

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, Y PRUEBA DE EFICIENCIA DE UN  
WINCHE CON MOTOR DE MOTOSIERRA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**JUAN ARTURO HIDALGO ARÉVALO**

**LIMA - PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente  
investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, Y PRUEBA DE EFICIENCIA DE UN  
WINCHE CON MOTOR DE MOTOSIERRA”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL  
JUAN ARTURO HIDALGO ARÉVALO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

*Mg. Sc. Leonidas Miguel Castro*  
*Presidente*

---

*MS. c. José Carlos Cano Delgado*  
*Miembro*

---

*Mg. Sc. Florencio Trujillo Cuellar*  
*Miembro*

---

*Mg. Sc. Rene Campos Romero*  
*Asesor*

---

*Mg. Sc. Milo Bozovich Granados*  
*Co Asesor*

## *DEDICATORIA*

*A mi padres, por todo su cariño y cuidar de mí,*

*A mi hermanas, que las quiero mucho,*

*A mi tío Pepe, por guiarme siempre, el mejor del mundo.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a:*

*Al profesor René Campos por su dedicación enseñándome a elaborar el presente documento.*

*Al profesor Milo Bozovich por la ayuda en los auspicios para la elaboración del estudio, así como sus sugerencias para un mejor trabajo.*

*Al Sr. Orlando Medrano por la ayuda en la realización del trabajo de campo.*

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## ABSTRACT

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1.	TECNOLOGÍA Y OPERACIONES DE DESEMBOSQUE.....	3
2.2.	USO DEL WINCHE EN EL DESEMBOSQUE .....	3
2.3.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESEMBOSQUE.....	4
2.4.	DISEÑO DE MÁQUINAS .....	5
2.5.	PRODUCTIVIDAD Y COSTOS EN OPERACIONES DE EXTRACCIÓN FORESTAL.....	6
2.6.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE WINCHES.....	8
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1.	MATERIALES.....	11
3.2.	MÉTODOS.....	12
3.2.1.	DISEÑO DEL WINCHE.....	12
3.2.2.	MOTOR DEL WINCHE.....	14
3.2.3.	CAJA DE REDUCCIÓN Y CÁLCULO DE LA TRANSMISIÓN REAL (SISTEMA REDUCTOR DE VELOCIDAD) .....	15
3.2.4.	DISEÑO DEL TAMBOR. CÁLCULO DE SU CAPACIDAD DE ENROLLAMIENTO DE CABLE.....	15
3.2.5.	DISEÑO DEL CHASIS.....	17
3.2.6.	ANÁLISIS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS.....	18
3.2.7.	PRUEBA DE EFICIENCIA.....	18
3.2.8.	PRODUCTIVIDAD. DATOS OBTENIDOS DEL DESEMBOSQUE CON EL WINCHE.....	19
3.2.9.	COSTOS DE DESEMBARQUE CON EL WINCHE-MOTOSIERRA Y COSTOS UNITARIOS DE DESEMBARQUE.....	19

<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
4.1.	CONSTRUCCIÓN DEL WINCHE MOTOSIERRA.....	21
4.2.	CÁLCULO DE FUERZAS PRESENTES .....	23
4.2.1.	RESISTENCIA AL ARRASTRE PROMEDIO .....	24
4.2.2.	FUERZA DE TRACCIÓN EJERCIDA EN LA CADENA DE TRANSMISIÓN.....	24
4.2.3.	ANÁLISIS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS .....	25
4.3.	PRUEBA DE EFICACIA DEL WINCHE MOTOSIERRA.....	26
4.3.1.	PARÁMETROS DE TRABAJO EN DESEMBOSQUE CON EL WINCHE MOTOSIERRA .....	28
4.4.	COSTOS DE FUNCIONAMIENTO DEL WINCHE .....	32
4.5.	COSTO DEL DESEMBOSQUE CON EL WINCHE MOTOSIERRA POR METRO CÚBICO .....	34
4.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	35
4.6.1.	CORRELACIÓN TIEMPO TOTAL (SEG) VERSUS DISTANCIA (M) .....	35
4.6.2.	CORRELACIÓN TIEMPO TOTAL (SEG) VERSUS VOLUMEN (M <sup>3</sup> ) .....	36
4.6.3.	TIEMPO ACUMULADO (SEG) VERSUS DISTANCIA ACUMULADA (M).....	37
4.6.4.	TIEMPO ACUMULADO (SEG) VERSUS VOLUMEN ACUMULADO (M <sup>3</sup> ).....	38
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>42</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>43</b>
	ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS DE ESTUDIO .....	43
	ANEXO 2. TIEMPOS POR FASE DE DESEMBOSQUE Y TIEMPO TOTAL.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos de las variables medidas en el estudio.....	29
Tabla 2. Estadísticos sobre tiempos por fase de desemboque .....	30
Tabla 3. Análisis de varianza 1.....	35
Tabla 4. Análisis de varianza 2.....	36
Tabla 5. Análisis de varianza 3.....	37
Tabla 6. Análisis de varianza 4.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del Winche.....	12
Figura 2. Tambor con cable.....	21
Figura 3. Cadena de Transmisión.....	22
Figura 4. El chasis.....	22
Figura 5. Pernos de sujeción.....	22
Figura 6. Vista frontal del winche motosierra.....	23
Figura 7. Vista de planta del winche motosierra.....	23
Figura 8. Fuerzas en el winche motosierra en el plano horizontal.....	25
Figura 9. Fuerzas que actúan en la vertical.....	26
Figura 10. Tiempos por fase de desemboque.....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS DE ESTUDIO .....	43
ANEXO 2. TIEMPOS POR FASE DE DESEMBOSQUE Y TIEMPO TOTAL.....	46

## RESUMEN

El presente trabajo partió de la necesidad de generar tecnología local para realizar cortas de mejora en plantaciones forestales del país, actualmente no se dispone de tecnologías apropiadas y accesibles a las características y condiciones socio-económicas de los propietarios de las plantaciones; como resultado no se realizan cortas de mejora con la consecuente baja calidad de la madera y reducido crecimiento. Resulta necesario crear equipos que permitan realizar raleos oportunamente y a bajos costos. En tal sentido se diseñó un prototipo de winche-motosierra con la idea de desemboscar las trozas de los raleos de plantaciones forestales. El prototipo utilizó la unidad motriz de una motosierra marca Stihl 070, como generadora de movimiento, la que se encuentra bastante difundida en el ámbito nacional, que a la vez se empleó en la realización de operaciones de tumbado y trozado, a la cual se le acopló a una caja reductora del tipo tornillo sin fin y un tambor para el cable. Se acondicionó una sección de cadena de motosierra para la transmisión de movimiento. El tambor se diseñó de acuerdo a la potencia de la unidad motriz, longitud y diámetro del cable. Para comprobar la eficacia del prototipo se realizó operaciones de desembosque en una plantación sometida a raleo en Oxapampa – Pasco. Se analizaron las fuerzas a las que estuvo sometido el prototipo durante el trabajo activo. La prueba de eficacia demostró que el prototipo es adecuado para realizar desembosque en plantaciones forestales.

