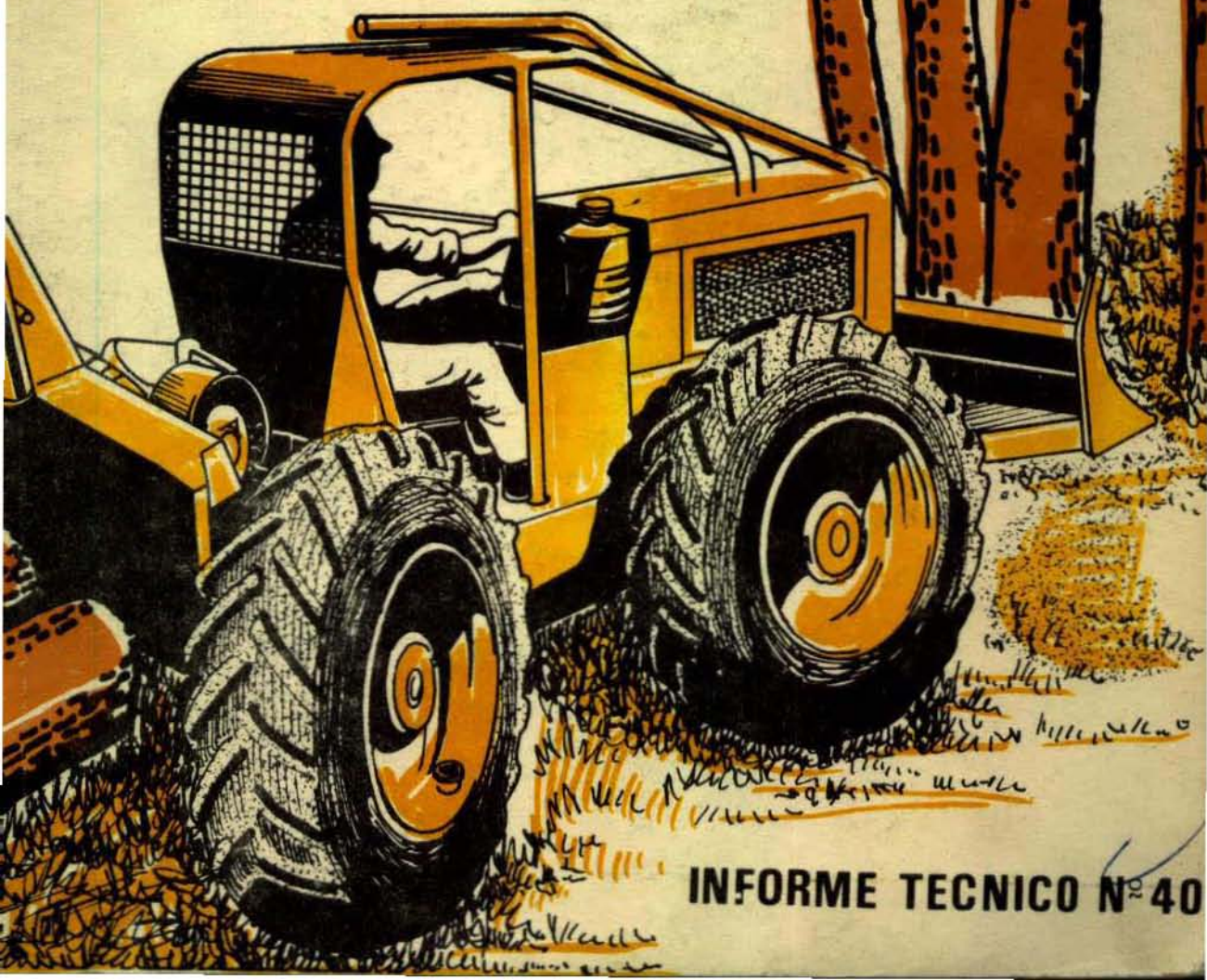


5-3418
C.3

MADEREO MECANIZADO CON TRACTOR FORESTAL ARTICULADO

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFORME TECNICO N° 40

INFORME TECNICO 40

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

**MADEREO
MECANIZADO CON
TRACTOR FORESTAL
ARTICULADO**

TORSTEN FRISK S.
GUILLERMO GUELL E.

INSTITUTO FORESTAL

(c) INSTITUTO FORESTAL. 1972
Inscripción N° 39503



INSTITUTO FORESTAL
Valenzuela Llanos 260 - Casilla 3085
Santiago, Chile

INDICE

	Pág.
RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCION	9
ESTUDIO DE MADEREO CON TRACTOR FORESTAL ARTICULADO EN PLANTACIONES DE PINO INSIGNE	11
Organización de las faenas	11
Descripción de las faenas	13
La Araucana	13
Pinares	13
Pishuincó	13
Resultados del estudio de tiempos, rendimientos y costos	14
Análisis de los resultados	21
Tiempos totales por ciclo	21
Rendimientos y costos	23
ESTUDIO DE MADEREO CON TRACTOR FORESTAL ARTICULADO EN BOSQUE NATIVO	25
Organización de las faenas	25
Descripción de las faenas	27
Arquihue	27
Monte Alto	27
Resultados del estudio de tiempos, rendimientos y costos	29
Análisis de los resultados	35
Tiempos totales por ciclo	35
Rendimientos y costos	38
CONCLUSIONES	39
APENDICE I Metodología	43
APENDICE II Cálculo del costo horario del tractor forestal articulado	49
APENDICE III Características técnicas del tractor forestal articulado usado en las experiencias	55

INDICE DE CUADROS Y GRAFICOS

	Pág.
CUADRO 1 Descripción de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné	14
CUADRO 2 Ecuaciones de tiempos, rendimientos y costos de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné	15
CUADRO 3 Tiempo total por ciclo de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné .	15
CUADRO 4 Rendimiento por hora de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné	16
CUADRO 5 Costo por metro cúbico de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné .	16
CUADRO 6 Distribución de los tiempos en los diferentes momentos del ciclo de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigné	23
CUADRO 7 Descripción de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	28
CUADRO 8 Ecuaciones de tiempos, rendimientos y costos de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	29
CUADRO 9 Tiempo total por ciclo de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	30
CUADRO 10 Rendimiento por hora de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	31
CUADRO 11 Costo por metro cúbico de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	32
CUADRO 12 Distribución de los tiempos en los diferentes momentos del ciclo de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo	37

GRAFICO 1	La Araucana. Rendimiento de madereo con tractor forestal articulado	17
GRAFICO 2	La Araucana. Costo de madereo con tractor forestal articulado	17
GRAFICO 3	Pinares. Rendimiento de madereo con tractor forestal articulado	18
GRAFICO 4	Pinares. Costo de madereo con tractor forestal articulado	18
GRAFICO 5	Pishuinco. Rendimiento de madereo con tractor forestal articulado	19
GRAFICO 6	Pishuinco. Costo de madereo con tractor forestal articulado	19
GRAFICO 7	Arquihue. Rendimiento de madereo con tractor forestal articulado	33
GRAFICO 8	Arquihue. Costo de madereo con tractor forestal articulado	33
GRAFICO 9	Monte Alto. Rendimiento de madereo con tractor forestal articulado	34
GRAFICO 10	Monte Alto. Costo de madereo con tractor forestal articulado	34



RESUMEN

Se organizaron tres faenas experimentales de madereo mecanizado con tractor forestal articulado en la zona pinera y dos en el bosque nativo para analizar la factibilidad de operación de esta máquina, en diferentes condiciones de bosque y terreno, a objeto de incorporar definitivamente el sistema de madereo del árbol entero a la explotación forestal.

Los datos obtenidos en terreno a través de estudios de tiempos y rendimientos se procesaron estadísticamente, y los resulta-

dos se analizaron en relación al tiempo total del ciclo de madereo, rendimientos y costos según la distancia de madereo.

Los rendimientos obtenidos, debido a la gran movilidad, factibilidad de penetración a los bosques, capacidad de carga y velocidad, han demostrado la habilidad de operación del tractor forestal articulado en nuestros bosques, aun en la temporada de invierno en algunas zonas donde se paraliza el madereo tradicional.

SUMMARY

Three experimental skidding operations were organized in the pine region with a rubber-tired log skidder and two in the native forest region, so as to analyse the operation feasibility of this machine in different forest and terrain conditions, which incorporates definitively the whole tree system in the logging operations.

The terrain data obtained through time and yield studies is processed statistically and

the results are analyzed in relation to time involved per skidding cycle, yields, and costs according to skidding distance.

The yields obtained due to the great mobility, facility to penetrate in the forest, loading capacity and speed, have demonstrated the workability of the rubber-tired log skidder in the forests of Chile, even in some areas during winter conditions, which cause the standstill of the traditional skidding methods.

INTRODUCCION

El madereo es una de las etapas de la explotación forestal que consiste en la extracción de trozos o árboles enteros desde el lugar de volteo hasta las canchas de almacenamiento o carguío a orilla del camino, desde donde comienza la etapa del transporte. Generalmente se realiza sobre distancias cortas hasta 2.000 metros en comparación con el transporte, cuya distancia depende principalmente del radio de abastecimiento, topografía y red de caminos.

Básicamente los principios del madereo son dos:

- 1. Amarrar la carga a una unidad móvil, en cuyo caso se mueven ambos.*
- 2. Amarrar la carga a un cable de una unidad motriz fija, que lo enrrolla acercando la carga.*

El madereo mecanizado con tractor forestal articulado ha logrado combinar estos dos principios. El huinche del tractor arrastra la carga hasta éste, moviéndose enseguida conjuntamente con el desplazamiento del tractor.

Tradicionalmente en Chile se han empleado métodos de madereo no mecanizado, caracterizados especialmente por el uso de bueyes. Estos métodos han sido complementados por algunas faenas aisladas de madereo mecanizado.

El presente informe comprende el resultado de cinco faenas experimentales de madereo mecanizado con tractor forestal articulado, llevadas a cabo por el Instituto Forestal desde el año 1968, dentro de los programas de introducción de nuevos equipos de explotación.

