

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

APROVECHAMIENTO FORESTAL MECANIZADO: EXPERIENCIAS EN EL NORTE Y
NORORIENTE DE GUATEMALA

DOCUMENTO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

WALTER RENE CHAVEZ FIGUEROA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

en el grado académico de

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DEL 2007

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía

Rector Magnifico

Lic. Carlos Esturado Gálvez Barrios

Junta Directiva de la Facultad de Agronomía

Decano	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
Vocal I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
Vocal II	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
Vocal III	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
Vocal IV	Br. Mirna Regina Valiente
Vocal V	Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino
Secretario	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, julio del 2,007.

Guatemala, Julio del 2007.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos De Guatemala

Distinguidos miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el documento de graduación titulado:

APROVECHAMIENTO FORESTAL MECANIZADO: EXPERIENCIAS EN EL NORTE Y NORORIENTE DE GUATEMALA.

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente

Walter René Chávez Figueroa

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS:** Padre todo poderoso, que me ha acompañado, protegido e iluminado toda mi vida.
- JESÚS CRISTO:** Agradecimiento por el sacrificio hecho por la humanidad.
- LA VIRGEN MARIA:** Abogada bendita, con respeto y devoción.
- MIS PADRES:** César Francisco Chávez Robles que Dios lo tenga bajo su manto.
Irma Yolanda Figueroa Vda. de Chávez (Doña Yoly). Por su sacrificio y su guía.
- MI ESPOSA:** Noraida Aravea López Morales de Chávez
Con todo mi amor y agradecimiento por el amor, apoyo y comprensión que me ha brindado.
- MIS HIJOS:** Hans Miguel, Francisco René y Diego Alejandro. Que DIOS los bendiga y los ilumine en su caminar.
- MIS HERMANOS:** Amanda, Juany, Julio, Mildred y Araceli por su cariño expresado siempre.
- MIS AMIGOS:** Especialmente a: Byron Villeda, Luis Larrazabal, Guillermo Deftlersen, Mauricio Corado, Rodolfo Fabian y Claudio Cabrera por su amistad incondicional.

DOCUMENTO QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

EL INSTITUTO NORMAL MIXTO RAFAEL AQUECHE.

MI ESCUELA ALBERTO MEJIA.

LA EMPRESA RESERVAS FORESTALES S. A.

AL SECTOR FORESTAL DE GUATEMALA.

TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON
A MI FORMACIÓN.

AGRADECIMIENTO

A:

Ing. Agr. Byron Villeda por su decidida y desinteresada amistad, apoyo, contribución y colaboración en el asesoramiento de este documento.

Ing. Agr. Walter García Tello por su colaboración en el asesoramiento de este documento.

El personal del Departamento Forestal de Reservas Forestales S. A; en especial al señor Tircio Jesús Gonzáles.

Todo el personal de Reservas Forestales y sus Directivos.

Todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a realización de este documento.

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1: Velocidad de avance y retroceso del tractor Caterpillar D5B.	19
Cuadro 2: Dimensiones del tractor D5B y la hoja topadora	22
Cuadro 3: Velocidad de avance y retroceso del tractor Caterpillar D4H	25
Cuadro 4: Dimensiones del tractor D4H y la hoja topadora.	28
Cuadro 5: Velocidad de avance y retroceso del tractor forestal articulado Caterpillar serie 518.	34
Cuadro 6: Distribución por pendiente del área de la finca la firmeza.	46
Cuadro 7: Ubicación de la maquinaria de Reservas Forestales S. A. en el período evaluado.	56
Cuadro 8: Área intervenida por Reservas Forestales S .A. 1992-2003.	57
Cuadro 9: Volumen de madera en troza aprovechado por la empresa Reservas Forestales S. A. en el periodo 1992-2003.	59
Cuadro 10: Volumen de madera en troza aprovechado por finca en el periodo 1992-2003 por la empresa Reservas Forestales S .A.	59
Cuadro 11: Horas maquina utilizadas por finca aprovechada por La empresa Reservas Forestales S. A.	61
Cuadro 12: Horas/ maquina/ finca utilizadas en el periodo 1992-2003 por la maquinaria de la empresa Reservas Forestales S. A.	62

PAGINA

Cuadro 13:	Resumen de las horas máquina y rendimiento por finca de la maquinaria de Reservas Forestales S.A.	63
Cuadro 14:	Días trabajados por la maquinaria de Reservas Forestales S. A. en los frentes de aprovechamiento.	65
Cuadro 15:	Horas/día trabajadas el las fincas aprovechadas por la empresa Reservas Forestales S. A. en el periodo 1992-2003.	65
Cuadro 16:	Rendimiento de la maquinaria forestal en m ³ /hora por finca en el periodo 1992-2003.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1: Censo comercial.	6
Figura 2: Apertura de camino tractor D5B.	6
Figura 3: Árbol apeado.	8
Figura 4: Arrastre con skidder.	10
Figura 5. Arrastre con tractor de oruga.	11
Figura 6: Transporte de madera utilizando plataformas.	12
Figura 7: Transporte de madera utilizando camiones.	13
Figura 8: Carga de madera utilizando cargador frontal.	13
Figura 9: Aserradero móvil.	14
Figura 10: Aserrio con motosierra.	15
Figura 11: Motosierra con marco.	16
Figura 12: Tracción en la barra de tiro en función de la velocidad del tractor D5B .	20
Figura 13: Dimensiones del tractor con la hoja topadora.	22
Figura 14: Dimensiones generales del tractor Caterpillar D4H	23
Figura 15: Tracción en la barra de tiro en función de la velocidad del tractor D4H.	25
Figura 16: Ubicación de la rueda motriz en el tractor D4H.	26
Figura 17: Sistema de rodaje y cadenas del D4H.	27
Figura 18: Madera corta lista para ser transportada.	29
Figura 19: Arco integral y escudo protector del skidder.	30
Figura 20: Pala frontal de skidder.	30

	PAGINA
Figura 21: Carga de trozas con skidder.	31
Figura 22: Skidder Caterpillar 518.	33
Figura 23: Dimensiones del Skidder Caterpillar 518.	33
Figura 24: Tracción en las ruedas en función de la velocidad del tractor forestal articulado Caterpillar serie 518.	35
Figura 25: Ubicación de la finca Cayo de Piedra en la hoja cartográfica Castillo de San. Felipe.	38
Figura 26: Ubicación de la finca Alejandra en las hojas cartográficas Livingston y Puerto Barrios.	40
Figura 27: Ubicación de la finca Las Jaras en la hojas cartográficas Entre Ríos	42
Figura 28: Ubicación de la Comunidad el Buen Samaritano.	44
Figura 29: Ubicación de la finca La Firmeza en la hoja cartográfica Sierra Caral.	46
Figura 30: Tractor D5B propiedad de reservas Forestales S.A.	50
Figura 31: Hoja topadora clase A en un tractor Caterpillar D5B.	51
Figura 32: Malacate modelo 55 en tractor D5B	52
Figura 33: Tractor propiedad de Reservas Forestales S.A..	53
Figura 34: Hoja topadora tipo PAT en un tractor D4H.	53
Figura 35: Malacate modelo 54 en tractor D4H.	54
Figura 36: Skidder 518 propiedad de la empresa Reservas Forestales S. A.	55
Figura 37: Malacate modelo Cat 518.	55

	PAGINA
Figura 38: Ritmo de intervención realizado por Reservas Forestales S. A en el periodo 1992-2003.	58
Figura 39: Volumen de madera extraído por año en el norte y nororiente de Guatemala por Reservas Forestales S.A.	60
Figura 40: Horas maquina y volumen aprovechado por finca.	62

APROVECHAMIENTO FORESTAL MECANIZADO: EXPERIENCIAS EN EL NORTE Y NORORIENTE DE GUATEMALA

MECHANIZED FOREST HARVESTING EXPERIENCES: IN NORTHERN AND NORTHEASTERN GUATEMALA

RESUMEN

La empresa Reservas Forestales S. A está ubicada en el municipio de Puerto Barrios cabecera departamental de Izabal y su razón en los últimos quince años ha sido la de proveer madera en troza de especies latifoliadas a la empresa Industrias Río Dulce S .A, madera que constituye la materia prima para la fabricación de contra chapados. Para tal efecto hace uso de maquinaria forestal especializada, es decir tractores de cadena equipados con “winch”, tractores articulados arrastradores de troncos comúnmente llamados “skidders” y cargadores frontales equipados con pinzas.

En el presente trabajo se refiere a esa actividad desarrollada por la compañía en el período 1992-2003. En la primera parte se establece el marco conceptual en los que se sustentan los aprovechamientos forestales, dando paso seguidamente a una descripción detallada de los componentes técnicos-mecánicos de la maquinaria forestal especializada, haciendo énfasis en los tractores de banda marca Caterpillar de las series D5B y D4H y los “skidders” marca Caterpillar de la serie 518, finalizando esta parte con una descripción de las fincas intervenidas en el periodo estudiado.

La metodología utilizada consiste principalmente en el análisis descriptivo de los parámetros de cosecha forestal: área intervenida, volumen aprovechado horas maquina, días laborados, horas /día laborados, y el rendimiento m^3 /hora que la maquinaria ha presentado en el periodo estudiado.

De acuerdo con los parámetros observados, se concluye que la maquinaria forestal rinde en m^3 /hora un 111% más en el sur oeste de Peten que en el área de Izabal y que, el rendimiento medio de los tractores de cadena expresado en m^3 / hora es de 2.14 y el del tractor forestal articulado de 2.8. De igual forma se observa una marcada tendencia por parte de la compañía a intervenir en menor grado el bosque natural, como producto de las condiciones de mercado de la materia prima y la industrialización de plantaciones propias para la elaboración de contra chapados.

1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento los recursos naturales en Guatemala, especialmente los bosques de hoja ancha o latifoliados con fines industriales se realiza utilizando maquinaria. Para que el uso de ésta sea eficiente, es necesario conocer las características fisiográficas, geomorfológicas, climáticas, hidrología, suelos y vegetación del área a intervenir y así poder escoger la máquina mas adecuada, ya que este es uno de los componentes que más incide en el costo financiero, económico y ambiental del aprovechamiento forestal.

En Guatemala, los aprovechamientos forestales están normados en el decreto legislativo Número 101-96 del congreso de la Republica de Guatemala Ley Forestal (16) cuando los mismos se realizan fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Generalmente, las operaciones de manejo comienzan con el aprovechamiento, siendo la producción permanente y continua de madera muchas veces su objetivo principal. (6) De está manera el aprovechamiento es la parte más importante del manejo forestal, y debe ser cuidadosamente planificado y obedecer a directrices generales previamente estipuladas en el plan de manejo. (17) Entre las principales actividades a considerar durante la ejecución de un aprovechamiento forestal se pueden mencionar: la realización de un censo comercial de las especies a aprovechar, seguidamente la planificación y apertura de la red de caminos e infraestructura, para continuar con la tumba de los árboles. Seguidamente se procede a su arrastre o extracción hacia el lugar de acopio para luego ser transportada a la industria de transformación primaria. Terminada está fase es necesario el aprovechamiento de los residuos en el bosque para dar paso seguidamente a la medidas post-aprovechamiento, y hacer un análisis de valoración del mismo. (17).

El marco de referencia del presente documento lo constituye las actividades de aprovechamiento forestal ejecutadas por la empresa Reservas Forestales S.A. en el norte y nororiente del país, en el periodo 1992-2003, aprovechamientos que fueron realizados en cinco fincas provistas de bosque latifoliado utilizando maquinaria forestal especializada tales como; tractores de banda equipados con malacates o

“winche” y tractores articulados o jala troncos mas conocidos como “skidders” y cargadores frontales provistos de pinzas.

Se analizaron los parámetros, área intervenida, volumen aprovechado, horas máquina, días laborados, horas / días laborados y el rendimiento expresado en m^3 / hora que las máquinas presentaron en cada uno de los frentes de trabajo en el periodo analizado, se compararon los resultados de estos entre frentes de trabajo y entre regiones de trabajo.

2. JUSTIFICACION:

En Guatemala, el uso de maquinaria en aprovechamientos forestales se realiza indiscriminadamente, provocando con ello pérdidas financieras, económicas, y ambientales. Perdidas financieras, ya que se sub utiliza o sobre utiliza maquinaria, consecuentemente se incrementa el costo de extracción de la madera, dificultando con ello su comercialización e industrialización.

Perdidas económicas, al utilizar inadecuadamente maquinaria el daño que se provoca en el área a intervenir es mayor y las labores de mitigación para corregirlos se incrementan y en algunos casos son irreversibles.

En tal sentido, la elección de la maquinaria adecuada, es fundamental para elevar la productividad y reducir los costos tanto financieros como económicos de los aprovechamientos forestales donde se hace uso de maquinaria.

3. MARCO TEORICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Aprovechamiento forestal

El decreto legislativo Número 101-96 del congreso de la Republica de Guatemala Ley Forestal en el capitulo II, articulo 4, define el aprovechamiento forestal como “ el beneficio obtenido por el uso de los productos o subproductos del bosque, en una forma ordenada, de acuerdo a un plan de manejo técnicamente elaborado, que por lo tanto permite el uso de los bienes del bosque con fines comerciales y no comerciales, bajo estrictos planes silvícolas que garanticen su sostenibilidad, y los clasifica en comerciales y no comerciales, siendo los primeros aquéllos que se realizan con el propósito de obtener beneficios lucrativos derivados de la venta o uso de los productos del bosque. Los no comerciales son aquéllos que proveen beneficios no lucrativos y según sus fines los clasifica en científicos y de consumo familiar.(16) Tolosana (19) indica que el aprovechamiento forestal es la actividad de un sector de la sociedad para satisfacer ciertas necesidades de su conjunto, comprende las operaciones cuyo objetivo es la extracción de la madera como producto renovable de los bosques y su puesta disposición de sus usuarios inmediatos que son las industrias de primera transformación

El manejo sostenible está estrechamente ligado al buen o mal aprovechamiento que en el se practique. Generalmente, las operaciones de manejo comienzan con el aprovechamiento, siendo la producción permanente y continua de madera muchas veces su objetivo principal, de está manera el aprovechamiento es la parte más importante del manejo forestal, debido a que de su correcta ejecución depende en gran medida la sostenibilidad económica y ecológica del bosque.(6) Por consiguiente el aprovechamiento forestal debe ser cuidadosamente planificado y obedecer a directrices generales previamente estipuladas en el plan de manejo. (17)

Si se desea manejar el bosque sosteniblemente, las operaciones de aprovechamiento deben cumplir dos requisitos, uno, que el impacto de las

operaciones sobre el bosque remanente no deben comprometer su capacidad productiva, procurando la existencia de una regeneración natural suficiente en calidad y cantidad para permitir la reposición de la masa extraída y dos, los costos de las operaciones deben ser lo suficientemente bajos para permitir que el manejo sea una actividad económicamente competitiva y atractiva. (17)

Entre los factores que influyen las operaciones de aprovechamiento forestal podemos mencionar:

- a) Factores del terreno, los cuales se refieren a la condición general de área a intervenir tales como la localización geográfica, en términos de latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, las características climáticas especialmente la precipitación, temperatura y los vientos así como las características geomorfológicas. Una descripción detallada del terreno, la cual incluye la pendiente tanto en porcentaje como su dirección, la rugosidad del suelo, la cual se refiere a la ocurrencia de obstáculos tales como tocones, piedras, huecos, puntas rocosas y todas aquellas que tengan relevancia en la ejecución de las actividades de apeo, arrastre y transporte de los productos forestales a extraerse del área. También debe considerarse las características físico-mecánicas del suelo tales como la estructura y profundidad de la capa de humus, textura y profundidad de la capa de suelo mineral, pedregosidad, drenaje y resistencia. Además hay que considerar la susceptibilidad a la erosión y la accesibilidad.
- b) Factores Forestales, entre los principales factores a considerar se encuentra el tamaño total del área boscosa expresado en metros cúbicos totales de ser aprovechados, el volumen por hectáreas, el crecimiento promedio del bosque expresado en m^3 /hectárea / año, el diámetro de los fustes, la dureza y peso de las trozas y la susceptibilidad a daños biológicos en las trozas. Además hay que considerar los métodos más adecuados para la regeneración de la masa forestal.
- c) Factores sociales principalmente hay que considerar las condiciones de la mano de obra especialmente en lo referente a escolaridad, idioma, nivel de vida, habilidad, experiencia, motivación nivel salarial y hay que tomar en cuenta la competencia con otras industrias forestales. (3)

3.1.2 Actividades del aprovechamiento forestal



Figura 1: Censo comercial

Entre las principales actividades a considerar durante la ejecución de un aprovechamiento forestal se pueden mencionar: (6, 17)

a) Realización de un censo comercial de las especies a aprovechar

Tiene como objetivo la identificación de todos los árboles sujetos de ser aprovechados (figura 1), el volumen maderable existente así como las características del terreno, de tal forma que permitan una planificación eficiente de las operaciones.

