

ANALISIS DE COSTOS DE ARRASTRE EN BOSQUE HOMOGENEO
NATURAL DE COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Armando Clavijo Bobadilla



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Marzo, 1972

ANALISIS DE COSTOS DE ARRASTRE EN BOSQUE HOMOGENEO
NATURAL DE COSTA RICA

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas de la OEA

APROBADA: Thomas M. McKenzie Consejero
Thomas Mckenzie, M.F.

Gilberto Páez Comité
Gilberto Páez, Ph.D.

Richard Ogle Comité
Richard Ogle, Ph.D.

Waldemar Albertin Comité
Waldemar Albertin, Ph.D.

Marzo, 1972

A mi esposa
e
hijos

A mis padres
y
hermanas

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento:

Al Ing. Thomas McKenzie, Consejero Principal, por su constante ayuda y orientación durante la realización del presente trabajo.

A los miembros del Comité Consejero, Drs: Gilberto Pérez, Waltear Albertin y Richard Ogle, por el interés demostrado y las sugerencias recibidas.

Al Gobierno de Holanda por haber auspiciado sus estudios de postgrado.

A la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" por haberle concedido licencia en comisión para la realización de los estudios.

Al compañero de promoción Ing. Victor Quiroga por su colaboración en los análisis estadísticos y en la programación del modelo. De igual manera a todos los empleados de la Unidad de Estadística y Computación del IICA-CTEI.

Al Sr. Salvador Hasbun, propietario de la empresa Limón Lumber Company, lo mismo que al Sr. Luis Dixon, maderero de la región donde se llevó a cabo el estudio, por sus informaciones y facilidades prestadas para llevar a cabo el trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Bogotá, Colombia, el 11 de abril de 1939.

Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Mayor de San Bartolomé, Bogotá.

Cursó estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Bogotá, egresando en el año de 1963. Obtuvo el título de Ingeniero Forestal en el año de 1965.

Desde 1964 ha trabajado como docente en la cátedra de Aprovechamiento Forestal en la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital, y ha desempeñado también el cargo de Jefe de la División de Proyectos Especiales en el Instituto de Investigaciones y Proyectos Forestales y Madereros de la Universidad Distrital. Además, ha sido Secretario de la Facultad de Ingeniería Forestal y Director del Departamento de Estudios Básicos de la misma Universidad.

En septiembre de 1970 ingresó al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en el Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en abril de 1972.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1. Localización de la zona de estudio	8
3.1.1. Clima	8
3.1.2. Suelos	10
3.1.3. Aspecto forestal	10
3.2. Tipo de tractores	12
3.3. Características de la fauna de arrastre ...	13
3.4. Diseño del estudio	14
3.5. Procedimiento utilizado para la obtención de la información	15
3.5.1. Características de los compartimentos de explotación	15
3.5.2. Fidedad de las observaciones	16
3.5.3. Aspectos económicos	20
3.5.3.1. Costo de funcionamiento de los tractores	20
3.5.3.2. Costo de apertura de trochas	21
3.6. Modelo usado	21
3.7. Análisis estadísticos	23
3.7.1. Ajuste de las horas por ciclo	23
3.7.2. Ajuste de los metros cúbicos arrastrados por ciclo	23
3.7.3. Análisis de estabilidad de la carga	24
4. RESULTADOS	25
4.1. Observaciones en el campo	25
4.2. Análisis de los insumos al modelo	26
4.2.1. Densidad de las masas boscosas	26
4.2.2. Tiempo del arrastre en horas por ciclo ..	27
4.2.2.1. Predicción de horas por ciclo	29

	<u>Página</u>
4.2.3. Tiempo de retrasos	34
4.2.4. Cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo	34
4.2.4.1. Predicciones de los metros cúbicos arrastrados por ciclo	35
4.2.5. Costo de funcionamiento de los tractores..	38
4.2.6. Costo de vías por hectárea	38
4.3. Análisis de estabilidad de la carga	40
4.4. Costos del arrastre maderero	41
5. DISCUSION Y CONCLUSIONES	45
6. RESUMEN	55
6a. SUMMARY	60
LITERATURA CITADA	64
APENDICES	66
Apéndice 1. Formulario para control del tiempo y productos en el bosque	67
Apéndice 2. Detalle del cálculo de costo de funcionamiento de los tractores .	69
Apéndice 3. Programa para calcular costos en el arrastre maderero	72
Apéndice 4. Costos estimados del arrastre, con tractor Caterpillar D-4D	73
Apéndice 5. Costos estimados del arrastre, con tractor Caterpillar D-7 3T ..	74
Apéndice 6. Costos estimados del arrastre, con tractor Allis-Chalmers HD-6B.	75

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº		<u>Página</u>
1	Mediciones estimadas de los bosques, en los diferentes sitios de trabajo.	26
2	Constantes de regresión para estimar las horas por ciclo	28
3	Constantes de regresión para estimar los metros cúbicos arrastrados por ciclo	35
4	Cantidad de metros cúbicos arrastra- dos por ciclo, según tipo de trac- tor y la categoría diamétrica de las trozas	36
5	Costo de funcionamiento de los trac- tores, expresados en colones por ho- ra	39
6	ANDEVA de los metros cúbicos arras- trados por ciclo	40

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Mapa de localización de los sitios de estudio	9
2	Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia de arrastre. Fango en (%) y carga (m ³) constantes a tres niveles. Tractor Caterpillar D-4D	30
3	Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia de arrastre. Fango en (%) y carga (m ³) constantes a tres niveles. Tractor Caterpillar D-7 3T	31
4	Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia de arrastre. Fango en (%) y carga (m ³) constantes a tres niveles. Tractor Allis-Chalmers HD-6B	32
5	Predicción de la cantidad de m ³ arrastrados por ciclo de los tres tipos de tractores, según la categoría diamétrica de las trozas	37

1. INTRODUCCION

En la América latina, las explotaciones de madera se concentran en su mayor parte en las zonas húmedas tropicales, donde se encuentran bosques naturales que han sido considerados como homogéneos debido a que la mezcla de especies por unidad de superficie es reducida. Sin embargo, la explotación del bosque húmedo tropical no es tarea fácil, ya que una gran cantidad de factores tales como excesivas lluvias, suelos fangosos, terrenos inaccesibles y bosques alejados de las vías de comunicación y el escaso número de especies comerciales hacen el trabajo más pesado, limitando los rendimientos y aumentando los costos de explotación.

En la zona Atlántica norte de Costa Rica, se llevan a cabo explotaciones intensivas de cativo (Brosia copaifera). Esta especie es una de las que mayores volúmenes da por hectárea, ya que donde existe cativo el número de las otras especies comerciales es muy reducido debido a las condiciones edáficas especiales. La madera de cativo es utilizada para la producción de madera contrachapeada, siendo transportada en gran volumen desde Puerto Limón a las fábricas de contrachapeado en San José, por vía férrea. En Puerto Limón existe una fábrica de chapas que procesa un volumen relativamente pequeño.

La naturaleza de estos bosques homogéneos, lo mismo que el aprovechamiento de sus productos, implica una explotación masiva por medio de maquinaria. En el presente se ha incrementado el uso de los tractores y para llevar a cabo la evaluación de la administración racional de los bosques homogéneos naturales se tiene que estudiar la explotación forestal por medio de estas máquinas. La mecanización en varios países permite tener los productos a un costo tan económico que cubre incluso los gastos de transporte y aduna hasta otros países (10).

Sin embargo, determinar si en una explotación debe utilizarse uno u otro equipo para el arrastre de trozas no es un problema que puede decidirse fácilmente con gran certeza. Una manera lógica de hacerlo es estudiar los rendimientos de los diferentes equipos en las mismas condiciones de trabajo y compararlos después con los costos unitarios de la explotación.

Muy pocos estudios se han hecho en este respecto en los trópicos; generalmente, la disponibilidad de equipo y la experiencia previa del maderero determinan el sistema de arrastre que ha de utilizarse en un determinado caso. Frecuentemente no disponen de información concreta sobre la influencia de varios factores que inciden en los costos del arrastre, ni suficientes detalles sobre la forma como podrían mejorar la organización de la faena de arrastre para obtener costos más beneficiosos.

Con base en lo anterior este trabajo se ha encaminado a analizar los factores que inciden en los costos del arrastre en la explotación con tractores, en un bosque homogéneo natural de cativo (Prioria copaifera) de Costa Rica, con el fin de brindar a los madereros de la región alguna colaboración que les ayude a tomar sus decisiones y a mejorar el planeamiento de las explotaciones.

En consecuencia, el objetivo específico de este estudio es el siguiente:

Estimar los costos comparativos del arrastre maderero con tractores de orugas, en un bosque homogéneo natural, con respecto a los factores de distancia, tamaño de las trozas y otros factores físicos que inciden en los costos del arrastre en un bosque húmedo tropical.

2. REVISION DE LITERATURA

Los tractores de orugas fueron introducidos en la silvicultura tropical alrededor de 1930. Muy pronto se reconoció que prestaban buenos servicios para el desembosque de grandes trozas obtenidas en las cortas selectivas de los bosques tropicales, que exigían una enorme fuerza y buena movilidad (2).

Cermak y Lloyd (2), indican varios problemas en la economía del uso del tractor de orugas, anotando diversos factores como porcentaje de depreciación y costo de funcionamiento excesivo, volumen de madera en pie insuficiente y demasiado disperso, mayores distancias de arrastre, precios elevados para las piezas de recambio, escasos talleres de mantenimiento y de madereros experimentados, la explotación forestal con tractores de orugas no dan en todos los casos ni en todos los lugares los mismos resultados financieros favorables cuando se utilizan en los trópicos.

Buckle (1), anota que la clave de las operaciones extractivas es el funcionamiento ordenado y económico del arrastre, y que una consecuencia importante del incremento de la mecanización es la forma en que se han acelerado la totalidad de las operaciones de extracción de la madera, logrando con éllo considerables economías. Sin embargo para lograr resultados óptimos, es necesario que los suelos y los vehículos armonicen minuciosamente. Por ejemplo en los suelos con cohesión, como las arcillas plásticas es donde los tractores de orugas encuentran

su mejor aplicación, debido a que generan un elevado empuje y generalmente tienen buena capacidad de carga (16).

Es considerado que la mecanización en las explotaciones forestales da resultados favorables y debido a que se presenta una fuerte corriente migratoria del campo a la ciudad que hace escasa la mano de obra, encareciéndola en forma considerable, se justifica más su uso. Además por la rapidez de las operaciones de extracción de la madera con mecanización, queda poco tiempo para que la madera pueda deteriorarse o sufrir daños por el ataque de hongos o insectos (1,10).

Respecto a la estimación de costos en el arrastre maderero, generalmente se hace calculando la producción promedio por hora para relacionarla con el costo de funcionamiento por hora de la máquina. De esta manera, Ghanekar (8), por ejemplo, presenta la estimación de costos del arrastre efectuado con un tractor Massey Ferguson de 35 HP. a una distancia promedio de 1.000 metros, en Gondia, India.

Otra manera más usual y donde se puede observar las variaciones del costo respecto a la distancia del arrastre, es tal como los presentan, por ejemplo Esteve (5,6) y Negillo (11) y consiste en estimar la producción horaria en función de distancias variables, y luego relacionarlas con los costos de funcionamiento de la máquina para presentar los costos unitarios en función de la distancia del arrastre.

Ultimamente con el fin de disponer de más alternativas para la escogencia del equipo y para la planeación de la faena de arrastre, se han elaborado algunos estudios involucrando una gran cantidad de factores que inciden en los costos. Desafortunadamente no se logró conseguir literatura sobre un estudio semejante realizado en los trópicos.

Schillings (14) con datos recogidos en Gallatin, Helena y Beaverhead National Forests de los Estados Unidos, y considerando variables de distancia, tipo de terreno, pendiente, tamaño de los troncos, número de troncos por turno y eficiencia del operador, elaboró un estudio de comparación de costos con tres tipos de tractores de diferente potencia, para determinar en qué condiciones son más económicos cuando trabajan con un sólo hombre y con dos hombres.

Schillings (15) aplicando un modelo matemático logra establecer los costos de arrastre para diferentes equipos de extracción usados en Bozeman, Montana. El presentó nueve cuadros basados en una función de cuatro variables: densidad del área, distancia del arrastre, pendiente del terreno y número de troncos por millar de pies tablares.

El modelo matemático de Schillings (15), incluye los costos de extracción y los costos de construcción de vías de arrastre, en dólares por acre. Relacionando estos costos con la densidad de masa estimada en millar de pies tablar por acre, logra determinar los costos del arrastre en dólares por millar de pies tablar.

Woodland (18) presenta un modelo de computación en Fortran que puede ser usado con datos definidos de insumos de mano de obra y equipo para analizar los aspectos económicos en un sistema particular de explotación. El modelo calcula el efecto de cambio en ciertas clases de variables sobre algún criterio de costo final y usa la teoría de la probabilidad para determinar un promedio ponderado esperado de retorno sobre la inversión.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización de la zona de estudio

El presente estudio se llevó a cabo, en la zona atlántica, cercanías de Puerto Limón, Costa Rica. Los sitios de muestreo fueron Parismina y la parte baja del río Madre de Dios. El primer sitio dista a unos 40 kms. al norte de Puerto Limón y el segundo a unos 30 kms. en dirección noreste (ver Figura 1).

Las explotaciones donde se realizó el estudio están localizadas en aquéllas áreas donde existe facilidades para el transporte de los productos por medio de pequeños caños, canales y ríos que se unen al gran canal artificial de 18 m. de ancho. Este canal conecta la desembocadura del río Moín, cerca del mercado para trozas, con los ríos Matina, Madre de Dios, Pacuare, Parismina y Sirpe hasta llegar actualmente a las lagunas de Tortuguero. El proyecto de este canal es hasta la desembocadura del río Colorado, conectando así todas las vías fluviales de la Costa Atlántica norte de Costa Rica desde Limón hasta Nicaragua en un sólo sistema de transporte.