El objetivo de estas experiencias ha sido estudiar y analizar las características operacionales, rendimientos y costos de un nuevo equipo y sistema de madereo. En el primer aspecto nos referimos al tractor forestal articulado, equipo mecanizado de alto rendimiento, que ha alcanzado gran importancia en otros países como equipo alternativo de madereo. Su introducción en las faenas de explotación en nuestro país está también alcanzando un nivel importante, si consideramos que de 3 tractores articulados que operaban a comienzos del año 1968, actualmente lo hacen más de 35 unidades. Esta introducción va a obligar a una cuidadosa planificación, capacita-

ción y reorganización de los métodos tradicionales de explotación para alcanzar los niveles de productividad que requieren estos equipos de elevada inversión inicial, en comparación con el método tradicional, para así lograr las ventajas de la mecanización en las faenas de explotación. El segundo aspecto se refiere al madereo de árboles enteros, lo que constituye una novedad en las faenas de explotación del área de las plantaciones. En el bosque nativo este sistema de madereo ha sido empleado en pequeña escala mediante el uso de tractores oruga y torres de madereo cuyas características de operación permiten la extracción del árbol entero.

Tres de las experiencias fueron organizadas en el área de las plantaciones de pino insignie y dos en el bosque nativo de modo que, los resultados fueran representativos de las zonas forestales más importantes del país.

Durante estas faenas no se realizaron estudios comparativos con los métodos tradicionales en el país, debido a que se ha querido exponer aisladamente los resultados de un nuevo equipo y sistema de explotación para el sector forestal.

ESTUDIO DE MADEREO CON TRACTOR FORESTAL ARTICULADO EN PLANTACIONES DE PINO INSIGNE

El estudio de madereo con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne está basado en 3 faenas realizadas en los fundos La Araucana, Pinarés y Pishuínco de las provincias de Arauco, Concepción y Valdivia respectivamente.

ORGANIZACION DE LAS FAENAS

El sector de explotación se eligió de modo que fuera representativo de la zona en que se iba a trabajar. Todas las explotaciones fueron a tala rasa.

Una vez determinado el sector se procedió a un reconocimiento, con el fin de ubicar las canchas de trozos de acuerdo a los caminos de transporte y las fajas de madereo existentes. El tamaño y la posición de la cancha se fijó de modo de no producir atochamientos y facilitar el carguío posterior a los medios de transporte.

Nuevas fajas de madereo se trazaron y despejaron a medida que avanzaba la explotación.

Para el volteo y desrame se preparó una o dos cuadrillas de cuatro integrantes. Un motosierrista para el volteo y tres desramadores con hacha. El número de cuadrillas dependió de la distancia de madereo. A menores distancias se trabajó con dos cuadrillas para aumentar la producción de esta faena y no provocar un corte en el ciclo de producción del tractor forestal articulado.

El volteo se hizo en forma dirigida con el objeto de facilitar el trabajo del tractor durante la carga. En terreno plano los árboles se voltearon en sentido contrario a la dirección de llegada del tractor. Girando el tractor al llegar a la zona de carga y retrocediendo si es necesario, queda en posición para estrobar y arrastrar los árboles por la base, con lo que se disminuye la fricción debido a que se levanta con el huinche el extremo de mayor peso, y se evita que se

suelte la carga. Cuando se trabajó sobre pendiente, la dirección de volteo se hizo diagonal hacia la dirección de llegada del tractor de modo que el estrobado se hizo en la copa de los árboles, en la que se dejaban algunas ramas para que no resbalase la carga. La mayor fricción ayuda a frenar el tractor cargado durante el viaje en bajada.

Las cuadrillas de volteo se entrenaron previamente de acuerdo a la organización de esta faena. El volteo se inició en el frente del bosque previamente al madeo a objeto de preparar un volumen disponible para el tractor y así evitar accidentes por la cercanía de ambas faenas.

El estrobado de los árboles se hizo con un operario, que tuvo siempre preparada una carga para el tractor. Por lo tanto se trabajó con dos juegos de 5 a 6 estrobos cada uno.

El trozado lo hizo un motosierrista en la cancha de trozos ayudado por un operario marcador. Este último si se encontraba cerca también soltaba los estrobos de los árboles al término del viaje del tractor, en caso contrario el mismo operador realizaba esta función.

El resumen de los integrantes de las distintas faenas es el siguiente:

Volteo

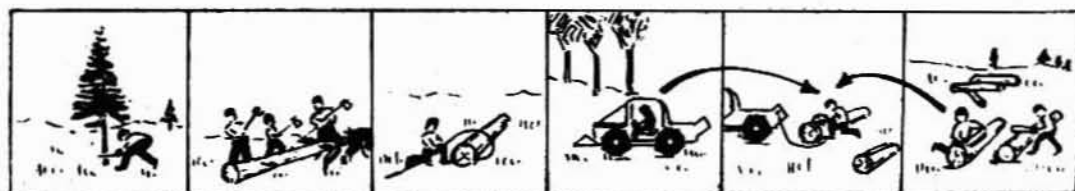
desrame

estrobado
(carga)

madeo

desestrobado
(descarga)

trozado



TOTAL 8 o 12 OPERARIOS

DESCRIPCION DE LAS FAENAS

La Araucana

En este fundo ubicado cerca de Los Alamos, en la provincia de Arauco, se efectuó un madereo de árboles enteros sobre una distancia entre 500 y 700 metros. Los primeros 500 metros de la cancha al bosque eran de terreno despejado, con barro y una pendiente en contra de hasta 10% en el viaje cargado.

Pinares

Fundo ubicado en la provincia de Concepción en la orilla sur del río Bío-Bío, de topografía irregular. Se hizo en este fundo madereo de árboles enteros sobre una distancia de 100 a 350 metros

del bosque a la cancha sobre suelo arcilloso seco cubierto de restos de explotación. Pendiente de 5 a 35% en contra, principalmente en el viaje vacío.

Pishuenco

Está ubicado a 14 kilómetros al este de Valdivia, en la orilla sur del río Calle-Calle. El madereo de árboles enteros se hizo cubriendo una distancia de 100 a 450 metros del bosque a la cancha, sobre suelo arcilloso seco y restos de explotación, con pendiente variable entre 5 y 30% a favor en el viaje cargado.

En el Cuadro 1 se indica las principales condiciones de trabajo de las tres faenas realizadas en las plantaciones de pino insigne y los resultados obtenidos en dichas experiencias.

CUADRO 1. Descripción de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Fundo o faena	La Araucana	Pinares	Pishuincó
Provincia	Arauco	Concepción	Valdivia
Departamento	Lebu	Coronel	Valdivia
Comuna	Los Alamos	Coronel	Valdivia
Temporada	Invierno	Verano	Verano
Tipo de corta	Tala rasa	Tala rasa	Tala rasa
Edad bosque	22	24	26
Volumen promedio por árbol (m ³)	1,4	1,5	1,9
Distancia de maderero (m)	500 a 700	100 a 350	100 a 450
Pendiente viaje cargado (‰)	+0 a +10	-35 a -5	-30 a -5
Rango de carga por viaje (m ³)	2,4 a 6,6	2,3 a 11,7	3,0 a 11,1
Carga promedio por viaje (m ³)	3,9	6,7	5,1
Número promedio de árboles por viaje	2,8	4,5	2,7
Velocidad promedio viaje vacío (km/h)	8,4	8,0	11,1
Velocidad promedio viaje cargado (km/h)	4,7	6,4	7,1
Base del estudio (número de viajes)	30	58	98

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS, RENDIMIENTOS Y COSTOS

En el Cuadro 2 se presentan las ecuaciones obtenidas para las tres faenas de maderero en plantaciones de pino insigne. La metodología seguida en el cálculo

lo se describe en el Apéndice 1. En los Cuadros 3, 4 y 5 se indican los resultados de tiempos totales por ciclo, rendimientos y costos respectivamente.

CUADRO 2. Ecuaciones de tiempos, rendimientos y costos de las faenas de madereo con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Ecuación	La Araucana	Pinares	Pishuenco
Tiempo total por ciclo (min)	$6,58+0,020D$	$12,29+0,017D$	$9,76+0,015D$
Tiempo por metro cúbico (min/m ³)	$1,69+0,0051D$	$1,83+0,0025D$	$1,91+0,0029D$
	234	402	306
Rendimiento (m ³ /h)	$6,58 + 0,020D$	$12,29 + 0,017D$	$9,76 + 0,015D$
Costo (E ^o /m ³)	$3,28+0,01D$	$3,56+0,005D$	$3,72+0,0057D$

D = distancia en metros

CUADRO 3. Tiempo total por ciclo de las faenas de madereo con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Distancia m	Tiempo total por ciclo (min)		
	La Araucana	Pinares	Pishuenco
100	—	13,99	11,26
200	—	15,69	12,76
300	*12,58	17,39	14,26
400	*14,58	19,09	15,76
500	16,58	* 20,79	17,26
600	18,58	* 22,49	* 18,76
700	20,58	—	* 20,26
800	*22,58	—	—
900	*24,58	—	—

* Valores extrapolados

CUADRO 4. Rendimiento por hora de las faenas de maderco con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Distancia m	Rendimiento m ³ /h		
	La Araucana	Pinares	Pishuincó
100	—	28,7	27,2
200	—	25,6	24,0
300	*18,6	23,1	21,5
400	*16,0	21,1	19,4
500	14,1	*19,3	17,7
600	12,6	*17,9	*16,3
700	11,4	—	*15,1
800	*10,4	—	—
900	* 9,5	—	—

* Valores extrapolados.