Carrera y Pinelo (6) indican que lo importante es obtener como producto final un mapa-base o croquis con la ubicación de los árboles y las características del terreno en donde se pueda trazar la red de caminos.

b) Planificación de la red de caminos e infraestructura.

Es uno de los aspectos más problemáticos del aprovechamiento, ya que la red vial es esencial para la extracción de la madera e imprescindible para los efectos de manejo.(6)

Un buen diseño de la red de caminos tendrá como objetivo facilitar el acceso al bosque, al mismo tiempo de reducir los costos de construcción y mantenimiento, mediante la reducción de la densidad por unidad de superficie. También una buena red de caminos permitirá el acceso para realizar las labores de manejo, reducir los costos de la extracción, minimizar los daños causados por el



Figura 2: Apertura de camino con tractor D5B

aprovechamiento al bosque remanente (figura 2) además, de simplificar la organización y la ejecución de los trabajos de campo.(17) Carrera y Pinelo (6) clasifican los caminos forestales en: caminos permanentes, caminos temporales y vías de arrastre. Louman, Quiroz, y Carrera (17) hacen una clasificación más amplia de los caminos forestales los que clasifican en: a) Red vial principal, la cual está constituida por los caminos de acceso, caminos principales y los caminos secundarios. Los caminos de acceso son caminos permanentes que conectan los bosques con caminos públicos. Los caminos principales forman la red básica de las operaciones de extracción, pueden ser utilizados durante todo el año para el transporte de madera y los caminos secundarios que permiten el tránsito de camiones durante la época de extracción como parte de una ramificación del camino principal y se dirigen a los patios de acopio. b) Red vial secundaria, la cual está constituida por las vías de arrastre y las sendas de arrastre. Las vías de arrastre son caminos con un mínimo movimiento de tierra por donde circulan los tractores conectando los sitios de aprovechamiento con los patios de acopio. Las sendas de arrastre son aperturas desde la vía de arrastre hasta el tocón. Es importante hacer notar que ésta es la apertura que se debe realizar con el mayor cuidado, ya que de lo contrario los impactos sobre el suelo y vegetación remanente pueden ser considerables. Lamentablemente esta operación generalmente se deja a criterio del operador ya que se considera que sólo se utilizará una vez, sin embargo si se trabaja en áreas con pendiente de ondulada a fuerte, y el operador no tiene la suficiente experiencia, conocimiento y habilidad, las sendas de arrastre pueden convertirse en verdaderas cabezas de torrentes los cuales provocarían un fuerte impacto sobre el suelo. Hay que tomar en cuenta que en las operaciones forestales donde se utiliza maquinaria equipada con malacate o "winche" generalmente la longitud de las sendas de arrastre se reduce. Anaya, y Christiansen (3) presentan una detallada descripción de las consideraciones técnicas y económicas que deben tomarse en cuenta para la planificación y construcción de caminos forestales.

Los registros que se deben llevar en esta actividad dependen del control que se ejerza sobre ella. Como mínimo debe llevarse un registro diario de las horas

máquina utilizada, combustible y lubricantes consumidos, metros de camino o vías de arrastre construidos, reparaciones y repuestos utilizados así como el tiempo requerido para éstas. En esta etapa se omite llevar el registro de las sendas de arrastre elaboradas ya que esta actividad se monitorea al efectuarse la etapa de arrastre.

c) Tumba

La tumba o tala es básicamente el proceso de cortar desde su base un árbol. (16) La tala tradicional que se practica en forma extensiva durante los aprovechamientos forestales en los trópicos se caracteriza por ser una actividad extremadamente peligrosa, con altos volúmenes de desperdicio de madera aprovechable y fuertes daños a la masa remanente. Una alternativa para mitigar los efectos negativos de la tala tradicional es la denominada tala dirigida, (17) la cual es el conjunto de prácticas empleadas para tumbar los árboles en la dirección deseada de acuerdo con ciertos criterios de orden técnico.(6) Entre estos criterios técnicos se pueden mencionar: minimizar el riesgo de accidentes, facilitar el arrastre, evitar daños a las trozas a extraer, protección de los árboles de futura cosecha, reducir los efectos negativos para el suelo y cursos de agua entre otros. (6, 17)

Louman, Quiroz y Carrera (17) indican que la no aplicación de técnicas de tala dirigida pueden dar lugar a los siguientes problemas: grave situación de inseguridad y elevado gasto en concepto de seguro y compensaciones; elevando el costo de operaciones; bajas tasas de aprovechamiento; daños excesivos en la masa residual; daños excesivos a suelos y arroyos; empobrecimiento de las condiciones del bosque; colonización de la zona por especies pioneras o por plantas



Figura 3: Árbol apeado

trepadoras, causando retroceso en las etapas de sucesión vegetal, generalmente no convenientes por la duración de recuperación del sitio en cuanto a especies preferidas para producción de madera.

Existen muchos métodos para talar los árboles utilizando la técnica de la tala dirigida dependiendo de la situación específica en que se encuentran y pueden ser consultados ampliamente en Carrera y Pinelo (6) y también en Tolosana. (19)

Un aspecto que debe considerarse principalmente es la contratación de personal calificado y motivado sobre la necesidad y beneficios que representa la tala dirigida, ya que de ello depende el éxito o fracaso de esta etapa del aprovechamiento.

En la ejecución de esta actividad, la seguridad de las personas que la ejecutan (operadores de motosierra y ayudantes) es fundamental; en la mayoría de los aprovechamientos que se ejecutan en el norte y nororiente de Guatemala, este conjunto de operaciones se realiza sin tomar en cuenta las mínimas condiciones de seguridad para los operadores de motosierra y ayudantes (figura 3). Tolosana (19) indica que el equipo mínimo que debe llevar un operador de motosierra para efectuar sus labores debería de consistir en:

- Camisa larga de color llamativo, ni muy ceñida, ni muy suelta para facilitar los movimientos, pero sin que pueda producir enganches.
- Pantalón largo, muy recomendable que sea de seguridad o, al menos, se recubra con un protector de muslos.
- Botas con refuerzo de acero y suela antideslizante.
- Casco de seguridad ventilado para que proteja de la caída de las ramas.
- Visera para proteger los ojos de la viruta desprendida por la motosierra.
- Protectores de oído contra el ruido de la motosierra.
- Guantes antideslizantes, protegen las manos de golpes y roces.
- Botiquín de primeros auxilios (vendajes, desinfectantes y antiofídicos)

En términos generales los pasos a seguir en la operación de tumba son:

- Limpieza al pie del árbol.
- Tumba

- Destronque
- Despunte
- Saneamiento
- Troceo.

Como mínimo debe llevarse un registro diario de los árboles tumbados por especie, número de fustes y volumen por árbol si fuera el caso, así como del combustible y lubricantes consumidos y cadenas y limas utilizadas por los motosierristas en la operación.

d) Arrastre o extracción.

Se define como extracción o arrastre menor a la actividad de desplazar la madera (en fuste, troza, troza labrada, "fliche", bloque o tabla) desde el tocón hacia patios de acopio o "bacadillas" desde donde es transportado al centro de transformación primaria.(17, 3)

Es la operación que más impacta al bosque después de la construcción de caminos, por lo tanto, se debe operar cuidadosamente sin menoscabo de los niveles de eficiencia (6). Existen diferentes métodos de arrastre, en el presente



Figura 4: Arrastre con skidder

documento se hará mención únicamente al arrastre mecanizado. En Tolosana (19) y en Anaya y Chistiansen (3) puede encontrarse mayor información sobre los otros tipos de arrastre que existen.

En el arrastre mecanizado generalmente se utilizan tres tipos de tractores: tractores forestales articulados denominados "skidders", (figura 4) tractores de oruga o "buldózer", (figura 5) y en algunas ocasiones tractores agrícolas de doble transmisión. (17) Tolosana (19) indica que el uso del tractor agrícola en actividades forestales por su concepción no responde a las exigencias de este trabajo, por lo que su uso supone un descenso del rendimiento de las operaciones y una menor seguridad para los trabajadores, aunque, en términos generales, su reducida productividad conduce a menor rentabilidad, en el caso de aprovechamientos de

pequeño volumen la pérdida de competitividad económica no es tan clara, dados los mayores costos fijos de las empresas de cierto tamaño que emplean maquinaria forestal con respecto a las familiares que emplean con frecuencia la agrícola.

Dependiendo de las condiciones del terreno, el arrastre se puede realizar utilizando tractor de orugas, (figura 5) sin embargo cuando la pendiente es un factor limitante, lo mas conveniente es una combinación entre tractor de oruga y tractores forestales articulados. (figura 4) Anaya y Christiansen (3) indican que el tractor de oruga (figura 5) puede utilizarse en terrenos poco ondulados siempre y cuando la distancia de arrastre sea menor a 500 metros. En los departamentos de Izabal, el norte de Alta Verapaz y el sur de El

Petén, la operación de arrastre se realiza generalmente combinando ambos tractores, es decir el tractor de oruga saca el fuste o las trozas desde el tocón a un deposito interior o la las vías de arrastre, donde son enganchadas por los tractores forestales articulados o skidder que lo pueden trasladar a una mayor velocidad hacia los centros de acopio. En los aprovechamientos forestales en otras áreas de Petén, el arrastre generalmente



Figura 5: Arrastre con tractor de ORUGA

se realiza utilizando una de los dos máquinas o tractor de oruga o tractores forestales articulados ya que las condiciones de pendiente lo permiten.

En la etapa de arrastre se utiliza un número grande de horas máquina, en tal sentido, el control sobre esta actividad debe ser rigurosa, ya que de no ser así, los costos del aprovechamiento pueden elevarse desproporcionadamente, provocando con ello que el costo de la madera se eleve dificultando su comercialización.

Como ya se indicó, en el norte y nororiente de Guatemala esta etapa se lleva a cabo combinando el uso de tractores de oruga y tractores jala troncos articulados (figuras 4 y 5), en tal sentido el control de esta etapa conlleva el registro diario de las actividades en ambas máquinas, del tractor de oruga, el registro de horas

laborados en el día, número de metros de sendas de arrastre abiertos, el número de árboles por especie o fustes extraídos de las sendas de arrastre a las vías de arrastre si es posible el volumen de estos, combustible y lubricantes consumidos reparaciones y repuestos utilizados, importante es llevar el control del tiempo requerido para efectuar reparaciones, ya que si la maquinaria es rentada, este tiempo no debe ser incluido en el análisis de los costos del aprovechamiento. En los tractores forestales articulados o skidder debe llevarse registro detallado de las horas laboradas por día, el número de árboles por especie o fustes acarreados por las vías de arrastre hacia el patio de acopio, el volumen de estos, el combustible y lubricantes utilizado así como de las reparaciones y repuestos utilizados y el tiempo requerido para efectuarlas.

e) Transporte



Figura 6: Transporte de madera utilizando plataformas

Esta actividad se refiere básicamente al traslado de la madera de los centros de Figura 6.

Transporte de madera utilizando plataformas acopio hacia los centros de transformación. Dependiendo de la distancia y ubicación del bosque este puede realizarse por medio de camiones, ferrocarril o por agua.

En el departamento de Peten generalmente se utilizan plataformas haladas por cabezales. (figura 6) En el nororiente de Guatemala esta actividad se realiza utilizando camiones tanto de un eje como de dos ejes. (figura 7)



Figura 7: Transporte de madera utilizando camiones

En esta fase es necesario el empleo de maquinaria especializada, ya que el peso de las trozas no permite que la carga del transporte se ejecute utilizando mano de obra, para tal efecto se utiliza un cargador frontal equipado con pinzas. (figura 8)

El control de esta actividad se lleva con el registro de las horas que la máquina trabaja en el día, el consumo de combustible y la cantidad de camiones y volumen de madera cargado en cada uno de ellos.



Figura 8: Carga de madera utilizando cargador frontal.

f) Aprovechamiento de residuos

Las labores de aprovechamiento forestal no terminan con la extracción del último fuste, Carrera y Pinelo (6) mencionan que después de las actividades de arrastre y transporte, es frecuente encontrar madera talada que no se arrastro debido a que no fue posible extraerla por diferentes motivos, Figura 9: Aserradero móvil tales como las características propias del árbol como torceduras, rajaduras o bajo volumen o bien ramas gruesas que no era económicamente atractivo su aprovechamiento con métodos mecanizados, es también frecuente que se queden segmentos de fustes, que por no cumplir con las dimensiones de comercialización no son llevados hasta la industria.

El volumen de madera de estos residuos es significativo ya que puede estar entre un 15% a un 30% del volumen extraído (6 ,17). Dependiendo de las condiciones



Figura 9: Aserradero móvil

de mercado se promueve la práctica de aprovechar racionalmente este material a través del aserrío en el sitio o en lugares de almacenamiento dentro del bosque. El aserrío puede realizarse con aserradero puede realizarse con aserraderos portátiles (móviles) como el que se muestra en la figura 9, el típico aserrío con motosierra (figura 10) y el aserrío con motosierra con adaptación de un marco metálico (figura 11)

g) La implementación de medidas post-aprovechamiento

Una vez terminadas las actividades del aprovechamiento Carrera y Pinelo (3) y Louman, Quiroz y Carrera (17) recomiendan realizar las siguientes actividades:

1) Cierre y mantenimiento de caminos.

Se debe definir que vías continuaran siendo utilizadas y realizar labores de mantenimiento para que no se deterioren. Los caminos que no serán utilizados deberán ser clausurados con la deposición de montículos de tierra, vegetación u

otro material disponible. En aquéllos tramos donde la pendiente es fuerte, se recomienda hacer desvíos al paso del agua para evitar que estos se conviertan en desagües artificiales que fomenten la formación de cárcavas.

2) Restauración de los patios de acopio.

Empieza con la limpieza de todos los residuos orgánicos para luego realizar una subsolación del suelo afín de mejorar las condiciones físicas ya que generalmente está área se encuentra fuertemente compactada por el paso de la maquinaria y los



Figura 10: Aserrio con motosierra

camiones de transporte. Esta práctica mejora las condiciones para el establecimiento de la regeneración de la vegetación.

3) Deposición de materiales y sustancias contaminantes. Debe recolectarse todos los materiales, productos y otros componentes inorgánicos que se han llevado al bosque, generalmente es frecuente encontrar recipientes de

combustible y lubricantes, filtros, piezas de equipo desgastadas o dañadas, herramientas inservibles, lonas, laminas, cuerdas, segmentos de cables baterías en mal estado, llantas y tubulares de camiones y basura en general que debe de retirarse a un lugar previamente asignado para ello.

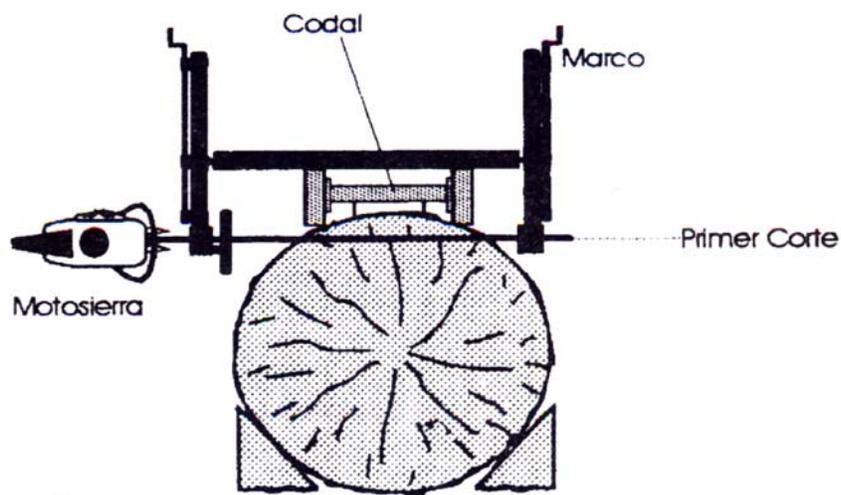


Figura 11: Motosierra con marco.

h) Valoración de la calidad de la operación.

Al finalizar todas las operaciones en el campo, es necesario realizar una cuantificación en términos forestales y económicos, en otras palabras la valoración de los costos y beneficios de las actividades realizadas.

Para evaluar si las actividades del aprovechamiento forestal se ejecutaron utilizando criterios de bajo impacto se recomienda seguir la metodología propuesta por Stanley (18) la cual evalúa siete actividades asociadas a este componente:

- Desperdicio de madera
- Corta de semilleros
- Pendiente excesiva en los caminos
- Corta de especies protegidas
- Daños a los árboles de cosecha futura
- Residuos dejados en los cuerpos de agua
- Corta de árboles fuera del área de aprovechamiento.