3.1.1 Clima

De acuerdo con los registros y observaciones de la estación meteorológica de Puerto Limón localizada a $83^{\circ} 03'$ de longitud oeste y a $10^{\circ} 00'$ de latitud norte y a una altura

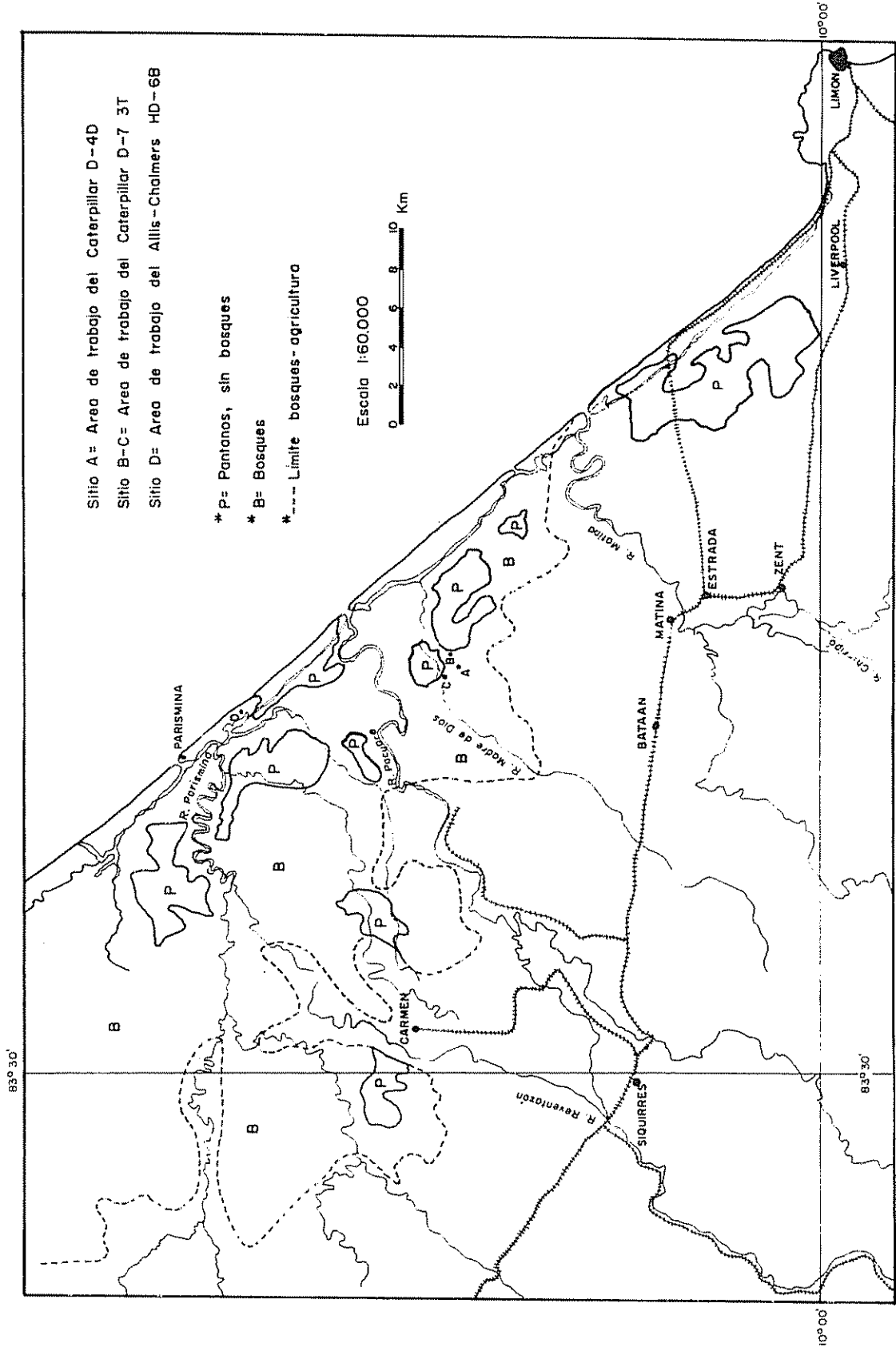


Fig. 1— Mapa de localización de los sitios de estudio.

* Según McKenzie, T. in Forest resource development in the atlantica area of C.R. Washington 1964, mimeografiado

de 3 m.s.n.m. El clima de la zona tiene las siguientes características: temperatura media anual 25,8°C, con una mínima promedio de 21,8°C y máxima de 29,9°C; la precipitación promedio anual es de 3.272 mm. En general llueve todo el año, aunque existen dos períodos cortos de menor precipitación, el primero se inicia en la segunda mitad del mes de febrero hasta los primeros días de abril; y el segundo se presenta en el mes de septiembre (3,4,13).

Las condiciones climáticas indicadas corresponden a la formación bosque húmedo tropical, de acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (9).

3.1.2 Suelos

De acuerdo a Nuhn (13), en general los suelos de la Costa Atlántica localizados entre los ríos Parismina y Latina son suelos aluviales con mal drenaje. Formados a partir de los depósitos de sedimentos de los ríos de la región en aguas tranquilas (antiguas lagunas y marismas). Son suelos de textura moderadamente pesadas tales como francas, franca limosas, franco arcillosas; y con una topografía plana a ligeramente ondulada.

3.1.3 Aspecto forestal

Hasta hace unos cuantos años, en esta zona, se hacían explotaciones en forma selectiva, principalmente de cedro amargo (Cedrela spp.), laurel (Cordia alliodora), cedro macho (Carapa spp.), fruta dorada (Virola spp.). En la actualidad,

debido a un mercado más amplio y a una gran disminución de las existencias de las especies anteriores, la explotación abarca un mayor número de especies, aunque este grado de explotación también está en relación con los costos de extracción de la ma d e r a, así mientras más cerca esté a los centros de población mayor es el número de especies explotadas (13).

En las áreas próximas a la Costa y al borde de los ríos se ha realizado y se realiza una explotación intensiva de cativo (Prioria copaifera); esta especie es una de las que mayores volúmenes da por hectárea ya que donde existe el cativo el número de otras especies comerciales es muy reducido debido a las condiciones edáficas especiales y también a que las otras especies de valor comercial ya han sido aprovechadas.⁺ En la Figura 1, se ve que la extensión del bosque actual es interrumpida con grandes áreas de pantano, sin ningún bosque.

Muhn, indica que excluyendo áreas próximas a los centros de población donde éstas están constituidas por bosques de segundo crecimiento, con un porcentaje muy bajo de madera comercial, el resto de las áreas boscosas presentan un buen potencial forestal y estima que el volumen de madera comercial de un bosque no perturbado es de aproximadamente $70 \text{ m}^3/\text{ha.}$; anota, además, haber encontrado un bosque explotado con un 30% con $50 \text{ m}^3/\text{ha.}$ y que las especies maderables varían de acuerdo con las diferentes asociaciones.

+ Comunicación personal de los madereros de la región.

3.2 Tipo de tractores

Los datos para el presente estudio se tomaron sobre factores de marca Caterpillar y Allis-Chalmers, estas marcas fueron las encontradas en la zona en la época del estudio. Las siguientes son las características de los tractores de oruga con transmisión mecánica.

Tractor Caterpillar D-4D de 65 HP., ancho de la zapata 20" con $2\frac{1}{2}$ " de pestaña. Malacate con cable de acero de $\frac{7}{8}$ " de diámetro y 40 m. de largo. Cuchilla de 92" de largo y $1\frac{1}{8}$ " de grueso. Peso aproximado del tractor con cuchilla 7.500 kg. Horas trabajadas en la época del estudio 3.313.

Tractor Caterpillar D-7 3T de 90 H.P., ancho de la zapata 22" con $2\frac{1}{2}$ " de pestaña. Malacate con cable de alma de acero de $\frac{7}{8}$ " de diámetro y 50 m. de largo. Cuchilla de 135" de largo y $1\frac{1}{8}$ " de grueso. Peso aproximado del tractor con cuchilla 14.500 kg. Este tractor por ser un modelo antiguo, aproximadamente 20 años de uso es difícil saber con exactitud las horas trabajadas, pero se calcula que lleva trabajando cerca de 28.000 horas.

Tractor Allis-Chalmers HD-6B de 69 HP., ancho de la zapata 20" con $2\frac{1}{2}$ " de pestaña. Malacate con cable de alma de acero de $\frac{7}{8}$ " de diámetro y 45 m. de largo. Peso aproximado del tractor sin cuchilla 5.715 kg. Horas trabajadas en la época del estudio 376.

La diferencia significativa entre tipos de tractores puede ser la fuerza motriz, el peso, tamaño de las orugas. Sin embargo se espera determinar cuál factor es más importante en el arrastre de los bosques tropicales por subsiguiente análisis de las características detalladas arriba.

3.3 Características de la faena de arrastre

Las faenas de arrastre en las dos zonas estudiadas eran diferentes, así tenemos que en Parismina sitio de operación del Allis-Chalmers se efectúa la operación de troceo dentro del bosque, evitándose así un arrastre de madera inútil. Las longitudes de las trozas en este sitio fueron entre 5,60 a 13,20 m. buscando en el trabajo siempre obtener múltiplos de nueve pies (2,74 m.), que es la medida comercial aceptada por las fábricas de chapas.

En la zona del río Madre de Dios, sitio de operación de los tractores Caterpillar D-4 y D-7 sólo se limitaban a trocear el árbol donde calculaban un diámetro mínimo de 16" (40 cm.) medida mínima que aceptan las fábricas. De esta manera troceaban el fuste en el bosque sin tener en cuenta que arrastraban mucha carga inútil hasta el patio de trozas, donde se hacía el troceo a las medidas comerciales. Las longitudes de los fustes arrastrados en la zona del río Madre de Dios variaban con los árboles encontrados en el bosque entre 5,70 a 19,50 m.

3.4 Diseño del estudio

El estudio comprende un modelo matemático que relaciona las actividades del arrastre maderero, los preparativos necesarios para iniciar el arrastre y la masa forestal en la cual se va a trabajar, para estimar los costos de la faena de arrastre en varias condiciones típicas de trabajo en los bosques tropicales.

Con el fin de obtener la información adecuada, se planeó tomar los datos de campo con base a un diseño que permitía observar a los tractores trabajando en sitios de masa boscosa diferentes y en varias condiciones de terreno; y facilitaba obtener los tiempos de las operaciones y productos del bosque durante el trabajo. Este diseño se inicia con la confección de un formulario de observaciones estandarizado para reunir la información de los tres tipos de tractores que trabajaban en condiciones similares y de esta manera obtener un amplio rango de datos respecto a la productividad posible de los tractores.

Los datos obtenidos se analizarán estadísticamente para estimar su confiabilidad e incluirlos en el modelo. El modelo se procesará en una computadora IBM-1130 para obtener los resultados del costo del arrastre, en colones por metro cúbico, en unos cuadros que permitan la comparación económica entre tractores. Estos cuadros se presentarán en función de una serie de variables que puedan ser estimadas normalmente por los madereros, para que sean funcionales y de fácil aplicación.

3.5 Procedimiento utilizado para la obtención de la información

Antes de diseñar el formulario para la recolección de información fué necesario hacer una visita previa a las áreas de la explotación para observar la modalidad del trabajo en esta fase del aprovechamiento maderero. Con base en esto se elaboró un formulario que incorporaba los tiempos de la faena y los rendimientos físicos del trabajo.

El formulario que aparece en el Apéndice 1. fué el que se utilizó en el estudio e incluye además de la distancia, el porcentaje de fango, la carga (m^3), un desglose de tiempos de las operaciones usuales en la faena de arrastre, con el fin de estimar los tiempos productivos y los no productivos.

3.5.1 Características de los compartimentos de explotación

Las áreas de explotación donde se realizó el estudio eran asociaciones de cativo donde predominaba esta especie en un ciento por ciento. Para estimar el área de trabajo de los tractores, en cada uno de los sitios, se midió el largo de la trocha principal, por pasos del observador calibrados en metros; lo mismo que el ancho promedio de la faja de explotación.

Con el fin de calcular el volumen de madera en pie, en cada sitio, se efectuó un muestreo a lo largo de la trocha principal, de cuatro parcelas cada una de $1/4$ de hectárea. A los árboles comerciales de cada parcela se les midió el diámetro a la altura del pecho y la altura comercial, teniendo en cuenta el vo -

lumen de madera en metros cúbicos fué necesario hacer una conversión de la tabla internacional para pies tablar (para arrín de 1/4" y clase de forma 81) a metros cúbicos. Se usó la clase de forma 81, como un promedio hallado de 31 árboles observados aplicando la fórmula de Girard (12).

3.5.2 Modalidad de las observaciones

Las observaciones correspondientes a cada ciclo se anotaron, en el formulario del apéndice 1, de acuerdo a la siguiente definición de criterios que se tuvieron en cuenta para tomar los datos:

Distancia: Es la distancia en metros de ida y regreso desde el pie del árbol hasta el patio de trozas. Se estimó por medio de pasos estandarizados del observador y convertidos a metros.

Porcentaje de fango: Es el porcentaje de los metros de fango presentes en la trocha de arrastre en relación a la distancia total del arrastre observador.

Carga: Se refiere a la cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo. Se estimó en función del diámetro medio, dentro de corteza y de la longitud de las trozas, usando las tablas de volúmenes de Tillmanns (17).

Con el fin de estimar los tiempos productivos se cronometraron en minutos todas aquellas operaciones que se consideraron necesarias para una faena de arrastre normal. El desglose de

los tiempos productivos de acuerdo a las operaciones efectuadas en la fauna de arrastre y anotadas en el formulario es la siguiente:

Tiempo de trayecto vacío: Es el tiempo que gasta el tractor cuando va sin carga desde el patio de trozas hasta el pie del árbol.

Tiempo de limpiar acceso: Es el tiempo que emplea el tractor, limpiando la trocha de acceso desde la trocha principal hasta el pie del árbol.

Tiempo terraplenar pie de árbol: Es el tiempo empleado para preparar el enganche, básicamente es hacer un hueco entre el tronco y el suelo por donde ha de pasar el cable.

Tiempo de enganche: El tiempo empleado en amarrar las trozas al cable del malcate.

Tiempo de desembosque: Es el tiempo gastado por el tractor en sacar la troza desde el pie del árbol hasta la trocha principal.

Tiempo de trayecto cargado: Es el tiempo gastado por el tractor desde el sitio donde termina el desembosque o desde el pie del árbol, según el caso, hasta el patio de trozas.

Tiempo de desenganche: El tiempo gastado en soltar la troza del cable y lo que dura en envolver el cable al malcate.

Tiempo de colocar trozas patio: Es el tiempo empleado por el tractor en acomodar las trozas en el patio una vez están sueltas.

Tiempo de arreglo patio: Tiempo gastado por el tractor en hacer algunos arreglos al patio para una mayor facilidad de operación.

Tiempo de apertura de vías: En ocasiones tiene el tractor que abrir la trocha de desambosque desde la vía principal hasta el pie de árbol y/o hacer algunos pequeños arreglos a ésta.