**Palabras clave:** Arrastre, costos, productividad, raleo, winche motosierra.

## **ABSTRACT**

This work is based on the need to generate local technology for the management of forest plantations that allow the execution of skidding at low costs. In this sense it has designed a prototype chainsaw winch with an idea to remove from the forest logs from thinning of forest plantations. For this purpose we used the drive unit Chainsaw Stihl 070, which is quite widespread at the national level, coupled to a gearbox type worm, a drum for the cable, and the saw chain transmission of movement. The drum is designed according to the power of the drive unit, cable length and diameter. The forces that underwent analyzed. To check the effectiveness of the prototype operations yarding were conducted in a plantation submitted to thinning in Oxapampa determining its convenience and productivity of skidding in  $\text{m}^3/\text{h}$  through a study of the variables: distance, volume and time, we determine the cost of running for day and thus calculate the cost per cubic meter of skidding. It also analyzes a time study for phases of skidding are performed. It is shown that the winch chainsaw is an appropriate technology for the use of thinning of forest plantations. It is concluded that this must be improved lowest the size and weight of the chassis, and the creation of a mechanism to facilitate the winding of the cable. The performance test showed that the prototype is suitable for skidding in forestry plantations.

**Keywords:** Skidding, cost, productivity, thinning, winche chainsaw.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de la madera de los bosques es un proceso complejo, riesgoso y de gran incidencia en el costo de la madera rolliza puesta en el mercado. La carencia de tecnología apropiada para su realización ocasiona entre otros: pérdida de recursos, baja seguridad, reducida productividad y elevados costos.

En la zona andina del país, el aprovechamiento de los bosques plantados por el hombre no dispone aún de tecnologías apropiadas a las características forestales de estos bosques y a las condiciones socio-económicas de sus propietarios. Normalmente, los dueños de los bosques venden la madera en pie a intermediarios, a precios muy bajos, los cuales no pagan el tiempo transcurrido para lograr una cosecha ni los esfuerzos realizados. Los intermediarios, usualmente, recurren a procedimientos y prácticas poco racionales para la realización del aprovechamiento obteniendo costos de aprovechamiento elevados.

De una manera general, las plantaciones forestales de la zona andina del país carecen de una gestión forestal adecuada que permita obtener madera de calidad, según objetivos de la plantación, y un mayor incremento de volumen por unidad de área. Los raleos que son herramientas fundamentales de gestión del bosque no se realizan y cuando se hacen ya el bosque se encuentra seriamente comprometido. Una de las razones por las cuales no se realizan los raleos, es la carencia de tecnologías de aprovechamiento adecuadas que permitan la extracción de los productos del raleo a bajo costo y que sean accesibles al propietario de los bosques o el extractor.

Con el propósito de contar con una tecnología apropiada para realizar la operación de desembosque, en el aprovechamiento de los bosques plantados por el hombre y considerando que dicha operación por ser compleja e incidir grandemente en los costos del proceso de aprovechamiento limita la actividad forestal; en el presente estudio se plantea el diseño y construcción de un equipo mecanizado para el desembosque de trozas de

dimensiones compatibles con los productos obtenidos en los raleos. Se trata de un winche portátil constituido por un chasis, un tambor para el cable del winche el que será accionado por la unidad motriz de una motosierra, una caja de reducción, un tambor con cable.

La ventaja de este equipo radica en constituir una tecnología mecanizada de bajo costo y de construcción local que puede mantenerse y repararse localmente. Además permite usar la motosierra, que se encuentra ampliamente difundida en el país, para realizar el desembosque, para realizar el desembosque, permitiendo incrementar la utilización de la motosierra.

En la zona de Oxapampa existe actualmente una tendencia fuerte hacia las plantaciones con coníferas, sin embargo las plantaciones existentes no son manejadas, La Universidad Agraria La Molina viene difundiendo técnicas de raleo desde hace ocho años y actualmente existe un interés creciente por la reforestación. Es de esperar que en el corto plazo la demanda de tecnología para realizar raleos sea apremiante.

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo general del trabajo fue:

- Generar una tecnología apropiada para realizar la operación de desembosque.

Y los objetivos específicos fueron:

- Diseñar un winche accionado por la unidad motriz de la motosierra.
- Construir la máquina localmente.
- Realizar su prueba de eficiencia.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. TECNOLOGÍA Y OPERACIONES DE DESEMBOSQUE**

Según FAO (1984), La tecnología apropiada es la que mejor se adapta a las condiciones de una situación dada, los aspectos económicos del trabajo de racionalización deben primar y determinar la elección de la tecnología de extracción más apropiada. El desembosque mediante cables es una tecnología que puede ser eficaz en países con abundante mano de obra.

Según Campos (1983), Las operaciones de desembosque comprenden el traslado de trozas desde el tocón hasta un depósito o patio de trozas donde se inicia el transporte. El desembosque constituye una operación difícil y costosa depende de los obstáculos del terreno, de la forma de las trozas y el clima. El desembosque tiene gran incidencia en el costo total de la madera rolliza puesta en la industria.

Según Cassinelli (1988), El desembosque en la sierra se caracteriza por ser puramente manual, empujando y rodando las trozas, usándose palancas y sogas, esto es posible por las cortas distancias y dimensiones pequeñas de las trozas, de esta manera el rendimiento por día de una cuadrilla de trabajo es de seis a ocho árboles correspondiendo un rendimiento de siete m<sup>3</sup> por día.

### **2.2. USO DEL WINCHE EN EL DESEMBOSQUE**

Según Lakio (1967), se puede dividir en dos diferentes métodos:

- Extracción de trozas arrastrando sobre la tierra.
- transporte de trozas por cables colgantes (aéreos).

Para realizar el arrastre todos los winches funcionan de la misma manera, el cable del winche se fija con la ayuda de ganchos especiales alrededor de la punta de la troza y cuando gira el tambor la troza avanza despacio hacia el winche, la distancia de arrastre varía normalmente entre 50 y 300 metros, elevando la punta de la troza se mejora el rendimiento, en winches de un solo tambor el cable debe ser llevado hasta la punta de la troza a mano lo que resulta incómodo y ocupa tiempo reduciendo el rendimiento, los winches de varios tambores son usados en cables colgantes.

El mismo autor menciona que el rendimiento en el arrastre con winches es alto, y se puede trabajar en situaciones muy difíciles, pero el traslado del equipo es difícil y lento.

Según FAO (1984), el uso de winches en el desembosque de madera rolliza constituye una tecnología alternativa e interesante para los países en desarrollo, los dispositivos de cable más pequeños para el transporte de madera son los cabrestantes de motosierra, son usados para aprovechar pequeñas cantidades de madera. La potencia disponible para los distintos cabrestantes varía de 4,5 a 16hp DIN. y su peso varía de 42 a 560 Kg.