Louman, Quiroz y Carrera (17) indican que el calculo de los costos y beneficios de los aprovechamientos no es tan sencillo, ya que muchos de los componentes son difíciles de cuantificar y varían según la situación específica. Además, consideran que los aprovechamientos controlados demandan mayores inversiones iniciales en el rubro de planificación, el cual representa un porcentaje mínimo con respecto

al costo total de operaciones. En general, los mayores costos durante la operación de aprovechamiento están dados en el pago por uso de la maquinaria, de tal forma que una correcta planificación de las operaciones dará como resultado un ahorro en el empleo de horas máquina, lo que repercutirá en una disminución significativa de los costos totales de la actividad. Gretzinger (14) proporciona un ejemplo de análisis financiero de manejo forestal el cual puede ser consultado para obtener mayor información sobre este tema. En general, no hay que perder de vista que uno de los beneficios mas importantes del aprovechamiento planificado es el aumento en el valor económico de la siguiente cosecha y el valor ecológico del bosque después del aprovechamiento (17).

3.1.3 Características Generales de la maquinaria forestal

3.1.3.1 Tractores de cadena.

La característica principal del tractor de cadenas es que no apoya sus ruedas directamente sobre el suelo, sino que lo hace interponiendo una cadena sinfín, formada por eslabones y zapatas la que tiende y recoge de una forma continua el propio tractor, siendo la parte inferior de esta cadena la que trabaja en la tracción. (4) Esta característica determina ventajas comparativas con tractores agrícolas de llanta, ya que presentan una mayor adherencia al terreno debido a su mayor superficie de contacto, un menor apisonado del suelo, ya que su peso se reparte en una superficie mucho mayor, por eso mismo, tiene menor riesgo de atascarse en terrenos húmedos, además existe una mayor estabilidad en terrenos en pendiente por llevar el centro de gravedad muy bajo, lo que, además, hace difícil su vuelco y maniobra en muy poco espacio. (4) Entre sus desventajas se puede mencionar un precio de coste elevado, una prohibición de circular por carretera, si no va debidamente preparado y su velocidad de avance en transporte es muy lenta.

Aparte de la forma en que se apoyan sobre el suelo, lo que diferencia fundamentalmente al tractor de cadenas del tractor de ruedas, es el mecanismo de la dirección. El giro de los tractores de cadena se consigue variando la velocidad de una cadena con respecto a la otra. Para ello cada cadena dispone,

en la transmisión a la rueda motriz, de un embrague de discos múltiples y de un freno de cinta acoplado sobre la parte exterior del embrague. Cuando un tractor va circulando, para girar en una u otra dirección se desembraga, mediante la palanca correspondiente, el embrague de dirección del lado al que se desea girar, con lo que se consigue que está cadena se quede sin movimiento y la cadena del otro lado, al seguir recibiendo movimiento del motor, provoca el giro al hacer avanzar al tractor solamente por un lado. (4)

3.1.3.1.1 Características generales del Tractor Caterpillar D5B

Las características mas sobresalientes de este modelos son: (10,11)

a) Dimensiones principales:

2.71 metros de altura, 4.57 metros de largo incluyendo la hoja topadora, el ancho sin muñon es de 2.36 metros y 0.30 metros de altura libre sobre el suelo. El tanque de combustible tiene una capacidad de 51 galones El peso del tractor es de 25,615 libras sin hoja topadora y sin malacate.

b) Motor:

Motor diesel caterpillar de la serie 3306 turboalimentado, de 4 tiempos y 6 cilindros, cada uno con un diámetro de 121 mm, con una carrera de 152 mm y cilindrada de 10,455 centímetros cúbicos. La potencia al volante es de 78 kW (105 HP) y se refiere a la potencia neta en el volante del motor del vehículo,(15) cuando funciona en condiciones ambientales según norma SAE J1349, la temperatura a 25° C y presión de 100 kPa (752 mm de mercurio). La potencia se basa en un combustible diesel de 35° API (15.6° C) con valor térmico bajo de 42,780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) cuando se usa a temperatura ambiente de 29.4° C y con una densidad de 838.9 gramos por litro. La potencia se ha determinado incluyendo los siguientes componentes: ventilador, filtro de aire, alternador, bombas de agua aceite lubricante, combustible y silenciador. No requiere reducir la potencia hasta los 3000 m. Sistema de combustible Caterpillar de inyección directa con bombas e inyectores individuales, libres de ajustes. Los rotadores de válvulas proporcionan una distribución uniforme del calor. Pistones

de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con 3 anillos, enfriados por rocío de aceite. Cojinetes de aluminio con dorso de acero, y muñones endurecidos del eje cigüeñal. Lubricación a presión con aceite enfriado y filtrado de flujo total. Filtro de aire de tipo seco con filtro primario y elemento secundario. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios, alternador de 35 amperios. Utiliza dos baterías o acumuladores libres de mantenimiento de 12 voltios y 93 amperios.

c) Transmisión:

La servo transmisión es planetaria con embragues de aceite con alta capacidad de par. El convertidor de par se conecta directamente al volante. Toma de fuerza con el Malacate o “winch” modelo 55.

Las velocidades de avance y marcha atrás se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro 1: Velocidad de avance y retroceso del tractor Caterpillar D5B

Velocidad	Avance	Marcha atrás
	Km./h	Km./h
1	3.5	4.2
2	6.2	7.4
3	10.1	12.2

En la figura 12 se presenta la relación entre la tracción en la barra de tiro en función de la velocidad para cada una de las velocidades del tractor D5B. La velocidad en el eje de las abscisas en millas por hora (MPH) y otra escala en kilómetros por hora (Km./h) y en el eje de las ordenadas la tracción en la barra de tiro en Kg. y en libras, ambas multiplicada por 1000.

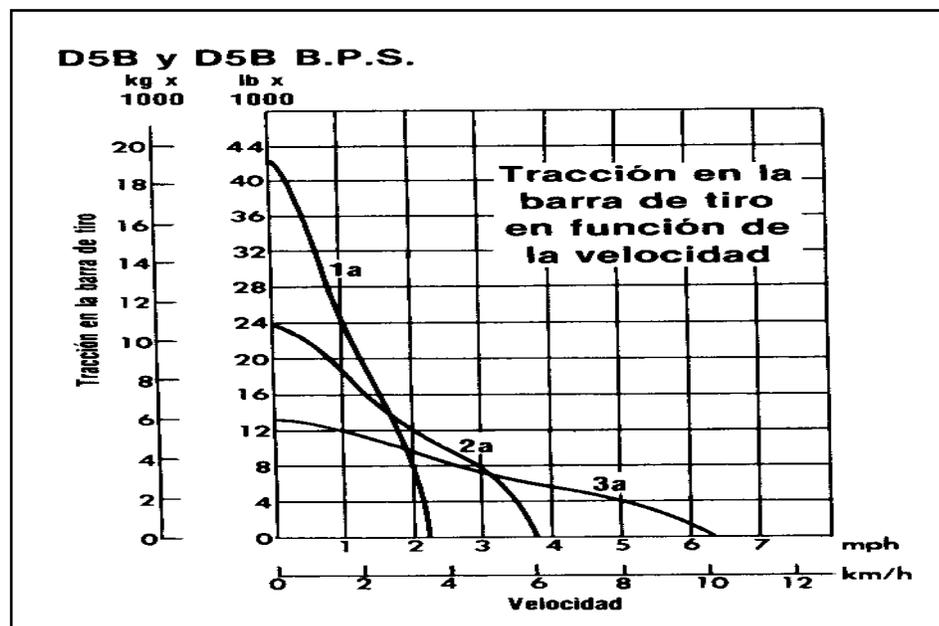


Figura 12: Tracción en la barra de tiro en función de la velocidad del tractor D5B (7)

d) Dirección.

Activados hidráulicamente, los embragues y frenos de dirección de discos múltiples enfriados en aceite se acoplan mediante resortes y se desacoplan hidráulicamente

Los controles combinados de embrague y freno están al frente del operador. Dos pedales de freno suspendido del tablero frenan las cadenas derecha e izquierda respectivamente sin desacoplar los embragues.

e) Mandos finales:

Planetarios de reducción simple, distribuyen las cargas de par sobre tres engranajes. Se ubica en la parte trasera del tractor. Su diseño modular reduce grandemente el tiempo de remoción. La rueda motriz dentada de segmentos reemplazables fácilmente.

f) Bastidor de rodillos

Tubular, de sección en caja reforzada. Seis rodillos en la parte inferior y dos ruedas guías de lubricación permanente por lado. La oscilación máxima de cada uno de los rodillos es de más o menos 65 mm.

g) Cadena, zapata y rodillos:

La cadena sellada y lubricada. El pasador se rodea con aceite para reducir grandemente el desgaste interno del buje. El lubricante se retiene con una disposición de sellado que incluye un sello de poliuretano, un anillo expensor de caucho y un anillo de tope. Los ajustadores hidráulicos y el eslabón maestro de dos piezas son estándar. Hay una distancia de 1.88 m de entre vía entre las cadenas.

El ancho de las zapatas es de 406 mm, el largo de cada carril sobre el suelo es de 2.21 metros, el área de contacto del tractor sobre el suelo es de 1.79 m² el tractor D5B ejerce una presión sobre el suelo de 9.8 lb/pulg²

h) Controles hidráulicos:

Sistema hidráulico con sensor de carga, una bomba de engranajes de caudal variable percibe la carga y ajusta automáticamente el flujo hidráulico a las necesidades de carga.

i) Techo ROPS.

El tractor D5B utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala, cumple los la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco. La estructura ROPS está diseñada y certificada con un peso en orden de trabajo de 14,500 Kg.

j) Hoja topadora:

Equipado con una hoja topadora de clase "A" o de giro horizontal. Ésta se sitúa en posición recta o en ángulo de 25° a derecha o izquierda, se ha diseñado para empuje lateral, corte inicial para caminos, rellenos, aberturas de zanjas y otras laboras similares. En estos trabajos, reduce las maniobras usuales. Su bastidor "C" es adecuado para accesorios de empuje, desmonte de tierras o despejado de arena o nieve

En la figura 13 se presenta un esquema general de las dimensiones del tractor con la hoja topadora, en el cuadro número 2 se presentan las dimensiones en el sistema métrico decimal, los incisos se describen a continuación.

Del tractor y la hoja:

- A: Largo (Hoja Recta)

Hoja:

- B: Ancho (incluso puntas de los extremos)

- C: Altura

- D: Profundidad máxima de excavación

- E: Espejo sobre el suelo a pleno levantamiento

- F: Inclinación manual máxima

- G: Giro horizontal (derecha o izquierda)

- H: Inclinación Hidráulica máxima.

- J: Inclinación Hidráulica (Refuerzo manual centrado)

- K: Ancho del muñon de los brazos de empuje (al centro de la bola)

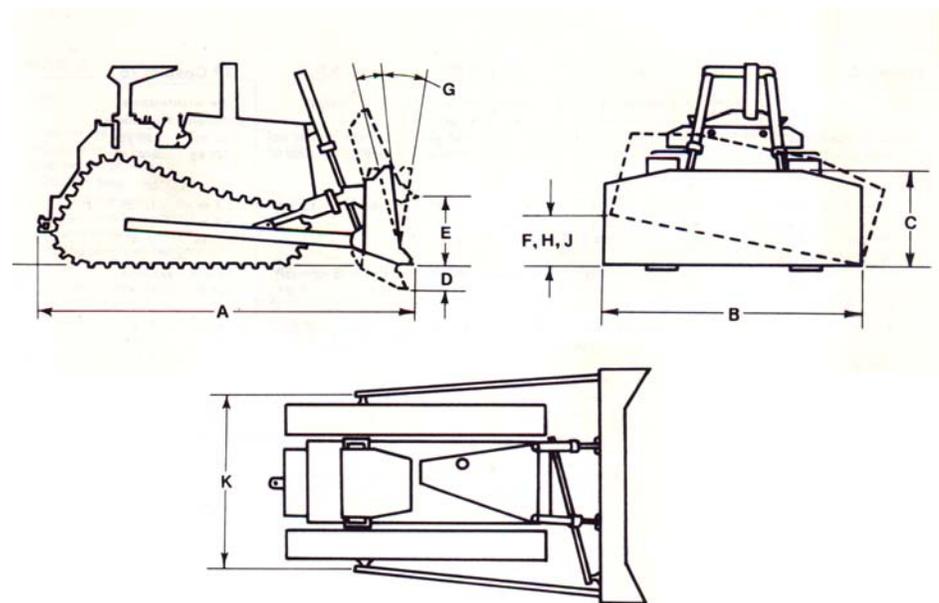


Figura 13: Dimensiones del tractor con la hoja topadora (7)

Cuadro: 2 Dimensiones del tractor D5B y la hoja topadora.

Inciso	Dimensión	Inciso	Dimensión	Inciso	Dimensión
A	4.570 m	D	0.523 m	G	25 ⁰
B	3.630 m	E	0.865 m	K	2.60 M
C	0.875 m	F	0.280 m		

k) Malacate o “Winch”.

Este implemento también recibe el nombre de cabestrante, (19) realiza simultáneamente labores de reunión y desembosque. Su ventaja radica en poder sacar la madera de zonas inaccesibles al tractor, solo es necesario que está esté situada al alcance del cable del “winch” para que pueda ser extraída (19).

3.1.3.1.2 Características generales del Tractor Caterpillar D4H

Las características mas sobresalientes de este modelo son:

(8, 9, 10, 11)

a) Dimensiones principales:

2.933 metros de altura, 3.422 metros de largo sin la hoja topadora, ancho de 2.36 metros y 0.30 metros de altura libre sobre el suelo. El tanque de combustible tiene una a capacidad de 44 galones, en la figura 14 se presenta un esquema con las dimensiones de este modelo de tractor. El peso del tractor es de 21,991 libras incluyendo la hoja topadora y el malacate.

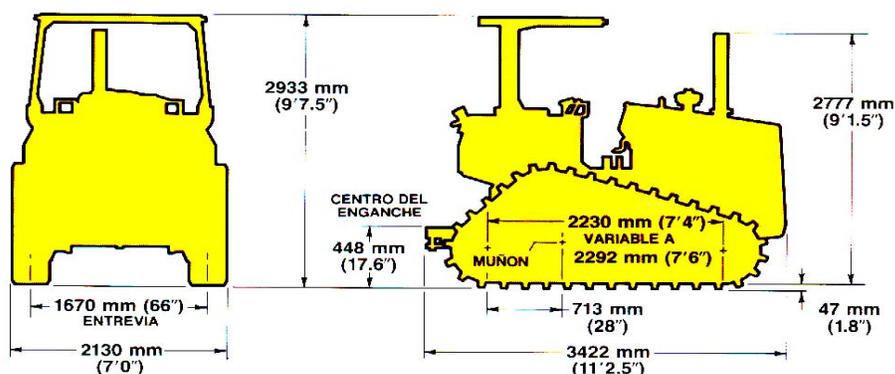


Figura 14: Dimensiones generales del tractor Caterpillar D4H (11).

b) Motor:

Motor diesel caterpillar de la serie 3204 turboalimentado, de 4 tiempos y 4 cilindros, cada uno con un diámetro de 114 mm, con una carrera de 127 mm y

cilindrada de 5,200 centímetros cúbicos. La potencia al volante es de 67 kW (105 HP) y se refiere a la potencia neta en el volante del motor del vehículo, cuando funciona en condiciones ambientales según norma SAE J1349, 25° C, de temperatura una presión de 100 kPa (752 mm de mercurio). La potencia se basa en un combustible diesel de 35° API (15.6° C) con valor térmico bajo de 42,780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) cuando se usa a temperatura ambiente de 29.4° C y con una densidad de 838.9 gramos por litro.

La potencia se ha determinado incluyendo los siguientes componentes: ventilador, filtro de aire, alternador, bombas de agua aceite lubricante, combustible y silenciador. No requiere reducir la potencia hasta los 2,300 m.