Otros tiempos productivos: Se refiere a algunas operaciones que suelen presentarse durante el ciclo, por ejemplo, cambio de agua del radiador y limpieza del ventilador.

Es evidente que no en todos los ciclos se presentan estos rubros, pero si fueron observados con alguna frecuencia cuando se tomaron los datos para el presente estudio.

La suma de todos los tiempos productivos reducidos a horas y décimas de horas ha sido llamada horas/ciclo.

Con el fin de estimar los tiempos perdidos o de retraso se cronometraron todas aquéllas operaciones que se catalogaron como necesarias para una fauna de arreo normal. El desglose de los tiempos de retraso incluidos en el formulario se define a continuación:

Tiempo para iniciar: Se refiere al tiempo que transcurre desde que el operador llega al lugar del trabajo hasta que comienza la primera operación.

Tiempo de ajuste de máquina: Es el tiempo que se emplea en hacer alguna reparación a la máquina durante la faena, por falta de mantenimiento. Por ejemplo ajustar zapatas.

Tiempo debido al personal: Es el tiempo de retraso imputable al tractorista y/o al ayudante para efectuar alguna operación innecesaria que para la máquina.

Tiempo de desplazamiento de lugar: Se refiere al tiempo que pierde el tractor desplazándose de un lugar a otro en busca de la troza que ha de arrastrar.

Tiempo debido a cuadrilla de volteo: Es el tiempo de retraso imputable a la cuadrilla de volteo, generalmente, por no tener las trozas listas.

Los tiempos de retraso se presentan como un porcentaje del tiempo total observado, en una jornada de trabajo, y luego promediados por el número de jornadas realizadas, para finalmente presentarlos estandarizados para los tres tipos de tractores.

3.5.3 Aspectos Económicos

3.5.3.1 Coste de funcionamiento de los tractores

Para conocer el coste de funcionamiento por hora de los tractores se tomaron en cuenta los siguientes rubros, basados en informaciones de los madereros y de los representantes de la maquinaria.

Depreciación: Se estimó una depreciación lineal sin valor residual, al final de un período de 28.000 horas de trabajo, con base al precio de compra del equipo nuevo y se agregó el coste de tres renovaciones.

Obligaciones al Banco: Se asumió que la compra del tractor nuevo siempre es financiada por un Banco con un interés del diez por ciento anual y a un plazo de tres años. El pago inicial es del 30% del valor, y los saldos con intereses se pagan regularmente durante los tres años de plazo.

Salarios: Se refiere al salario promedio del operador y del ayudante, en la zona de estudio.

Repuestos y reparaciones: Se estimó de acuerdo al valor actual de éstas con base en los registros de los madereros. Los repuestos son, generalmente, orugas, rodillos, motor y cable.

Combustible y lubricantes: El coste de combustible, grasa y aceite se estimó de acuerdo al precio de éstos y a su consumo calculado por hora. También se estimó el coste de los filtros.

3.5.3.2 Costo de apertura de trochas

El costo de apertura de la trocha principal fué calculado de acuerdo al promedio estimado de metros de trocha que se hacen por hectárea y del costo previsto por los madereros para este tipo de trabajo. Estos trabajos corresponden a hacer un piquete de trocha de aproximadamente 2,5 m. de ancho por donde luego ha de transitar el tractor.

3.6 Modelo usado

Para estimar los costos por metro cúbico, objetivo principal de este estudio, se siguieron los lineamientos del modelo presentado por Schillings (15) con algunas modificaciones que se hicieron necesarias debido a las características del trabajo y naturaleza de los bosques tropicales.

Las modificaciones básicas son dos: La primera se refiere a estimar la carga por ciclo, en m^3 , en función de la categoría diamétrica de las trozas, en lugar del número de trozas por ciclo en función del número de trozas por millar de pies tablar como propone el autor del modelo citado anteriormente.

La otra modificación es la inclusión del porcentaje de fango para la estimación de horas/ciclo, en lugar de porcentaje de pendiente. Debido a que fué notado en la visita inicial al campo que el área de estudio no presentaban diferencias de pendiente y en cambio se observó que la presencia de fango limitaba las operaciones de arrastre.

El modelo usado es el siguiente:

$$\left(\frac{\frac{m^3}{Ha} \times \frac{\text{horas}}{\text{ciclo}} \times (\text{retrasos})}{\frac{m^3}{\text{ciclo}}} \right) \times \left(\frac{\phi}{\text{hora}} + \frac{\phi}{Ha.} \right) = \frac{\phi}{\frac{m^3}{Ha.}}$$

en donde:

$\frac{m^3}{Ha.}$ = Volumen de madera comercial en pie por hectárea de los compartimentos de explotación.

$\frac{\text{Horas}}{\text{ciclo}}$ = Se refiere al tiempo productivo requerido en horas para completar un ciclo, ida y regreso, desde el patio de trozas hasta el pie del árbol. Están incluidas en el modelo en base a una regresión lineal múltiple que relaciona las horas/ciclo con la distancia del ciclo, la carga y el porcentaje de fango.

$\frac{m^3}{\text{ciclo}}$ = Es la cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo. Fueron estimados por una regresión simple del promedio de metros cúbicos en función de la categoría diamétrica de las trozas observadas.

Porcentaje de retrasos: Se refiere al tiempo improductivo relacionado en porcentaje del tiempo total de observaciones.

$\frac{\phi}{\text{hora}}$ = Costo de funcionamiento del tractor por hora.

$\frac{\phi}{Ha.}$ = Costo estimado de la cantidad de metros promedio de trocha principal hecha por hectárea.

3.7 Análisis estadísticos

3.7.1 Ajuste de las horas por ciclo

Para el ajuste de las horas/ciclo en función de la distancia, porce fango de fango y carga (m^3) se usó la siguiente regresión lineal múltiple:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

en donde:

Y = tiempo del ciclo en horas.

X_1 = distancia del ciclo de arrastre.

X_2 = Porcentaje de fango.

X_3 = metros cúbicos arrastrados por ciclo.

Para ilustrar la estimación del tiempo por ciclo en función de las variables predictivas -distancia, porcentaje de fango y metros cúbicos- se hicieron predicciones para los tres tipos de tractores con base a sus ecuaciones de horas/ciclo, fijando el porcentaje de fango y los metros cúbicos al mínimo y máximo observado, lo mismo que para su promedio mini-max.

3.7.2 Ajuste de los metros cúbicos arrastrados por ciclo

Para ajustar los metros cúbicos arrastrados por ciclo en función de su categoría diamétrica se usó la siguiente regresión lineal simple:

$$Y = b_0 + b_1X_1$$

en donde:

Y = metros cúbicos arrastrados por ciclo.

X_1 = categoría diamétrica de las trozas.

Para ilustrar la estimación de metros cúbicos arrastrados por ciclo en función de la categoría diamétrica de las trozas, se hacen predicciones para los tres tipos de tractores con base a las ecuaciones obtenidas.

3.7.3 Análisis de estabilidad de la carga

Con el fin de estimar la estabilidad de la faena cumplida por los tractores respecto a los metros cúbicos arrastrados, se hizo un análisis de variancia de este rubro, usando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = u + i + E_{ij}$$

en donde:

u = Medición de los metros cúbicos arrastrados por los tractores.

i = Metros cúbicos arrastrados en los ciclos por cada tractor.

E_{ij} = Variabilidad de los metros cúbicos observada en la faena de cada tractor. Esta fue descompuesta para cada uno.

El esquema de partición del análisis de variancia de los metros arrastrados por ciclo se presenta a continuación:

..... FV	Gl.
Tractores	2
Error exp.	89
Variabilidad dentro	
Tractor D-7	40
Variabilidad dentro	
Tractor HD-6B	26
Variabilidad dentro	
Tractor D-4D	23
-----	-----
Total	91

4. RESULTADOS

4.1 Observaciones en el campo

Los datos del estudio se tomaron sobre la segunda mitad de los meses de octubre y noviembre de 1971; y además fué necesario tomar algunos en la segunda mitad del mes de febrero de 1972, para conseguir buena representación de ciclos con diferentes distancias de arrastre y porcentaje de fango.

Durante el período de consecución de la totalidad de los datos las condiciones climáticas de la zona, según la estación meteorológica de Puerto Lión⁺, fueron las siguientes: En octubre: precipitación promedio 224,8 mm.; temperatura promedio 25,5°C; días de lluvia 19. En noviembre: precipitación promedio 205,3 mm.; temperatura promedio 24,5°C; días de lluvia 16.

El número total de ciclos observados para los varios tipos de tractores fueron los siguientes: Para el Caterpillar D-4D, 24 observaciones; para el Caterpillar D-7 3T, 41 observaciones y para el tractor Allis-Chalmers HD-6B, 27 observaciones.

Con este número de observaciones y en las condiciones de lluvia anotada anteriormente se logró ver a los tractores trabajando en varias dificultades del terreno respecto a fango y a diferentes distancias típicas de la zona. El fango en la trocha de arrastre durante la época de observaciones varió entre cero y 32%; y las distancias del ciclo, ida y vuelta, entre 200 y 3600 m.

+ Datos tomados en el Servicio Meteorológico Nacional.

4.2 Análisis de los insumos al modelo

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis de los factores que entran en el modelo propuesto para calcular el costo del arrastre en colinas por metro cúbico.

4.2.1 Densidad de las masas boscosas

De las mediciones efectuadas en los bosques donde se realizó el estudio, y que se presentan resumidas en el Cuadro 1, se logró estimar el promedio de la cantidad de metros cúbicos de madera comercial en pie por hectárea para cada sitio.

Debe anotarse que a excepción del tractor Caterpillar D-7 que fué observado trabajando en dos condiciones de masa boscosa diferente, sitios B y C, cuya ubicación aproximada se ha mostrado en la Figura 1, los demás tractores se observaron sólo en una condición; sitio A, área del trabajo del Caterpillar D-4 y sitio D, área de trabajo del Allis-Chalmers HD-6B.

Cuadro 1. Mediciones estimadas de los bosques, en los diferentes sitios de trabajo

Sitio	Tractor	Superficie (ha.)	No. árboles/ha.	Volumen (m ³ /ha.)
A	D-4	10.5	14	78.6
B	D-7	20	12	62.8
C	D-7	14	8	29.8
D	HD-6B	40	7	60.2

Estos promedios obtenidos de $m^3/ha.$ coinciden aproximadamente con las estimaciones de masa forestal presentadas por Muha (13). La situación es muy variable según se efectúe el aprovechamiento en sitios que no han sido explotados o que en otro tiempo fueron explotados. Entonces, se ve en este estudio que los resultados presenten ambas condiciones de masa para la explotación (A.B.D versus C).

Para la estimación de costos del arrastre, en el presente trabajo y de acuerdo al modelo propuesto, se ha trabajado con base de tres densidades de masa boscosa ($30, 60, 90 m^3/ha.$) con el fin de presentar la comparación de costos entre tractores cuando está trabajando en alguna de estas condiciones.

Los valores de $m^3/ha.$ entran en el programa de cálculo en la siguiente forma: L_1 es igual a 30; L_2 igual a 90 y el intervalo de 30 entra como L_3 . En la fórmula general del programa, expresión 19, los $m^3/ha.$ aparecen como "DEMA".

4.2.2 Tiempo del arrastre en horas por ciclo

Las constantes obtenidas de la ecuación de regresión lineal múltiple para ajustar las horas/ciclo de cada tractor, en función de las variables de distancia, porcentaje de fango y cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Constantes de regresión para estimar las horas por ciclo

Tipo de tractor	b_0	b_1	b_2	b_3	$R^2 \times 100$
Caterpillar D-4D, 65 HP.	.050270	.000263	.009472	.009287	94
Caterpillar D-7 3T 90 HP.	.096050	.000283	.026165	.025186	81
Allis-Chalmers HD-6L 69 HP.	-.169830	.000402	.003539	.059219	94

Como puede observarse en el Cuadro 2, para los tres tractores existe un porcentaje de asociación muy fuerte, $R^2 \times 100$ mayor de 81, de las tres variables determinísticas de las horas por ciclo. De esta manera nos encontramos con una confiabilidad de ajuste muy buena para emplear la ecuación formulada en acondicionamiento de las observaciones actuales a datos necesarios para el modelo del estudio.

La ecuación de regresión múltiple para horas/ciclo aparece en el programa de cálculo, comenzando por "C0" (constante de regresión) y termina con "C3" (cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo).

Se considera que las diferencias significativas entre tractores observados, en este análisis fueron una combinación de caballos de fuerza, peso y velocidad de operación. El factor más importante será discutido en subsiguiente análisis.

4.2.2.1 Predicción de horas por ciclo

En este aparte se presentan en forma gráfica las predicciones de tiempo estimados a partir de las ecuaciones obtenidas de horas/ciclo. Estas predicciones se hicieron en función de distancias variables, permaneciendo constantes el porcentaje de fango y la cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo. Esta fijación de variables es de acuerdo a los máximos y mínimos observados, lo mismo que para el promedio míni-max.

En la Figura 2, se presentan en forma gráfica las predicciones de tiempo (horas/ciclo) del tractor D-4. La recta superior representa la predicción de horas/ciclo con un 32% de porcentaje de fango y una cantidad de $8.51 \text{ m}^3/\text{ciclo}$. Estos valores son constantes y fueron los valores máximos observados en el campo cuando se llevó a cabo el estudio. La recta inferior muestra la predicción de horas/ciclo con los valores mínimos observados: cero por ciento de fango y $1.19 \text{ m}^3/\text{ciclo}$. La recta del centro se estimó con los valores promedios míni-máx. como constantes.

En la Figura 3, se presentan en forma gráfica las predicciones de tiempo (horas/ciclo) del tractor D-7. La recta superior representa la predicción de horas/ciclo con los valores máximos observados en el campo: 12.50 de porcentaje de fango y $7.50 \text{ m}^3/\text{ciclo}$. La línea inferior muestra la tendencia con valores mínimos observados: cero por ciento de fango y $0.80 \text{ m}^3/\text{ciclo}$. La línea central se refiere a los valores estimados con los promedios míni-máx. como constantes.