### **2.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESEMBOSQUE**

Según de la Maza et al. (1967), el arrastre está influenciado por el rozamiento, peso de las trozas, fuerza de tracción, pendiente de la pista de arrastre y posición de la troza respecto al suelo. La fuerza de rozamiento determina la resistencia a vencer con el esfuerzo de tracción, su valor está dado por:

$$F= u \times P$$

Donde,  $u$ = coeficiente de rozamiento.

$P$ = componente normal del peso de la carga sobre el suelo.

El coeficiente de rozamiento puede ser de adherencia cuando actúa al iniciarse el movimiento, o de deslizamiento cuando la carga ya está en movimiento.

La forma e irregularidades de la troza influye en el rozamiento: ramas mal cortadas, nudos, cortezas rugosas, etc. El material que se va acumulando en la testa de la troza durante su desplazamiento, exige un esfuerzo tractor mayor. Las trozas largas presentan menos rozamiento que las cortas, por estar menos apoyadas sobre el terreno a causa de las irregularidades del mismo.

Se estima un coeficiente de rozamiento que varía entre 0.55 y 0.6 para el arrastre de trozas, este rango de valores se determinó a partir de varios estudios conducidos para cuantificar el valor del rozamiento en el arrastre de tractores.

## **2.4. DISEÑO DE MÁQUINAS**

Según FAO (1984), la máquina debe ser adecuada para:

- El trabajador, cumpliendo los requisitos ergonómicos, garantizando un rendimiento fácil, conveniente y seguro.
- El tipo de trabajo a ejecutar, acorde con las condiciones del terreno (reduciéndose al mínimo los daños al suelo forestal, masa remanente, productos extraídos) y procedimientos de trabajo de que se trate, solo se logrará si la máquina ha sido diseñada para ese tipo de terreno.
- El rendimiento programado, debe alcanzarse empleando el 60 a 70 por ciento de su capacidad, claro que el rendimiento económico es de importancia fundamental y la situación de la empresa.

Según Campos, para saber la capacidad de enrollamiento del cable en el tambor del winche, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$L = A \times (A \times B) \times C \times F$$

Dónde:

L = Longitud del cable (pies)

A = profundidad del tambor (pulgadas)

B = diámetro del tambor (pulgadas)

C = largo del tambor (pulgadas)

F = factor en función del diámetro del cable

## **2.5. PRODUCTIVIDAD Y COSTOS EN OPERACIONES DE EXTRACCIÓN FORESTAL**

Según Chuquicaja (1992), la racionalización del trabajo en extracción forestal incluye problemas de organización y planificación, basándose en evaluaciones de tiempos y costos, se logra cuantificar la productividad identificando la influencia que ejercen las situaciones forestales y económicas en la producción. (Para una buena economía son necesarios un alto grado de uso de la maquinaria, alto rendimiento por día, alta cantidad de madera).

Se debe tener en cuenta que factores como áreas poco accesibles, árboles de pequeñas dimensiones, pequeños volúmenes por unidad de área incrementan los costos, y que son característicos para el Perú.

Según Campos (1983), se debe de recolectar los elementos de costos de un equipo, entre los que tenemos los costos de posesión (costos de adquisición, vida económica o útil, valor residual), costos de operación (mantenimiento y reparación, combustibles, lubricantes y otros) y los costos de mano de obra (salario, leyes sociales, otros) Un buen conocimiento de los costos de extracción ayuda a mantener una economía sana.

Es necesario además implementar una adecuada política de mantenimiento y reparación de las máquinas, en lo posible localmente, para reducir costos y lograr un alto coeficiente de utilización de las máquinas.

Según FAO (1984), cualquier gasto efectuado con el objeto de producir bienes o servicios corresponden a un componente del costo de producción. Las unidades más comunes a que se refieren los costos de faenas de extracción, son unidades de tiempo, volumen y distancia. Así por ejemplo tenemos:

- Costos por unidad de tiempo (hora)
- Costos por unidad de volumen (m<sup>3</sup>.)
- Costos por unidad de distancias (m.)

El desembosque es el traslado de las trozas desde el tocón hasta los patios de carga. Cuando este transporte es mecanizado, el cálculo del costo unitario se puede hallar de la siguiente manera:

- Calcular el costo horario total del equipo.
- Calcular el costo horario de la mano de obra.
- Determinar el rendimiento promedio de la faena en conjunto por horas efectivas de trabajo, en las unidades que se desee expresar el costo.
- Determinar los costos unitarios.

Teniendo estos datos, el costo unitario se determina por:

$$Cu = ( CH / RD ) + tu$$

Dónde:

$C_u$  = costo unitario (S/.m<sup>3</sup>)

$CH$  = costo horario de la máquina en operación (S/.)

$RD$  = rendimiento promedio por hora efectiva de trabajo, en función de la distancia media (m<sup>3</sup>)

$T_u$  = incentivo por unidad de producción.(S/.m<sup>3</sup>)

## **2.6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE WINCHES**

Según Tulsa (2008) los winches, necesitan un asentimiento para funcionar bien y para maximizar su vida útil. Se debe tener cuidado al enrollar el cable en el winche por primera vez. No hacer funcionar el winche a altas velocidades al realizar esta operación. Se debe asegurar que el cable sea desenrollado en una línea (para evitar pliegues) y lentamente jalar el winche para instalar el cable. Iniciar el trabajo con bajas cargas y bajas velocidades esto asegurara que el winche y los engranajes tengan la oportunidad de asentarse apropiadamente.

Es importante mantener el ángulo de desviación del cable lo más pequeño posible, para el éxito de la operación de arrastre con winche, para asegurar un enrollado apropiado, para maximizar la vida útil del winche y la vida útil del cable que se está usando. Para lograr un enrollado parejo del cable se debe mantener el ángulo de desviación por debajo de los tres grados.

A medida que aumenta el número de capas de cable en un winche la capacidad nominal del winche disminuye. Si se está operando cerca del borde superior de las capas del tambor, la capacidad nominal efectiva del winche es de alrededor de un 50 por ciento menor de la primera capa. Por lo tanto, solo se debe dejar en el winche la cantidad de cable que se necesita para el trabajo.

Un winche necesita mantenimiento regular para funcionar correctamente, tener valor durable y brindar un arrastre seguro. El buen mantenimiento consiste en dos partes: una inspección diaria y un servicio de mantenimiento periódico. Todos los días después de usar el winche deben inspeccionarse y ajustarse los siguientes elementos:

- Controlar que todos los componentes de la transmisión estén bien alineados y bien montados.
- Verificar que el cable no este demasiado desgastado, que no halla hilos rotos y controle la lubricación, nunca usar cables defectuosos.
- Controlar el embrague del tambor para asegurarse de que se está acoplando por completo cuando se hace el cambio.