Sistema de combustible Caterpillar de inyección directa con bombas e inyectores individuales, libres de ajustes. Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con 2 anillos, cojinetes de aluminio con dorso de acero, eje cigüeñal fundido y templado, el enfriamiento de los pistones con chorros de refrigerante, válvulas de escape revestidas de estelita y asientos de válvulas reemplazables, estándar. Dos sistemas de arranque eléctrico directo de 24 voltios, alternador de 35 amperios. Utiliza dos baterías o acumuladores libres de mantenimiento de 12 voltios y 93 amperios.

c) Transmisión:

La servo transmisión es planetaria con embragues de aceite con alta capacidad de par. Una válvula especial de modulación permite hacer cambios rápidos de velocidad y de sentido de marcha

El convertidor de par de una etapa, se conecta directamente al volante. Toma de fuerza con el malacate o "winch" modelo 54. Las velocidades de avance y marcha atrás se pueden observar en el cuadro 3. En la figura número 15 se presenta la relación entre la tracción en la barra de tiro en función de la velocidad para cada una de las velocidades del tractor D4H. La velocidad en el eje de las abscisas en millas por hora (MPH) y otra escala en kilómetros por hora (Km./h) y en el eje de las ordenadas la tracción en la barra de tiro en Kg. y en libras, ambas multiplicada por 1000

Cuadro 3: Velocidad de avance y retroceso del tractor Caterpillar D4H

	Avance	Marcha atrás
Velocidad	Km./h	Km./h
1	3.5	4.3
2	6.2	7.5
3	10.2	12.2

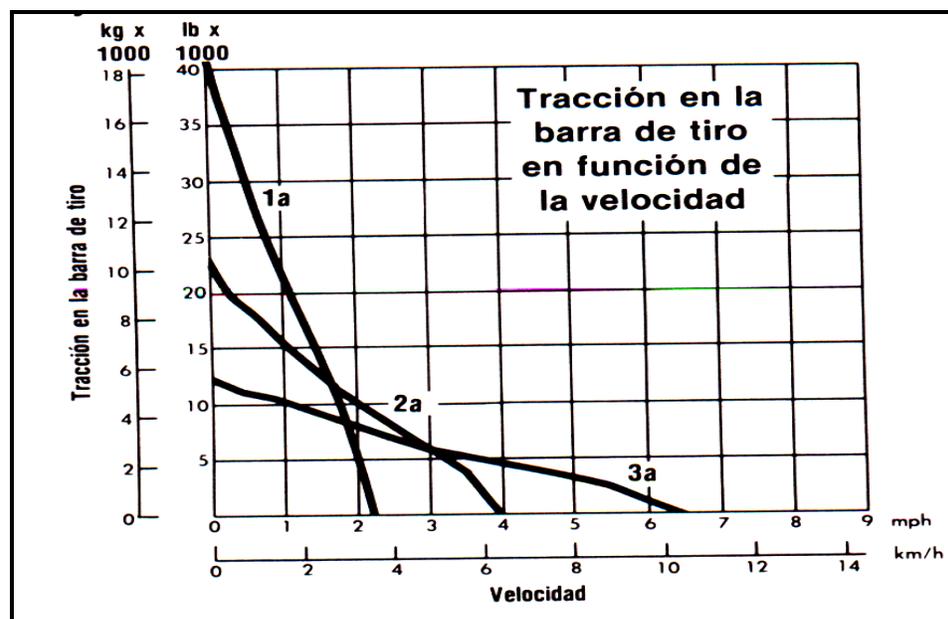


Figura 15: Tracción en la barra de tiro en función de la velocidad del tractor D4H (8)

d) Dirección.

Activados hidráulicamente, los embragues y frenos de dirección de discos múltiples enfriados en aceite se acoplan mediante resortes y se desacoplan hidráulicamente. Los conjuntos de discos múltiples proporcionan alta capacidad de carga, larga vida útil y son libres de ajustes. Los controles combinados de embrague y freno están al frente del operador. Un pedal de freno suspendido del tablero frena ambas cadenas sin desacoplar los embragues.

e) Eje Pivote y Barra compensadora

El D4H usa un eje pivote y barra compensadora articulada para mantener el alineamiento del bastidor de rodillos. Por no tener tirantes diagonales, el D4H tiene un espejo sobre el suelo mayor que otros tractores de la serie D4, por lo que existe menos riesgo de quedarse atascado en un tocón, roca maleza o basura.

f) Mandos finales:

Planetarios de reducción simple, distribuyen las cargas de par sobre tres engranajes. Su diseño modular reduce grandemente el tiempo de remoción. La rueda motriz elevada, (figura 16) los aísla de las cargas de impacto del suelo dándoles así un vida útil más larga. La rueda motriz dentada de segmentos reemplazables fácilmente.

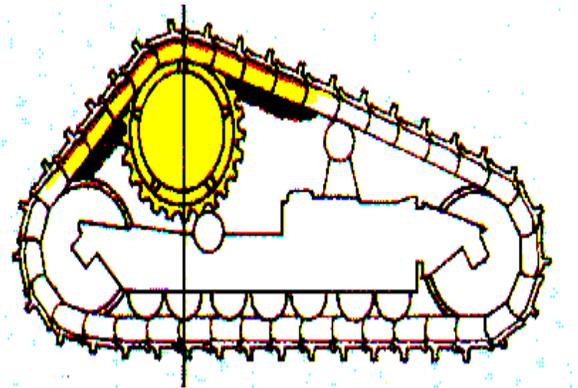


Figura 16: Ubicación de la rueda motriz en el tractor D4H

g) Bastidor de rodillos:

Tubular, de sección en caja reforzada. siete rodillos en la parte inferior y una rueda guía de lubricación permanente por lado. (figura 17) La oscilación máxima de cada uno de los rodillos es de mas o menos 65 mm.

h) Cadena, zapata y rodillos:

La cadena sellada y lubricada.(figura 17) El pasador se rodea con aceite para reducir grandemente el desgaste interno del buje. Se retiene el lubricante con una disposición de sellado que incluye un sello de poliuretano, un anillo expansor de caucho y un anillo de tope. Los ajustadores hidráulicos y el eslabón maestro de dos piezas son estándar. Como se muestra en la figura 14 hay 1.67 metros de entre vía entre las cadenas, con 39 zapatas por lado, el ancho de cada una de ellas de 360 mm, la longitud de la cadena en contacto con el suelo es 2.23 metros, la altura de la garra desde el suelo es de 47 mm. El área de contacto del tractor sobre el suelo es de 1.60 m². El tractor D4HB ejerce una presión sobre el suelo de 8.7 lb/pulg²

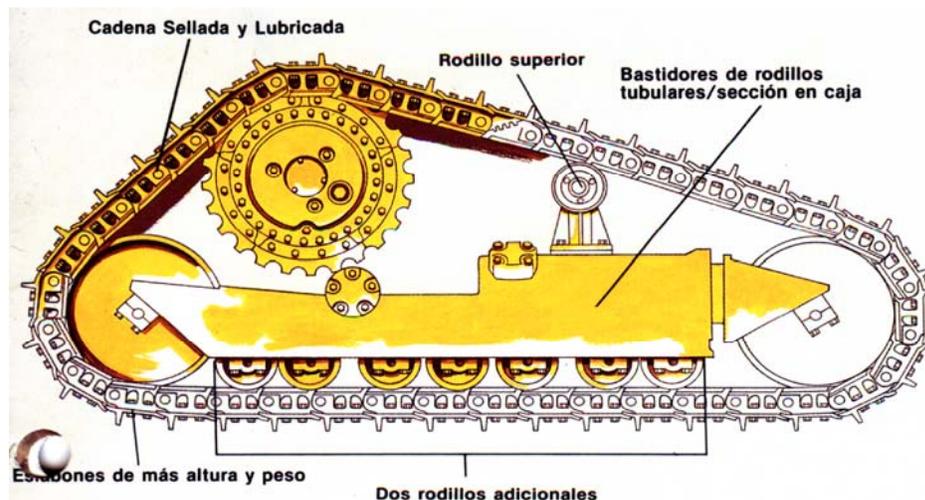


Figura 17: Sistema de rodaje y cadenas del D4H (10)

i) Controles hidráulicos:

Sistema hidráulico con sensor de carga, una bomba de pistones de caudal variable percibe la carga y ajusta automáticamente el flujo hidráulico a las necesidades de carga. La bomba del implemento (en este caso el malacate) bombea un flujo de 94.6 litros por minuto a 2,200 rpm, la bomba reduce su flujo al mínimo a una presión máxima de 18,600 kPa (2,700 lb/pulg²)

j) Techo ROPS.

El tractor D4H utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala, cumple con la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco. La estructura ROPS está diseñada y certificada con un peso de trabajo de 14,500 Kg.

k) Hoja topadora:

El tractor D4H está equipado con una hoja topadora orientable a potencia conocida por sus siglas en inglés como "PAT", tiene como característica principal, que las funciones de levantamiento, corte, orientación e inclinación son efectuadas con el control hidráulico. Esta hoja ha sido diseñada para hacer nivelación de acabado, para rellenar zanjas, cortar cunetas formar camellones, espaciar relleno, y desmonte. En la figura 13 se presenta el esquema general de las dimensiones del tractor con la hoja topadora, en el cuadro 4 se presentan las dimensiones en el sistema métrico decimal.

Cuadro: 4 Dimensiones del tractor D4H y la hoja topadora.

Inciso	Dimensión	Inciso	Dimensión	Inciso	Dimensión
A	4.81 m	D	0.41 m	K	2.45 m
B	3.26 m	E	0.91 m		
C	0.90 m	H	0.50 m		

l) Malacate o "winch".

El tractor D4H, está equipado con un malacate modelo 54. Este modelo ostenta mejoras que incluyen un dispositivo anti desenrollado, que impide la caída de la carga cuando se pasa de la posición de frenado a la de enrollado. Posee embragues y frenos de discos múltiples enfriados por aceite, libres de ajustes, el giro libre, con ajuste del rozamiento, para desconectar el tambor del resto del tren de fuerza del malacate, de manera que se necesita menos esfuerzo para desenrollar el cable. El control de todas las funciones del malacate se realiza a través de una única palanca. Las funciones hidráulicas de filtración total, para

lubricar a presión todos los cojinetes, engranajes y embragues. La barra de tiro integral como parte del malacate.

3.1.3.2 Tractores forestales articulados.

Los tractores arrastradores, jala troncos o “skidders” se caracterizan por transportar la madera “por arrastre”. Lo mas frecuente es que el extremo basal del fuste se suspenda del tractor, mientras el otro es arrastrado en contacto con el terreno. (figura 4) Solo en el caso de que la madera sea corta (longitud inferior a 2.5 metros) y haya sido reunida previamente en pilas de 3 a 6 estéreos, el transporte se realiza con las trozas totalmente suspendidas.(figura 18)



Figura 18: Madera corta lista para ser transportada

El elemento característico del “skidder” es el malacate, pero su equipamiento se completa con un arco integral, un escudo protector y una pala frontal (19) tal como se aprecia en las figuras 19 y 20.

El arco integral tiene como función elevar las testas de la troza a transportar. Con ello se reduce la superficie de contacto de la madera con el suelo, favoreciendo su desplazamiento. Consta de un chasis en forma de pórtico que aloja en su parte superior tres rodillos guía, uno de eje horizontal que soporta la carga que le transmite el cable y dos

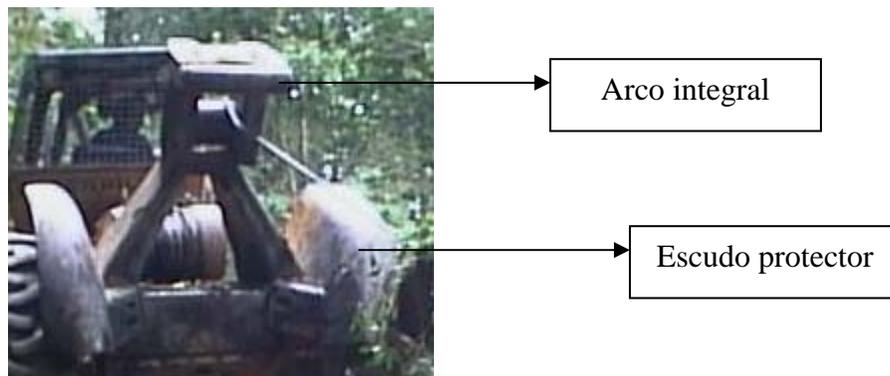


Figura 19: Arco integral y escudo protector del skidder

verticales que aminoran el rozamiento del cable con el propio arco y por tanto su desgaste.(19)

El escudo protector consiste en una robusta lámina cóncava que cubre la parte posterior del vehículo, contra la que se aprietan las trozas que se transportan semi-suspendidas soportadas por el arco integral. Tiene como función principal proteger las ruedas traseras de los golpes de la madera arrastrada. (19)



Figura 20 Pala frontal de skidder

La pala frontal, en el caso de los jala troncos, además de utilizarse como auxilio en su desplazamiento por el bosque y poder apartar las trozas u otros pequeños obstáculos que obstaculicen su paso, puede ser aprovechada para apilar la madera después de desengancharla, así como para frenar y asegurar las operaciones de la máquina. En los aprovechamientos que se realizan en el norte y nororiente de Guatemala ha servido también como elemento auxiliar para la carga, cuando las trozas no son soportadas por el cargador frontal o no se cuenta con esta máquina para esta operación. (figura 21)



Figura 21: Carga de trozas con skidder

El desplazamiento del tractor cargado exige vencer el rozamiento entre el tractor y el suelo, así como las fuerzas debidas al peso del propio tractor y de la carga que mueve y más aun si el trabajo se realiza en terrenos con pendiente fuerte, éstas resistencias al desplazamiento exigen un robusto diseño del tractor, tal que la fuerza generada por el motor y transmitida a los distintos órganos. (19)

Por otra parte, los suelos forestales exigen para que el tractor se desplace, el tren de rodaje proporcione el suficiente agarre, de tal forma que la elección adecuada de los neumáticos es de suma importancia. Se espera de un neumático forestal que proporcione seguridad, fiabilidad y alto rendimiento (adherencia) a la máquina, se le exige que sea duro, para resistir los sobre esfuerzos a los que se ve sometido al acometer obstáculos, que sea resistente a los pinchazos y a los cortes de las rocas; que sea elástico para absorber los esfuerzos derivados del tránsito sobre un medio heterogéneo; que sea polivalente para adaptarse a situaciones diversas, y que sea lo más barato posible, para que los costos de reposición no sean tan altos que obliguen a utilizar unos neumáticos más horas de las que serian recomendables siguiendo criterios de seguridad. (19)

Una confiable descripción de la composición, estructura, índice de carga, código de velocidad, así como referencia de utilización, mantenimiento, cuidados y otros aspectos importantes de los neumáticos de tractores, pueden consultarse en Atares y Laguna Blanca (4). El manual de rendimiento de Caterpillar (11) hace una

extensa referencia a la selección, empleo y conservación adecuada de los neumáticos, presenta además información del sistema de clasificación en T-km/hora y el sistema del Asociación de Neumáticos y llantas.

3.1.3.2.1 Características generales del tractor forestal articulado Caterpillar serie 518

Las características mas sobresalientes de este modelo se presentan son: (7, 10, 11)

a) Dimensiones principales:

2.91 metros de altura, 5.706 metros de largo incluyendo la hoja topadora, ancho de 2.51 metros y 0.594 metros de altura libre sobre el suelo. El tanque de combustible tiene una a capacidad de 49 galones, El peso del tractor es de 22,200 libras incluyendo la hoja topadora y el malacate, en la figura 22 se presenta este modelo y un esquema con las dimensiones de la máquina se puede observar el la figura 23.

b) Motor:

Motor diesel caterpillar de la serie 3304 turboalimentado, de 4 tiempos y 4 cilindros, cada uno con un diámetro de 121 mm, con una carrera de 152 mm y cilindrada de 7,000 centímetros cúbicos.

La potencia al volante es de 97 kW (130 HP) y se refiere a la potencia neta en el volante del motor del vehículo, cuando funciona en condiciones ambientales según norma SAE J1349 a 25° C, de temperatura una presión de 100 kPa (752 mm de mercurio). La potencia se basa en un combustible diesel de 35° API (15.6° C) con valor térmico bajo de 42,780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) cuando se usa a temperatura ambiente de 29.4° C y con una densidad de 838.9 gramos por litro. La potencia se ha determinado incluyendo los siguientes componentes: ventilador, filtro de aire, alternador, bombas de agua, aceite lubricante, combustible y silenciador. No requiere reducir la potencia hasta los 3000 m.



Figura 22: Skidder Caterpillar 518 (7)

Sistema de combustible Caterpillar de inyección directa con bombas e inyectores individuales, libres de ajustes. Los rotadores de válvulas proporcionan una distribución uniforme del calor. Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con 3 anillos, enfriados por rocío de aceite. Cojinetes de aluminio con dorso de acero, y muñones endurecidos del eje cigüeñal. Lubricación a presión con aceite enfriado y filtrado del flujo total. Filtro de aire de tipo seco con filtro primario y elemento secundario. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios.