CUADRO 5. Costo por metro cúbico de las faenas de maderco con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Distancia m	Costo E ⁰ /m ³ (noviembre 1971)		
	La Araucana	Pinares	Pishuincó
100	—	4,06	4,29
200	—	4,56	4,86
300	* 6,28	5,06	5,43
400	* 7,28	5,56	6,00
500	8,28	*6,06	6,57
600	9,28	*6,56	*7,14
700	10,28	—	*7,71
800	11,28	—	—
900	12,28	—	—

* Valores extrapolados

LA ARAUCANA

GRAFICO 1. Rendimiento de maderreo con tractor forestal articulado

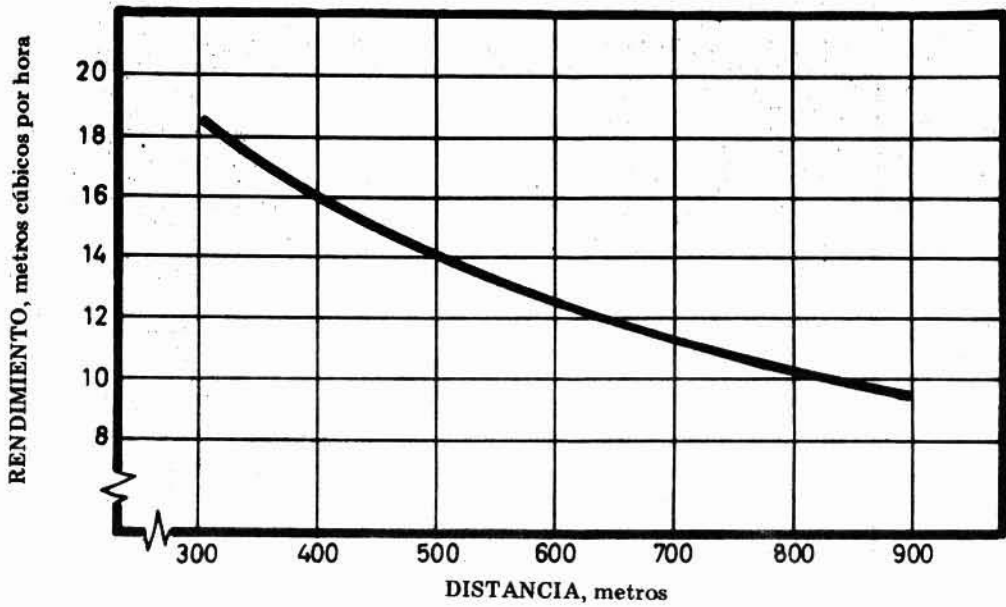
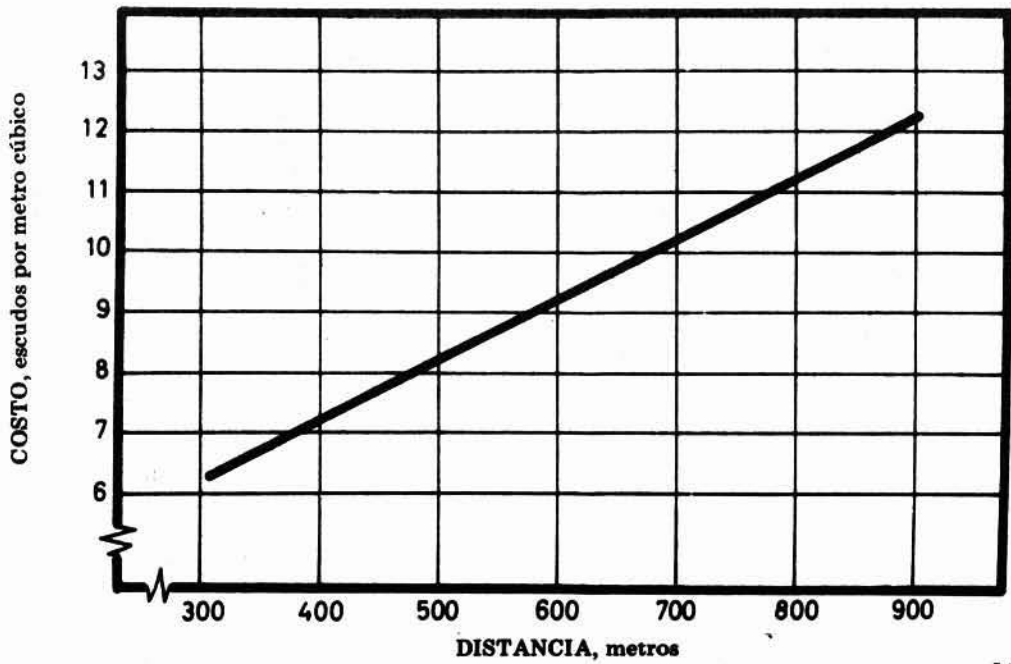


GRAFICO 2. Costo de maderreo con tractor forestal articulado



PINARES

GRAFICO 3. Rendimiento de maderero con tractor forestal articulado

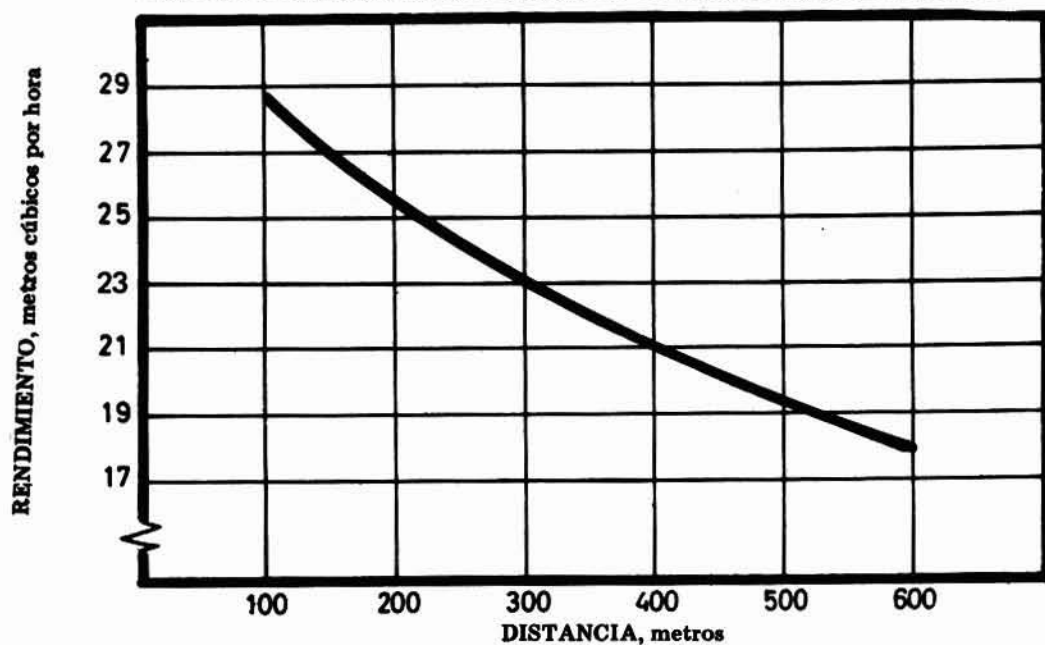
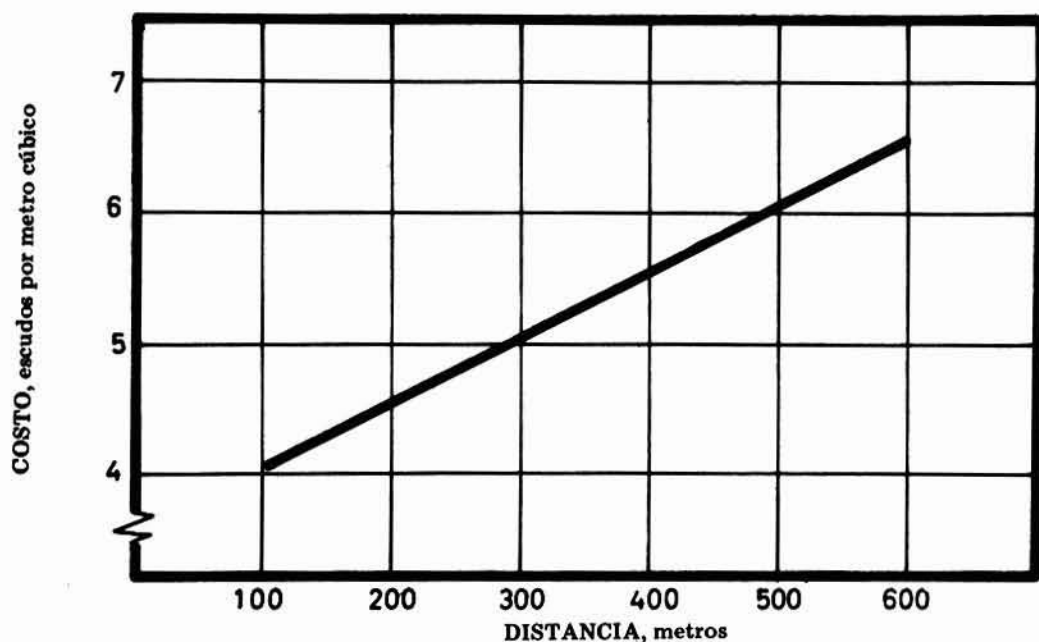


GRAFICO 4. Costo de maderero con tractor forestal articulado



PISHUINCO

GRAFICO 5. Rendimiento de maderero con tractor forestal articulado

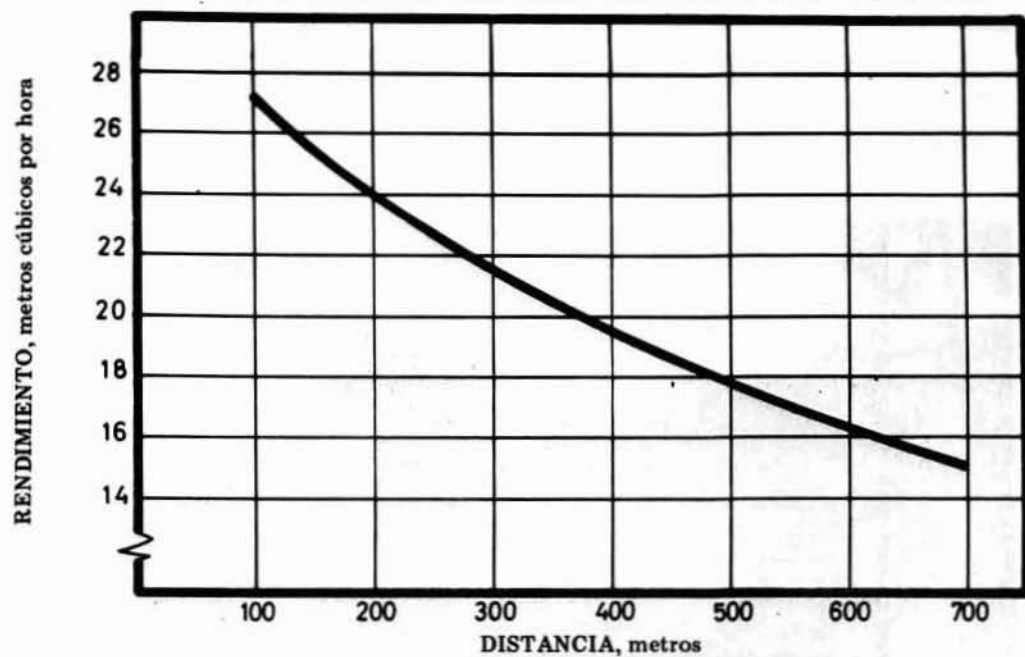
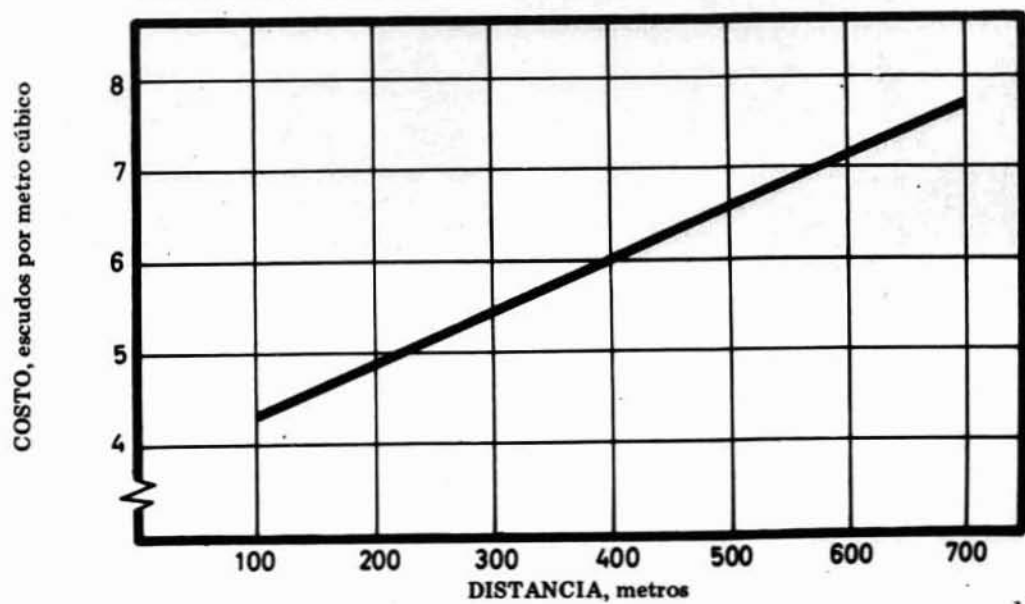