Una vez por semana:

- Lubricar los rodajes de la caja de reducción.
- Inspeccionar el nivel de aceite de la caja de engranajes del winche y agregar lubricantes si es necesario.
- Lubricar el cable.

Cada seis meses, debe vaciarse la caja de engranajes y llenarse con lubricante de engranajes nuevo y limpio.

Según FAO (1984), para evitar peligros en el funcionamiento de la maquinaria forestal se debe tener en cuenta las siguientes, normas:

- Cuando se realiza el corte de árboles (apeo) dentro de la zona de corte están prohibidos desrame o arrastre, análogamente a la inversa.

- El operario no debe estar situado en el lado en que se está enrollando el cable del cabestrante, y el mantenimiento de la máquina solo se realiza con el motor parado.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. MATERIALES**

- Unidad motriz de motosierra Sthil 070
- Caja de reducción de tornillo sin fin.
- Material de acero: tubo 1 3/4", plancha de 3/8", barras de 2 x 2 cm.
- Piñón de motosierra 070, paso 0.404"
- Máquinas de banco: Torno (monarch), Cepillo de codo (klopp)
- Pie de rey
- Soldadura autógena
- Esmeril
- Taladro (csepel)
- Pernos varios
- Cable de 1/4" de diámetro
- Ojales para cable
- Gancho largo
- Cadena para anclaje del winche
- Combustibles: gasolina 84 octanos, aceite 2T
- Polea principal
- Guantes
- Trozas de pino pátula de diferentes dimensiones
- Wincha de 5 m.
- Cronómetro
- Calculadora
- Computadora PC

### 3.2. MÉTODOS

El desarrollo del presente trabajo se realizó en las siguientes etapas principales:

- Diseño del winche.
- Construcción del winche.
- Pruebas de eficiencia del winche.

#### 3.2.1. DISEÑO DEL WINCHE

El winche se diseñó en base a la potencia de la unidad motriz de la motosierra, a su tamaño y peso que permita el fácil desplazamiento manual en el bosque, al peso de las trozas a desemboscar y la disponibilidad de partes y materiales en el mercado local. En la Figura 1 se aprecia los elementos y el orden en el que se unirán.

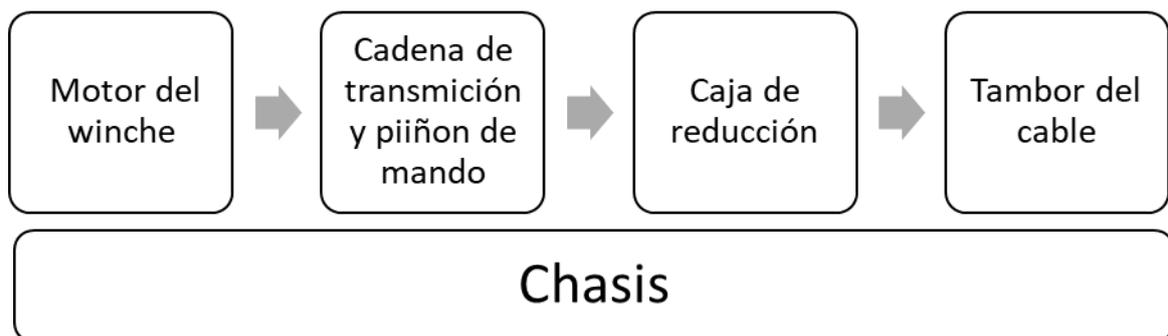


Figura 1. Elementos del Winche

Las partes adquiridas son:

- Motor del winche
- Caja de reducción

Las partes que están diseñadas y construidas son:

- Tambor del cable
- Piñón de mando y cadena de transmisión
- Chasis

La principal fuerza a que se está sometido el winche motosierra durante el desembosque y que se debe determinar es la fuerza de arrastre promedio. Dicha fuerza nos permitirá conocer la capacidad del winche motosierra para realizar el desembosque.

Las condiciones de trabajo del winche motosierra están de acuerdo a las dimensiones y el peso de las trozas. Se estima que el peso de las trozas procedentes del raleo de plantaciones esta entre 60 y 100 kg. El coeficiente de rozamiento durante el arrastre en base a la naturaleza del suelo para el cálculo de la fuerza de tracción es de 0,55.

Para calcular la resistencia al arrastre, considerando que el winche trabaja en terreno plano, se usa la siguiente fórmula:

$$F= u \times p$$

Donde;

F = Fuerza de tiro (Kg.)

u = Coeficiente de rozamiento =0,55

$p = \text{Peso de la troza (Kg.)}$

El cálculo del peso de las trozas será determinando su volumen y multiplicándolo por su densidad. A su vez la densidad es determinada a través de pequeñas muestras de las trozas midiendo su volumen y peso. La fuerza de arrastre promedio necesaria para vencer la resistencia al arrastre y mantener la troza en movimiento debe ser mayor en 1,3 que la resistencia al arrastre.

### **3.2.2. MOTOR DEL WINCHE**

Como motor del winche se usó la unidad motriz de la motosierra marca Stihl 070, por ser una de las motosierras más difundidas en los aprovechamientos forestales en el país. Dicha motosierra tiene un motor mono cilíndrico de dos tiempos con una cilindrada de 130 cc. (8,7 cv.) y tiene un peso promedio de 11,8 kg. Debido al uso de la unidad motriz se decide denominar a la maquina como WINCHE-MOTOSIERRA.

La distancia entre piñones se diseñó de forma que la distancia sea lo más pequeña a fin de minimizar el tamaño del chasis, procurando que se ajuste a un número exacto de eslabones de la cadena de transmisión. La cadena de transmisión, la cual transmite el movimiento entre el piñón de la unidad motriz de la motosierra y el piñón de mando de la caja de reducción consta de 32 eslabones de cadena de motosierra y de un paso de 0,404” representando esto una distancia de 16,4 cm.

Para los efectos de determinar si la cadena de transmisión de la motosierra a la caja de reducción tiene la resistencia necesaria, se determina la fuerza de tracción ejercida en ella, usando la siguiente fórmula:

$$T = P / v \times R$$

Dónde:

$T = \text{Fuerza de la tracción de la cadena de la motosierra (kg.)}$

P = Potencia desarrollada (hp)

V = Velocidad (r.p.m.)

R = radio del piñón (m.)

### **3.2.3. CAJA DE REDUCCIÓN Y CÁLCULO DE LA TRANSMISIÓN REAL (SISTEMA REDUCTOR DE VELOCIDAD)**

En la construcción del winche se usa una caja de reducción de tipo corona sin fin, cuya relación es de 60: 1 cuyas medidas son 24,5cm x 17cm x 33cm. Dicha caja de reducción se eligió por ser la más adecuada respecto del trabajo a efectuar en comparación con las que se encontró en el mercado de segunda mano.