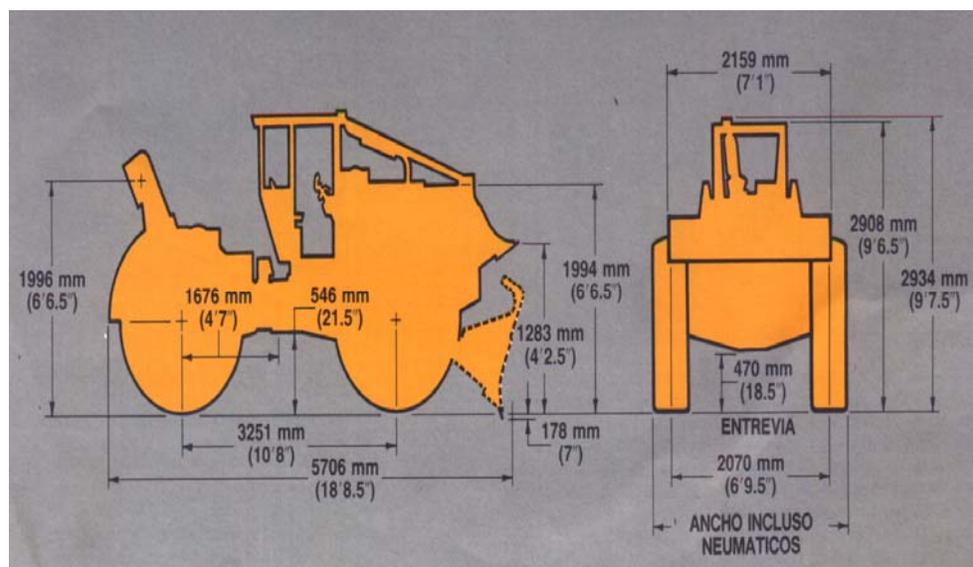


Figura 23: Dimensiones del Skidder Caterpillar 518 (7)

Alternador de 35 amperios. Utiliza dos baterías o acumuladores de 12 Voltios y 93 amperios.

c) Transmisión

La servo transmisión es planetaria de diseño Caterpillar, el convertidor de par de una sola etapa, se conecta directamente al volante. y a la transmisión mecánica malacate o “winch” Caterpillar 518. Las velocidades de avance y marcha atrás se pueden observar en el cuadro 5. En la figura 24, se presenta la relación entre la tracción en las ruedas en función de la velocidad para cada una de las velocidades del tractor forestal articulado Caterpillar 518. La velocidad en el eje de las abscisas en millas por hora (MPH) y otra escala en kilómetros por hora (Km./h) y en el eje de las ordenadas en las ruedas en Kg. y en libras, ambas multiplicada por 1000.

Cuadro: 5: Velocidad de avance y retroceso del tractor forestal articulado Caterpillar serie 518

	Avance	Marcha atrás
Velocidad	Km./h	Km./h
1 a.	6.1	7.4
2 a.	12.2	14.8
3 a.	23.3	28.3

Fuente: (9).

d) Sistema de dirección.

Bastidor articulado, el control exterior hidráulico con barra de dirección diseñada para facilitar las maniobras rápidas. Está barra se mantiene en la posición en que se le coloca, hasta que se le mueva en dirección opuesta. La barra oscila 30° hacia la izquierda y hacia la derecha. Modulación de flujo variable, cuanto más se mueve la barra de dirección, más rápido se articula la máquina. Se mantiene el ángulo de articulación hasta que se mueva la barra en dirección opuesta. Sistema de dirección de prioridad. La máquina se articula hasta 45° a cada lado. El radio de giro medido desde el exterior de las ruedas

traseras de 5.486 metros a 5.613 metros. El sistema hidráulico conformado por dos cilindros de doble acción con calibre de 76 mm impulsado por una bomba de paletas. El caudal de la bomba a 2,340 rpm y 1000 lb/pulg² hasta 25.4 gal/minuto. La válvula de alivio se ajusta hasta 2,700 lb/pulg². Los controles de dirección están al frente del operador. Un pedal de freno suspendido del tablero frena las llantas sin desacoplar los embragues.

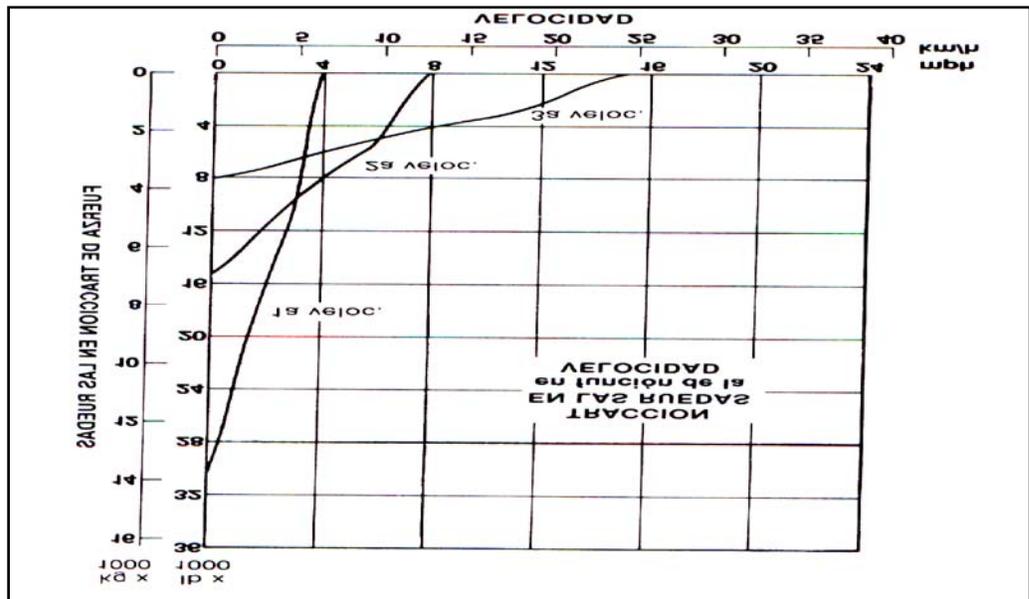


Figura 24: Tracción en las ruedas en función de la velocidad del tractor forestal articulado Caterpillar Serie 518 (8)

e) Ejes

Los ejes delantero y trasero están fijados al bastidor diferenciales estándar adelante y atrás.

f) Mandos finales:

Tracción en las cuatro ruedas con reducción planetaria en cada una. Las unidades planetarias y los ejes se pueden sacar independientemente de las ruedas.

g) Bastidores:

Hay dos bastidores, fabricados de planchas de acero, con fundiciones y secciones formadas, unidos en el enganche mediante dos pasadores de acero endurecidos de 70 mm de diámetro. El cojinete superior, de manguito, es de bronce aluminio y manganeso, y el inferior de doble hilera de rodillos cónicos. Los montajes independientes del radiador permiten que el radiador se flexione independientemente de la guarda del radiador.

h) Neumáticos y frenos:

Neumáticos estándar 23.1 x 26 de diez telas de acero. (LS-2) El primer número se refiere al ancho aproximado en pulgadas de la sección transversal y el segundo número, al diámetro en pulgadas de la llanta en su cara interior. La presión recomendada en las llantas delanteras y traseras es de 20 libras por pulgada² en cada una. Sistema de frenos combinados de disco y en el eje impulsor. De disco en las ruedas delanteras formado por dos discos y horquillas de 0.457 metros de diámetro, de activación oleo neumática. Se activan primero los frenos de las ruedas, el freno del eje impulsor se activa sólo al bajar pendientes o operar bajo cargas pesadas.

El "skidder" también está equipado con un sistema de frenado secundario o de "emergencia", utiliza el freno de disco en el eje impulsor. Se aplica mediante resortes y se suelta neumáticamente mediante un botón ubicado a la derecha del asiento del operador.

i) Arco

De acero soldado, es parte integral de la plancha de tope o escudo. El rodillo principal endurecido y perfilado, de lubricación permanente con un diámetro en el centro de 0.198 metros y un diámetro exterior de 0.216 metros. Los rodillos laterales son de acero endurecido, tal como se aprecia en la figura 26

j) Techo ROPS.

El tractor forestal articulado Caterpillar serie 518 utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala, cumple los

la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco. La estructura ROPS está diseñada y certificada para soportar un peso de un peso de 17,500 Kg.

k) Hoja topadora:

Con ancho de 2.16 metros la hoja topadora es fabricada de acero soldado, con brazos fijados directamente al bastidor principal. La unión abocinada del brazo de empuje de seccionen caja con la cuchilla reduce los esfuerzos de tensión. Juntas pivotes, libres de mantenimiento. Dos cilindros montados en los extremos, con calibre de 0.102 metros y carrera de 0.356 metros. Los cilindros y mangueras hidráulicos están protegidos por extensiones hasta la parte superior de la hoja. (Figura 20) Se controla mediante una palanca a la derecha de la columna de dirección.

l) Malacate o "Winch".

El tractor forestal articulado Caterpillar serie 518 está equipado con un malacate modelo Caterpillar 518

Este modelo es de control hidráulico y mando mecánico desde el convertidor.

3.2 Marco referencial.

3.2.1 Finca Cayo de Piedra (12)

a) Ubicación

La finca Cayo de Piedra, en el Registro General de la Propiedad está registrada con el número 1619, folio 378 libro 23 del grupo norte, se encuentra ubicada en el municipio de Livingston, departamento de Izabal, a una altitud de 40 metros sobre el nivel del mar en su parte más baja y 284 metros en el punto más alto. Geográficamente se ubica en la hoja cartográfica escala 1:50,000 denominada Castillo de San Felipe, (figura 25) el centro de la finca se encuentra entre las coordenadas 17,33-200 m UTM latitud norte y 2,97-500 m UTM longitud oeste.

b) Superficie.

Cuenta con una superficie de 497 hectáreas, 9 áreas y 99.9 centiáreas, equivalente a 11.04 caballerías, de las cuales 409 hectáreas están cubiertas de bosque.

c) Relieve.

El relieve de la finca presenta dos zonas fisiográficas, en el sector que va de este a oeste, existe una zona bien definida de ondulaciones a inmediaciones media del pie de monte, la otra clase fisiográfica con pendientes que van de suavemente escarpadas a escarpadas, es formada por dos estratos a mayor elevación sobre el nivel del mar, una se encuentra en la parte norte y el otro en el vértice suroeste de la finca. La pendiente de la finca van de 16 a 32% en 218 hectáreas y mayores de 32% en el resto, por lo que se recomendó un uso forestal.

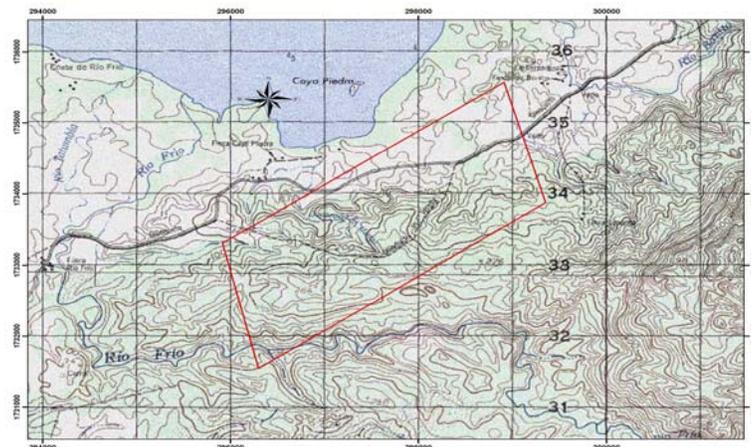


Figura 25: Ubicación de la finca Cayo de Piedra en la hoja cartográfica Castillo de San Felipe. (12)

d) Clima.

La finca está inserta dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T). El patrón de precipitación varía entre 3,600 y 4,500 mm anuales, distribuidos de mayo a noviembre, la biotemperatura varia de 27 a 29 grados centígrados y le evapotranspiración potencial se estima en un promedio de 0.40 respecto a la precipitación.

e) Cubierta Forestal

La vegetación forestal del área está constituida por especies latifoliadas. El inventario forestal reportó ochenta especies, de las cuales se identificaron 17 que presentaron características físico mecánicas aptas para la industria de contra chapados.

f) Inventario Forestal:

Se realizó un inventario forestal utilizando el modelo sistemático, con parcelas individuales de forma rectangular de veinte por cincuenta metros. El inventario reportó un volumen total comercial de 98,979.758 metros cúbicos (240.36 m³/ha.), de los cuales se extrajeron 900 metros cúbicos, que representa el 0.90 % del volumen total existente.

3.2.2 Finca Alejandra(13)

a) Ubicación

En el Registro General de la Propiedad la finca Alejandra está registrada con el número 2,037, folio 146 libro 27 del grupo norte, se encuentra ubicada en el municipio de Livingston, departamento de Izabal, a una altitud de 80 metros sobre el nivel del mar en su parte más baja y 400 metros en el punto más alto. Geográficamente se ubica en las hojas cartográficas escala 1:50,000 denominada Livingston y Puerto Barrios (figura 26), el centro de la finca se encuentra entre las coordenadas 17,38-250 m UTM latitud norte y 3,11-200 m UTM longitud oeste.

b) Superficie.

Cuenta con una superficie de 1,341 hectáreas, 88 áreas y 81 centiáreas, equivalente a 29.5 caballerías, de las cuales 875 hectáreas están cubiertas de bosque.

c) Relieve.

El relieve de la finca presenta dos zonas fisiográficas, al final del pie de monte del lado norte del Cerro San Gil, una zona limitada al sur por el río Tameja, se caracteriza por tener una fisiografía quebrada con desniveles de pendientes

simples que van de 16 a 33% y longitudes medianas, la otra zona caracterizada por tener fisiografía ondulada compuesta de mogotes y senotes y desniveles de 4 a 16% con pendientes mixtas, cóncavas y convexas.

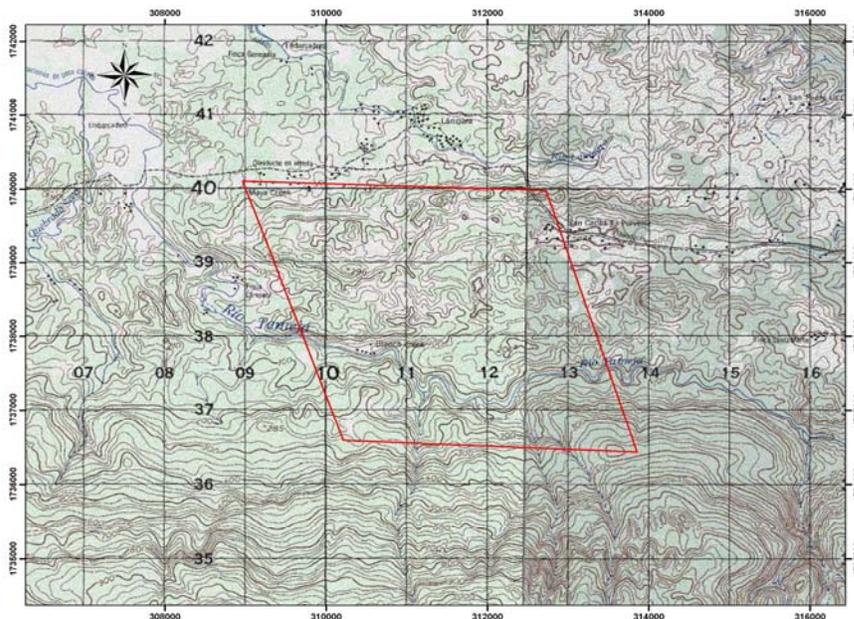


Figura 26: Ubicación de la finca Alejandra. Hojas cartográficas Livingston y Puerto Barrios. (13)

d) Clima.

La finca está inserta dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T). El patrón de precipitación varía entre 3,600 y 4,500 mm anuales, distribuidos de mayo a noviembre, la biotemperatura varía de 27 a 29 grados centígrados y la evapotranspiración potencial se estima en un promedio de 0.40 respecto a la precipitación.

e) Cubierta Forestal

La vegetación forestal del área está constituida por especies latifoliadas, el inventario forestal reportó setenta y dos especies, se identificaron 65 especies con nombre técnico y común, 6 únicamente con nombre vernáculo y 6 no conocidas se dejaron sin nombre.

f) Inventario Forestal:

Se realizó un inventario forestal utilizando el modelo sistemático, por conglomerados, cada conglomerado formado por tres parcelas circulares de un décimo de hectárea cada una, equivalente a un radio de 17.84 metros. El inventario reportó un volumen total de 160,700.50 metros cúbicos (183.65 m³/ha.), de los cuales se extrajeron 5,100 metros cúbicos, que representa el 3.17% del volumen total existente.