GRAFICO 6. Costo de maderero con tractor forestal articulado





ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Las diferencias en los resultados obtenidos para las tres faenas reflejan principalmente las variaciones de las condiciones de trabajo, lo que incide directamente en los estudios de este tipo cuando la organización de las faenas ha sido similar.

La faena más diferenciada es la de La Araucana, por presentar condiciones desventajosas de terreno y topografía.

En cambio las otras dos faenas de Pinares y Pishuincó, se ciñen a condiciones muy similares en cuanto a pendiente, época de madereo, carga promedio y distancia de madereo.

Tiempos totales por ciclo

El menor tiempo fijo de carga y descarga, corresponde a la faena en La Araucana, con 6,58 minutos; Pishuincó y Pinares siguen con 9,76 y 12,29 minutos respectivamente. Este mismo orden está reflejado en la carga promedio por viaje de 3,9, 5,1 y 6,7 m³ respecti-

vamente, lo cual estaría indicando para estas faenas la incidencia del volumen de carga en los tiempos fijos.

Los tiempos variables son menores para Pishuincó con 0,015 D; le sigue Pinares con 0,017 D y, finalmente La Araucana con 0,020 D. Pishuincó presenta la velocidad promedio mayor para el viaje vacío y cargado y La Araucana registra la menor velocidad en el viaje cargado de 4,7 km/h debido a la pendiente en contra. Estas velocidades repercuten directamente en la magnitud de los tiempos variables.

En el Cuadro 6 se incluye la distribución de los tiempos en los diferentes momentos de las faenas de madereo, en minutos y en porcentaje del tiempo total del ciclo, para las distancias promedio de madereo.

En los tres casos la incidencia de las demoras fijas y variables según la distancia es pequeña y normal para una faena de este tipo bien organizada.



BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

CUADRO 6. Distribución de los tiempos en los diferentes momentos del ciclo de madereo con tractor forestal articulado en plantaciones de pino insigne

Faena	Distancia promedio m	Momentos					Total ciclo tiempo min (%)
		Viaje vacío	Carga	Viaje cargado	Descarga	Demoras	
		Tiempo min (%)					
La Araucana	600	4,26 (22,9)	4,60 (24,8)	7,68 (41,3)	1,79 (9,6)	0,25 (1,4)	18,58 (100)
Pinares	200	1,51 (9,6)	9,10 (58,0)	1,88 (12,0)	2,31 (14,7)	0,89 (5,7)	15,69 (100)
Pishuenco	300	1,67 (11,7)	6,84 (48,0)	2,57 (18,0)	2,64 (18,5)	0,54 (3,8)	14,26 (100)

La incidencia de los momentos en relación al tiempo total de cada faena está en función de la distancia de madereo. Para distancias cortas de 100 a 300 metros, los momentos de carga y descarga ocupan alrededor del 70% del tiempo total, en cambio para distancias mayores esta incidencia va disminuyendo debido a la mayor importancia que adquiere el tiempo del viaje vacío y cargado en el tiempo total del ciclo. Así tenemos que para 600 metros en La Araucana, la incidencia de los primeros momentos es de sólo 34% del tiempo total.

Rendimientos y costos

Aun cuando el tiempo total por ciclo es menor para la faena de La Araucana, el rendimiento es mayor para las otras faenas debido a que en éstas la carga promedio por viaje era mayor. En

Pinares y Pishuenco los rendimientos son prácticamente iguales debido a la similitud de las condiciones de trabajo.

Los rendimientos están expresados en horas de trabajo efectivo, incluyendo demoras propias de la faena. Para llevar estos valores a producción diaria es necesario multiplicar por las horas de trabajo efectivo por jornada, lo que varía de una empresa a otra.

Los rendimientos alcanzados reflejan la alta productividad que es posible lograr con estos tractores, teniendo en cuenta que las faenas han tenido un carácter experimental.

El mismo análisis de los rendimientos se refleja en los costos por metro cúbico, basados en el costo horario del tractor para noviembre 1971. Los elementos del costo se han calculado en detalle con el fin de obtener un costo total real. (Apéndice II).



ESTUDIO DE MADEREO CON TRACTOR FORESTAL ARTICULADO EN BOSQUE NATIVO

El estudio de madereo con tractor forestal articulado en bosque nativo está basado en 2 faenas realizadas en los fundos Arquihue, y estancia Monte Alto de las provincias de Valdivia y Magallanes.

ORGANIZACION DE LAS FAENAS

Las faenas se organizaron en sectores representativos de los Tipos Forestales roble, raulí y lenga, para lo que se procedió a una etapa preliminar de reconocimiento. Posteriormente, se ubicaron las canchas de trozos y se trazaron las fajas de madereo de acceso hacia las áreas de mayor densidad de madera.

El volteo se inició algunos días antes del madereo con el fin de tener cierta disponibilidad de trozos o árboles enteros para el tractor y alejar las cuadrillas de volteo. Ella estuvo formada por un motosierrista y un ayudante con hacha para limpiar el terreno alrededor del árbol, introducir las cu-

ñas durante el volteo y trozado, medir y en general ejecutar faenas complementarias. Debido a las mayores distancias de madereo en estas faenas fue necesario solamente una cuadrilla. El volteo fue dirigido para facilitar el acceso del tractor para el carguío.

El madereo fue de trozos y árboles enteros. En el primer caso el trozado se hizo en el bosque por la misma cuadrilla de volteo. En el segundo se despuntó el árbol en el bosque a la altura comercial eliminando además, si fuera necesario, la pudrición basal y se trozó en la cancha. Si el árbol entero representaba demasiada carga para el tractor se trozaba en el bosque tratando siempre de alcanzar la capacidad máxima de carga para el tractor.

La cuadrilla de trozado estaba formada por un motosierrista y un ayudante para la medición y desestrobado cuando estaba cerca el tractor. Si el trozado se hacía en el bosque, el operador del tractor soltaba la carga.

El estrobado estuvo a cargo de un operador que preparó la carga durante el viaje cargado del tractor.

El resumen de los integrantes de las distintas faenas es el siguiente:

TROZADO BOSQUE

Volteo
trozado



Estrobado
(carga)



Madereo
desestrobado
(descarga)



TOTAL 4 OPERARIOS

TROZADO CANCHA

Volteo

estrobado
(carga)

madereo

desestrobado
(descarga)

trozado



TOTAL 6 OPERARIOS

DESCRIPCION DE LAS FAENAS

Arquihue

Es un fundo ubicado en la provincia de Valdivia a 5 kilómetros al norte del lago Maihue. En él se desarrollaron dos experiencias de madereo con el fin de comparar los rendimientos y costos de madereo de trozos y árboles enteros.

Experiencia 1: Madereo de trozos

Madereo de trozos de 3,60 metros acachados por bueyes, desde la orilla del bosque hasta un teleférico Hinteregger que llevó los trozos hasta la orilla del camino de transporte. La distancia fue de 1.800 a 3.000 metros sobre terreno seco y pendientes en el viaje cargado de - 35 a - 10%.

Experiencia 2: Madereo de árboles enteros.

Madereo de árboles enteros, acachados por tractor oruga desde la orilla del bosque hasta la cancha del teleférico, donde se trozaba. La distancia de madereo y las condiciones del terreno eran las

mismas que la experiencia anterior. Debido a un período de mal tiempo se tomaron datos de madereo de árboles enteros sobre terreno con barro. Los resultados de esta faena no se incluyen, sin embargo, cabe señalar que la curva de rendimiento alcanzó una posición 6% bajo la curva de rendimiento de la faena sobre terreno seco.

Monte Alto

Es una estancia ubicada en la provincia de Magallanes a 190 kilómetros al noroeste de la ciudad de Punta Arenas, por el camino a Puerto Natales.

La faena se organizó en un bosque de lenga en la temporada de invierno, sobre nieve de un metro de espesor. Cabe destacar que en esta región no se maderea mediante el sistema tradicional con bueyes, durante la temporada de invierno, por lo tanto, no hay un abastecimiento de los aserraderos en forma permanente. El madereo fue de árboles enteros desde el bosque a la cancha sobre una distancia de 800 a 1.200 metros.