La razón de transmisión que hay entre el piñón de la motosierra y el piñón de mando de la caja de reducción se adecuó para que sea uno a uno. Siendo igual el número de dientes. Sabiendo que la velocidad entregada por la unidad motriz es de 5000 r.p.m. en su máxima velocidad y disminuyendo está en la caja de reducción en una relación 60: 1, entonces la revolución es en el extremo opuesto de la caja de reducción es 83,33 r.p.m.

### **3.2.4. DISEÑO DEL TAMBOR. CÁLCULO DE SU CAPACIDAD DE ENROLLAMIENTO DE CABLE**

Las dimensiones del tambor se diseñaron acorde con la longitud y el diámetro del cable. Está constituido por un eje tubular de acero de 1 3/4" sobre el cual se enrolla el cable y en cada extremo se soldó una placa de un espesor de 3/8" estas placas provienen de una plancha de acero de 3/8" a la cual se le dio forma en las máquinas de banco: torno y cepillo de codo, constituyéndose en el tambor mismo, el cual una vez construido se une a la caja de reducción.

El tambor lleva un tubo interno que permite la unión de este con la caja de reducción, a la vez que permite la existencia del sistema de acople, que fija el tambor al giro del eje de la caja de

reducción. El diámetro del tubo interno está en relación con el diámetro del eje de la caja de reducción.

Los diámetros del tubo interno son: 4,51cm de diámetro externo y 3,5cm de diámetro interno acorde con el diámetro del eje de la caja de reducción, el tubo se extiende hasta el centro de la caja de reducción, uniéndose a esta por presión, además de llevar un perno de seguridad en la placa del lado opuesto a la caja de reducción, que evita el ingreso de tierra y polvo.

El tambor lleva un sistema de acople, el cual consiste en una placa con un seguro, que fija el enganche y desenganche del tambor al giro de la caja de reducción, a fin de que cuando se quiera desarrollar el cable simplemente se suelte del sistema de acople.

Para saber la capacidad de enrollamiento de cable en el tambor se usó la siguiente fórmula:

$$L = A \times (A \times B) \times C \times F$$

Dónde:

L = Longitud del cable (pies)

A = profundidad del tambor (pulgadas)      A= 1,57"

B = diámetro del tambor (pulgadas)      B=4,50"

C = largo del tambor (pulgadas)      C=5,90"

F = factor para el cálculo de la longitud del cable en función del diámetro

Se usó un cable de 1/4" de diámetro, de acuerdo con el esfuerzo máximo esperado en el desembosque.

$$F= 4,16$$

Entonces la capacidad de enrollamiento de cable en el tambor es:

$$1,57 \times 6,09 \times 5,9 \times 4,16 = 233 \text{ pies} = 71\text{m.}$$

Sin embargo para la realización del estudio se usó un cable de 50 m, el cual en un extremo lleva el gancho.

El número de vueltas por capa de enrollado que el cable puede dar a lo largo del eje del tambor se determina con la siguiente formula:

$$\text{Numero de vueltas} = \text{longitud del tambor en cm.} / \text{diámetro del cable en cm.}$$

Dónde:

$$\text{Longitud del tambor } 5,9'' = 14,98\text{cm} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro del cable } \frac{1}{4}'' = 0,635 \text{ cm}$$

El número de vueltas por capa de enrollado que el cable puede ser a lo largo del eje del tambor es:

$$\text{Numero de vueltas} = 15\text{cm} / 0,635 \text{ cm} = 23,6 = 23 \text{ vueltas}$$

### **3.2.5. DISEÑO DEL CHASIS**

El chasis estará constituido de una plancha de acero de  $\frac{1}{4}''$  y de las dimensiones 40 x 60 cm. En ambos extremos de la plancha de acero se da un doblez perpendicular dándole una altura de 5cm sobre el suelo. Al chasis se le suelda barras de sujeción que permiten el anclaje del winche motosierra a árboles o tocones existentes en el bosque. Dichas barras son dos cuyas medidas son 40cm de largo dos de ancho y dos de espesor, con una separación entre estas de

16 cm, las cuales serán soldadas en la parte posterior del winche. Finalmente se le añadió por soldadura al chasis cuatro aros de acero que permitan el anclaje por medio de cadenas.

### **3.2.6. ANALISIS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS**

En base a las fuerzas que soporta el winche se determina las reacciones horizontales y verticales. Descomponemos las fuerzas actuantes determinando los desplazamientos de la máquina y los esfuerzos a los que se ve sometida. Se analizan las fuerzas actuantes y sus reacciones, respecto al eje horizontal y al eje vertical, que actúan sobre el winche motosierra y el cable de sujeción.

### **3.2.7. PRUEBA DE EFICIENCIA**

La prueba de eficiencia consistió en probar si el prototipo winche motosierra construido es capaz de ejecutar la operación de desembosque de trozas provenientes de raleo de plantaciones forestales y brindar su información sobre productividad. La prueba tiene dos fases. La primera consiste en pruebas de funcionamiento del prototipo en el campus de la U.N.A. La Molina, en el laboratorio de Aprovechamiento forestal F.C.F. y jardines exteriores. La segunda parte se realizó en un bosque de la zona de Oxapampa en el desembosque de trozas de una plantación de pino pátula (*Pinus pátula*) de 20 años, sobre terreno plano usando el método cables terrestres de polea alta. La realización de esta fase demanda la utilización de dos personas: el winchero y el ayudante, con modesta experiencia en la operación de desembosque por el método empleado.

Las fases de la operación de desembosque son las siguientes:

- Traslado del gancho hasta la troza.
- Enganche de la troza.
- Arrastre del a troza.

- Desenganche-apilado de la troza.

### **3.2.8. PRODUCTIVIDAD. DATOS OBTENIDOS DEL DESEMBOSQUE CON EL WINCHE**

La productividad en la operación de desembosque con el winche motosierra se determinó mediante un estudio de tiempos, usando el método de desembosque con cable terrestre y polea alta. Para realizar el estudio de tiempos previamente se dividió la operación en sus fases elementales para luego cronometrar dichas fases con un cronómetro siguiendo el método repetitivo o de vuelta a cero.

La información colectada es la distancia de desembosque, diámetros de ambos extremos de las trozas, longitud de las trozas, y el tiempo total por ciclo. Se realizó en total 65 repeticiones en distancias variables entre 12 y 50m.

### **3.2.9. COSTOS DE DESEMBARQUE CON EL WINCHE-MOTOSIERRA Y COSTOS UNITARIOS DE DESEMBARQUE**

Para determinar el costo de funcionamiento del winche-motosierra, se empleó el método usado por la sección de aprovechamiento forestal, F.C.F.- Universidad Nacional Agraria La Molina. Para determinar el costo unitario de desembosque se usó la siguiente fórmula:

$$Cu = PD / CF$$

Dónde:

Cu= Costo unitario, en S/. m<sup>3</sup>

PD= Producción promedio diaria, en m<sup>3</sup>/día.

CF= Costo de funcionamiento diario del winche en S/.día.