3.2.3 Comunidad Las Jaras (1)

a) Ubicación

En el Registro General de la Propiedad la finca de la comunidad las Jaras está registrada con el número 24,315, folio 24 libro 103 de Transformación Agraria, se encuentra ubicada en el municipio de Morales, departamento de Izabal, a una altitud de 350 metros sobre el nivel del mar en su parte más baja y 850 metros en el punto más alto. Geográficamente se ubica en la hoja cartográfica escala 1:50,000 denominada Entre Ríos (figura 27), el centro de la finca se encuentra entre las coordenadas 17,29-250 m UTM latitud norte y 3,16-250 m UTM longitud oeste.

b) Superficie.

Cuenta con una superficie de 1,515 hectáreas, 19 áreas y 23.75 centiáreas, equivalente a 33.66 caballerías, de las cuales 792 hectáreas están cubiertas de bosque.

c).Relieve.

El relieve de la finca está compuesta por una zona fisiográfica, al final del pie de monte del lado sur oriente del Cerro San Gil, Está zona corre del norte al sur oriente la cual se caracteriza por tener una fisiografía quebrada con desniveles de pendientes simples que van de 16 a 33%, con incrustaciones de zonas con pendientes de suave a onduladas

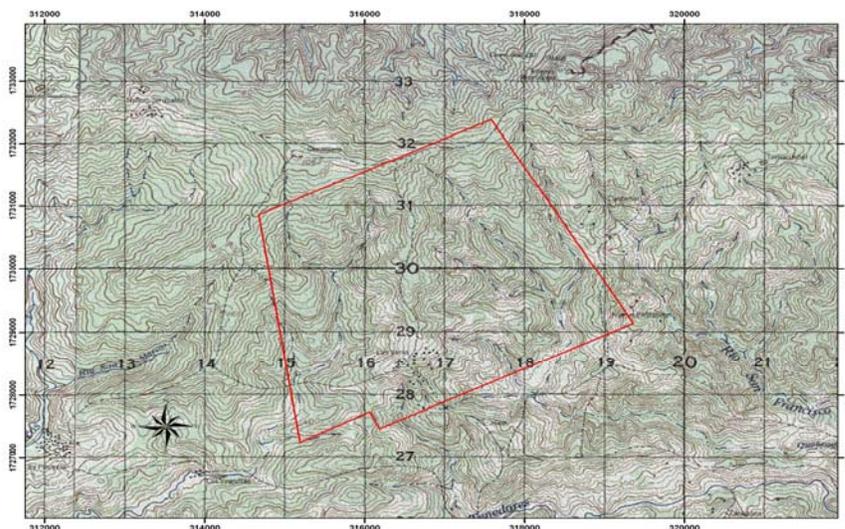


Figura 27: Ubicación de la finca Las Jaras en la hoja cartográfica Entre Ríos. (1).

d) Clima.

La finca está inserta dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T). El patrón de precipitación varía entre 3,600 y 4,500 mm anuales, distribuidos de mayo a noviembre, la biotemperatura varía de 27 a 29 grados centígrados y la evapotranspiración potencial se estima en un promedio de 0.40 respecto a la precipitación.

e) Cubierta Forestal

La vegetación forestal del área está constituida por especies latifoliadas, el inventario forestal reportó cincuenta y una especies, se identificaron 44 especies con nombre técnico y común, 7 únicamente con nombre vernáculo y 10 no conocidas se dejaron sin nombre.

f) Inventario Forestal:

Se realizó un inventario forestal utilizando el modelo sistemático, por conglomerados, cada conglomerado formado por tres parcelas circulares de un décimo de hectárea cada una, equivalente a un radio de 17.84 metros. El inventario reportó un volumen total de 131,991 metros cúbicos ($166.65 \text{ m}^3/\text{ha.}$), de

los cuales se extrajeron 6000 metros cúbicos, que representa el 4.54% del volumen total existente.

3.2.4 Comunidad el Buen Samaritano (5)

a) Ubicación

La finca de la comunidad las El Buen Samaritano, se encuentra ubicada en el municipio de la Libertad, departamento de Petén, a una altitud de 150 metros sobre el nivel del mar en su parte más baja y 200 metros en el punto más alto. Geográficamente se ubica en la hoja cartográfica escala 1:50,000 denominada Palestina (figura 28)

b) Superficie.

Cuenta con una superficie aproximada de 1080 hectáreas, equivalente a 24 caballerías, de las cuales 540.31 hectáreas están cubiertas de bosque.

c) Relieve.

Las planicies del área representan al área en general, con unas pequeñas ondulaciones aisladas en dirección sur. El área es sujeta a procesos de cambio en el suelo debido principalmente a la influencia de la región fisiográfica de Planicie Baja Inferior del Petén. Esta planicie resulta en su mayor parte de la erosión del karst y su relleno por los sedimentos resultantes. En algunas áreas subsisten conos residuales. El relieve es ligeramente ondulado, la altura sobre el nivel del mar no excede los 200 msnm.

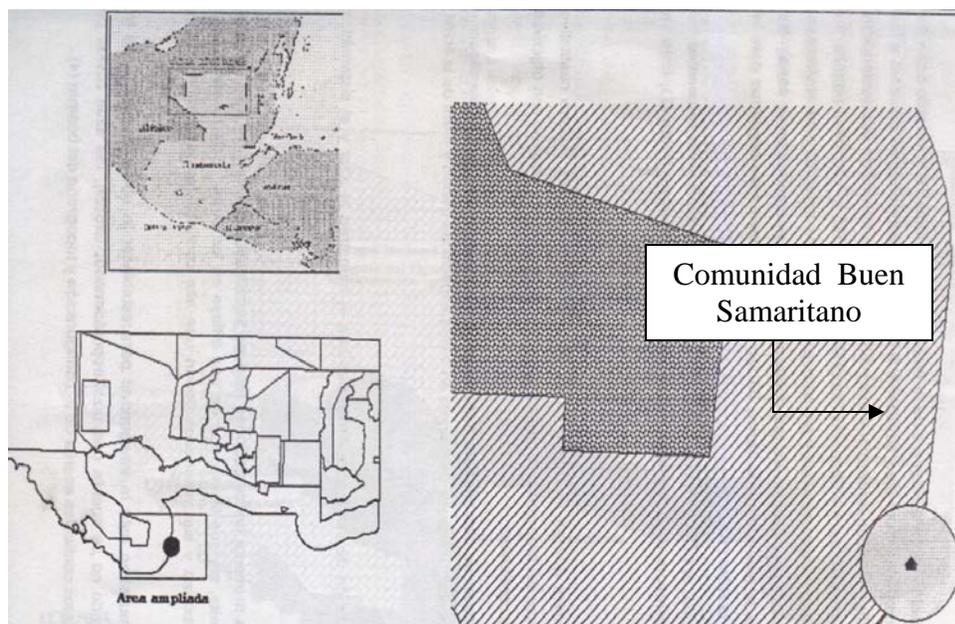


Figura 28: Ubicación de la Comunidad el Buen Samaritano.(5)

d) Clima.

La finca está inserta dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Sub-Tropical Cálido. El patrón de precipitación varía entre 1,200 y 1,700 mm anuales, distribuidos de mayo a octubre, la temperatura media anual de 22^o C. y cuyas especies indicadoras son: ramón (*Brosimum alicastrum*), chico zapote (*Manilkara sp.*), guano (*sabal morrisiana*), guarumo (*Cecropia peltata*), ceiba (*Ceiba pentandra*) y malerio (*Aspidosperma megalocarpum*)

e) Cubierta Forestal

La vegetación forestal del área está constituida por especies latifoliadas, el inventario forestal reportó cincuenta y una especies, se identificaron 40 especies con nombre técnico.

f) Inventario Forestal

Se realizó el inventario forestal utilizando el modelo sistemático, con parcelas simples, rectangulares de 5,000 metros cuadrados (20 metros x 250 metros). El inventario reportó un volumen total de 16,512 metros cúbicos (30.56 m³ /ha.), de los cuales se extrajeron 5,800 metros cúbicos, que representa el 35.12% del volumen total existente.

3.2.5 Finca la Firmeza de Inmobiliaria de Comercio.(2)

a) Ubicación

En el Registro General de la Propiedad la finca La Firmeza de Inmobiliaria de Comercio está registrada con el número 456, folio 177 libro de Izabal, se encuentra ubicada en el municipio de Morales, departamento de Izabal, a una altitud de 300 metros sobre el nivel del mar en su parte más baja y 998 metros en el punto más alto. Geográficamente se ubica en la hoja cartográfica escala 1:50,000 denominada Cerro Carral. (figura 29)

b) Superficie.

Cuenta con una superficie de 1,555 hectáreas, 84 áreas y 20.241 centiáreas, equivalente a 36.41 caballerías, de las cuales 582.63 hectáreas están cubiertas de bosque comercial.

c).Relieve.

Pendientes simples que van de 12 a mas de 50%.

En el cuadro 6: se presenta la distribución por pendiente del área de la finca la firmeza.

d) Clima.

La finca está inserta dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T). El patrón de precipitación varía entre 3,600 y 4,500 mm anuales, distribuidos de mayo a noviembre, la biotemperatura varia de 27 a 29 grados centígrados.

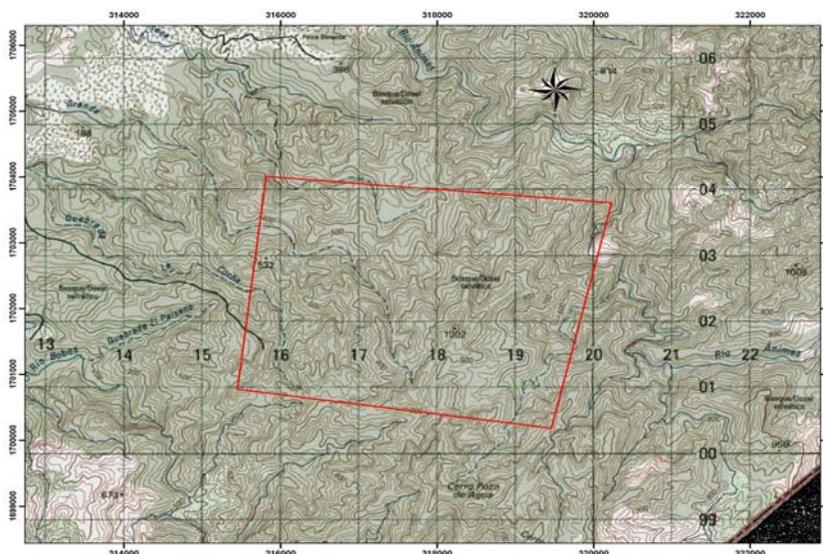


Figura 29: Ubicación de la finca La Firmeza en la hoja cartográfica Sierra Caral (2)

e) Cubierta Forestal

La vegetación forestal del área está constituida por especies latifoliadas, el inventario forestal reportó cincuenta y una especies, se identificaron 44 especies con nombre técnico y común, y 3 especies solo con el nombre común.

f) Inventario Forestal:

Se realizó un inventario forestal utilizando el modelo de parcelas al azar con parcelas rectangulares (20 x 50 metros) de un décimo de hectárea. El inventario reportó un volumen total de 136,742 metros cúbicos ($234.698 \text{ m}^3 / \text{ha.}$), de los cuales se extrajeron 6380 metros cúbicos, que representa el 2.71% del volumen total existente.

Cuadro 6: Distribución por pendiente del área de la finca La Firmeza.

Rango de Pendiente en %	Área en ha.
12 – 26	403.68
27 – 36	637.10
37 – 55	331.89
> de 55	133.17

4. OBJETIVOS:

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Presentar algunas experiencias de los trabajos de aprovechamiento forestal que la empresa Reservas Forestales S.A. realizó en el norte y nororiente de Guatemala utilizando maquinaria forestal.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 4.2.1 Describir en forma general la maquinaria forestal utilizada en la extracción forestal por la empresa Reservas Forestales S. A.
- 4.2.2 Evaluar en forma general el desempeño de diferentes tipos de maquinaria en labores de extracción forestal.
- 4.2.3 Identificar el tipo de maquinaria más adecuado para ejecutar labores de extracción forestal en el norte y nororiente de Guatemala
- 4.3.4 Recomendar el uso de maquinaria adecuada para ejecutar actividades de aprovechamiento forestal en el norte y nororiente del país.

5 METODOLOGÍA

5.1 Identificación de la maquinaria forestal

Se procedió a identificar cada una de las maquinas que se utilizaron en las actividades de aprovechamiento forestal en cada una de las fincas estudiadas, para tal fin se ubico la placa de registro de serie que cada máquina posee desde su salida de la línea de ensamble, esta es una característica única de cada máquina. Posteriormente se procedió a revisar en los manuales del constructor par determinar el año de fabricación y sus características generales.

5.2 Área intervenida.

La determinación del área aprovechada en cada finca, se realizo a través de la revisión bibliográfica de los planes de manejo que sirvieron como base para realizar los aprovechamientos forestales en el periodo 1992 al 2003.

5:3 Volumen de madera aprovechada.

Se investigó en los registros de ingreso de troza al patio de la empresa Industrias Río Dulce S.A. durante el periodo 1992 a 2003. Se obtuvieron los datos del volumen de madera en troza ingresado por finca aprovechada por la empresa Reservas Forestales S.A. seguidamente se procedió a depurarlos y ordenarlos por año de ingreso.

5.4 Rendimiento de la maquinaria-

Se investigó en la empresa Reservas Forestales S.A. los registros históricos de maquinaria utilizada en el periodo 1992 al 2003. Estos registros se llevan a diario en un formato especial, en él se detallan las horas máquina, combustible y lubricante utilizado por máquina, así como la producción de madera en troza y kilómetros de carretera construidos. También se hacen observaciones sobre el mantenimiento que se les haga y las hora que la maquina se detuvo por cualquier motivo. Es responsabilidad del supervisor de aprovechamientos forestales en cada frente de trabajo llevar estos registros, así como resumirlos en un formato especial en forma semanal. Los registros semanales son resumidos en forma mensual, por

el encargado de costos forestales quien los presenta mensualmente al Gerente forestal de la empresa. Los registros fueron ordenados por año y por finca en los reglones de horas maquina y se compararon con los registro de ingreso de madera en troza para determinar el rendimiento observado por maquina en cada finca En el apéndice se pueden observar los formatos utilizados para el control de las actividades que realiza la maquinaria forestal.

6. RESULTADOS

6.1 Identificación de la maquinaria forestal

En el norte y nororiente de Guatemala la empresa Reservas Forestales S. A. realiza aprovechamientos forestales en bosques latifoliados utilizando tractores de cadenas marca Caterpillar de las series D5B y D4H equipados con malacates o “winch” y tractores forestales articulados o “skidder”, marca Caterpillar de las series 518.

6.1.1 Tractores de cadena

6.1.1.1 Tractor Caterpillar serie D5B

La línea de montaje y producción de el tractor Caterpillar de la serie D5B utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala propiedad de la empresa Reservas Forestales S.A. se mantuvo de 1977 a 1984. (7) El tractor D5B que se muestra en la figura 30 fue construido en el año de 1981 y pertenece a la serie 25 X con el código de construcción 02089.



Figura 30: Tractor D5B propiedad de Reservas Forestales S.A.

Está equipado con una hoja topadora de la clase "A" o de giro horizontal de 3.63 metros de ancho y 3,320 lb. de peso como se muestra en la figura 31

El tractor D5B utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala, esta equipado con un malacate modelo 55 como el que se aprecia en la figura 32. Este modelo tiene una potencia al volante de 78 Kw. 105 H.P, un peso de 2,470 libras (sin el cable), un ancho máximo de 0.889 metros y un largo de 0.876 m. Con 100 metros de largo de cable con alma de acero y 19 mm de diámetro. (3/4 de pulgadas) logra una tracción máxima de 62,240 libras.



Figura 31: Hoja topadora clase A en un tractor Caterpillar D5B.



Figura 32: Malacate modelo 55 en tractor D5B

6.1.1.2 Tractor D4H

La línea de montaje y producción de el tractor Caterpillar de la serie D4H utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente Guatemala se mantuvo de 1985 a 1996 (11). El tractor D4H que se muestra en al figura 33 es propiedad de la empresa Reservas Forestales S. A. fue construido en el año de 1989 y pertenece a la serie 8 PB con el código de construcción 03591.

Está equipado con una hoja topadora orientable a potencia conocida por sus siglas en ingles como "PAT", de 3.25 metros de ancho y 3,567 lb. de peso como se muestra en la figura 34.



Figura 33: Tractor D4H Propiedad de Reservas Forestales S.A.



Figura 34: Hoja topadora tipo PAT de un tractor D4H.