CUADRO 7. Descripción de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo

Fundo o faena	Arquihue		Monte Alto
Provincia	Valdivia		Magallanes
Departamento	Río Bueno		Magallanes
Comuna	Lago Ranco		Morro Chico
Temporada	Verano		Invierno
Tipo forestal	Roble-Raulí		Lenga
Tipo de corta	Selectiva		Selectiva
Estado de terreno	Seco		Nieve
Distancia de maderero (m)	1.800 a 3.000		800 a 1.200
Pendiente viaje cargado (‰)	-35 a - 10		-20 a -10
	Experiencia 1	Experiencia 2	
Unidad de carga	trozos	árboles ent.	árboles ent.
Volumen promedio unidad de carga (m ³)	1,6	3,8	1,4
Número promedio de unidades por viaje	2,4	1,7	3,4
Rango de carga por viaje (m ³)	2,5 a 5,5	2,5 a 11,9	3,1 a 7,6
Carga promedio por viaje (m ³)	3,9	6,3	4,9
Velocidad promedio viaje vacío (km/h)	11,1	12,2	7,1
Velocidad promedio viaje cargado (km/h)	10,2	11,2	6,3
Base del estudio (número de viajes)	23	54	28

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS, RENDIMIENTOS Y COSTOS

A continuación se presentan en el Cuadro 8 las ecuaciones finales para las dos faenas de maderero en bosque nativo. La metodología seguida para obtener estas ecua-

ciones se indica en el Apéndice I. Los tiempos totales por ciclo de maderero, rendimientos y costos, según el rango de distancia considerado, se presentan en los Cuadros 9, 10 y 11 respectivamente.

CUADRO 8. Ecuaciones de tiempos, rendimientos y costos de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo

Ecuación	Arquihue		Monte Alto
	Experiencia 1	Experiencia 2	
Tiempo total por ciclo (min)	$10,26 + 0,012D$	$7,92 + 0,011D$	$15,29 + 0,016D$
Tiempo total por metro cúbico (min/m ³)	$2,66 + 0,0019D$	$1,26 + 0,0017D$	$3,10 + 0,0033D$
	234	378	294
Rendimiento (m ³ /h)	$10,26 + 0,012D$	$7,92 + 0,011D$	$15,29 + 0,016D$
Costo (E ^o /m ³)	$5,11 + 0,006D$	$2,44 + 0,0034D$	$6,06 + 0,0063D$

D = distancia en metros

CUADRO 9. Tiempo total por ciclo de las faenas de maderero con tractor forestal articulado en bosque nativo

Distancia m	Tiempo total por ciclo (min)		
	Arquihue		Monte Alto
	Experiencia 1	Experiencia 2	
600	—	—	*24,89
800	—	—	28,09
1.000	—	—	31,29
1.200	—	—	34,49
1.400	*27,06	*23,32	*37,69
1.600	*29,46	*25,52	*40,89
1.800	31,86	27,72	—
2.000	34,26	29,92	—
2.200	36,66	32,12	—
2.400	39,06	34,32	—
2.600	41,46	36,52	—
2.800	43,86	38,72	—
3.000	46,26	40,92	—
3.200	*48,66	*43,12	—
3.400	*51,06	*45,32	—

* Valores extrapolados

CUADRO 10. Rendimiento por hora de las faenas de madereo con tractor forestal articulado en bosque nativo

Distancia m	Rendimiento m ³ /h		
	Arquihue		Monte-Alto
	Experiencia 1	Experiencia 2	
600	—	—	*11,8
800	—	—	10,5
1.000	—	—	9,4
1.200	—	—	8,5
1.400	* 8,6	* 16,2	* 7,8
1.600	* 7,9	* 14,8	* 7,2
1.800	7,3	13,6	—
2.000	6,8	12,6	—
2.200	6,4	11,8	—
2.400	6,0	11,0	—
2.600	5,6	10,3	—
2.800	5,3	9,8	—
3.000	5,1	9,2	—
3.200	* 4,8	* 8,8	—
3.400	* 4,6	* 8,3	—

* Valores extrapolados

CUADRO 11. Costo por metro cúbico de las faenas de madereo con tractor forestal articulado en bosque nativo

Distancia m	Costo E ^o /m ³ (noviembre 1971)		
	Arquihue		Monte Alto
	Experiencia 1	Experiencia 2	
600	—	—	*9,84
800	—	—	11,10
1.000	—	—	12,36
1.200	—	—	13,62
1.400	*13,51	* 7,20	*14,88
1.600	*14,71	* 7,88	*16,14
1.800	15,91	8,56	—
2.000	17,11	9,24	—
2.200	18,31	9,92	—
2.400	19,51	10,60	—
2.600	20,71	11,28	—
2.800	21,91	11,96	—
3.000	23,11	12,64	—
3.200	*24,31	*13,32	—
3.400	*25,51	*14,00	—

* Valores extrapolados

ARQUILHUE

GRAFICO 7. Rendimiento de maderero con tractor forestal articulado

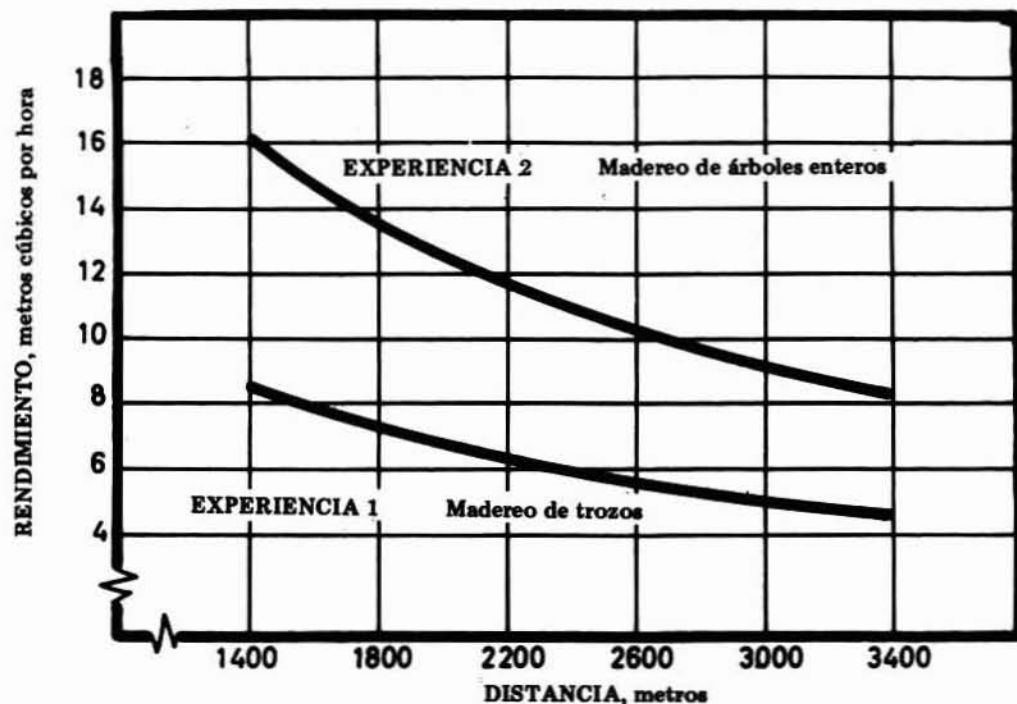
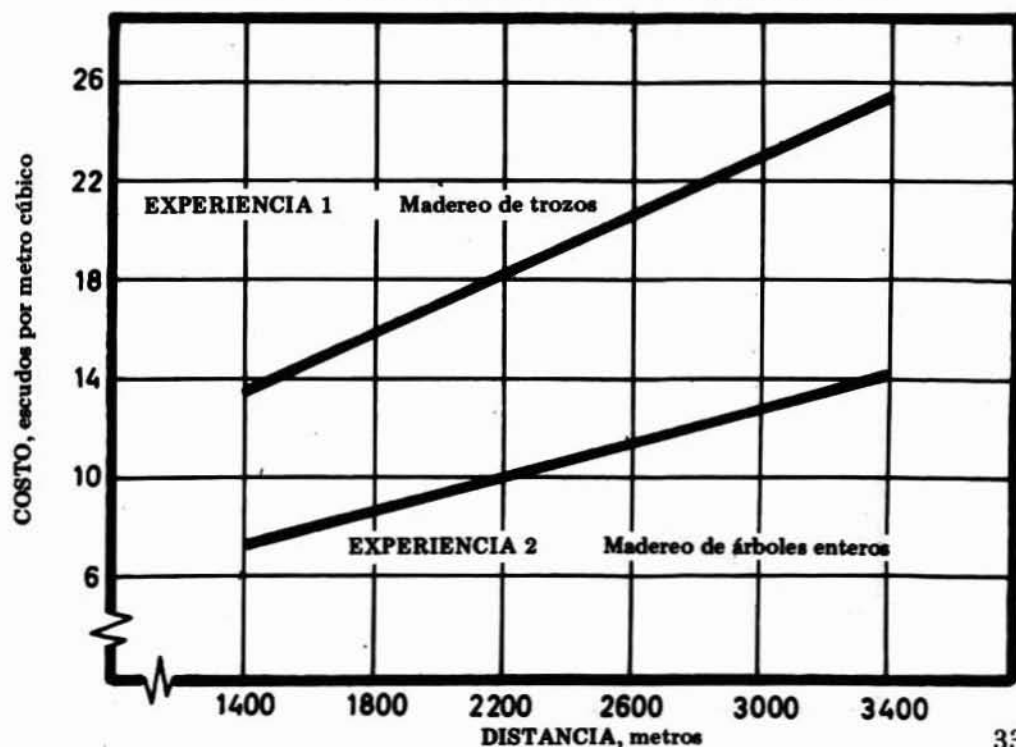