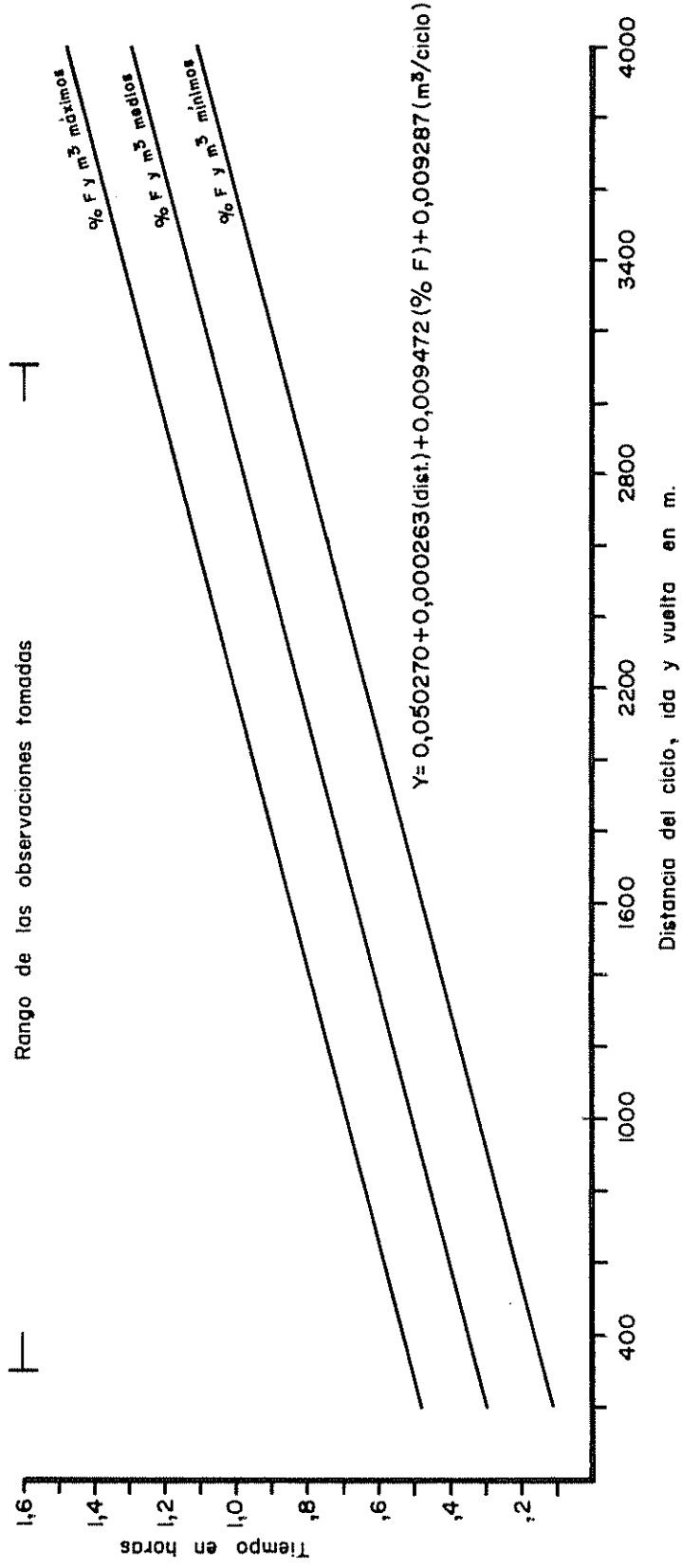


Fig. 2 — Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia del arrastre. Fango en (%³) y carga (m³) constantes a tres niveles. Tractor CATERPILLAR D-4D

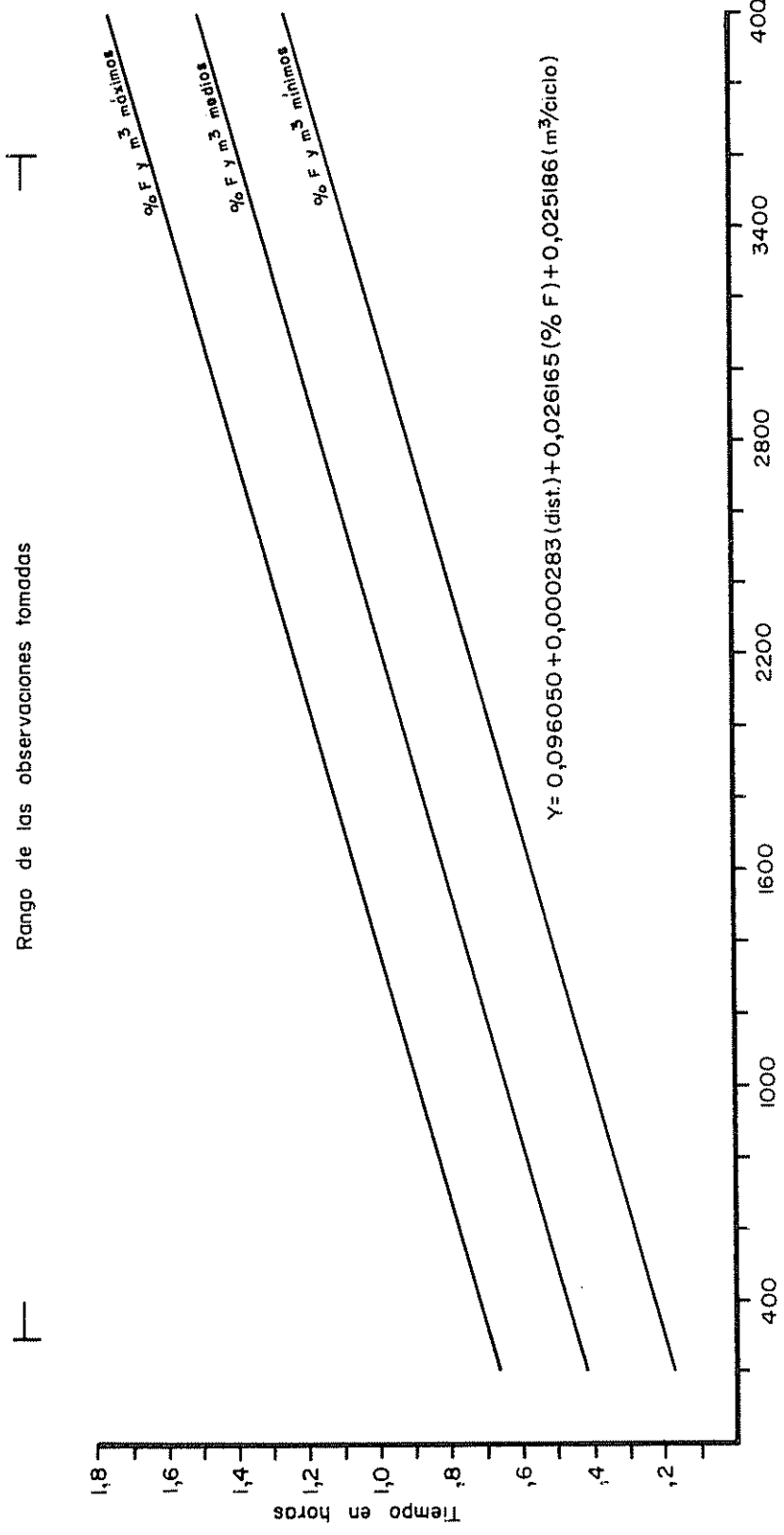


Fig. 3 — Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia del arrastre. Fango en (%) y carga (m³) constantes a tres niveles. Tractor CATERPILLAR D-7 3T

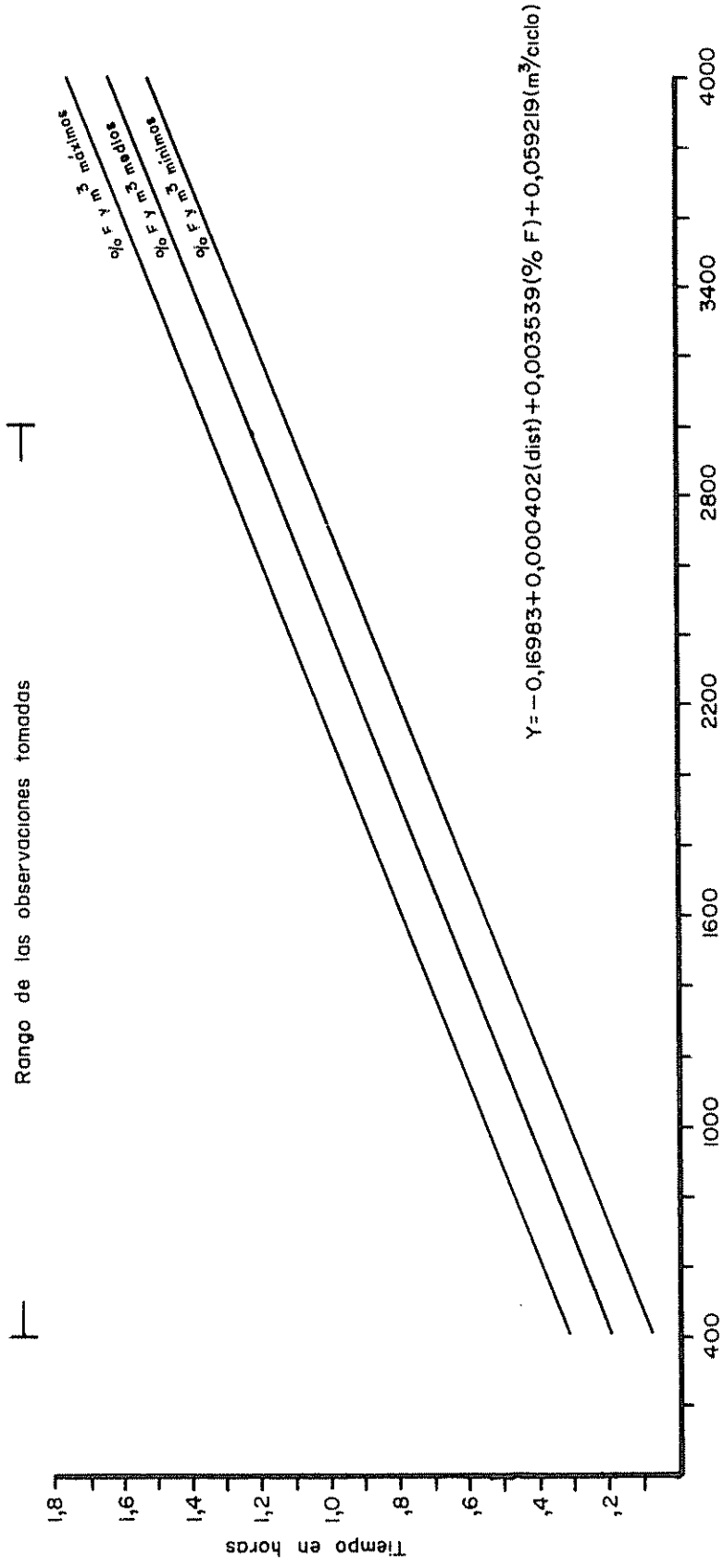


Fig. 4 -- Predicción del tiempo del ciclo en función de la distancia del arrastre. Fango en (%) y carga (m³) constantes a tres niveles. Tractor ALLIS-CHALMERS HD-6B

En la Figura 4, se presentan en forma gráfica las predicciones de tiempo (horas/ciclo) del tractor HD-6B. La línea superior fué calculada con los máximos de 16.66% de fango y 4.55 m³/ciclo, estos valores fueron los máximos observados en el campo. La línea inferior representa la predicción para las condiciones mínimas observadas 1.54% de fango y 1.43 m³/ciclo. La línea central se refiere a la predicción con los promedios mini-máx. de porcos tajos de fango y metros cúbicos arrastrados por ciclo.

Del análisis de estas figuras, en conjunto, se puede comentar que, bajo las condiciones en que fueron observados trabajando los tractores, el Allis-Chalmers no presenta mucha variación en sus tiempos (horas/ciclo) cuando está trabajando en condiciones máximas o mínimas. En cambio el Caterpillar D-7 3T es el que presente una mayor variación de tiempo según esté trabajando en condiciones máximas o mínimas, referente al porcentaje de fango y a la carga (m³). Esta situación se observa viendo la separación de las líneas que representan las condiciones máximas o mínimas.

Por otra parte, se puede notar en estas predicciones, que la velocidad de operación de las máquinas está limitada por las cargas (m³) y por las condiciones del terreno (porcentaje de fango), necesitan un tiempo relativamente mucho mayor cuando trabajan con cargas máximas y en condiciones de terreno desfavorables, alto porcentaje de fango, que cuando

trabaja en condiciones mínimas. Se encuentra además que el tractor D-7 a pesar de estar trabajando en condiciones más favorables y siendo de una potencia mayor el D-4 es el más sensible a esta situación.

4.2.3 Tiempo de retrasos

En base a los tiempos no productivos o de retrasos registrados para todos los tractores, se logró conseguir un promedio de 22% respecto al tiempo total de las observaciones, es decir que del ciento por ciento del total de horas posibles de trabajo, el 78% se puede considerar como trabajo efectivo. Este promedio se puede clasificar como muy bueno de acuerdo al estudio presentado por Légille (11) y en cooperación al dato, de 27%, reportado por Esteve (5), como tiempos perdidos para este tipo de maquinaria y en condiciones similares de trabajo. Schillings (15) reporta para tractores un promedio de 25 por ciento de tiempo de retrasos.

Este valor del porcentaje de retrasos es llamado en el programa de cálculo "DE OR" e incluido en forma decimal.

4.2.4 Cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo

La cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo fue estimada por una ecuación de regresión simple que relaciona los metros cúbicos con el diámetro. Las constantes obtenidas en esta ecuación para ajustar los metros cúbicos arrastrados por ciclo, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Constantes de regresión para estimar los metros cúbicos arrastrados por ciclo

Tipo de tractor	b_0	b_1	$R^2 \times 100$
Caterpillar D-4D, 65 HP.	-3.514992	0.122356	94
Caterpillar D-7 3T, 90 HP.	-2.788799	0.126851	92
Allis-Chalmers HD-6B, 69 HP.	-0.049999	0.042714	93

La bondad de ajuste de esta ecuación para determinar la cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo en función de la categoría diamétrica es muy buena, pues como puede observarse se encuentra un porcentaje de asociación muy fuerte, $R^2 \times 100$ mayor de 92, para todos los casos. Entonces nos encontramos con una alta confiabilidad para emplear la ecuación formulada en el acondicionamiento de las observaciones actuales a datos necesarios para el modelo de estudio.

4.2.4.1 Predicciones de los metros cúbicos arrastrados por ciclo

A continuación, en el Cuadro 4, se presentan las predicciones estimadas, a partir de la ecuación de regresión, de la cantidad de metros cúbicos arrastrados por cada tractor según la categoría diamétrica de las trozas.