El tractor D4H utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala esta equipado con un malacate modelo 54 como el que se aprecia en la figura 35, tiene una potencia al volante de 60 Kw. 80 H.P, un peso de 1,500 libras (sin cable), un ancho máximo de 0.70 metros y un largo de 0.87 metros. Con 75 metros de cable con alma de acero, de 16 mm de diámetro (5/8 de pulgadas) logra una tracción máxima de 28,600 libras.



Figura 35: Malacate modelo 54 del tractor D4H

6.1.2 Tractor forestal articulado

La línea de montaje y producción del tractor forestal articulado Caterpillar utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala se mantuvo de 1971 a 1983 (11) La empresa Reservas Forestales S. es propietaria de tres tractores forestales articulados como el que se observa en al figura 36, fueron construidos en el año 1983 y pertenecen a la serie 518 con el código de construcción 02949, 3057 y 0578.



Figura 36: Skidder 518 propiedad de la empresa Reservas Forestales S.A.

El tractor Caterpillar serie 518 utilizado en los aprovechamientos forestales en el norte y nororiente de Guatemala, está equipado con un malacate modelo Caterpillar 518 como el que se aprecia en la figura 37. El malacate modelo Caterpillar 518 tiene un peso de 900 libras (sin cable), un ancho tambor de 0.244 metros, el diámetro del tambor de 0.1917 m. Con 96 metros de cable con alma de acero y 16 mm de diámetro (5/8 de pulgada), logra una tracción máxima en el cable de 33,700 libras, a una velocidad de 70 metros por minuto con 12,000 libras de peso.



Figura 37: Malacate modelo Cat 518

En el cuadro 7 se presenta la ubicación de la maquinaria en los años evaluados.

Cuadro 7: Ubicación de la maquinaria forestal de Reservas Forestales S. A. en el período evaluado.

Finca	Año	Tractor de cadena		Tractor forestal articulado
		D5B	D4H	
Cayo de Piedra	1992	•		•
Alejandra	1993-1995	•	•	•
Las Jaras	1996-1998	•	•	•
B. Samaritano	1999-2000	•	•	•
La Firmeza	2001-2003	•	•	•

6.2 Área intervenida.

En el período 1992 a 2003 la compañía Reservas Forestales S.A. intervino 2,426.62 hectáreas, de las cuales 1886.62 hectáreas se ubican en el departamento de Izabal y 540 hectáreas en el departamento de Petén. De las 1,886.62 hectáreas intervenidas en el departamento de Izabal, el 93.66% se encuentra ubicado en el Cerro San Gil y el 6.34% en la Sierra Carral.

En el cuadro 8 se presenta el área intervenida por la empresa Reservas Forestales S.A. durante el periodo 1992-2003. En el puede observarse el ritmo de intervención (en has.) que se realizo en dicho período, siendo los años 1994,1997,y 1999 donde se intervino mayor área con un 19.99%, 15.70%, y 14.42% respectivamente.

Cuadro: 8. Área intervenida por Reservas Forestales S.A. 1992-2003.

Año	Finca	Área intervenida (has.)	%
1992	Cayo de piedra	200	8.24%
1993	Alejandra	250	10.30%
1994	Alejandra	388	15.99%
1995	Alejandra	137	5.65%
1996	Las Jaras	158	6.51%
1997	Las Jaras	381	15.70%
1998	Las Jaras	253	10.43%
1999	Buen samaritano	350	14.42%
2000	Buen samaritano	190	7.83%
2001	Firmeza	50.42	2.08%
2002	Firmeza	45	1.85%
2003	Firmeza	24.2	1.00%
	Total	2426.62	100.00%

Fuente: Ángel 1994(1), Ángel 2000 (2), Arreaga 2000(5), Granados 1989 (12), Granados 1991 (13)

En los últimos cinco años el área de intervención ha disminuido sustancialmente, como producto de la baja del mercado de contra chapados en Guatemala, provocado por el incremento en los costos de producción, principalmente en el área de mano de obra y valor de la materia prima, esta tendencia puede observarse en la figura 38.

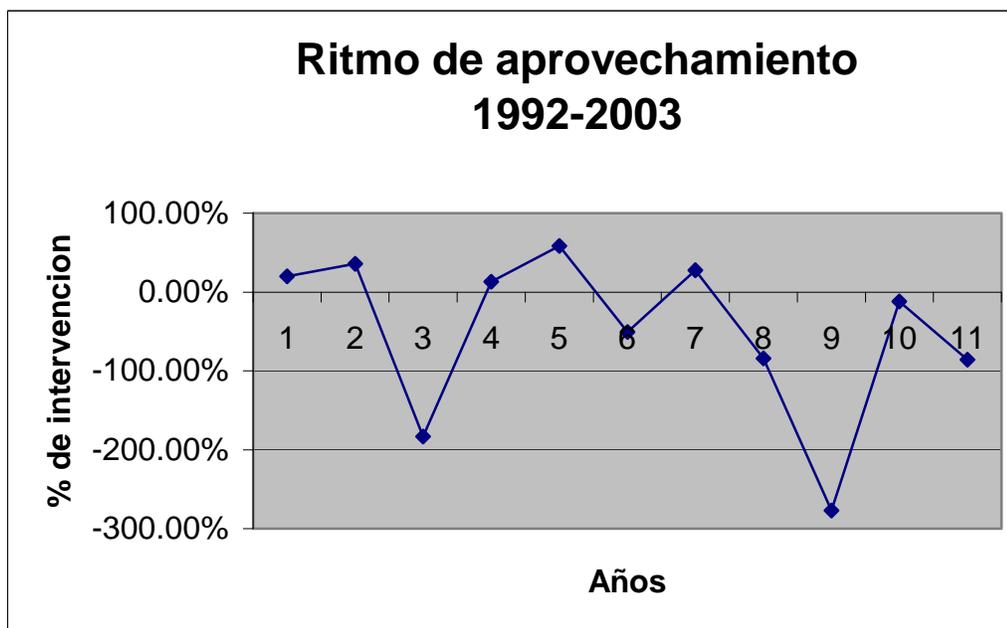


Figura 38: Ritmo de intervención realizado por Reservas Forestales S..A. en el periodo 1992-2003

6.3 Volumen de madera aprovechada

El volumen de madera aprovechada en el período 1992-2003 alcanzó la suma de 28,355 metros³ de los cuales el 13.75% (3,900 m³) se extrajo en el año 2000 de la finca de la comunidad El Buen Samaritano, el 13.67% (3,875 m³) se aprovechó también de la finca de la comunidad El Buen Samaritano, en el año 1999 y el 11.22% se aprovechó en el año 1997 de la finca La Firmeza. En el cuadro 9 se presenta el volumen aprovechado por año durante el período estudiado y en la figura 39 se presenta la gráfica del volumen de madera en troza aprovechado por año por la empresa Reservas Forestales S.A. en el norte y nororiente de Guatemala.

Cuadro 9: Volumen de madera en troza aprovechado por la empresa Reservas Forestales S.A. en el período 1992-2003.

Año	Volumen (m ³)	% del volumen
1992	900	3.17
1993	1500	5.29
1994	2500	8.82
1995	1100	3.88
1996	2500	8.82
1997	2800	9.87
1998	2900	10.23
1999	3875	13.67
2000	3900	13.75
2001	3181	11.22
2002	2465	8.69
2003	734	2.59
	28355	100.00

Fuente: Registros históricos de Reservas Forestales S.A.

Por finca, la de la comunidad las Jaras proporciono la mayor cantidad de madera en troza durante el período evaluado con 8200 m³ siguiéndole la Finca de la Comunidad el Buen Samaritano en la cual se aprovecharon 7775 m³. En el cuadro número 10 se presenta el volumen aprovechado por finca durante el periodo estudiado.

Cuadro 10. Volumen de madera en troza aprovechado por finca en el período 1992-2003 por la empresa Reservas Forestales S. A.

Finca	Años	Volumen (m ³)	% volumen
Cayo de piedra	1992	900	3.74
Alejandra	1993-1995	5100	17.99
Las Jaras	1996-1998	8200	28.92
Buen Samaritano	1999-2000	7775	27.42
Firmeza	2001-2003	6380	22.50
	Total	28355	100.00%

Tal como se aprecia en la figura 39, el volumen aprovechado ha disminuido en el transcurso de los últimos años.

Como se mencionó anteriormente, producto de una baja en los precios del producto final, pero también que la empresa receptora de la materia prima ha empezado a operar en plantaciones propias y los productos que ha iniciado a fabricar no le exigen el volumen de madera que en años anteriores requería.

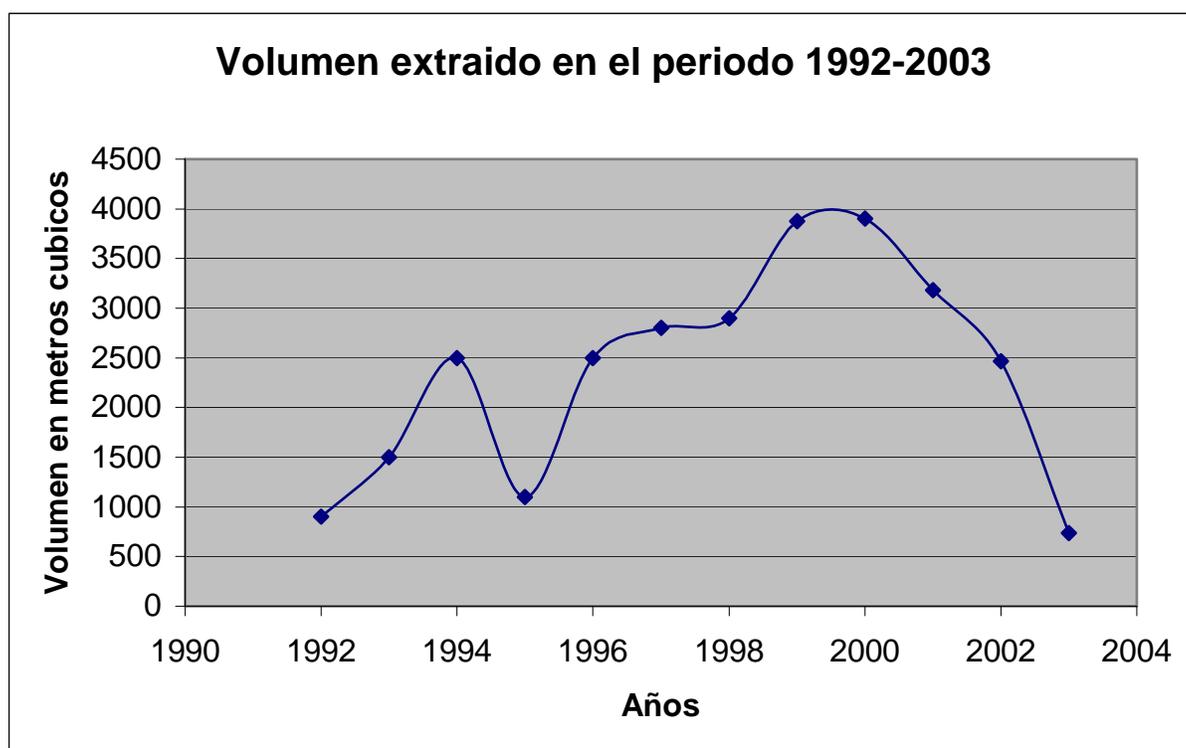


Figura 39: Volumen extraído por año en el norte y nororiente de Guatemala.

6.4 Rendimiento de la maquinaria.

En el periodo 1992-2003 la empresa Reservas Forestales S.A. aprovechó en el norte y nororiente de Guatemala, la cantidad de 28,355 m³ de madera en troza, interviniendo cinco fincas. Los aprovechamientos se realizaron siguiendo la técnica silvícola de entresaque selectivo dirigido a los árboles con un diámetro comercial arriba de cincuenta centímetros medidos a la altura del pecho, a excepción de los años 1999 y 2000, donde se ejecutó un salvamento, ya que en la finca donde se intervino esos años se había autorizado el cambio de uso de la tierra.

En el cuadro 11 se puede apreciar que en el aprovechamiento de la finca de la comunidad Las Jaras se utilizó el mayor número de horas máquina (5,120 horas)

siendo en el aprovechamiento de la finca Cayo de Piedra donde se utilizo la menor cantidad de horas máquina (858 horas).

Cuadro 11. Horas máquina utilizadas por finca aprovechada por la empresa Reservas Forestales S.A.

Finca	Horas máquina	Volumen en m3	% horas maquina
Cayo de piedra	858	900	4.56%
Alejandra	4747	5100	25.23%
Jaras	5120	8200	27.21%
Buen samaritano	3058	7775	16.25%
La Firmeza	5034	6380	26.75%
Total	18817	28355	100.00%

En la figura 40 se observa la tendencia entre el volumen extraído por finca y la cantidad de horas máquina para realizarlo, es claro que el volumen aprovechado en la finca de la comunidad del Buen samaritano es elevado, en comparación con las horas máquina utilizadas, sin embargo hay que tomar en cuenta que el aprovechamiento que ahí se realizó, se hizo en terreno plano, donde la maquinaria no se forzó para realizar el aprovechamiento, tal como se hizo en los otros frentes de trabajo.

En el período evaluado, se utilizaron 18,817 horas máquina, de las cuales 8,490 horas (45.12%) corresponden al tractor forestal articulado, 6,111 horas (32.47%) las consumió el tractor de cadena D5B y el tractor de cadena D4H consumió 4,216 (22.41%) horas máquina, el consumo total de horas por máquina se presenta en el cuadro 12 y en el cuadro 13 se presenta el consumo de horas maquina por finca por año en el periodo estudiado.

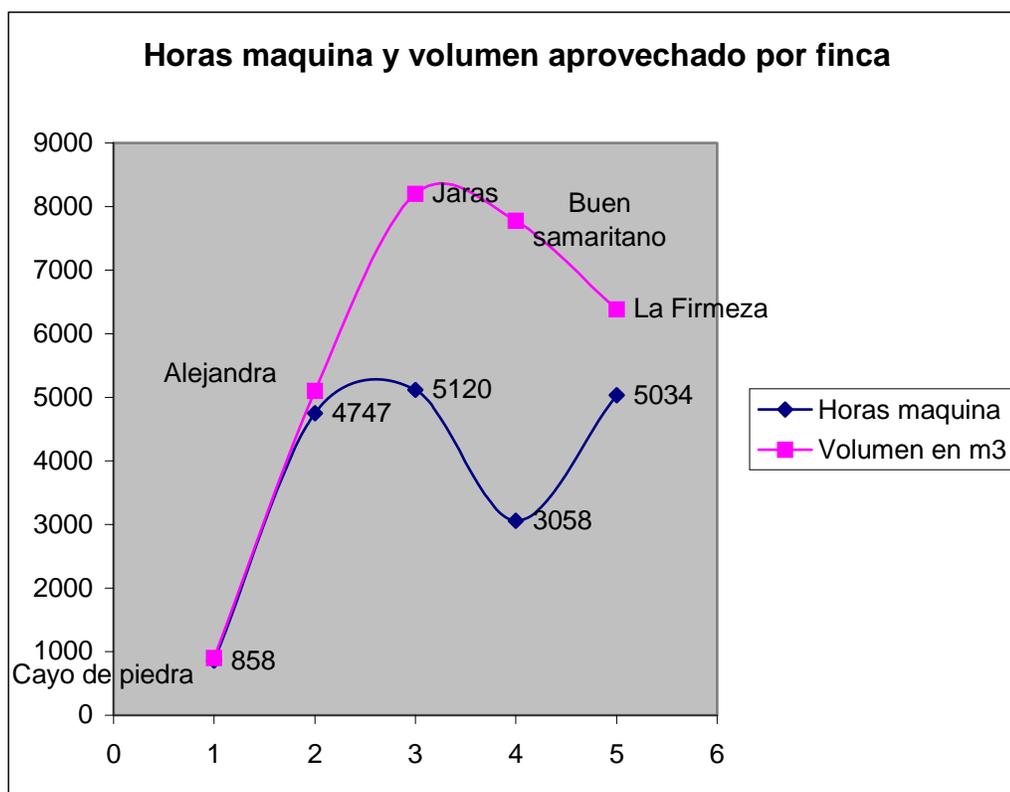


Figura 40: Horas máquina y volumen aprovechado por finca.

Cuadro 12. Horas/ máquina/ finca utilizadas en el periodo 1992-2003 por la maquinaria de la empresa Reservas Forestales S.A.

Finca	Horas máquina			Totales finca
	D5B	D4H	Skidder	
Cayo de piedra	485	0	373	858
Alejandra	1133	1162	2452	4747
Jaras	1640	1382	2098	5120
Buen samaritano	824	762	1472	3058
La Firmeza	2029	910	2095	5034
Totales máquina	6111	4216	8490	18817

Cuadro 13: Resumen de las horas maquina rendimiento por finca de la maquinaria de Reservas Forestales S. A. a lo largo del periodo estudiado.