GRAFICO 8. Costo de maderero con tractor forestal articulado



MONTE ALTO

GRAFICO 9. Rendimiento de maderero con tractor forestal articulado

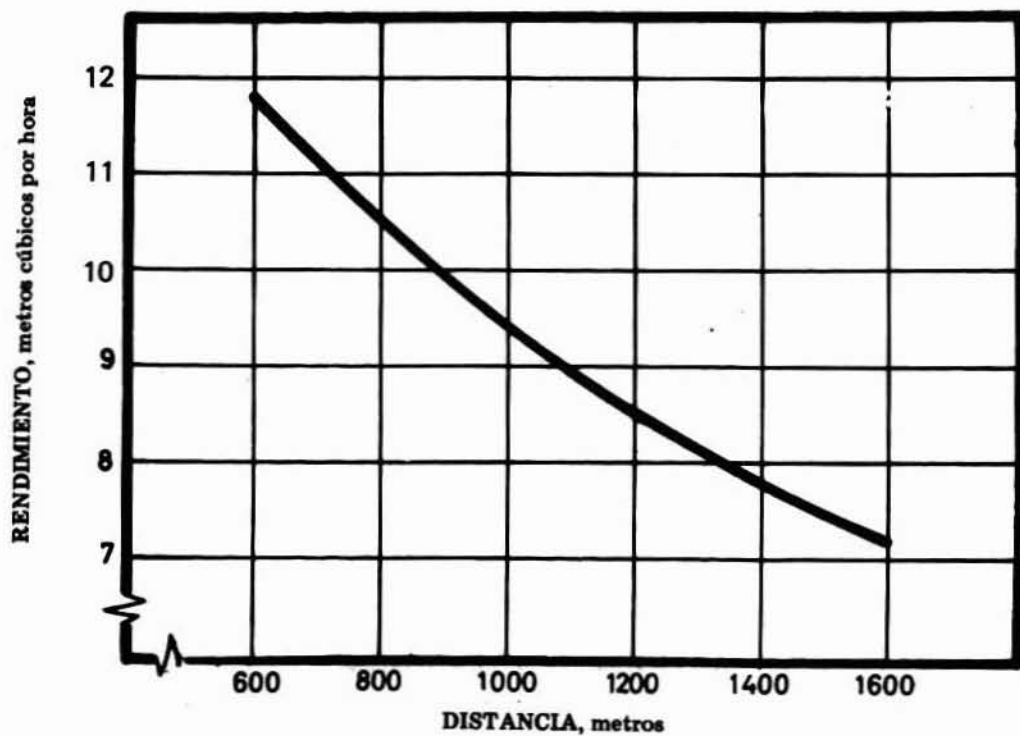
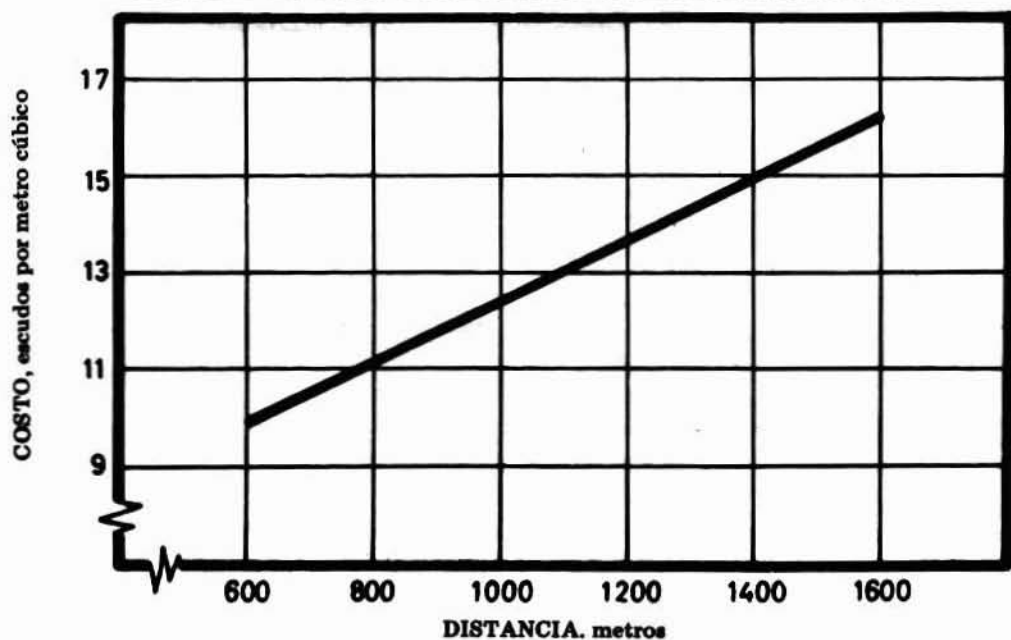


GRAFICO 10. Costo de maderero con tractor forestal articulado



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las dos faenas realizadas no tienen ninguna base de comparación desde el punto de vista de las condiciones de trabajo y del tipo forestal, los que son totalmente diferentes. Por eso, cada faena se analizará en forma independiente.

La faena de Arquihue contempla dos experiencias: la primera, madereo de trozos y la segunda madereo de árboles enteros. Ambas experiencias se desarrollan bajo las mismas condiciones de terreno y distancias de madereo. Estas experiencias tienen por objeto demostrar la ventaja del madereo de árboles enteros, lo que permite alcanzar la capacidad de carga del tractor, sobre el madereo de trozos cortos.

Tiempos totales por ciclo

El tiempo fijo del tiempo total por ciclo para la primera experiencia en Arquihue es superior a este mismo tiempo para la segunda experiencia, 10,26 minutos contra 7,92 minutos. Esta diferencia aún cuando pequeña se debe al mayor número de unidades de carga en el primer caso, con un promedio de 2,4 trozos contra un promedio de 1,7 árboles enteros por viaje. Esto ha significado un mayor tiempo de carga y descarga para el madereo de trozos cortos.

Los tiempos variables son prácticamente iguales para ambas experiencias, 0,012 D para el madereo de trozos y 0,011 D para el madereo de árboles enteros, lo que refleja que las velocidades para el viaje vacío y cargado fueron muy similares.

Si comparamos el tiempo total del ciclo, de las dos experiencias para el rango de distancia del estudio, vemos que en promedio, el ciclo de madereo de trozos tiene una duración 14% mayor que el ciclo de madereo de árboles enteros.

El tiempo fijo por ciclo de madereo en la faena de Monte Alto es de 15,29 minutos, tiempo que está reflejando la dificultad de traslado del estrobero en la nieve, la dispersión de los árboles volteados en el bosque, y un número promedio de 3,4 árboles para completar la carga. El tiempo variable es también bastante elevado debido a las bajas velocidades del viaje vacío y cargado, a causa del terreno cubierto hasta con un metro de nieve.

En el Cuadro 12 se indica la incidencia del tiempo de cada momento en minutos y en porcentaje del tiempo total del ciclo, para la distancia promedio de madereo en cada faena.



BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

**CUADRO 12. Distribución de los tiempos en los diferentes momentos
del ciclo de maderío con tractor forestal articulado en
bosque nativo**

Faena	Distancia promedio m	Momentos					Total ciclo tiempo min (%)
		Viaje vacío	Carga	Viaje cargado	Descarga	Demoras	
		Tiempo min (%)					
Arquihue							
Experiencia 1	2.400	13,08 (33,5)	6,47 (16,5)	14,26 (36,5)	2,84 (7,3)	2,41 (6,2)	39,06 (100,0)
Experiencia 2	2.400	11,96 (34,9)	3,95 (11,5)	13,10 (38,2)	2,96 (8,6)	2,35 (6,8)	34,32 (100,0)
Monte Alto	1.000	7,55 (24,1)	10,90 (34,8)	7,25 (23,2)	3,59 (11,5)	2,00 (6,4)	31,29 (100,0)

En las experiencias desarrolladas en Arquihue hay una mayor incidencia de los tiempos del viaje vacío y cargado en el tiempo total del ciclo debido a la mayor distancia de madereo. En este caso es, por lo tanto, aconsejable alcanzar la capacidad máxima normal de arrastre del tractor aún cuando ello signifique un mayor tiempo en la carga.

Las demoras incluyen aquellas fijas, que se originan durante la carga y descarga y las variables en función de la distancia, que se originan durante el viaje vacío y cargado.

En la faena de Monte Alto la carga tiene la mayor incidencia en el tiempo total del ciclo.

Rendimientos y costos

El análisis del Cuadro 10 de rendimientos por hora para las dos experiencias de la faena de Arquihue permite apreciar la ven-

taja que tiene el madereo de árboles enteros sobre el madereo de trozos cortos. El aumento en el rendimiento alcanza aproximadamente el 100%. Esta misma situación se refleja en los costos por unidad de producción debido al mayor rendimiento por hora.

Los rendimientos están expresados en base a la hora efectiva de trabajo que incluye solamente las demoras propias de la faena y no aquellas demoras que se asignan a la jornada de trabajo.

En la faena de Monte Alto los rendimientos fluctúan entre $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ para 1.600 metros hasta $11,8 \text{ m}^3/\text{h}$ para 600 metros, que corresponde a un rendimiento muy elevado en comparación a los métodos tradicionales de la provincia, donde no se maderea durante el invierno.

Los costos por metro cúbico del Cuadro 11 están basados en el costo horario del tractor para noviembre 1971. Apéndice II.

CONCLUSIONES

Las faenas experimentales de madereo mecanizado con tractor forestal articulado, desarrollados por el Instituto Forestal han demostrado su factibilidad de operación en los bosques de pino insigne y naturales, tanto desde el punto de vista técnico como económico, lo que se refleja en los niveles de rendimientos obtenidos.

Durante las operaciones en terreno se ha podido apreciar los principales factores que caracterizan la eficiencia de estas máquinas y que son: gran movilidad en el bosque, capacidad de carga y velocidad.

Hay que tener presente que estos resultados preliminares pueden sufrir variaciones favorables a medida que este nuevo sistema de madereo de árboles enteros se perfeccione alcanzando una tradición dentro de la explotación de bosques.

La posibilidad del madereo en invierno como ha sido demostrado en la faena de Monte Alto en la provincia de Magallanes, permite prolongar el período de abastecimiento de las industrias, siempre y cuando la red de caminos forestales esté en condiciones para soportar el transporte posterior durante esta temporada.

La incorporación del tractor forestal articulado en las faenas de explotación como en todo

proceso de mecanización donde se quiere reemplazar un sistema tradicional no mecanizado o mecanizado, por otro sistema, con la finalidad de lograr generalmente una mayor economía de producción, crea la necesidad de capacitar la mano de obra en la operación del nuevo equipo y la reorganización de la faena tradicional para adecuar la mano de obra y las faenas adyacentes al nuevo sistema de trabajo. Si no se logra esto el nuevo equipo no operará bajo las condiciones previstas y el análisis puede ser desfavorable para la nueva alternativa de trabajo.

El uso del tractor forestal articulado implica mayores costos fijos debido a la alta inversión inicial y mayores costos de mantención, en comparación con el madereo tradicional con bueyes. Sin embargo, el mayor costo operacional del tractor forestal articulado se ve compensado por un mayor rendimiento, que se traduce en un bajo costo por unidad de producción. Para mantener esta situación es necesario entonces que el nivel de producción de la empresa permita un uso integral del tractor articulado durante un período anual; de modo que la suma de los costos fijos y variables por unidad de producción sea inferior al costo total por unidad de producción del otro método alternativo de madereo, de menor inversión inicial.