### 3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó regresiones lineales entre las diversas variables obtenidas durante el estudio a fin de encontrar posibles relaciones mediante ecuaciones del tipo:

$$\mathbf{T = a + b D}$$

Dónde:

T = variable dependiente

D = variable independiente

a y b = constantes

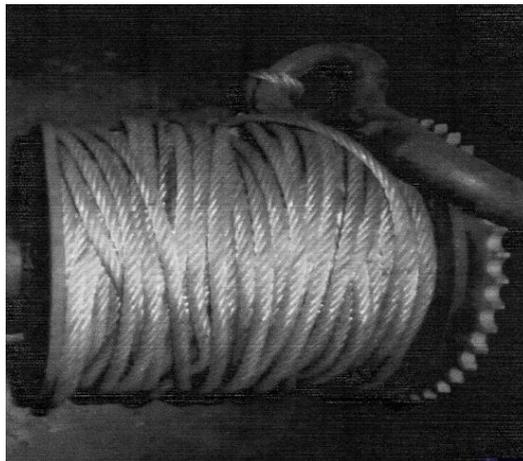
Se buscó la correlación entre diversos parámetros como:

- Tiempo total vs distancia
- Tiempo total vs volumen
- Tiempo total acumulado vs distancia aculada
- Tiempo total acumulado vs volumen acumulado

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CONSTRUCCIÓN DEL WINCHE MOTOSIERRA

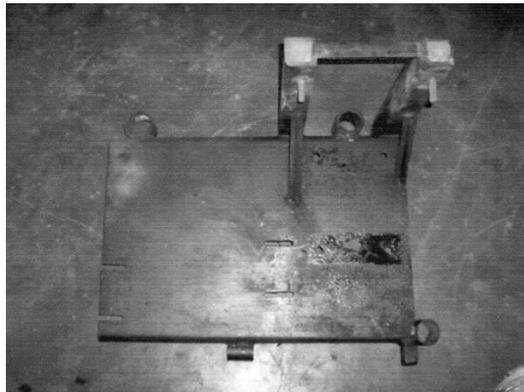
La construcción del winche se realizó en la empresa Raywall ubicada en la avenida Ate 525, distrito de Ate Vitarte. El trabajo consistió en disponer y unir las distintas partes de la máquina sobre el chasis, siendo las partes fundamentales: unidad motriz, caja de reducción y tambor. En la Figura 2 se aprecia con detalle el tambor con el cable de ¼" con su respectivo gancho. En la Figura 3 se presenta la cadena de transmisión que conecta el piñón de mando a la caja de reducción. En la Figura 4 se presenta el chasis de la maquina con la barra de sujeción y los cuatro aros de anclaje. En la Figura 5 se presentan los pernos utilizados en la unión de la unidad motriz y caja de reducción con el chasis. En la Figura 6 se puede apreciar el ensamble del winche motosierra con sus partes fundamentales en una vista de frente. En la Figura 7 se aprecia la vista de planta.



**Figura 2. Tambor con cable**



**Figura 3. Cadena de Transmisión**



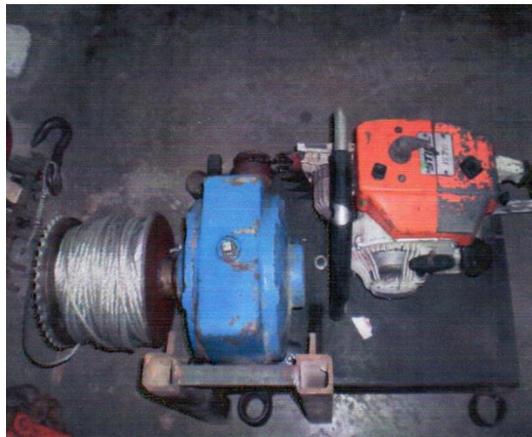
**Figura 4. El chasis**



**Figura 5. Pernos de sujeción**



**Figura 6. Vista frontal del winche motosierra**



**Figura 7. Vista de planta del winche motosierra**

#### **4.2. CÁLCULO DE FUERZAS PRESENTES**

Gracias al sistema de trazabilidad implementado en la compañía se identificaron 4 lotes de harina panetoneira empleados durante el seguimiento inicial, a los cuales denominamos: Lote a, Lote b, Lote c y Lote d provenientes en su totalidad de nuestro proveedor principal de harina. Adicionalmente se identificaron los valores de Alveograma de cada lote, declarados en sus respectivos certificados de calidad, los cuales fueron:

#### 4.2.1. RESISTENCIA AL ARRASTRE PROMEDIO

Calculada para condiciones de terreno plano y determinado por la fórmula:

$$F = u \times p$$

Dónde:

F = Fuerza de tiro (Kg.)

u = Coeficiente de rozamiento = 0,55

p = Peso de la troza promedio normal a la pista de desembosque (Kg.)

El cálculo de las trozas promedio fue hecho determinando su volumen promedio y multiplicado por su densidad. El volumen promedio es de 0,077 m<sup>3</sup> y la densidad de las trozas obtenidas es 1026,76 kg/m<sup>3</sup>. = 79,36 kg.

Entonces la resistencia al arrastre es:

$$F = 0,55 \times 79,36 \text{ kg.} = 43,65 \text{ kg.}$$

La resistencia al arrastre ofrecida por la troza promedio es de 43,65 kg. Siendo entonces la fuerza de arrastre promedio de 56,75 kg.

#### 4.2.2. FUERZA DE TRACCIÓN EJERCIDA EN LA CADENA DE TRANSMISIÓN

Dónde:

T = Fuerza de la tracción de la cadena (kg.)

$P = \text{Potencia desarrollada (hp)} = 5,5 \text{ h.p.}$

$V = \text{Velocidad (r.p.m.)} = 5000 \text{ r.p.m.}$

$R = \text{radio del piñón (m.)} = 0,018 \text{ m.}$

La fuerza de tracción resultó:

$$T = 5,5 / (5000 \times 0,018) = 0,06 \text{ kg.}$$

Siendo un valor tan pequeño la fuerza de tracción en la cadena de transmisión se verifica que dicha cadena trabaja sin contratiempos.

#### 4.2.3. ANÁLISIS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS

Sobre el winche actúan fuerzas las cuales tienden a hacerlo girar en sentido del arrastre, tanto en un plano horizontal como en un plano vertical, para contrarrestar estas fuerzas se colocaron estratégicamente los aros de anclaje y dos barras de sujeción de acero soldadas sobre la plancha del chasis de manera que estas actúen como apoyo y un anclaje con puntos de enganche para la cadena de anclaje del winche a la base de un árbol. En la Figura 8 se presenta el giro en el sentido horario y la utilización de los aros de anclaje. En la Figura 9 se muestra cómo actúan las barras de sujeción para evitar el giro en el plano vertical, así mismo a un esfuerzo mayor tiende a levantar levemente el winche.