Maquina	Año	Finca	H inicio*	H. Final*	Total horas	Total Días	Horas /día	m3/hora	m3/día	m3/ aprovechados
D5B	1992	Cayo de piedra	5465	5950	485	51	9.51	1.86	17.65	900
Sk(3057)	1992	Cayo de piedra	7965	8338	373	38	9.82	2.41	23.68	900
D5B	1993	Alejandra	5950	6341	391	41	9.50	2.30	21.87	897
D4H	1993	Alejandra	7139	7431	292	31	9.50	2.06	19.53	605
Sk(3057)	1993	Alejandra	8338	8762	424	34	12.50	2.13	26.58	904
Sk(0578)	1993	Alejandra	8565	8865	300	24	12.50	2.00	25.00	600
D5B	1994	Alejandra	6697	7110	413	38	10.80	2.42	26.17	994
D4H	1994	Alejandra	7882	8565	683	60	10.80	2.33	25.20	1512
Sk(3057)	1994	Alejandra	8860	9507	647	52	12.50	2.13	26.56	1381
Sk(0578)	1994	Alejandra	8786	9349	563	45	12.50	2.00	25.00	1125
D5B	1995	Alejandra	7110	7439	329	27	12.30	2.18	26.76	723
D4H	1995	Alejandra	8565	8752	187	15	12.30	2.06	25.39	381
Sk(3057)	1995	Alejandra	9507	9895	388	31	12.50	2.13	26.56	823
Sk(0578)	1995	Alejandra	9349	9479	130	10	12.50	2.11	26.37	264
D5B	1996	Jaras	7439	7911	472	57	8.30	2.12	17.58	1002
D4H	1996	Jaras	8752	9389	637	77	8.30	2.35	19.53	1504
Sk(3057)	1996	Jaras	9895	9905	10	2	8.50	4.14	35.16	70
Sk(3057)	1997	Jaras	0	443	443	51	8.50	4.14	35.16	1793
Sk(0578)	1996	Jaras	9479	9706	227	23	8.50	2.76	23.44	539
D5B	1997	Jaras	7911	8489	578	70	8.20	2.18	17.89	1252
D4H	1997	Jaras	9389	9685	296	36	8.20	2.38	19.53	703
D4H	1997	Jaras	0	351	351	43	8.20	2.38	19.53	840
Sk(3057)	1997	Jaras	443	937	494	58	8.50	4.25	36.13	2096
Sk(0578)	1997	Jaras	9706	9948	242	28	8.50	2.90	24.61	689
D5B	1998	Jaras	8489	9079	590	73	8.10	2.21	17.93	1309
D4h	1998	Jaras	351	449	98	81	8.10	2.45	19.80	1604
Sk(3057)	1998	Jaras	937	1376	439	56	7.89	4.95	39.06	2187
Sk(0578)	1998	Jaras	0	216	216	27	7.89	3.09	24.44	660
Sk(0578)	1999	Jaras	9948	9975	27	3	7.90	3.09	24.44	73
D5B	1999	Buen Samaritano	9079	9491	412	58	7.00	4.19	29.30	1699
D4H	1999	Buen Samaritano	449	830	381	53	7.00	4.74	33.17	1758
Sk(3057)	1999	Buen Samaritano	1376	1952	576	50	12.00	4.88	58.54	2927
Sk(0578)	1999	Buen Samaritano	216	376	160	15	12.00	5.28	63.41	951
D5B	2000	Buen Samaritano	0	412	412	56	7.30	5.21	38.05	2131

Maquina	Año	Finca	H inicio*	H. Final*	Total horas	Total Días	Horas /día	m3/hora	m3/día	m3/ aprove chados
D4H	2000	Buen Samaritano	3305	3686	381	52	7.30	4.61	33.66	1750
Sk(3057)	2000	Buen Samaritano	115	691	576	48	12.00	5.08	60.98	2927
Sk(0578)	2000	Buen Samaritano	1740	1900	160	13	12.00	6.10	73.17	951
D5B	2001	La Firmeza	421	1624	1203	160	7.52	1.85	13.92	2227
D4H	2001	La Firmeza	4668	5015	347	53	6.55	2.20	17.87	947
Sk(2249)	2001	La Firmeza	7581	8491	910	114	7.98	2.17	27.70	3158
D5B	2002	La Firmeza	1643	2238	595	133	4.47	2.32	12.97	1725
D4H	2002	La Firmeza	3810	3810	0	10	0.00	2.12	0.00	0
D4H jmb	2002	La Firmeza	0	280	280	45	6.22	2.11	13.14	591
Sk(2249)	2002	La Firmeza	8656	9605	949	135	7.03	2.08	18.21	2458
D5B	2003	La Firmeza	2238	2469	231	45	5.13	2.54	7.96	358
D4H	2003	La Firmeza	3867	4150	283	45	6.29	1.02	7.84	353
Sk(2249)	2003	La Firmeza	9713	9949	236	35	6.74	2.49	20.90	732

Fuete: Registros históricos de la empresa Reservas Forestales S.A.

* Horómetro de Inicio de trabajo de la máquina

** Horómetro final de trabajo de la máquina.

En el período reportado la maquinaria trabajo 2,292 días siendo el arrastrador de troncos, la máquina que más tiempo laboró (892 días), el tractor D5B trabajó por espacio de 809 días y el tractor D4H por 591 días, siendo en la finca la Firmeza donde mayor espacio de tiempo permaneció la maquinaria tal como se aprecia en el cuadro 14

Los tractores de banda trabajaron en promedio 7.39 horas por día, tal como se observa en el cuadro 15, siendo el tractor D5B el que presenta mayor rendimiento en horas trabajadas por día con 8.28 horas / día. mientras que el skidder laboro 9.94 horas por día, lo que representa un incremento del 20% de rendimiento en relación al promedio laborado por los tractores de banda.

Cuadro: 14. Días trabajados por la maquinaria de Reservas Forestales S. A. en los frentes de aprovechamiento

Finca	Días trabajados			Total días por finca
	D5B	D4H	Skidder	
Cayo de piedra	51	0	38	89
Alejandra	106	106	196	408
Jaras	200	237	248	685
Buen samaritano	114	105	126	345
La Firmeza	338	143	284	765
Totales máquina	809	591	892	2292

Cuadro: 15 Horas/día trabajadas el las fincas aprovechadas por la Empresa Reservas Forestales S.A. en el período 1992-2003

Finca	Horas/día		
	D5B	D4H	Skidder
Cayo de piedra	9.51	0	9.82
Alejandra	10.86	10.86	12.5
Jaras	8.2	8.20	8.2
Buen samaritano	7.15	7.15	12
La Firmeza	5.70	6.35	7.25

En los aprovechamientos forestales, cuando se utiliza maquinaria, el rendimiento de está por hora se evalúa en términos de los metros cúbicos que pueda extraer del bosque, principalmente si la maquinaria es rentada, este rendimiento está influenciado por variables tales como, el volumen de los árboles a extraer, la densidad de estos en el bosque, la topografía del terreno, la época de extracción, la calidad de los operadores, la dirección técnica en el bosque entre muchos otros. En el periodo estudiado el promedio de m³/hora extraídos por el tractor D5B en el área de Izabal fue de fue de 2.10 m³ y el del tractor D4H de 2.18 m³, lo que representa un 3.8% mas de eficiencia por hora trabajada, en comparación con del tractor D5B, sin embargo este rendimiento pudo mejorar si el aprovechamiento efectuado en la finca La Firmeza se hubiera realizado en época seca, ya que como se menciona en el acápite correspondiente a está finca, el volumen por hectárea es elevado. El rendimiento

promedio del skidder en el área de Izabal fue de 2.8 m³/hora mismo que fue afectado por la misma circunstancia ya expuestas. El rendimiento promedio de todas la máquinas en el área de Izabal es de 2.36 m³/hora, en el sur oeste de Petén este es de 4.99 m³/hora que equivale a un 111% mas de rendimiento. En el cuadro 16 se presentan los resultados del rendimiento promedio de la maquinaria por finca.

Cuadro 16. Rendimiento de la maquinaria forestal en m³/hora por finca en el periodo 1992-2003

Finca	M ³ /hora		
	D5B	D4H	Skidder
Cayo de piedra	1.86	0	2.41
Alejandra	2.30	2.15	2.08
Jaras	2.17	2.39	3.66
Buen samaritano	4.98	4.67	5.33
La Firmeza	2.10	2.02	3.05

7. CONCLUSIONES

- 7.1 La empresa Reservas Forestales S.A. utilizo dos tractores de banda de la marca Caterpillar series D5B y D4H, equipados con malacates y tres tractores forestales articulados marca Caterpillar para efectuar sus operaciones de extracción en los aprovechamientos forestales realizados en el período 1992 al 2003.
- 7.2 En el periodo 1992 a 2003 la compañía Reservas Forestales S.A. ejecuto aprovechamientos forestales en una superficie de 2,426.62 hectáreas, de bosque latifoliado, en el norte y nororiente de Guatemala utilizando maquinaria forestal.
- 7.2 Se presenta una marcada tendencia por parte de la compañía a intervenir en menor grado el bosque natural, como producto de las condiciones de mercado de la materia prima y la industrialización de plantaciones propias para la elaboración de contra chapados.
- 7.3 Volumen de madera aprovechada en el periodo 1992-2003 alcanzo la suma de 28,355 metros³ de troza de diferente especies latifoliadas, provenientes de en cinco frentes de trabajo.
- 7.4 En la finca de la comunidad las Jaras, ubicada en el municipio de Izabal, se aprovecho la mayor cantidad de madera en troza durante el periodo estudiado.
- 7.5 El tractor forestal articulado utilizo el 41.12% de las 18,817 horas máquina que se consumieron en el periodo evaluado, 32.47% las consumió el tractor de cadena D5B y el tractor de cadena D4H consumió el 26.41% de las horas máquina
- 7.6 La maquinaria forestal utilizada el los aprovechamientos forestales del periodo presentado permaneció el mayor espacio de tiempo operando en la finca de La Firmeza.

7.7 La maquinaria forestal rinde en m^3/hora un 111% mas en el sur oste de el Petén que en el área de Izabal.

7.8 En el área de Izabal, el rendimiento medio de los tractores de cadena expresado en m^3/hora es de 2.14 y el del tractor forestal articulado de 2.8

8. RECOMENDACIONES:

- 8.1 Para la ejecución de labores de aprovechamiento forestal en el norte y nororiente de Guatemala, es recomendable el uso de tractores de banda equipados con winch y tractores forestales articulados ya que el tiempo de trabajo es corto y las condiciones topográficas así lo requieren.
- 8.2 Los aprovechamientos que se realicen en el área del norte y nororiente Guatemala, en bosques latifoliados utilizando maquinaria forestal, se deben realizar principalmente en la época seca, afín de optimizar las horas / máquina, haciendo mas eficiente el rendimiento por m³ extraído.
- 8.5 Para mejorar el control de las operaciones forestales utilizando maquinaria forestal, debe de llevarse un registro detallado diario por máquina de las actividades que realice así como del consumo de combustibles, lubricantes y repuestos.
- 8.3 Debido a que la etapa de apertura de caminos, vías de arrastre, y sendas de arrastre es uno de los aspectos más problemáticos del aprovechamiento, deben de planificarse cuidadosamente, y para la ejecución se deberá contratar a operadores con experiencia, para que el impacto sobre el suelo y bosque remanente sea el mínimo.
- 8.4 La seguridad en el campo, es indispensable, en tal sentido se recomienda que el personal que realice la operación de tumba cuenta con el equipo mínimo para realizar sus labores.

9. BIBLIOGRAFIA

1. **Ángel, AP.** 1994. Inventario y plan de manejo de la finca Las Jaras. Guatemala, s.e. 95 p.
2. **Ángel, AP.** 2000. Inventario y plan de manejo de la finca La Firmeza. Guatemala, s.e. 95 p.
3. **Anaya, H; Christiansen, P.** 1998. Aprovechamiento forestal; análisis de apeo y transporte. San José, Costa Rica, IICA. 275 p. (Serie de libros y materiales educativos no. 76).
4. **Arnal, A; Laguna Blanca, A.** 1996. Tractores y motores agrícolas. 3 ed. Bilbao, España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación / Mundi Prensa. 549 p.
5. **Arreaga, WE.** 2000. Inventario y plan de manejo del bosque de la comunidad "El Buen Samaritano" Reserva de la Biosfera Maya, La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 85 p.
6. **Carrera, F; Pinelo, G.** 1995. Practicas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. Turrialba, Costa Rica, CATIE / CONAP. 61 p. (Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén. Publicación no. 1).
7. **Caterpillar, US.** s.f. Arrastrador de troncos 518 de cable. US. 8 p.
8. ----- s.f. D4H creación del futuro. US. 8 p.
9. ----- s.f. Tractor D4H. US. 8 p.
10. -----1996. Manual de métodos y equipo Caterpillar. 17 ed. Peoria, Illinois, US. 829 p.
11. ----- 2000. Manual de rendimiento Caterpillar. 31 ed. Peoria, Illinois, US. p. irr.
12. **Granados, RO.** 1989. Inventario y plan de manejo forestal de la finca Cayo de Piedra. Guatemala, se. 42 p.
13. ----- 1991. Inventario y plan de manejo forestal de la finca Alejandra lote 11. Guatemala, se. 64 p.
14. **Gretzinger, SA.** 1996. Análisis financiero del manejo forestal comunitario en la Reserva de la Biosfera Maya; caso de la cooperativa Bethel. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 38 p.

15. **Hunt, D.** 1983. Maquinaria agrícola. Trad. por Rodolfo Piña García. México, Limusa, 451 p.
16. **INAB (Instituto Nacional Forestal GT).** 1997. Ley forestal; decreto legislativo número 101-96. Guatemala, PAF para Guatemala / GTZ / MAGA, 27 p.
17. **Louman, B; Quiroz, D; Carrera, F.** 1999 Planificación y control del aprovechamiento forestal. In Curso Manejo de Bosques Naturales Latifoliados (2., 1999, Petén, Guatemala). Guatemala, CATIE / CONAP. p. 1-19.
18. **Stanley, S.** 1996. Monitoreo estatal en concesiones forestales comunitarias en la reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE / CONAP. 36 p. (Colección manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Publicación no. 6).
19. **Tolosana, E; Gonzáles, VM; Vignot, S.** 2000. El aprovechamiento maderero. Madrid, España, Fundación Conde del Valle de Salazar / Mundi Prensa, 570 p.

APÉNDICE

RESERVAS FORESTALES S.A.

KM 292.5 Ruta al Atlántico. Puerto Barrios. Izabal teléfonos 948-0491/0509

Formulario RFSA-Ap.-1

FINCA: _____ MAQUINA: _____ No. De Serie: _____

Técnico responsable _____ Firma _____

DIA	Fecha	H. Inicio	H. Final	Diesel	Aceite	Otros	Km. de caminos	No de fustes extraídos y volumen
Lunes								
Martes								
Miércoles								
Jueves								
Viernes								
Sábado								
Domingo								

Observaciones _____

RESERVAS FORESTALES S.A.

KM 292.5 Ruta al Atlántico. Puerto Barrios. Izabal teléfonos 948-0491/0509

Formulario RFSA-Ap.-2

FINCA: _____ MAQUINA: _____ No. De Serie: _____

Técnico responsable _____ Firma _____

Mes que se reporta: _____ Año: _____

Semana	Fecha		H. Inicio	H. Final	Diesel	Aceite	Otros	Km. de caminos	No de fustes extraídos
	De	a							
1									
2									
3									
4									
5									
Total mensual									

Observaciones _____

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE AGRONOMÍA

Ref. IIA-05-2004

DOCUMENTO DE GRADUACION: "APROVECHAMIENTO FORESTAL MECANIZADO: EXPERIENCIAS EN EL NORTE Y NORORIENTE DE GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: WALTER RENE CHAVEZ FIGUEROA

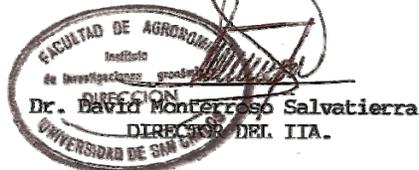
CARNE 8013631

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
Ing. Agr. Byron Otoniel Villeda Padilla

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcado en el "PROGRAMA EXTRAORDINARIO PARA LA REALIZACION DE TESIS DE GRADO PARA LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO", Aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Agronomía según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de sesión celebrada el 17 de septiembre de 1998.

Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
A S E S O R

Ing. Agr. Byron Otoniel Villeda Padilla
A S E S O R



I M P R I M A S E

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
D E C A N O



cc:Control Académico
Archivo
DM/prr.