Fácilmente puede verse en el Cuadro 4, que existe un incremento constante entre categorías diamétricas, de tal manera que en el programa de cálculo los m^3/ciclo de las categorías diamétricas inferior y superior aparezcan como K_1 , K_2 respectiva-

mente y el intervalo entre categorías como k_3 . En el desarrollo de la fórmula general, expresión 19 del programa, los metros cúbicos por ciclo aparecen como "CARGA".

Cuadro 4. Cantidad de metros cúbicos arrastrados por ciclo según tipo de tractor y la categoría diométrica de las trozas

Tipo de Tractor	Categoría Diométrica (cm.)						
	40	50	60	70	80	90	100
Caterpillar D-4D, 65 HP.	1.38	2.60	3.82	5.04	6.26	7.48	8.70
Caterpillar D-7 3T, 90 HP.	2.28	3.55	4.82	6.09	7.36	8.63	9.90
Allis-Chalmers HD-6B. 69 HP.	1.66	2.09	2.52	2.95	3.38	3.82	4.25

La tendencia de los m^3 /ciclo arrastrados según la categoría diométrica, se muestra en la Figura 5, para los tres tipos de tractores, en la cual se puede observar que el tractor de mayor potencia, el Caterpillar D-7, 90 HP., supera a los otros dos de menor potencia, Sin embargo comparando el Caterpillar D-4 de 65 HP. con el Allis-Chalmers HD-6B de 69 HP. se ve que éste último siendo de una potencia un poco mayor, en general, es superado ampliamente por el D-4. Esta situación es explicable por las características de la fiera observadas en el campo y descritas en el capítulo anterior en la sección 3.3, y por el tamaño de los árboles encontrados en el sitio de operación de cada tractor. Como puede observarse

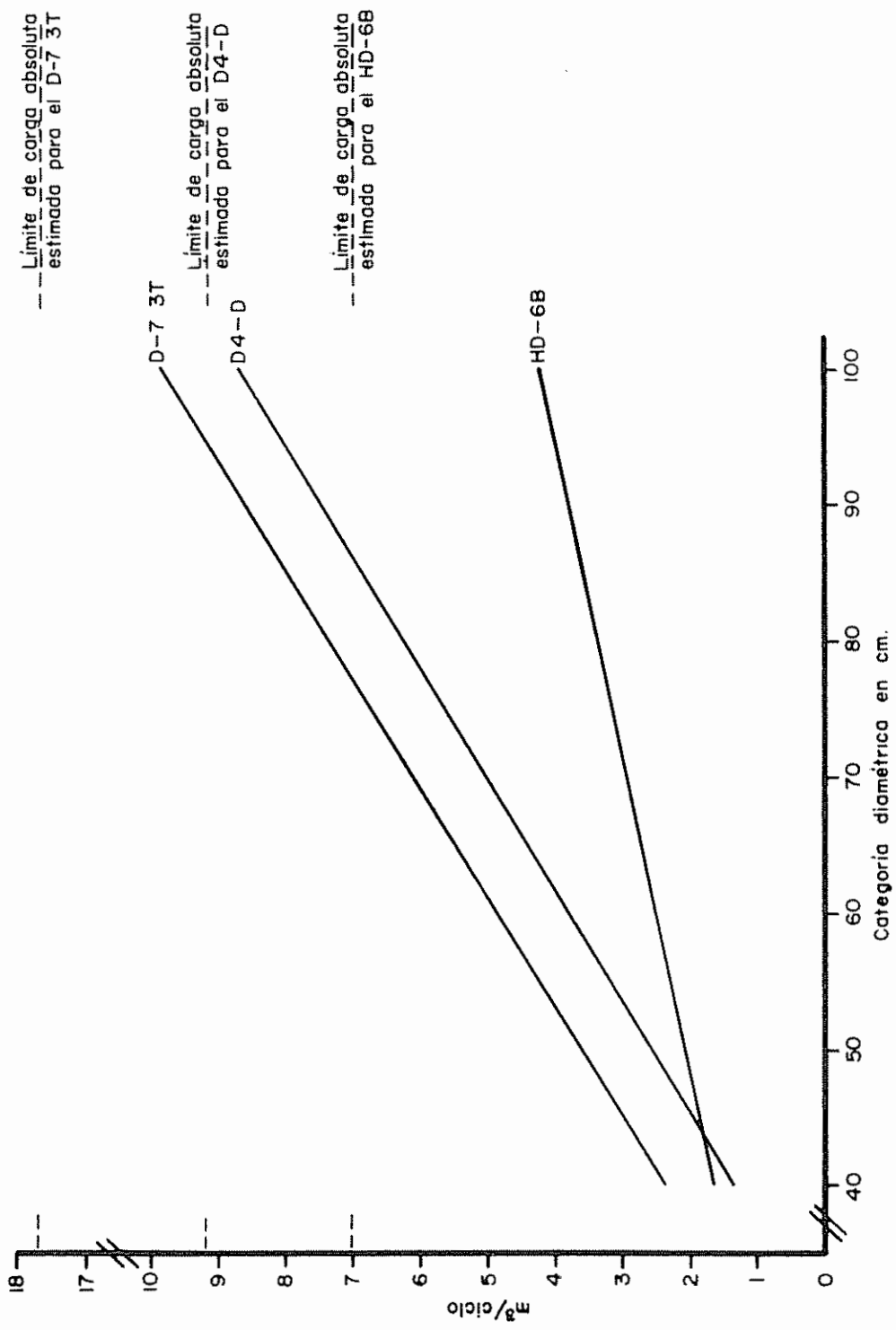


Fig. 5— Predicción de la cantidad de m³ arrastrados por ciclo de los tres tipos de tractores según la categoría diamétrica de las trozas.

en la Figura 5 en ningún caso los tractores alcanzaron su capacidad máxima estimada, en base a su peso; pero el tractor Caterpillar D-4 fué el que más se acercó a su capacidad.

4.2.5 Costo de funcionamiento de los tractores

Basado en las experiencias de los productores y en las informaciones de las agencias de la maquinaria se logró estimar el costo de funcionamiento por hora de los tractores. Para esto se utilizó la metodología descrita en el capítulo anterior y considerando los siguientes rubros: depreciación, obligaciones al banco (intereses), salarios, repuestos y reparaciones, y combustibles, lubricantes y filtros (véase Apéndice 2).

Es de notar que los cálculos para cada tractor se hicieron basados en la estimación de que en este tipo de trabajo los tractores laboran 1400 horas por año en esta zona. Los costos de funcionamiento por hora obtenidos para los tractores estudiados, se presentan resumidos para los rubros considerados en el Cuadro 5, y para el programa de cálculo los costos totales aparecen como "COSTR".

4.2.6 Costos de vías por hectárea

Además de los costos directos del arrastre, se consideró el costo de preparar el área para la explotación. Para esto se utilizó la información de los productores, ellos tienen calculado que para hacer una tracha de un kilómetro, por donde luego ha de efectuarse el arrastre motorizado, se necesitan cuatro jornadas

les de un machetero que gana $\text{Q}20.00$ y dos de un capataz que gana $\text{Q}50.00$. Haciendo la relación para 160 h. que fué el promedio de metros estirados de trocha por hectárea, encontramos que el costo de apertura de trocha es de $\text{Q}28.80$ por hectárea.

Este valor aparece incluido en el programa como "COSHA".

Cuadro 5. Costos de funcionamiento de los tractores, expresados en colonas por hora.

Rubro	Caterpillar D-4B ¢/hora	Caterpillar D-7 3T ¢/hora	Allis-Chalmers HD-6B ¢/hora
Depreciación:			
Sobre inversión	5.29	8.31	5.57
Tres renovaciones	12.00	13.71	12.00
Obligaciones banco, salto e intereses	30.54	48.02	32.19
Salarios, operador y ayudante	5.55	5.55	5.55
Repuestos y reparaciones	5.90	7.38	5.90
Combustibles, lubricantes y filtros	4.35	5.72	4.72
TOTAL	63.63	88.69	65.93

4.3 Análisis de estabilidad de la carga

Los resultados del análisis de variancia de los metros cúbicos arrastrados por ciclo para analizar la estabilidad de la carga en cada tractor, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. ANDEVA de los metros cúbicos arrastrados por ciclo

FV	GL	SC	CM	F
Tractores	2	14.44	7.22	2.30
Err.exp.	89	279.50	3.14	
Variab. D-7	40	125.12	3.13	
Variab. HD-6B	26	21.67	0.83	
Variab. D-4D	23	131.71	5.77	
Total	91	293.94	9.73	

Con el fin de comparar la productividad de los tractores, teniendo en cuenta la cantidad de metros cúbicos arrastrados, con la estabilidad en el arrastre, se ha estimado la variabilidad relativa de cada tractor, a partir de los resultados del ANDEVA. A continuación se dan a conocer para cada tractor el promedio de metros cúbicos arrastrados y su variabilidad:

<u>Tipo de tractor</u>	<u>Promedio, m³/ciclo</u>	<u>Variabilidad %</u>
Caterpillar D-4D	3.98	59.30
Allis-Chalmers HD-6B	2.91	8.53
Caterpillar D-7 3T	3.38	32.17

La variancia relativa denota gran variabilidad entre las observaciones de los tractores, siendo el Allis-Chalmers el me- nos variable en sus cargas en cada ciclo observado y el más va- riable el Caterpillar D-4D. Se observa además que el tractor más productivo es el Caterpillar D-4D y el menos productivo el Allis-Chalmers.

4.4 Costo del arrastre maderero

Con el fin de estimar los costos comparativos en el arras- tre maderero, en colonos por metro cúbico, objetivo principal de este estudio, se tomaron los resultados de los insumos ana- lizados anteriormente y se procedió a desarrollar el modelo propuesto mediante el programa de cálculo que se ha venido ex- plicando. Este programa escrito en Fortran, puede verse en el Apéndice 3 y fué calculado en una computadora IBM-1130.

En los Apéndices 4, 5 y 6 se presentan los resultados obte- nidos para los tractores Caterpillar D-4D, Caterpillar D-7 3T y Allis Chalmers HD6B respectivamente, en función de cuatro variables densidad de masa, $m^3/ha.$; categoría diamétrica de las trozas, cm.; distancia del ciclo, m. y porcentaje de fango en la vía del arrastre. Para mayor claridad respecto a la in- terpretación de los resultados, a continuación se da a conocer un ejemplo sobre el uso de los cuadros:

Para estimar los costos del arrastre por medio de los cua- dros de resultados, se deben conocer ó estimar cuatro varia- bles. Estas son:

1. Densidad de masa útil en pie, en $m^3/ha.$, la cual es presentada para 30, 60 y 90 $m^3/ha.$
2. Distancia del ciclo de arrastre en metros, esta distancia se refiere a la distancia de ida y regreso desde el pie del árbol hasta el patio de trozas y se presentan desde 400 hasta 4.000 m., con intervalos de 200 m.
3. Porcentaje de fango en la trocha de arrastre, está incluido desde 5 hasta 40 por ciento, con intervalos de 5 por ciento.
4. Categoría diamétrica de las trozas en centímetros, se presenta desde 40 hasta 100, con intervalos de 10 centímetros.

Ejemplo:

Supongamos que la densidad de masa útil del compartimento de explotación es de 60 $m^3/ha.$ la distancia promedio del ciclo (ida y vuelta) es de 2000 metros, el porcentaje promedio de fango en la trocha de arrastre es 20 por ciento y la categoría diamétrica de las trozas a arrastrar correspondientes a la densidad del compartimento es de 70.

Entrando en el Cuadro del Apéndice 4, bajo el grupo de 60 $m^3/ha.$, se mira en la columna de distancia y se sitúa en el grupo de 2000 m., entonces se busca 20 por ciento de fango a la derecha del grupo de 2000 m. de distancia, estando en esta posición se corre hacia la derecha y se pasa en la

columna correspondiente a la categoría diámetro 70 del grupo de $60 \text{ m}^3/\text{ha.}$ y se encuentra el costo estimado de 12.99 ¢/m^3 para el tractor Caterpillar D-4D de 65 HP.

En el Cuadro del Apéndice 5, proceda como el anterior y se consigue el costo estimado de 24.26 ¢/m^3 , para el Caterpillar D-7 3T de 90 HP.

Procediendo de la misma manera en el Cuadro del Apéndice 6, se consigue el costo de 24.46 ¢/m^3 , para el Allis-Chalmers HD-6B de 69 HP.

Este ejemplo ha sido resuelto, a propósito, con el promedio de todas variables incluídas para mostrar que el Caterpillar D-4D es el tractor más económico en promedio general, como se esperaba debido a mayor productividad y rapidez en los ciclos observados.

Comparando, además, los resultados de los tractores Caterpillar D-4D y D-7 3T con los del Allis-Chalmers HD-6B se observa una gran variabilidad de los costos entre categorías diámetros de las trozas, para los dos primeros tractores; esta situación puede ser explicable en gran parte por el incremento de carga entre categorías diámetros, como puede observarse en el Cuadro 1, ó en otras palabras a su inestabilidad en la operación de carga.

También se nota que, los tractores Caterpillar D-4D y D-7 aunque tienen un intervalo de carga entre categorías dieléctricas parecidas 1.22 y 1.27 respectivamente, y en igual forma sus productividades, los costos estimados difieren bastante entre estos tractores. Esto es explicable principalmente por la alta diferencia de costos de funcionamiento de los tractores. Sin embargo la diferencia de costo por metro cúbico estimado para los tractores Caterpillar y el Allis-Chalmers es explicable sólo por la ¹ baja productividad y velocidad de operación de esta máquina.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se estudiaron los factores que tienen incidencia en los costos del arrastre siderero por medio de tractores de oruga, en el bosque homogéneo natural; los tipos de tractores estudiados tienen diferencia en su productividad debido a muchos factores que serán discutidos más adelante. También se ha analizado la variabilidad de los tractores respecto a los metros cúbicos arrastrados en los ciclos observados, con la finalidad de determinar la estabilidad de la faena en esta operación.

En la zona donde se llevó a cabo el estudio en general llueve todo el año y la precipitación limita la faena de arrastre debido a que los suelos que, son de textura predominantemente pesada y mal drenados se enfangan con el tránsito de los tractores. Cuando hay precipitación la superficie del suelo se vuelven resbalizos y los tractores no pueden ejercer la tracción suficiente para desplazarse, produciéndose simplemente un patinamiento (16).