APENDICE I

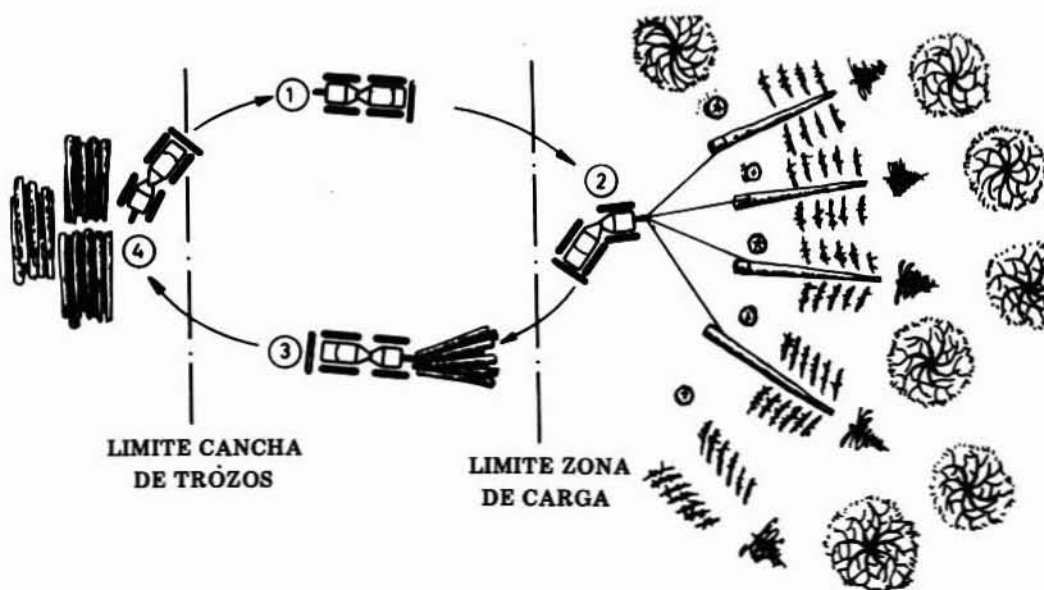


METODOLOGIA

ESTUDIO DE TIEMPO

Se basó en la medición continua de tiempo, mediante cronómetros graduados en centiminutos, de cada momento o fase en

que se dividió la faena de madereo. Estos momentos que se describen a continuación son claramente individualizados dentro del ciclo de trabajo.



Viaje vacío

Este momento comienza cuando el tractor cruza el límite de la cancha de trozos y termina cuando cruza el límite de la zona de carga.

Carga

El momento comprende el tiempo de todos los movimientos y operaciones dentro de la zona de carga.

Viaje cargado

El viaje cargado se inicia cuando el tractor cargado cruza el límite de la zona de carga y termina al entrar en el límite de la cancha de trozos.

Descarga

Es el momento que comienza con el ingreso del tractor a la cancha de trozos y termina cuando comienza un nuevo viaje vacío.

Todas las demoras propias de la faena se controlaron separadamente indicando brevemente su causa, identificadas con el momento donde se producían.

La suma de todos estos tiempos parciales corresponde al tiempo total por viaje.

TIEMPO TOTAL POR VIAJE

Para el procesamiento de los datos de terreno los tiempos parciales se agruparon en tiempos fijos y tiempos variables por distancia. El primer caso está representa-

do por la carga y descarga donde se fijó un tiempo promedio en base a los datos recopilados para cada experiencia. Estos tiempos si bien son variables, su variabilidad depende de factores que no se han analizado en el presente estudio. El tiempo variable comprende el viaje vacío y cargado cuya incidencia en el tiempo total depende de la distancia, cuando las condiciones de operación son las mismas. Las demoras también se agruparon de acuerdo a lo anterior.

La ecuación usada para el tiempo total por viaje, corresponde a una recta de la forma general:

$$T = a + bD$$

donde:

T = tiempo total del ciclo, en minutos

a = suma de tiempos fijos, en minutos

b = pendiente de la recta, o suma de constantes de las relaciones de los momentos y demoras variables según distancia.

D = distancia

El tiempo de viaje vacío y cargado por unidad de distancia se calculó mediante la siguiente relación:

$$T_1 = \frac{\sum t_1}{\sum D}$$

donde:

T₁ = tiempo de viaje vacío o car-

BIBLIOTECA INSTITUTO FORESTAL

gadó por unidad de distancia (m) en minutos.

Σt_1 = sumatoria de todos los tiempos de viaje vacío o viaje cargado, en minutos.

ΣD = sumatoria de todas las distancias recorridas, en metros.

VOLUMEN DE CARGA

El volumen con corteza de los árboles se calculó mediante la fórmula de Smalian, para lo cual se midió el diámetro mayor y menor de los árboles en la cancha de trozos.

$$V = \frac{A + a}{2} L$$

donde:

V = volumen del árbol, en metros cúbicos

A = área basal en el diámetro mayor, en metros cuadrados

a = área basal en el diámetro menor, en metros cuadrados

L = longitud del árbol, en metros

Los volúmenes de los árboles se sumaron en cada formulario para tener el volumen total de la carga. Estas a su vez se promediaron y así se obtuvo un resultado promedio de carga para cada faena, valor usado para los cálculos de rendimientos.

TIEMPO POR METRO CUBICO

El tiempo por unidad de volumen de acuerdo a la distancia se obtuvo mediante la siguiente relación:

$$T_2 = \frac{T}{V} = \frac{a + bD}{V}$$

donde:

T_2 = tiempo por unidad de volumen, en minutos por metro cúbico

T = tiempo total del ciclo, en minutos

V = volumen promedio de carga, en metros cúbicos

RENDIMIENTO

El rendimiento del tractor por hora se calculó mediante la siguiente relación:

$$R = \frac{60 V}{T} = \frac{60 V}{a + bD}$$

donde:

R = rendimiento en metros cúbicos por hora

V = volumen promedio de carga, en metros cúbicos

T = tiempo total del ciclo, en minutos

$60/T$ = número de viajes en una hora de trabajo

COSTO

El costo por metro cúbico se calculó mediante la siguiente relación a partir del rendimiento y costo horario del tractor (ver Apéndice II).

$$C = \frac{CH}{R}$$

donde:

C = costo por unidad de volumen, en escudos por metro cúbico

R = rendimiento por hora, en metros cúbicos

CH = costo horario del tractor

APENDICE II



CALCULO DEL COSTO HORARIO DEL TRACTOR FORESTAL ARTICULADO

ELEMENTOS DEL CALCULO

Valor de compra, I	= E° 306.159
Valor neumáticos	= <u>19.676</u>
Valor a depreciar	= E° 286.483
Precio de reventa, R	= 20% I = E° 61.232
Tasa de interés, t	= 10%
Vida útil tractor, N	= 5 años
Vida útil neumáticos	= 1 año
Vida útil estrobos	= 500 h, precio unitario E° 178,90
Vida útil cable	= 300 h, precio E° 926,70
Consumo combustible	= 8 l/h, precio E°/l 0,64
Costo lubricantes	= 60% costo horario combustible
Costo mantención y repuestos	= 60% depreciación
Horas de trabajo por año, n	= 1.540 (220 días/año; 7 h/día)
Renta anual tractorista	= E° 18.000, leyes sociales 41,65%
Renta anual estrobero	= E° 10.800, leyes sociales 41,65%
Valor patente	= E° 60.-
Seguro anual sobre un monto de E° 100.000	= E° 3.186

COSTOS FIJOS

E°/h

$$\text{Depreciación} = \frac{\frac{E^{\circ}286.483 - E^{\circ}61.232}{N}}{n} = \frac{E^{\circ} 225.251}{7.700} = 29,25$$

Interés sobre la inversión media anual:

$$\left[\frac{\frac{(1-R)(N+1)}{2N} + R}{n} \right] t = \left[\frac{(E^{\circ} 306.159 - E^{\circ}61.232)0,6 + E^{\circ}61.232}{1.540} \right] 0,1 = 13,52$$

