1.

TABLA 1. ESTIMADORES ESTADÍSTICOS DE TIEMPOS PARCIALES.

	Viaje vacío	Viaje cargado	Carga	Descarga	Otros
Promedio (min.)	3,78	3,77	6,77	3,63	2,17
Coefficiente de variación (%)	56,35	71,35	44,46	44,63	230,41
Mínima estimación confiable (min.)	3,43	3,32	6,28	3,37	1,34
Máxima estimación confiable (min.)	4,13	4,21	7,27	3,90	3,00

4.1.2. Distribución de tiempos por ciclo

En base a los tiempos promedios calculados de los datos tomados en terreno se determinó la distribución porcentual de tiempos con respecto a un ciclo promedio de trabajo, la cual se presenta en la figura 2.

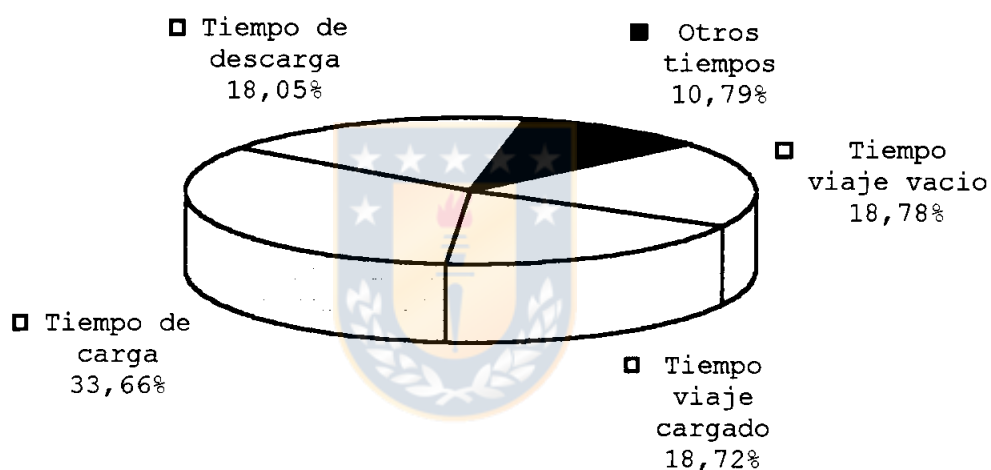


FIGURA 2. Distribución porcentual de tiempos en un ciclo promedio de madereo con Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.

4.1.3. Variables de terreno

Independientemente de los datos de tiempo, se registraron variables como el número de árboles trasladado por viaje, la distancia de madereo, y el volumen madereado por viaje,

las cuales permitieron calcular los promedios, dispersión e intervalos de confianza presentados en la tabla 2.

TABLA 2. ESTIMADORES ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES DE TERRENO.

	Distancia de madereo (m).	Número de árboles por viaje	Volumen por viaje (m ³ ssc)
Promedio	138,43	14,19	13,99
Coficiente de variación (%)	70,50	42,49	42,46
Mínima estimación confiable	122,26	13,19	13,01
Máxima estimación confiable	154,60	15,19	14,98

El pequeño valor promedio obtenido de la distancia de madereo se debe principalmente a la alta densidad de caminos del área donde se realizó el estudio.

En cuanto a la pendiente del terreno, en promedio ésta osciló entre -20,0 y 31,0 %.

4.2. Funciones de tiempo

4.2.1. Tiempos variables

4.2.1.1. Función de tiempos variables

Los resultados del ajuste para los tiempos variables en función de la variable explicatoria distancia de madereo, se presentan en la tabla 3, y el mejor modelo según los

criterios considerados en la metodología se grafica en la figura 3.

TABLA 3. MODELOS AJUSTADOS PARA LOS TIEMPOS VARIABLES EN MADEREO CON CLAMBUNK SKIDDER FMG TIMBERJACK 933C.

Modelos ajustados	Coefficiente de correlación (r)	Error estándar de estimación	Valor F estadístico
$Tva=a+bx^2\ln x+cx^{2.5}+dx^3$	0,89	1,99	172,8
$Tva=a+bx+cx^2+dx^3$	0,88	2,00	169,7
$Tva=a+bx+cx^2$	0,88	2,00	253,2
$Tva=a+bx^*$	0,87	2,07	461,5
$Tva=a+bx\ln x$	0,86	2,14	425,3
$Tva=a+bx^{1.5}$	0,84	2,33	337,8

x: distancia de madereo (m); Tva: tiempos variables (min.)