Con base en esto se planeó tomar los datos en épocas diferentes para tratar de observar trabajando a los tractores en varias condiciones de fango, lográndose conseguir un buen número de observaciones típicas debido a que en los meses cuando se tomaron los datos hubo una precipitación promedio característica de la región.

En el sitio de explotación donde opera el Allis-Chalmers, la operación de troceo se efectúa dentro del bosque, limitándose a arrastrar trozas de tamaño comercial, mientras que en los sitios de explotación de los tractores Caterpillar la operación de troceo se lleva a cabo en el patio de trozas. Esta diferencia tiene su influencia en los costos comparativos debido a que se logra una mayor productividad, que se acerca hacia la capacidad de la máquina, cuando existe como en este caso, una falta de equipo para arrastrar más de una troza.

Vale la pena comentar que el sistema empleado en la toma de datos fué apropiado para los fines que se perseguían, debido a que el desglose de tiempos conforme se sucedían las distintas operaciones lo hacían funcional y facilitó la contabilización de los tiempos productivos y no productivos. Luego se pudo analizar detalladamente cada etapa de cada ciclo de arrastre para entender irregularidades y anomalías en las observaciones. Un caso como este es con respecto a las modificaciones propuestas al modelo original de Schillings (15). Para incluir el cargo del ciclo, fué necesario modificar el modelo original a una función de las categorías cónicas en lugar del número de trozas.

La variable predictiva de la ecuación para estimar los metros cúbicos por ciclo, resultó apropiada para las condiciones de trabajo observadas y por las características de heteroge-

neidad de categorías diamétricas aprovechables que se encuentran en las bosques tropicales. Esta condición ajustada por un análisis de relación nos indujo a calcular los costos de acuerdo con cada condición diamétrica.

Al analizar en el Cuadro 4, los resultados estadísticos de la tendencia de metros cúbicos arrastrados por ciclo según su categoría diamétrica, se observó que, además de haber una diferencia de carga entre cada tractor; también hay variación de carga por tractor según la categoría diamétrica de los trozas. Se encontró que el tractor Allis-Chalmers arrastra cargas más uniformes, pues el incremento en metros cúbicos entre categorías diamétricas es menor de 0.43, mientras que el Caterpillar D-4D y el D-7 tienen un incremento de 1.22 y 1.27 metros cúbicos, respectivamente. Esta tendencia se muestra también gráficamente en la Figura 5.

La diferencia de carga entre tractores se refleja en el análisis de estabilidad efectuado, respecto a la cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo. Comparando las variancias relativas de este análisis con los promedios de metros cúbicos arrastrados por ciclo, podemos concluir que el Caterpillar D-4D es el menos estable en su operación, es el que se está utilizando más productivamente, ya que presenta un promedio mayor de carga, $3.98 \text{ m}^3/\text{ciclo}$. Se ve en los datos obtenidos del análisis de variancia, Cuadro 5, que el Caterpillar D-4 trabaja con una variabilidad de cargas (m^3)

de 59.30 por ciento en los ciclos, pero se observó que el bog que hizo no se presta a una buena uniformidad de la faena, sin una pérdida de productividad de la máquina.

De la misma manera se ve que el Allis-Chalmers es el menos productivo el promedio de 2.91 metros cúbicos arrastrados por ciclo es el más bajo, pero presenta la mayor estabilidad con un 8.53 por ciento de variación relativa respecto a los ciclos que fué observado. Sin embargo se vió que la práctica de traccar en el bosque, especialmente cuando se encuentra poca masa forestal, resulta en una baja de productividad. Esta se manifestó en una sub-utilización de la capacidad de arrastre de aproximadamente del 40 por ciento, en el tractor Allis-Chalmers. Lo contrario sucedió con el Caterpillar D-4D.

Se nota además que, el Caterpillar D-7 a pesar de ser un tractor de mayor potencia es superado en productividad por el Caterpillar D-4D en condiciones similares de trabajo. Esto es explicable sólo por el tamaño de los árboles que se encontraban en el área de explotación y a la inadecuada utilización de los tractores. El caso del Caterpillar D-7 resultó en una sub-utilización del 45 por ciento de su capacidad estimada, esto es debido a las diferentes masas forestales en que se observó trabajando y que dificulta la adecuada utilización de las máquinas en el bosque.

Esta comparación nos induce a proponer una mejor organización en las explotaciones. Esteve (5) indica que se debe tratar de conseguir una carga útil en cada viaje y que éste se obtiene más fácilmente arrastrando trezas en lugar de fustes cuando hay disponibilidad en el equipo de los tractores.

En cuanto a la estimación de las horas/ciclo, incluyendo el porcentaje de fango en lugar del porcentaje de pendiente, como propone Schillings (16), se puede considerar esta inclusión acertada, debido a que como se vió es uno de los factores de campo que limitan el arrastre. El ajuste de la ecuación para estimar las horas/ciclo en función de la distancia, porcentaje de fango y carga (m^3) tuvo una confiabilidad muy buena; el porcentaje de asociación entre horas/ciclo y las variables predictivas resultó ser para todos los tractores mayor de 91, es decir que fue apropiada usar la ecuación con estas variables para predecir las horas/ciclo en las condiciones de trabajo observadas en este tipo de bosques.

Comparando las curvas de predicciones de tiempo (horas/ciclo) de los tres tipos de tractores, Figuras 2,3 y 4 se puede ver por la vecindad de éstas que el tractor Allis-Chalmers es el que menor variación tiene. Esto implica que la faena de arrastre con este tractor resultó con tiempos más uniformes, lo cual se debe en alto grado a la estabilidad de las cargas arrastradas en cada ciclo y a la uniformidad de la longitud de las trozas. Talvez si se analiza directamente la incidencia

de la longitud de las trozas sobre los tiempos se conseguiría, por una mejor maniobrabilidad en el bosque, una disminución del tiempo de arrastre y más aún en bosques densos o en terrenos accidentados.

También se nota en las predicciones de los horas/ciclo que el Allis-Chalmers tiene un incremento alto de tiempo, la curva asciende rápidamente en comparación con los otros dos tractores que entre sí no presentan mucha diferencia. Este es un reflejo de que los tractores Caterpillar D-4D y D-7 3T son los más rápidos en las condiciones observadas. Estas tendencias pueden ser más importantes si se considera que las diferencias de carga (m^3) entre tractores, cuando se estimaron estas curvas son mayores para los tractores Caterpillar.

Los resultados de costo por metro cúbico, objetivo principal de este estudio permiten hacer algunos comentarios acerca de las ventajas económicas competitivas de cada uno de los tractores estudiados. Según los resultados, existen diferencias significativas dentro de los costos estimados para las distintas categorías diamétricas, principalmente con los tractores Caterpillar. Lo cual es debido a las diferencias de cargas entre categorías diamétricas y entre tractores. Esta diferencia de cargas puede ser debida a que la longitud de las trozas arrastradas por el Allis-Chalmers eran, generalmente, más cortas que las arrastradas por los Caterpillar y a que el diámetro promedio para calcular el volumen se tomó en rela-

ción a la longitud total de las trozas arrastradas considerando que es un promedio confiable debido a la alta clase de forma de la especie explotada (cattivo) y al pequeño rango de las observaciones tomadas (40-100 cm.). Esta tendencia se puede evitar en gran parte si se tomaran datos de diámetro promedio con un estándar fijo sobre la longitud de las trozas. Como resultado de estas variaciones necesarias para la toma de datos se debe tener en cuenta que los diferentes diámetros influyen en los costos, pero tal vez no tanto como parecen en los costos estimados para los tractores Caterpillar.

Cuando el arrastre se efectúa a largas distancias se recomienda hacer patios intermedios cerca del lugar de explotación, para allí enganchar trozas que darían la carga normal para efectuar el arrastre mayor al patio principal con una mejor utilización de la maquinaria (11); esta modalidad irá a incidir favorablemente en los costos del arrastre y se reducirían esta desproporción de costos para cuando se efectúa el arrastre a cortas y largas distancias.

En el análisis de los factores de campo se vió que la lluvia limita las operaciones de arrastre debido a que los suelos se enfangan y dificultan el tránsito de los tractores. La incidencia del fango en los costos del arrastre se refleja claramente en los resultados, así tenemos que comparando el costo por unidad de volumen cuando se efectúa el arrastre en condiciones mínimas de fango (5%) y en condiciones máximas de fan

go (40%) se nota que éste influye altamente en los costos del arrastre maderero. Afortunadamente los madereros, por experiencia, se han dado cuenta lo que implica trabajar en condiciones extremas de fango y prefieren desviar el camino antes de ir a efectuar el arrastre con un porcentaje de fango mayor del que se ha observado y calculado en este trabajo.

Por otra parte, analizando los costos estimados para diferentes densidades de masa boscosa, se nota que ésta es la variable que menos incidencia tienen en los costos. Este resultado es comparable con el reportado por Schillings (15) en un estudio similar en Bozeman, Montana, donde encontró que los costos del arrastre son poco sensibles para diferentes densidades de masa.

Por último, y sin entrar en mayores consideraciones se puede determinar la aplicación práctica del modelo en la ayuda que podría prestar a los madereros de la región para estimar, así sea aproximadamente, los costos del arrastre fácilmente, ya que los resultados se presentan en función de cuatro variables que un maderero puede apreciar sin mayores inconvenientes. Estas variables son: densidad de masa útil, categoría diamétrica de los trozos, distancia del ciclo de arrastre y porcentaje de fango en la trocha.

Los resultados del estudio permiten formular ciertas conclusiones que se han manifestado a medida que se avanza en el trabajo. Sin embargo las principales las queremos recordar aquí:

1. El tractor Allis-Chalmers a pesar de tener una mejor estabilidad de carga (m^3 /ciclo), resulta ser menos productivo con un promedio general de $2.91 m^3$ /ciclo. En comparación los Caterpillar D-4D y D-7 3T presentan una mayor variabilidad de carga en los ciclos, pero son los más productivos. El D-4D tiene una productividad promedio general de $3.98 m^3$ /ciclo; y el D-7 $3.38 m^3$ /ciclo.
2. La estimación de horas/ciclo en función de la distancia muestra que, en las condiciones promedio observadas, el Caterpillar D-4D es el más rápido en comparación el D-7 y el Allis-Chalmers HD-6; resultando ser este último, en general, el más lento.
3. Analizando los resultados de costo por metro cúbico, se puede concluir que los factores que más influyen en los costos del arrastre en este tipo de bosques son en orden de importancia los siguientes: las largas distancias de arrastre, el porcentaje de fango, la variabilidad de las cargas arrastradas en cada ciclo y la masa forestal.

4. El tractor Caterpillar D-4D por ser más rápido durante las observaciones resultó más productivo en promedio general. Sin embargo para obtener costos por unidad de madera más bajos que los estimados se requiere que las cargas sean mejor planificadas en cada ciclo. Para lograr esto es aconsejable adoptar a los tractores un malacate de cable doble que le permita hacer cargas máximas en cada ciclo.
5. A pesar de tener una gran estabilidad en la operación de carga por ciclo, por su baja productividad y la lentitud de operación el Allis-Chalmers HD-6L resulta en general ser el tractor más costoso en la faena de arrastre. Un factor que influye altamente en los costos estimados para el tractor Caterpillar D-7, además de su baja productividad y velocidad de operación, es su alto costo de funcionamiento.
6. El porcentaje promedio de tiempos de retrasos (tiempos no productivos), en las condiciones de trabajo observadas, para este tipo de maquinaria resultó ser 22% del tiempo posible de trabajo. Esto equivale a aproximadamente dos horas por jornada de nueve horas de trabajo. Considerando que el arrastre es una operación onerosa y que se efectúa con maquinaria costosa, proponemos investigar en detalle cuáles son las principales causas de estos tiempos para saber hasta qué medida será posible reducirlos.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la zona atlántica norte de Costa Rica, donde se llevan a cabo explotaciones madereras con tractores de orugas en bosques naturales. Estos bosques han sido considerados homogéneos porque la mezcla de especies es reducida debido a las condiciones edáficas extremas respecto a inundaciones y capa frástica.

El objetivo del estudio fue estimar los costos comparativos del arastre maderero con tractores de orugas, en bosques homogéneos naturales, con respecto a los factores de distancia, tamaño de las trozas y otros factores físicos que podrían incidir en los costos del arastre en bosques húmedos tropicales.

El estudio incluyó tres tipos de tractores: un Allis-Chalmers HD-6B de 69 HP. que operaba en Parismina; dos Caterpillar, un D-4D de 65 HP. y un D-7 3T de 90 HP. que trabajaban en la parte baja del río Madre de Dios. Las características importantes de cada tipo de tractor involucra su fuerza motriz, y velocidad de marcha. Cuando uno o varios de estos factores eran importantes, se analizó específicamente su efecto sobre la productividad.

Las informaciones fueron obtenidas durante la segunda mitad de los meses de octubre y noviembre de 1971 y parte en febrero de 1972 para cubrir varios períodos lluviosos del

año. Para el registro de datos de campo se utilizó un formulario que incluía los factores que podrían incidir en los costos del arrastre, tales como: densidad de masa útil en pie, en $m^3/ha.$, de cada compartimento de explotación; distancia del ciclo de arrastre, en metros; volumen en metros cúbicos de las trozas arrastradas en cada ciclo; porcentaje de fango en la tracha de arrastre; tiempos productivos del ciclo de arrastre en horas y el tiempo de retraso. Además se estimó el costo de funcionamiento de los tractores en colones por hora; y el costo de apertura inicial de trachas en colones por hectárea.

De acuerdo con la metodología propuesta en el estudio y para estimar los costos del arrastre en colones por metro cúbico, se desarrolló el siguiente modelo en una computadora IBM-1130 mediante un programa de cálculo en FORTRAN:

$$\left(\frac{\frac{m^3}{Ha.} \times \frac{\text{horas}}{\text{ciclo}} \times \frac{(\text{retrasos})}{\%}}{\frac{m^3}{\text{ciclo}}} \right) \left(\frac{\phi}{\text{hora}} + \frac{\phi}{Ha.} \right) = \frac{\phi}{m^3}$$

Una vez las variables observadas fueron analizadas para escoger las más significativas e incluirlas en el modelo, se usó una regresión lineal múltiple para relacionar las horas/ciclo en función de la distancia del ciclo, porcentaje de fango y la carga (m^3). Con las ecuaciones obtenidas, también se hicieron predicciones de las horas/ciclo en fun

ción de distancias variables, fijando el porcentaje de fango y la carga a los mínimos y a los máximos observados, lo mismo que para las condiciones promedio. Se encontró que el tractor Caterpillar D-4D es el más rápido en las condiciones observadas.