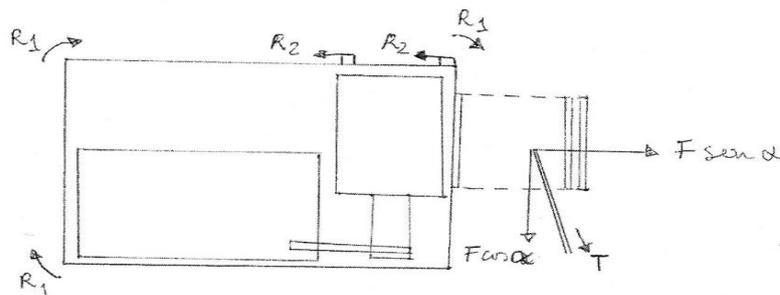
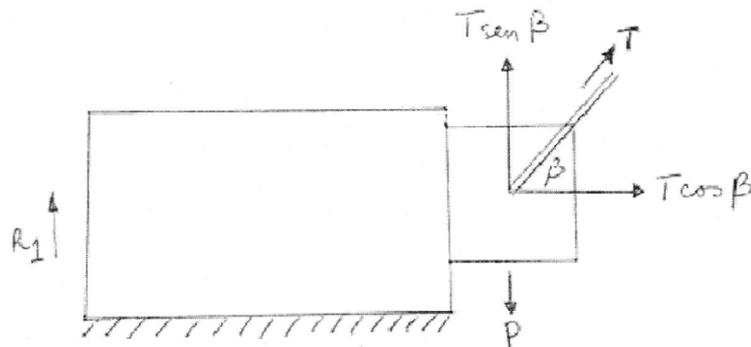


Figura 8. Fuerzas en el winche motosierra en el plano horizontal



**Figura 9. Fuerzas que actúan en la vertical**

### **4.3. PRUEBA DE EFICACIA DEL WINCHE MOTOSIERRA**

La prueba de eficiencia de acuerdo a la metodología citada se realizó en dos fases. La primera fase en el laboratorio de aprovechamiento forestal de la UNALM teniendo como finalidad asegurar el funcionamiento y partes del winche, en base a esta prueba se ejecutaron los ajustes necesarios como por ejemplo retiro de pernos espárragos, lubricación de la cadena de transmisión, ablandamiento del cable y otros.

La segunda fase de la prueba de eficiencia fue en el campo realizando la operación de desembosque en condiciones reales. Para realizar el desembosque de trozas se procedió a anclar el winche motosierra a un árbol de diámetro considerable que ofrezca la resistencia necesaria para esto se utilizó una cadena.

Luego se instaló la polea principal a una distancia de cinco metros del árbol de anclaje y a una altura cinco metros sobre el suelo, se tuvo cuidado de que el ángulo del winche sea menor a  $1,5^\circ$  a fin de evitar rozamientos innecesarios del cable con la polea y el tambor del winche.

Las características del bosque son: terreno plano, superficie relativamente uniforme, ausencia de obstáculos y presencia de vegetación herbácea, debido al método utilizado desembosque con cable terrestre de polea alta, la testa de las trozas estaba ligeramente suspendida sobre el suelo evitando la formación de frente de materiales. La potencia del

winche no llego a utilizarse en su totalidad, excepto en condiciones difíciles. En condiciones normales se usó la mitad de la potencia trabajando a media aceleración.

Para ello se precisó de dos personas con alguna experiencia en el desembosque de trozas, uno trabaja manejando la maquina (winchero) y el otro encargado de llevar el cable hasta la troza, enganchar y acompañarla durante la fase de arrastre. Antes de operar el winchero verifico el correcto ajuste de pernos, el llenado de tanques de combustible y lubricante de la unidad motriz, y el nivel de aceite de la caja de reducción.

Las fases de la operación de desembosque con el winche motosierra se realizaron de la siguiente manera:

Primera fase. Llevado del gancho hasta la troza, el winchero suelta el sistema de acople del tambor, y el ayudante se desplaza cogiendo el gancho del cable hasta llegar a la troza por desemboscar.

Segunda fase. Enganche de la troza, el ayudante engancha la troza con el mismo cable. Una vez hecho esto el ayudante avisa al winchero y este fija el sistema de acople del tambor para iniciar la tercera fase.

Tercera fase. Se inicia el proceso de arrastre en el momento en que el winchero acelera el winche de manera que el cable se va enrollando, a la vez que la troza se acerca a este, el ayudante acompaña la troza permitiendo que esta se deslice evitando obstáculos.

Cuando se trabajó a altas velocidades el enrollamiento del cable no fue uniforme restando su capacidad al tambor dando como resultado que el cable salga del tambor debido al reducido tamaño de las pestañas, esto ocasiono que el winchero tenga que parar el winche para subsanar el enrollado y volver a continuar. Otro problema que se presentó durante la fase fue que el sistema de acople que fija el tambor al eje del giro de la caja de reducción por instantes se soltaba obligando a que el winchero deje de acelerar para acoplar nuevamente el sistema y continuar la operación.

Debido a la presencia de obstáculos en la ruta de desembosque el winche debe parar dando opción a que el ayudante retire los obstáculos y luego volver a prender la máquina. Durante la prueba de eficiencia el winche trabajó sin mayores inconvenientes permitiendo el desembosque de trozas de diferentes dimensiones y que presentaban muchos de ellas defectos como nudos, ramas mal cortadas, curvaturas y otros que generan mayor resistencia al arrastre y consecuentemente mayor esfuerzo de tracción, en función de su forma, naturaleza y estado del terreno.

Cuarta fase. Finalmente cuando la troza llega hasta la polea se detiene la aceleración y el ayudante procede al desenganche del cable y apila la troza.

El operador del winche, debe poner su máxima atención, para evitar accidentes contra la máquina y el ayudante, el uso de guantes de seguridad es obligatorio, además es necesario que exista una buena comunicación entre el winchero y el ayudante de manera que la máquina no realice sobreesfuerzo ni sufra daños.

Debe tenerse presente que durante el funcionamiento del winche motosierra el trabajo mismo tiende a desajustar los pernos, especialmente en el proceso de ablande de la máquina por eso siempre debe contarse con un conjunto de llaves que permitan el correcto ajuste de los pernos, así como el llenado de tanques de combustible y aceite u otro posible mantenimiento. En el trabajo no se apreció ninguna avería del winche motosierra sin embargo de presentarse será fácilmente resuelta dada la simplicidad de la máquina y la existencia local de servicios disponibles.

#### **4.3.1. PARÁMETROS DE TRABAJO EN DESEMBOSQUE CON EL WINCHE MOTOSIERRA**

En la Tabla 1 se presentan los valores estadísticos de las variables de estudio: distancia de desembosque, volumen de trozas y tiempo por ciclo.