*:Modelo de mejor ajuste.

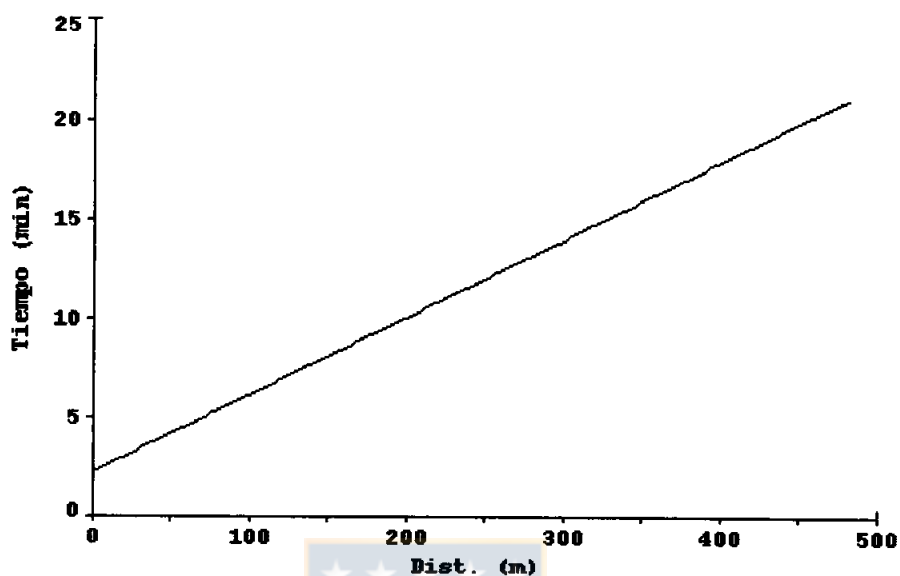


FIGURA 3. Función de tiempos variables con menor error estándar de estimación y mayor grado de correlación.

4.2.2. Tiempos fijos

Con la finalidad de obtener la función de rendimiento los tiempos fijos se calculan de la siguiente forma:

$$TF = TPD + TPC = 6,77 + 3,63 = 10,4 \text{ minutos}$$

donde:

TPD: Tiempo promedio de descarga, min.

TPC: Tiempo promedio de carga, min.

4.3. Función de rendimiento

Con el volumen promedio y las funciones de tiempo ajustadas se obtuvo la siguiente función de rendimiento:

$$R = 839,4/12,57212678+0,038823646 x$$

Donde:

R: Rendimiento (m^3 ssc/hr).

x: Distancia de madereo (m).

Así mediante la función obtenida se puede observar la tendencia del rendimiento del Clambunk Skidder para distintas distancias de madereo, trabajando en rodales de *Pinus radiata* D.Don., como en la figura 4.