Se usó una regresión lineal simple para relacionar los metros cúbicos arrastrados en cada ciclo en función de la categoría diamétrica de las trozas. Con las ecuaciones obtenidas se hicieron predicciones de la cantidad de metros cúbicos arrastrados por cada tractor según la categoría diamétrica de las trozas, y se encontró que además de haber una diferencia de límites de carga entre tractores también había variación dentro de los tractores para diferentes clases diamétricas. Sin embargo el método de troceado varía entre tipo de tractores y por eso se puede apreciar una influencia diferente en cuanto a diámetro para cada tipo de tractor.

Se encontró que el tractor Allis-Chalmers arrastra cargas más uniformes, pues el incremento de metros cúbicos entre categorías diamétricas es apenas de 0.43; mientras los Caterpillar D-4D y D-7 3T tienen un incremento de 1.22 y 1.27 metros cúbicos, respectivamente, pero producen más metros cúbicos por hora. Esta condición nos indujo a calcular los costos del arrastre para cada categoría diamétrica que en general refleja diferencias significativas entre los tractores estudiados.

La diferencia de carga entre tractores se examinó en un análisis de estabilidad de los tractores, el cual se hizo por medio de un análisis de variancia de la cantidad de metros cúbicos arrastrados en cada ciclo, encontrándose que el Caterpillar D-4D trabaja con una gran variabilidad de cargas (m^3) por ciclo, pero es el ~~menos~~ más productivo. Esto se debe a las mayores cargas que arrastra, aproximándose a la capacidad de la máquina. El D-7 le sigue en productividad y tuvo menor variabilidad en sus cargas. El Allis-Chalmers HD-6B presenta la mayor estabilidad de carga en los ciclos observados, pero resulta ser el menos productivo debido al hecho de que las cargas nunca se aproximaron a la capacidad de la máquina.

Los resultados de este estudio se presentan en función de cuatro variables: densidad de masa útil ($m^3/ha.$); categoría diamétrica de las trozas; distancia del ciclo de arrastre y porcentaje de fango. Un cuadro de los costos estimados para cada tractor fué calculado para cubrir las condiciones que normalmente se encuentran en los cativales. Estas variables incluidas en los cuadros de costos comparativos pueden ser apreciadas fácilmente por un maderero.

Los puntos sobresalientes de estos resultados son:

1. Los factores que más influyen en los costos del arrastre en este tipo de bosques son en orden de importancia los siguientes: largas distancias de arrastre; el porcentaje de fango; la variabilidad de las cargas arrastradas por

los tractores y la densidad de masa útil.

2. En promedio general, el Caterpillar D-4D resulta ser el más económico en la faena de arrastre en este tipo de bosques, lo cual era de esperarse por ser el más rápido en sus operaciones.

6a. SUMMARY

This study was made in the north Atlantic part of Costa Rica where logging is done with cleft tractors in the natural forest. These forests have been considered homogenous because of the reduced number of species, owing to an extreme edaphic condition of flooding and high water table.

The objective of the study was to estimate the comparative costs of skidding with cleft tractors in homogeneous natural forests, with respect to skidding distance, size of logs and other physical factors which could influence the costs of skidding in humid tropical forests.

This study covered three types of tractors: an Allis-Chalmers HD-6B with 69 HP. which operated near Paraismina; two Caterpillars, a D-4D with 65 HP. and a D-7 5T with 90 HP., which worked in the lower part of the Rio de Dios river. The important characteristics of each type of tractor involves its horse-power, weight and speed. When one, or several of these factors were important, they were specifically so in their effect on productivity.

The information was obtained during the last half of October and November, and in part of February 1972, in order to cover distinct seasons of the year. In the recording of field data a form was used which included those factors which could influence the skidding costs such as: commercial stocking

in m³/ha. for each logging site; distance skidded in meters; volume skidded in each cycle; percent of trail which was muddy; production time for the cycle in hours; and delay time. Additionally, the operating costs were estimated in colones per hour; and the cost of initial opening of skid trails estimated in colones per hectare.

According to the methodology proposed in the study and for estimating the skidding costs in colones per cubic meter, the following model was developed and was used with a PORTMAN calculation program in an IBM-1130 computer:

$$\left(\frac{\frac{m^3}{Ha} \times \frac{hours}{cycle} \times (\text{Delay} \%)}{\frac{m^3}{cycle}} \right) \times \left(\frac{Colones}{Hour} + \frac{Colones}{Ha} \right) = \frac{Colones}{m^3}$$

Once the observed variables were analyzed to select the most significant ones for incorporation in the model, a multiple linear regression was used to relate hours/cycle in function of the skidding distance of the cycle, percent of trail muddy and skid load (m³). With these equations, the prediction of hours/cycle for various distances, fixing the percentage of muddy trail and skid load at the observed minimums and maximums; the same being done for the average conditions. This shows that the D-4D is the fastest skidder under the conditions observed.

A simple linear regression was used to relate cubic meters skidded each cycle to the diameter category of the log. With these equations, predictions of volume skidded by diameter class and by tractor, were made. It was discovered that, not only was there a difference between loading limits between tractors, but that there were also variations by tractors according to diameters. However the bucking methods were different between types of tractors, and therefore there is a variable difference with regards to diameter and type of tractor.

It was found that the Allis-Chalmers tractor skidded loads more uniform, with load increasing between successive diameter classes only 0.43 cubic meters; meanwhile, the Caterpillar D-4D and D-7 3T had increases of 1.22 and 1.27 cubic meters respectively, but they produced more cubic meters per hour. These condition resulted in costs of skidding by diameter classes, which in general reflect significant differences between the tractors studied.

The differences between loads skidded was examined in an analysis of stability by tractors, which was made by means of an analysis of variance of the volume skidded in each cycle. It was found that the Caterpillar D-4D worked with a greater variation in loading (m^3) by cycles, but it was also the most productive. This result is due to the large loads apparently reaching close to the capacity of the equipment. The D-7

follows in productivity and had less variation in load skidded. The Allis-Chalmers HD- 6B had the greatest stability in loads actually observed, but turned out to be the least productive, due to the fact that its loads never approached the capacity of the equipment.

The results of this study are presented as a relationship of four variables: forest stocking (m^3/ha); diameter class of the logs; distance skidded; and percent of skid trail in mud. A table for each tractor is calculated for the normal range of each variable in the active forest, and this clearly shows the comparative costs for each type of equipment. These variables used in the comparative cost tables can be easily applied by the lumberman.

The most important points of these results are:

1. The factors which most influence skidding costs in this forest type, in order of importance are: the long distances skidded; the amount of muddy skid trail; the variations in skid loads and the density of the forest.
2. The overall average for the Caterpillar D-4D resulted as being the most economic equipment in skidding in these types of forest, which could be expected because it was the fastest in operations.

LITERATURA CITADA.

1. BUCKLE, D. H. La explotación maderera en los bosques tropicales del Africa Occidental. *Unasyuva* 13 (1):3-11. 1965.
2. CURTIS, F. I. y LLOYD, A. H. El transporte de la madera apilada en los trópicos (Transporte a corta distancia). *Unasyuva* 16 (2):75-104. 1962.
3. COSTA RICA. SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Anuario Meteorológico 1966 San José. 1967. 61 p.
4. COMO, J. A. Diagnóstico y programación para el desarrollo agrícola en las zonas adyacentes a Puerto Limón. Costa Rica. Tesis Deg. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 83 p.
5. ESTEVE, J. Débardage par tracteur a chenilles en seconde zone au Gabon. *Bois et Forêts des Tropiques* no. 113:15-39. 1967.
6. _____. Débardage second, par tracteurs articulés á pneus au Gabon. *Bois et Forêts des Tropiques* no. 117:49-68. 1968.
7. ESTEVE, J. y LEPETRI, C. Utilisation du tracteur articulé en exploitation Forestiere tropical. *Bois et Forêts des Tropiques* no.130:31-53; 131:51-68. 1970.
8. GHANSEKAR, D. V. Preliminary observation and cost calculations for dragging and transport operations in Gondia Division. *Indian Forester* 94(11):795-807. 1968.
9. HODORIDGE, L. R. Life zone ecology. Ed. rev. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
10. NAZA, J. DE LA. Características fundamentales de los tractores forestales y diferencia con los agrícolas. *Montes (España)* 25(149):433-439. 1969.
11. REGILLIE, X. de. Tractors for logging. FAO. Forestry development paper no.1. 1956. 189 p.
12. HERMANN, C. y GIRARD, J. W. Tables for estimating board-foot volumen of timber. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1956. 94 p.

13. NUÑEZ, J. et al. Estudio geográfico regional. Zona atlántica norte de Costa Rica. San José, Costa Rica. Instituto de Tierras y Colonización, 1967. 360 p.
14. SCHILLINGS, P. L. Selecting crawler skidders by comparing relative operating costs. U.S. Forests Service Intermountain Forest and Range Experiment Station. Research Paper INT-59. 1969. 20 p.
15. _____ . A technique for comparing the costs of skidding methods. U.S. Forests Service Intermountain Forest and Range Experiment Station. Research Paper INT-60. 1969. 23 p.
16. SILVERSIDES, C. R. El uso de tractores articulados de ruedas en la explotación forestal. Unasylva 20 (4):41-51. 1966.
17. TILLMANS, H. J. y RAMIREZ, A. Cuadros cúbicos de múltiplos de áreas basales y volúmenes de rollos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Biscelanca no.65. 1970. 150 p.
18. WOODLAND, A. C. An application of systems simulation to the economic analysis of logging systems. Pulp & Paper Magazine of Canada 71(5):73-76. 1970. (Original no consultado; compendiado en Forestry Abstracts 31(4):772. 1970).

A P P E N D I C E S

Apéndice 1. Formulario para control del tiempo y productos en el arrastre maderero.

Tipo de Tractor Lugar del trabajo

Área del compartimento ha.

Volumen compartimento m³/ha.

Observaciones	Ciclo No.	Ciclo No.	Ciclo No.
Distancia del ciclo m.			
Fango (%)			
Diámetro (cm.)			
Longitud trozas (m.)			
Volumen (m ³)			
Tiempos productivos:			
T. trayecto vacío			
T. limpiar acceso			
T. terraplanear pie árbol			
T. enganche			
T. escombos			
T. trayecto cargado			
T. desenganche			
T. colocar trozas patio			
T. arreglo patio			
T. apertura vía			
Otros T. productivos			
Total horas/ciclo			

Cont. Apéndice 1

Observaciones	Ciclo No.	Ciclo No.	Ciclo No.
Tiempo de retraso:			
T. iniciar			
T. ajuste máquina			
T. deb. personal			
T. desplazamiento de lugar			
T. deb. cuadrilla de volteo			
Total T. retrasos			

Observaciones:

Apéndice 2. Detalle del cálculo de costos de funcionamiento de los tractores

Para calcular el costo de funcionamiento de los tractores se utilizó la metodología descrita en la sección 3.5.3.1 y considerando además que los tractores trabajan 1.400 horas por año, en esta zona. De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados:

A. Para el Tractor Caterpillar D-40

<u>Detalle</u>	<u>¢/hora</u>
1. Depreciación sobre:	
a) Inversión = $\frac{\text{¢}148.000}{28.000 \text{ hs.}}$	5.29
b) Tres renovaciones = $\frac{3 \times \text{¢}28.000}{7.000 \text{ hs.}}$	12.00
2. Saldo más intereses que hay que pagar al Banco durante 3 años = $\frac{\text{¢}127.267}{3 \times 1.400 \text{ hs.}}$	30.54
3. Salarios:	
a) Salario promedio del tractorista	3.33
b) Salario promedio del ayudante	2.22
4. Repuestos y reparaciones:	
a) Rodillos, oruga = $\frac{\text{¢}20.000}{4.200 \text{ hs.}}$	4.76
b) Motor = $\frac{\text{¢}8.000}{7.000 \text{ hs.}}$	1.14
5. Combustible, lubricantes y filtros:	
Aceite combustible para motor, 2 gl/hora x $\text{¢}1.25 \text{ gl.}$	2.50
Grasa: 1 libra/7 horas x $\text{¢}1.50 \text{ libra}$	0.21
Aceite: $\frac{1}{2} \text{ gl.}/7 \text{ horas}$ x $\text{¢}15.00 \text{ gl.}$	1.07
Filtros: tres filtros cada 105 horas x $\text{¢}20.00$	0.57
Total	63.63

B. Para el Tractor Caterpillar D-7 3T

Detalle	<u>¢/hora</u>
1. Depreciación sobre	
a) Inversión = $\frac{\text{¢}232.750}{28.000 \text{ hs.}}$	8.31
b) Tres renovaciones = $\frac{3 \times 32.000}{7.000 \text{ hs.}}$	13.71
2. Si los más intereses que hay que pagar al Banco durante 3 años = $\frac{\text{¢}201.717}{3 \times 1.400 \text{ hs.}}$	48.02
3. Salarios:	
a) Salario promedio del tractorista	3.33
b) Salario promedio del ayudante	2.22
4. Repuestos y reparaciones:	
a) Rodillos, oruga = $\frac{\text{¢}25.000}{4.200 \text{ hs.}}$	5.25
b) Motor = $\frac{\text{¢}10.000}{7.000 \text{ hs.}}$	1.43
5. Combustibles, lubricantes y filtros:	
a) Aceite combustible para motor, 3.1 gl./hora a razón de ¢1.25 gl.	3.87
b) Grasa: 1 libra/7 horas x ¢1.50 libra	0.21
c) Aceite: $\frac{1}{2}$ gl./7 horas x ¢15.00 gl.	1.07
d) Filtros: tres filtros cada 105/horas x ¢20.00	0.57
Total	89.69

Cont. Apéndice 2

C. Para el Tractor Allis-Chalmers HD-6B

Detalle	¢/hora
1. Depreciación sobre:	
a) Inversión = $\frac{\$156.000}{28.000 \text{ hs.}}$	5.57
b) Tres renovaciones = $\frac{3 \times \$28.000}{7.000 \text{ hs.}}$	12.00
2. Saldo de intereses que hay que pagar al Banco durante 3 años = $\frac{\$135.200}{3 \times 1.400 \text{ hs.}}$	32.19
3. Salarios:	
a) Salario promedio del tractorista	3.33
b) Salario promedio del ayudante	2.22
4. Repuestos y reparaciones:	
a) Rodillos, oruga = $\frac{\$20.000}{4.200 \text{ hs.}}$	4.76
b) Motor = $\frac{\$8.000}{7.000 \text{ hs.}}$	1.14
5. Combustibles, lubricantes y filtros:	
a) Aceite combustible para motor 2.3 gl./hora a razón de $\frac{\$1.25 \text{ gl.}}$	2.87
b) Grasa: 1 libra/7 horas x $\frac{\$1.50 \text{ libra}}$	0.21
c) Aceite: $\frac{1}{3} \text{ gl.}/7 \text{ horas} \times \frac{\$15.00 \text{ gl.}}$	1.07
d) Filtros: tres filtros cada 105/horas x $\frac{\$20.00}{105}$	0.57
Total	65.93