$$\text{Patente} = \frac{E^{\circ} 60}{1.540} \quad 0,04$$

$$\text{Seguro} = \frac{E^{\circ}3.186}{1.540} \quad 2,07$$

$$\text{Total costos fijos} \quad E^{\circ}/h \quad 44,88$$

COSTOS VARIABLES

E°/h

$$\text{Mantenión y repuestos} = 0,6 E^{\circ} 29,25 \quad 17,55$$

$$\text{Depreciación neumáticos} = \frac{E^{\circ} 19.676}{1.540} \quad 12,77$$

$$\text{Combustible} = 8 E^{\circ} 0,64 \quad 5,12$$

$$\text{Aceites y lubricantes} = 0,6 E^{\circ} 5,12 \quad 3,07$$

$$\text{Depreciación estrobos} = \frac{10 E^{\circ} 178,90}{500} \quad 3,58$$

$$\text{Depreciación cable} = \frac{E^{\circ} 926,70}{300} \quad 3,09$$

$$\text{Total costos variables} \quad E^{\circ}/h \quad 45,18$$

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

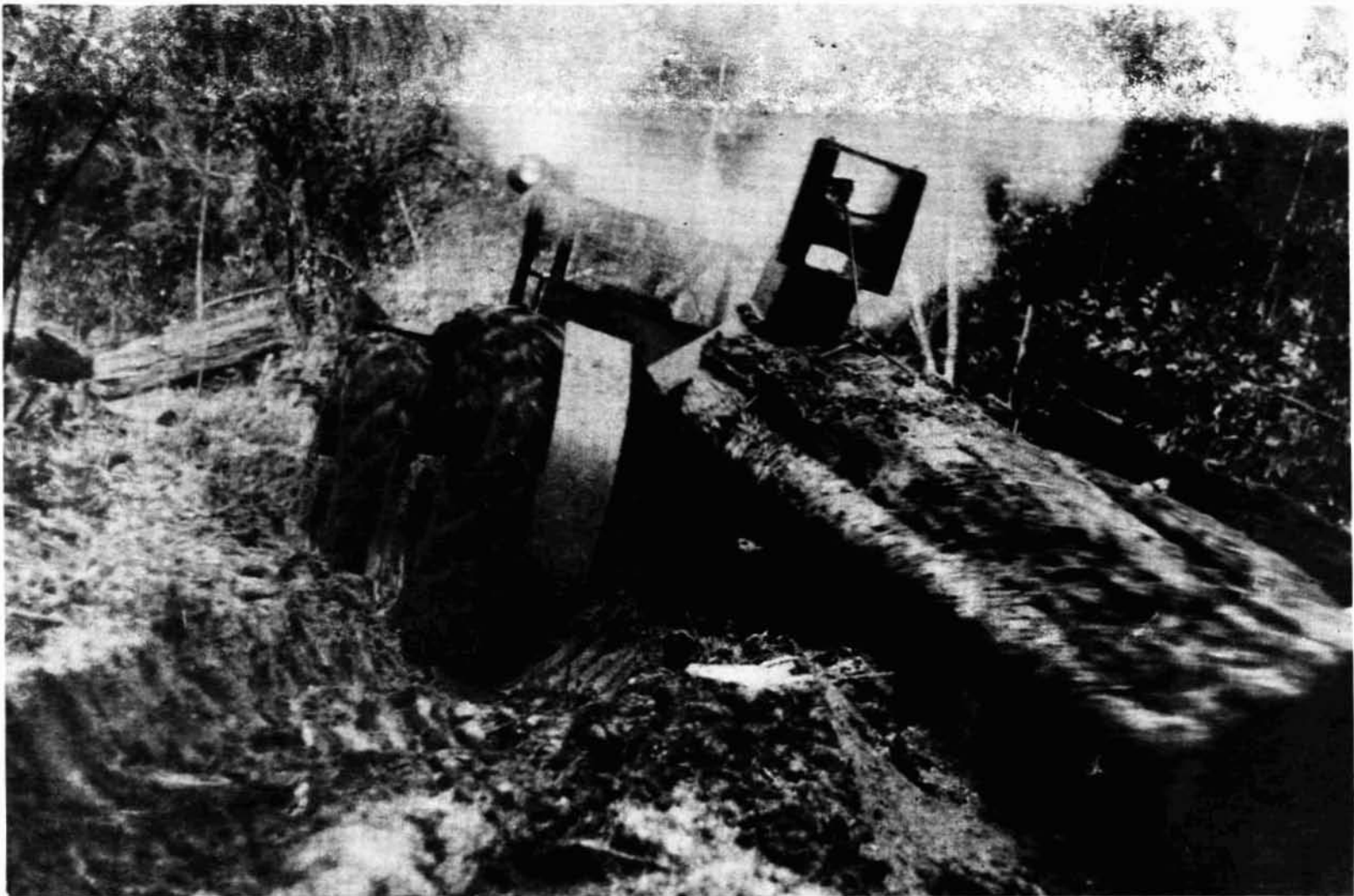
COSTO MANO DE OBRA

Tractorista	$= \frac{E^{\circ} 18.000 + 0,4165 E^{\circ} 18.000}{1.540}$	16.56
-------------	--	-------

Estrobero	$= \frac{E^{\circ} 10.800 + 0,4165 E^{\circ} 10.800}{1.540}$	9.93
-----------	--	---

Total costo mano de obra	E°/h	26,49
---------------------------------	-------------	--

TOTAL COSTO HORARIO	E°	116,55
----------------------------	-----------	---



APENDICE III



CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRACTOR FORESTAL ARTICULADO USADO EN LAS EXPERIENCIAS

TRACTOR

Longitud con pala	5,25 m
Altura	2,43 m
Ancho	2,45 m
Luz del eje	0,69 m
Luz del diferencial	0,56 m
Peso neto	5.750 kg
Distribución del peso	eje anterior 64% eje posterior 36%
Flotación	0,30 kg/cm ²
Radio de giro	5,55 m
Angulo de articulación	42°
Velocidad de trabajo a máximo RPM	alta 5,12 – 32,3 km/h baja 2,61 – 16,4 km/h

MOTOR

Marca	G.M. Diesel 3 – 53
Cilindro	2.600 cm ³
Número de cilindros	3
Potencia máxima	97 HP
Torque máximo	27,8 m/kg
Máximas R.P.M. cargado	2.600

COMBUSTIBLE

Tipo	petróleo
Capacidad estanque	90 l
Consumo observado	7,6 – 8,2 l/h

SISTEMA HIDRAULICO

Flujo	67,5 l/min
Presión bomba	123 kg/cm² a 1.800 RPM
Presión en el huinche	32 kg/cm²

HUINCHE

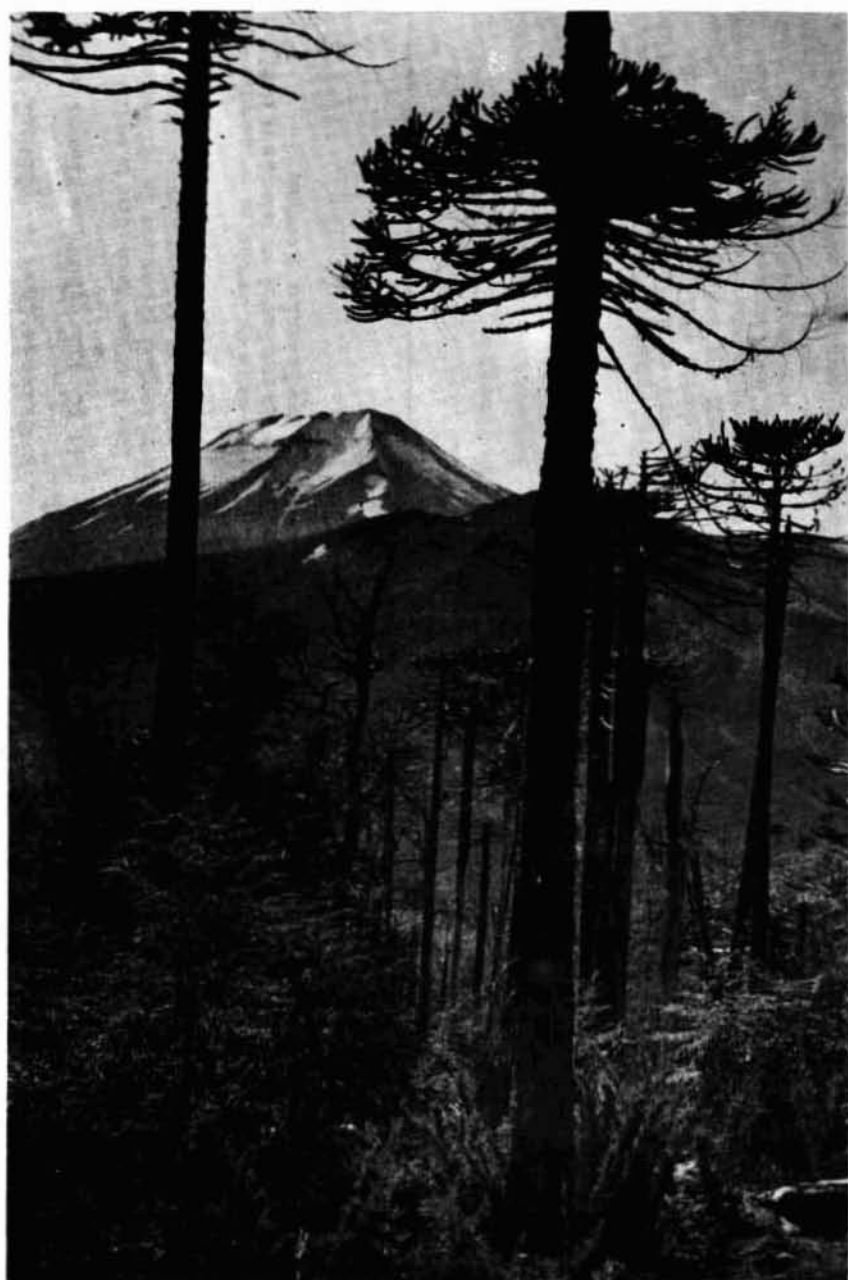
Marca	Hércules de 4 velocidades
	Desembobinado libre
Fuerza de tiro	8.200 kg
Velocidad enrollado	1,5 m/seg
Capacidad	76 m cable 16 mm
	53 m cable 19 mm

NEUMATICOS

Dimensión	18,4 x 34,10 telas
Presión	Delanteros 18 lb
	Traseros 22 lb

PALA FRONTAL

Levante máximo	3.400 kg
Recorrido	1,27 m



Impreso en los talleres del Instituto Forestal (1.000 ej.)
Diagramación y montaje Enrique Rojas Lobos
Composición de texto Mónica Bravari M.
Santiago, Chile, 1972

FRISK S., Torsten

Madereo mecanizado con tractor forestal articulado.
Por ... y Guillermo Guell E. Santiago, Instituto Forestal,
1971.

41 p. illus. (Informe Técnico 40).

Con el objeto de analizar la factibilidad de operación del tractor forestal articulado en diferentes condiciones de bosque y terreno, se efectuaron cinco faenas experimentales de madereo mecanizado, tres en la zona pinera y dos en bosque nativo.

Los datos de terreno, se procesaron estadísticamente, analizando sus resultados en relación al tiempo total del ciclo de madereo, rendimientos y costos.

FRISK S., Torsten

Madereo mecanizado con tractor forestal articulado.
Por ... y Guillermo Guell E. Santiago, Instituto Forestal,
1971.

41 p. illus. (Informe Técnico 40).

Con el objeto de analizar la factibilidad de operación del tractor forestal articulado en diferentes condiciones de bosque y terreno, se efectuaron cinco faenas experimentales de madereo mecanizado, tres en la zona pinera y dos en bosque nativo.

Los datos de terreno, se procesaron estadísticamente, analizando sus resultados en relación al tiempo total del ciclo de madereo, rendimientos y costos.

FRISK S., Torsten

Experimental skidding with rubber-tired log skidder.
By ... and Guillermo Guell E. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1971.

41 p. illus. (Technical Report 40).

The operation feasibility of the rubber-tired log skidder as well as its loading capacity and speed even in some areas during winter conditions in Chile, were demonstrated through five experimental skidding operations, three in the pine region and two in the native forest.

Field data is processed statistically and analyzed according to the time per skidding cycle, yields and costs.

Yield results demonstrated the advantages to incorporate the whole tree system in the logging operations.

FRISK S., Torsten

Experimental skidding with rubber-tired log skidder.
By ... and Guillermo Guell E. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1971.

41 p. illus. (Technical Report 40).

The operation feasibility of the rubber-tired log skidder as well as its loading capacity and speed even in some areas during winter conditions in Chile, were demonstrated through five experimental skidding operations, three in the pine region and two in the native forest.

Field data is processed statistically and analyzed according to the time per skidding cycle, yields and costs.

Yield results demonstrated the advantages to incorporate the whole tree system in the logging operations.