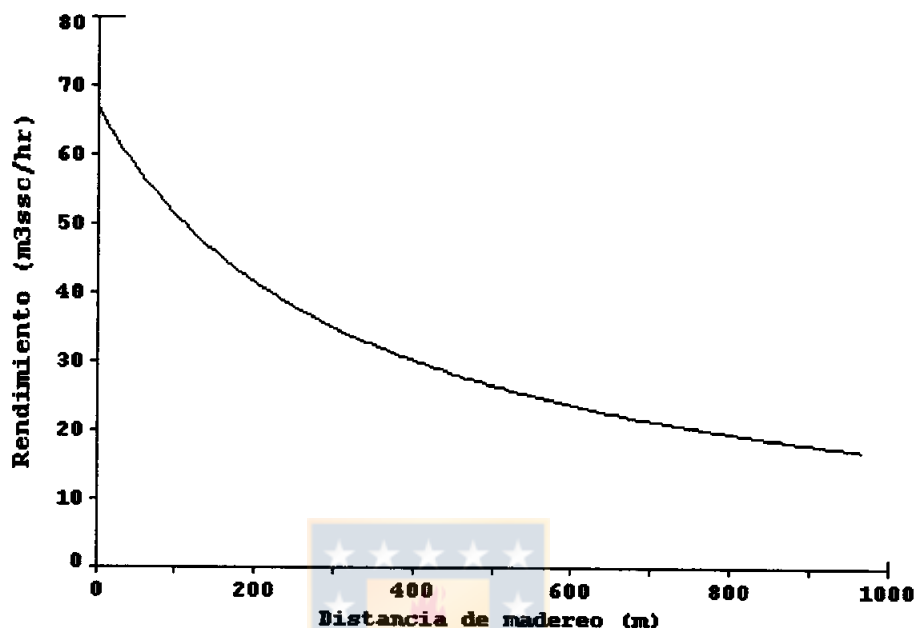


FIGURA 4. Función de rendimiento del Clambunk Skidder FMG Timberjack933C.

De acuerdo a la distancia media de madereo (138,43 m) y el volumen promedio (13,99 m³ssc) por ciclo de madereo calculados anteriormente se determina un rendimiento promedio de 46,77 m³ssc/hr.

4.4. Costos

Los antecedentes para el cálculo de costos fueron amablemente proporcionados por SEFORE Ltda., durante la realización del estudio y se presentan en el apéndice B.

La definición de cada uno de los costos que a continuación se entregan, se presenta en el apéndice C.

4.4.1. Costos fijos o de posesión

En la tabla 4, se entregan los costos fijos más importantes considerados en el estudio.

TABLA 4. COSTOS FIJOS O DE POSESIÓN

Item	\$/hr
Depreciación	12195,12
Interés sobre la inversión media anual	2328,45
Seguro	1000,00
Impuestos (patente)	2,70
Subtotal	15526,27

4.4.2. Costos variables o de operación

En la tabla 5, se entregan los costos variables más importantes considerados en el estudio.

TABLA 5. COSTOS VARIABLES O DE OPERACIÓN

Item	\$/hr
Combustible	1824,64
Lubricantes (aceites)	585,56
Neumáticos	857,14
Mantenimiento y reparación	7317,00
Subtotal	10854,34

4.4.3. Costos de mano de obra

En la tabla 6, se entregan los costos de mano de obra considerados en el estudio.

TABLA 6. COSTOS DE MANO DE OBRA

Item	\$/hr
Sueldo operador	666,67
Implementos operador	10,63
Alimentación operador	285,00
Subtotal	962,30

4.4.4. Costo horario total

La tabla 7, resume el costo por hora involucrado en el madereo con Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C.

TABLA 7. COSTO HORARIO TOTAL

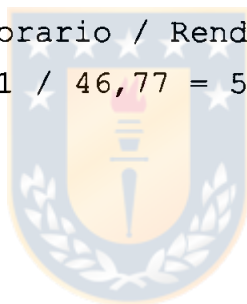
Costos	\$/hr
Fijos o de posesión	15526,27
Variables o de operación	10854,34
De mano de obra	962,30
Total	27342,91

4.4.5. Costo unitario

El costo unitario se calculó de la siguiente manera:

$$Cu = \text{Costo horario} / \text{Rendimiento horario}$$

$$Cu = 27342,91 / 46,77 = 584,62 \text{ \$/m}^3\text{ssc.}$$



V. CONCLUSIONES

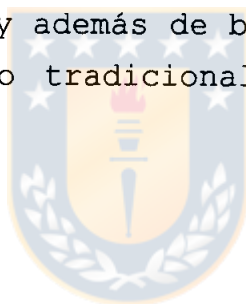
A partir de lo obtenido en el estudio de tiempos, rendimiento y costo de maderero con Clambunk, se puede concluir lo siguiente:

1. Acorde con el estudio de tiempos se deduce que el mayor porcentaje del tiempo del ciclo de trabajo, es utilizado en la etapa de carga.
2. El maderero de árboles completos con Clambunk es altamente productivo, lográndose un rendimiento del orden de 46,77 m³ssc/hr en promedio.
3. El costo unitario por concepto de maderero con Clambunk, para un rendimiento promedio de 46,77 m³ssc/hr, fue de 584,62 \$/m³ssc; el cuál es bajo en comparación con otros equipos tradicionales trabajando en similares condiciones.
4. La distancia de maderero fue una variable explicatoria significativa en las funciones de tiempo variable (viaje vacío y viaje cargado), como se demuestra en las funciones ajustadas, luego se puede deducir que también lo es para el rendimiento.