Apendice 3-

```
*IOCS(CARD,1232 PRINTER)
*LIST SOURCE PROGRAM
C      PROGRAMA PARA CALCULAR COSTOS EN EL ARRASTRE MADERERO
C
C
C      DIMENSION DATO(80), COLON(10)
      IENE=0
01     CONTINUE
02     FORMAT(20A4)
03     FORMAT(12I5)
04     FORMAT(1H0,22X,I4,' METROS CUBICOS POR HECTAREA')
05     FORMAT(7F10.6)
06     FORMAT(1H ,216,3X,7F7.2)
07     FORMAT(1H0,' DISTA  FANGO  ',08X,' CATEGORIA DIAMETRICA (CM)')
08     FORMAT(1HC,40A4)
09     FORMAT(1H ,'      ' 0/0',06X,' 40      50      60      70      80
1 90      100')
10     FORMAT(1H0,31X,' COLONES / M3')
11     FORMAT(1H )
100    FORMAT(///)
      PAUSE
      READ(2,2) (DATO(I),I=1,20)
      READ(2,2) (DATO(I),I=21,40)
      WRITE(3,8) (DATO(I),I=1,30)
      READ(2,3) L1,L2,L3,M1,M2,M3,N1,N2,N3,K1,K2,K3
      READ(2,5) B0,B1,B2,B3,DEMOR,COSTR,COSHA
      DO 20 JL=L1,L2,L3
      DENMA=JL
      WRITE(3,100)
      WRITE(3,4) JL
      WRITE(3,7)
      WRITE(3,9)
      WRITE(3,10)
      DO 20 JM=M1,M2,M3
      DISTA=JM
      WRITE(3,11)
      DO 20 JN=N1,N2,N3
      FANGO=JN
      DO 19 JC=K1,K2,K3
      CARGA=JC/100.
      IENE=IENE+1
19     COLON(IENE)=((DENMA*(B0+(B1*DISTA)+(B2*FANGO)+(B3*CARGA))*(1.+DE
1MOR)/CARGA)*COSTR+COSHA)/DENMA
      WRITE(3,6) JM,JN,(COLON(IENE),IENE=1,7)
      IENE=0
20     CONTINUE
      GO TO 1
      END
```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 246 PROGRAM 478

END OF COMPILATION

APENDICE 5 - COSTOS ESTIMADOS DEL ARRASTRE, CON TRACTOR CATERPILLAR D-7 3T DE 90 HP.

DISTA v	FAJGO 0/0	30 METROS CUBICOS POR HECTAREA										60 METROS CUBICOS POR HECTAREA										90 METROS CUBICOS POR HECTAREA									
		CATEGORIA DIAMETRICA (CM)					CATEGORIA DIAMETRICA (CM)					CATEGORIA DIAMETRICA (CM)					CATEGORIA DIAMETRICA (CM)					CATEGORIA DIAMETRICA (CM)					CATEGORIA DIAMETRICA (CM)				
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
400	5	19.82	16.05	11.31	9.72	8.68	7.94	7.40	19.34	13.57	10.43	9.27	8.50	8.10	6.92	19.18	13.41	10.37	9.08	8.04	7.30	13.41	10.37	9.08	8.04	7.30	6.76				
400	10	26.03	18.03	14.25	12.05	10.60	9.58	8.83	25.32	17.52	13.71	12.47	11.61	10.76	9.47	25.19	13.30	10.61	9.08	8.04	7.30	13.30	10.61	9.08	8.04	7.30	6.76				
400	15	34.24	22.02	17.19	14.37	12.63	11.22	10.23	33.56	23.52	18.71	13.69	12.05	10.74	9.78	33.68	23.47	19.44	16.54	14.73	13.47	13.68	23.47	19.44	16.54	14.73	13.47				
400	20	38.64	26.01	20.12	16.70	14.57	13.12	11.94	41.87	28.52	22.58	18.54	16.89	15.03	12.64	42.01	28.32	22.56	20.46	18.23	16.50	16.89	22.56	20.46	18.23	16.50	15.03				
400	25	41.85	31.96	24.00	20.00	18.30	16.15	14.55	50.38	33.50	25.52	20.66	18.81	16.90	14.50	50.63	33.33	28.30	23.03	20.70	18.58	18.81	25.52	23.03	20.70	18.58	16.90				
400	30	47.07	37.97	28.94	23.67	20.42	17.79	13.98	58.99	37.49	28.48	23.51	21.66	19.59	16.93	62.64	41.32	31.73	25.95	21.50	19.29	19.59	28.48	23.51	21.66	19.59	16.93				
400	35	51.28	41.96	31.87	25.99	22.14	19.43	17.41	62.80	41.48	31.59	23.51	21.66	19.59	16.93	74.55	46.42	34.79	28.93	24.50	21.29	21.66	31.59	23.51	21.66	19.59	16.93				
400	40	55.49	45.94	34.81	28.00	23.81	20.65	18.64	70.08	45.47	34.63	25.52	23.53	20.37	18.16	82.66	50.41	37.74	31.38	26.49	22.98	23.53	34.63	25.52	23.53	20.37	18.16				
400	45	59.70	49.92	36.76	30.01	25.82	22.20	19.87	78.34	49.46	37.68	27.54	25.55	22.98	20.48	91.01	54.40	40.69	34.33	29.46	24.57	25.55	37.68	27.54	25.55	22.98	20.48				
400	50	63.91	53.93	37.71	31.02	26.83	23.21	20.11	86.59	53.45	39.73	29.56	27.58	24.97	21.71	95.00	58.39	43.68	37.04	31.55	26.66	27.58	39.73	29.56	27.58	24.97	21.71				
400	55	68.12	57.95	38.67	32.03	27.84	24.22	21.35	94.88	57.44	41.78	31.58	29.60	26.96	23.00	104.00	62.38	46.67	40.51	33.64	28.75	29.60	41.78	31.58	29.60	26.96	23.00				
400	60	72.33	61.98	39.62	33.04	28.85	25.23	22.59	103.17	61.43	43.83	33.61	31.63	28.34	24.24	113.00	66.37	49.50	43.34	35.70	30.94	31.63	43.83	33.61	31.63	28.34	24.24				
400	65	76.54	65.99	40.58	34.05	29.86	26.24	23.83	111.46	65.42	45.88	35.64	33.68	30.17	25.48	122.00	70.36	52.39	46.15	37.79	32.23	33.68	45.88	35.64	33.68	30.17	25.48				
400	70	80.75	69.99	41.53	35.06	30.87	27.25	24.84	119.75	69.41	47.93	37.67	35.75	32.20	26.72	131.00	74.35	55.28	48.99	39.88	33.52	35.75	47.93	37.67	35.75	32.20	26.72				
400	75	84.96	73.99	42.48	36.07	31.88	28.26	25.85	128.04	73.40	49.98	39.70	37.82	34.23	27.96	140.00	78.34	58.17	51.84	41.97	34.91	37.82	49.98	39.70	37.82	34.23	27.96				
400	80	89.17	77.99	43.43	37.08	32.89	29.27	26.86	136.33	77.39	51.93	41.73	39.87	36.72	29.20	149.00	82.33	61.06	54.79	44.06	36.10	39.87	51.93	41.73	39.87	36.72	29.20				
400	85	93.38	81.99	44.38	38.09	33.90	30.28	27.87	144.62	81.38	53.88	43.58	41.92	38.81	30.44	158.00	86.32	63.95	57.70	46.19	37.29	41.92	53.88	43.58	41.92	38.81	30.44				
400	90	97.59	85.99	45.33	39.10	34.91	31.29	28.88	152.91	85.37	55.83	45.43	44.11	40.00	31.68	167.00	90.31	66.84	60.51	48.38	38.68	44.11	55.83	45.43	44.11	40.00	31.68				
400	95	101.80	89.99	46.28	40.11	35.92	32.30	29.89	161.20	89.36	57.78	47.28	46.24	41.13	32.87	176.00	94.30	69.73	63.12	50.57	40.87	47.28	57.78	47.28	46.24	41.13	32.87				
400	100	106.01	93.99	47.23	41.12	36.93	33.31	30.90	169.49	93.35	59.73	49.13	48.37	42.26	34.11	185.00	98.29	72.62	65.73	52.76	42.96	49.13	59.73	49.13	48.37	42.26	34.11				
400	105	110.22	97.99	48.18	42.13	37.94	34.32	31.91	177.78	97.34	61.68	50.98	50.50	43.40	35.35	194.00	102.28	75.51	68.34	54.95	44.25	50.98	61.68	50.98	48.37	43.40	35.35				
400	110	114.43	101.99	49.13	43.14	38.95	35.33	32.92	186.07	101.33	63.63	52.83	52.69	44.59	36.59	203.00	106.27	78.40	70.95	57.14	45.54	52.83	63.63	52.83	48.37	36.59	36.59				
400	115	118.64	105.99	50.08	44.15	39.96	36.34	33.93	194.36	105.32	65.58	54.68	54.88	45.78	37.83	212.00	110.26	81.29	73.56	59.33	46.83	54.68	65.58	54.68	48.37	37.83	37.83				
400	120	122.85	109.99	51.03	45.16	40.97	37.35	34.94	202.65	109.31	67.53	56.53	57.07	46.97	39.07	221.00	114.25	84.18	76.17	61.52	48.12	56.53	67.53	56.53	48.37	39.07	39.07				
400	125	127.06	113.99	52.04	46.17	41.98	38.36	35.95	210.94	113.30	69.48	58.38	59.26	48.16	40.31	230.00	118.24	87.07	78.98	63.71	49.41	58.38	69.48	58.38	48.37	40.31	40.31				
400	130	131.27	117.99	53.05	47.18	42.99	39.37	36.96	219.23	117.29	71.43	60.23	61.45	49.60	41.55	239.00	122.23	89.96	81.79	65.90	50.70	60.23	71.43	60.23	48.37	41.55	41.55				
400	135	135.48	121.99	54.06	48.19	44.00	40.38	37.97	227.52	121.28	73.38	62.08	63.54	51.01	42.79	248.00	126.22	92.85	84.60	68.09	51.99	62.08	73.38	62.08	48.37	42.79	42.79				
400	140	139.69	125.99	55.07	49.20	45.01	41.39	38.98	235.81	125.27	75.33	63.73	65.63	52.46	44.03	257.00	130.21	95.74	87.41	70.28	53.28	63.73	75.33	63.73	48.37	44.03	44.03				
400	145	143.90	129.99	56.08	50.21	46.02	42.40	39.99	244.10	129.26	77.28	65.38	67.72	53.90	45.27	266.00	134.20	98.63	90.22	72.47	54.57	65.38	77.28	65.38	48.37	45.27	45.27				
400	150	148.11	133.99	57.09	51.22	47.03	43.41	41.00	252.39	133.25	79.23	67.13	69.81	55.31	46.51	275.00	138.19	101.52	92.83	74.66	55.86	67.13	79.23	67.13	48.37	46.51	46.51				
400	155	152.32	137.99	58.10	52.23	48.04	44.42	42.01	260.68	137.24	81.18	68.88	71.90	56.72	47.75	284.00	142.18	104.41	95.44	76.85	57.15	68.88	81.18	68.88	48.37	47.75	47.75				
400	160	156.53	141.99	59.11	53.24	49.05	45.43	43.02	268.97	141.23	83.13	70.65	73.99	58.13	48.99	293.00	146.17	107.30	98.05	79.04	58.44	70.65	83.13	70.65	48.37	48.99	48.99				
400	165	160.74	145.99	60.12	54.25	50.06	46.44	44.03	277.26	145.22	85.08	72.42	76.08	59.54	50.23	302.00	150.16	110.19	100.66	81.23	59.73	72.42	85.08	72.42	48.37	50.23	50.23				
400	170	164.95	149.99	61.13	55.26	51.07	47.45	45.04	285.55	149.21	87.03	74.29	78.17	60.95	51.47	311.00	154.15	113.08	103.87	83.42	61.02	74.29	87.03	74.29	48.37	51.47	51.47				
400	175	169.16	153.99	62.14	56.27	52.08	48.46	46.05	293.84	153.20	88.98	76.16	80.26	62.36	52.71	320.00	158.14	115.97	107.08	85.61	62.31	76.16	88.98	76.16	48.37	52.71	52.71				
400	180	173.37	157.99	63.15	57.28	53.09	49.47	47.06	302.13	157.19	90.93	78.03	82.35	63.77	53.95	329.00	162.13	118.86	110.29	87.80	63.60	78.03	90.93	78.03	48.37	53.95	53.95				
400	185	177.58	161.99	64.16	58.29	54.10	50.48	48.07	310.42	161.18	92.88	79.90	84.44	65.18	55.19	338.00	166.12	121.75	113.50	90.99	64.89	79.90	92.88	79.90	48.37	55.19	55.19				
400	190	181.79	165.99	65.17	59.30	55.11	51.49	49.08	318.71	165.17	94.83	81.77	86.53	66.59	56.43	347.00	170.11	124.64	116.11	93.18	66.18	81.77	94.83	81.77	48.37	56.43	56.43				
400	195	186.00	169.99	66.18	60.31	56.12	52.50	50.09	327.00	169.16	96.78	83.64	88.62	68.00	57.67	356.00	174.10	127.53	118.72	95.37	67.47	83.64	96.78	83.64	48.37	57.67	57.67				
400	200	190.21	173.99	67.19	61.32	57.13	53.51	51.10	335.29	173.15	98.73	85.55	90.71	69.41	58.91	365.00	178.09	130.42	121.33	97.56	68.76	85.55	98.73	85.55	48.37	58.91	58.91				
400	205	194.42	177.99	68.20	62.33	58.14	54.52	52.11	343.58	177.14	100.68	87.46	92.80	70.82	60.15	374.00	182.08	133.31	124.14	99.75	69.95	87.46	100.68	87.46							