VI. RESUMEN

Este es un estudio que se realizó en el Fundo Los Barros, propiedad de Forestal Mininco S.A. con el objetivo de proporcionar información acerca de tiempos, costos y rendimiento de madereo con Clambunk FMG Timberjack 933C en rodales de *Pinus radiata D.Don.*

A partir de los datos analizados se determinó que el Clambunk skidder FMG Timberjack 933C es una maquinaria altamente productiva, y además de bajo costo en comparación con maquinarias de uso tradicional en madereo de árboles enteros.



SUMMARY

This study was carried out in " Los Barros" field, property of Mininco Forests S.A. with the objective of providing information about times, costs and yield of whole tree logging with Clambunk FMG Timberjack 933C in *Pinus radiata* D.Don. stands.

Based on the analyzed data was determined that the Clambunk Skidder FMG Timberjack 933C is a machinery highly productive, and besides low cost in comparison with machineries of traditional use in whole tree logging.



VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Alvarez, M. J. 1988. Revisión bibliográfica sobre madereo mecanizado en Chile: Programa de investigación y desarrollo en cosecha y transporte. Forestal Mininco. Concepción, Chile.
2. Anaya, H. Y Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento Forestal. Análisis de apeo y transporte. San José. Costa Rica. IICA.
3. Becker, J. 1989. Nuevas técnicas y equipos de cosecha a utilizar en el mediano plazo. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Nov. 1989. Cap.IV Fundación Chile. Concepción, Chile.
4. Becker, J., Cabezas, D., Vicencio, A., y Alvarez, J. 1988. Aprovechamiento económico del recurso bosque en Forestal Mininco S. A. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Nov. 1989. Cap.III Fundación Chile. Concepción, Chile.
5. Cabezas, W. B. 1992. Experimentación maquina trineumática Bell 220 Modelo T en diferentes sistemas de aprovechamiento. Memoria de Título.

Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile.

6. Correa, J. Y. 1973. Determinación de estándares de explotación en las faenas de volteo, madereo y transporte para pino insigne *Pinus radiata* D. Don, en la región del Bio-bio. Tesis de grado. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.
7. Gingras, J. F. 1989. Feller buncher performance in adverse stand and terrain condition. S. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report TR 89.
8. Gujarati, D. 1981. Econometría básica. Mcgraw-Hill. Bogota, Colombia.
9. Largo, A. S. E. 1970. Utilización de un tractor articulado de ruedas en faenas de madereo de pino insigne. Tesis de grado. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.
10. Largo, A. S., O. Larrain M. 1986. Introducción de un sistema de cable aéreo en la extracción a tala rasa de pino insigne. Renarres. 8: 13 -15.
11. Lineros, M. 1994. Cátedra Utilización Forestal. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

12. Lineros, M. 1994. Efecto de la cosecha mecanizada sobre la compactación de los suelos forestales. (Mimeo).
13. Lineros, M. 1994. Economía de la Producción Forestal. (Mimeo).
14. Pinto, G. B. 1993. Determinación de funciones de tiempo, rendimiento y costos para la torre de madereo Koller K300 de pendiente en raleo comercial. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile.
15. Koontz, H. y O'Donnel, C. 1984. Elementos de administración moderna. Mcgraw-Hill. USA.
16. Rivas, H. 1989. Transformación del sistema de trabajo en faenas de raleo productivo. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Nov. 1989. Cap.IX Fundación Chile. Concepción, Chile.

17. Serón, J. 1988. Raleos mecanizados, experiencias y sistemas. En: Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Nov. 1988. Cap.XI Fundación Chile. Concepción, Chile. ³⁹



VIII. APENDICES

8.1. Apéndice A: Definición de las etapas del ciclo de trabajo

- Viaje vacío: Periodo de tiempo que transcurre desde que la máquina se pone en movimiento una vez descargada hasta que logra una posición adecuada para cargar en la zona de volteo.
- Carga: Tiempo que transcurre desde que la garra toma el primer fuste o tronco hasta que coloca el último sobre la valva del equipo.
- Viaje cargado: Tiempo que demora en llegar desde la zona de volteo en el bosque hasta orilla del camino o cancha de trozado.
- Descarga: Tiempo que transcurre desde que toma el primer tronco para descargar, hasta que se pone en movimiento para ir al lugar de carga.

8.2. Apéndice B: Antecedentes para el cálculo de costos

Valor equipo:		\$ 120.000.000,00
Vida útil:		14.400 hrs.
Valor reventa:		\$ 42.000.000,00
Trabajo anual:		3.600 hrs.
Interés anual:		8%
Seguro:		\$ 3.600.000,00
Impuestos (patente):		\$ 9.746,00
Combustible:	- consumo hora:	16 lts.
	- precio por litro:	\$ 114,04
Lubricantes:		
Motor:	- capacidad del depósito:	28 lts.
	- periodo de cambio:	250 hrs.
	- precio por litro:	\$ 715,04
Transmisión:	- capacidad del depósito:	22 lts.
	- periodo de cambio:	1.000 hrs.
	- precio por litro:	\$ 715,04
Diferencial eje delantero:	- capacidad del depósito:	33 lts.
	- periodo de cambio:	1.000 hrs.
	- precio por litro:	\$ 642,93

Carcasas eje delantero:	- capacidad del depósito:	65 lts.
	- periodo de cambio:	1.000 hrs.
	- precio por litro:	\$ 642,93
Diferencial eje trasero:	- capacidad del depósito:	33 lts.
	- periodo de cambio:	1.000 hrs.
	- precio por litro:	\$ 642,93
Carcasas eje trasero:	- capacidad del depósito:	65 lts.
	- periodo de cambio:	1.000 hrs.
	- precio por litro:	\$ 642,93
Sistema hidráulico:	- capacidad del depósito:	130 lts.
	- periodo de cambio:	500 hrs.
	- precio por litro:	\$ 781,05
Engrases:	- cantidad de kilogramos:	2
	- periodo de duración:	8 hrs.
	- precio por kilogramo:	\$ 642,71
Neumáticos:	- valor unitario:	\$ 750.000
	- vida útil:	7.000 hrs.
Mano de obra:	- sueldo operador:	\$ 200.000
	- implementos operador	
	zapatos de seguridad:	\$ 9.000
	duración:	6 meses

casco ciclista:	\$ 10.200
duración:	12 meses
guantes:	\$ 1.680
duración:	2 meses
- alimentación operador:	\$ 2.850/día



8.3. Apéndice C: Definición de costos

- Costo horario: Son los gastos ocasionados por la máquina por unidad de tiempo.
- Costos fijos o de posesión: Son aquellos que actúan estando o no la unidad en operación.
- Depreciación: Es la pérdida de valor que experimenta el bien capital por el uso y el tiempo.

$$Dp = I - (R + Ac) / Vu$$

- Interés sobre la inversión media anual.

$$IIMA = (((((I - R) * (N + 1)) / (2 * N)) + R) * i) / n$$

Donde:

I: Inversión.

R: Valor de reventa.

Ac: Valor de los accesorios.

Vu: Vida útil.

N: Periodo de vida útil en años.

i: Tasa de interés anual.

n: Horas trabajadas en el año.

- Seguro: El valor del seguro es igual a un 3 a 5% de la inversión.
- Impuesto (patente): Impuesto pagado en forma anual a la municipalidad.
- Costos variables o de operación: Son aquellos que actúan cuando el equipo está en operación.
- Combustible: Cantidad de producto (combustible) consumido por unidad de tiempo.
- Lubricantes: Se refiere al gasto de lubricantes tanto del motor como del diferencial, hidráulico y caja de cambios.
- Neumáticos: Referido al gasto de neumáticos por unidad de tiempo.
- Mantenimiento y reparación: Costo que implica la mantención y reparación de los equipos, el cuál es equivalente a un 50 o 70 % de la depreciación.
- Costo de mano de obra: Son aquellos que actúan estando o no el equipo en operación, y son necesarios para que éste pueda producir.
- Sueldo operador: Cantidad de dinero percibida por el operador por unidad de tiempo.

- Implementación: Corresponden a todos los elementos de seguridad que utiliza el operador, como son zapatos, guantes y casco de ciclista.

- Alimentación: Referido al costo de la alimentación del operador por unidad de tiempo.

- Costo unitario: Es el costo por unidad producida.