**Tabla 1: Estadísticos de las variables medidas en el estudio**

<b>Variable</b>	<b>Nro. Observaciones</b>	<b>Rango</b>	<b>Promedio</b>	<b>Variación</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Distancia (m)</b>	65	30,00	29,48 m	92,35m <sup>2</sup>	9,61 m.
<b>Volumen/viaje (m<sup>3</sup>)</b>	65	0,147	0,07729 m <sup>3</sup>	0,0078	0,02791 m <sup>3</sup>
<b>Tiempo/viaje (seg.)</b>	65	228,00	166,22 seg.	2218,41	47,10 seg

Se puede observar que se tiene una distancia promedio de 29,48m. A pesar que la longitud del cable es de 50m no se puede llegar a distancias de desembosque similares porque la polea principal está a 5m del winche y el cable no se puede desenrollar en toda su longitud.

El volumen promedio por viaje es 0,07729 m<sup>3</sup> y que este presenta la menor variabilidad debido a que la madera obtenida procede de un raleo de una plantación homogénea de Pinus pátula.

El peso promedio de las trozas arrastradas, en base a los datos obtenidos fue de 79,41 kg. Entonces la densidad de la madera al momento de realizar el desembosque fue de 1027,44 kg/m<sup>3</sup>.

El tiempo promedio por ciclo fue 166,22 seg. Este parámetro presenta la mayor variabilidad la que se explica por la forma y defectos de las trozas, naturaleza y estado del suelo.

De estos datos se deduce que la velocidad por ciclo promedio es de 0,18 m/s. y que el volumen por distancia promedio es de 0,0026 m<sup>3</sup>/ m.

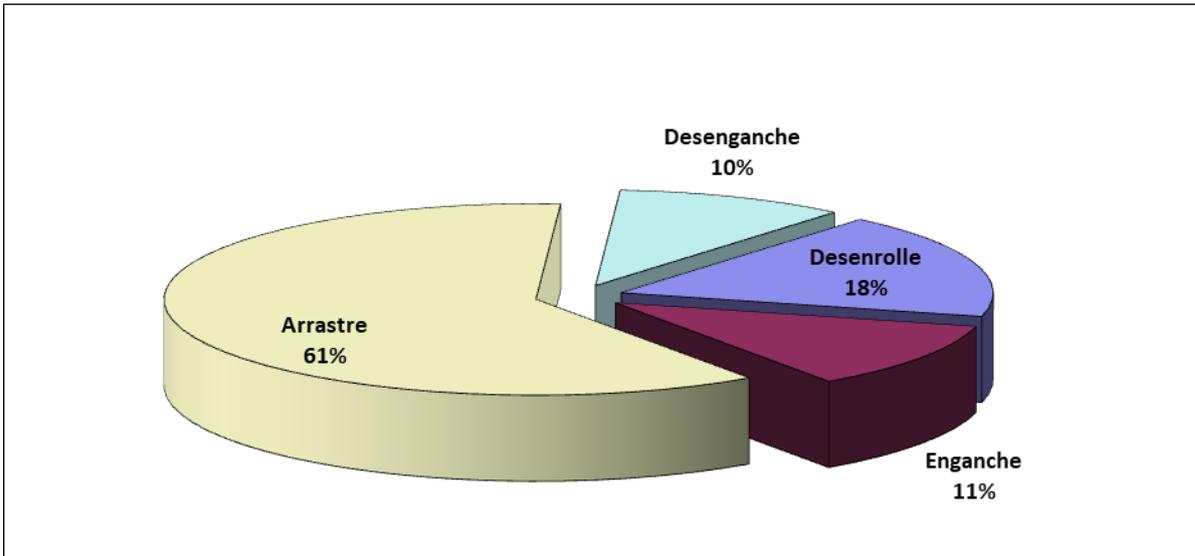
El rendimiento promedio por tiempo efectivo en las condiciones del estudio es de 1,67 m<sup>3</sup>/h. Sin embargo dicha productividad es de esperarse que aumente por lo menos en un 30 por ciento debido a la poca experiencia del personal utilizado en el trabajo de campo.

Por otra parte también se pudo apreciar cuales eran las trozas más voluminosas y pesadas que el winche podía llegar a arrastrar, siendo su límite de 0,179 m<sup>3</sup> es decir 184 kg.

En el Tabla 2 se presentan los valores estadísticos de tiempos por fase de desemboque, a partir de los tiempos promedios obtenidos por fase de desemboque, en la Figura 10 se presentan porcentualmente la duración de las fases.

**Tabla 2: Estadísticos sobre tiempos por fase de desemboque**

<b>Variable</b>	<b>Nro. Observaciones</b>	<b>Rango</b>	<b>Promedio (seg)</b>	<b>Variancia (seg<sup>2</sup>)</b>	<b>Desviación Estándar (seg)</b>
<b>Llevado</b>	65	47,00	28,85	91,01	9,54
<b>Enganche</b>	65	55,00	18,28	117,93	10,86
<b>Arrastre (seg.)</b>	65	135,00	98,11	1007,43	31,74
<b>Desenganche</b>	65	47,00	16,23	263,45	7,61



**Figura 10. Tiempos por fase de desemboque**

La fase de llevado del gancho desde el patio de trozas hasta la troza siguiente constituye el 18 por ciento del tiempo total, presenta poca variabilidad y se ve influenciado por la distancia recorrida, dificultades del terreno y velocidad de desplazamiento del ayudante.

El enganche comprende el 11 por ciento del tiempo total, presenta poca variabilidad y está influenciado por la superficie del terreno, posición de la troza, forma y dimensiones de las trozas.

El arrastre presenta el 61 por ciento del tiempo total, tiene alta variabilidad ya que se ve influenciado por el volumen, peso y defectos de las trozas, distancia de arrastre, dificultades del terreno, y organización del trabajo.

El desenganche-apilado representa el 10 por ciento del tiempo total, presenta la menor variabilidad en virtud de las características similares de las trozas, las diferencias en tiempo se producen en el apilado.

#### 4.4. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO DEL WINCHE

La determinación del costo de funcionamiento del winche en el desembosque se hizo a partir de la siguiente información recogida en la zona:

Elementos de cálculo

Valor de adquisición (I) \_\_\_\_\_ S/. 2250

Valor del cable (VC) \_\_\_\_\_ S/. 100

Valor de la cadena de transmisión(c) \_\_\_\_\_ S/. 32

Vida útil del winche motosierra (N) \_\_\_\_\_ 2 años

Vida útil del cable (N1) \_\_\_\_\_ 30 días productivos

Vida útil de la cadena (Nc) \_\_\_\_\_ 30 días productivos

Valor residual del winche (R) \_\_\_\_\_ 20%

Interés sobre el capital medio anual \_\_\_\_\_ 20%

Mantenimiento y reparación \_\_\_\_\_ 70% depreciación

Días productivos por año (D) \_\_\_\_\_ 180 días

Horas efectivas por día (H) \_\_\_\_\_ 5 horas

Relación mezcla combustible aceite gasolina(a: ga) \_\_\_\_\_ 1:20

Consumo mezcla combustible por día (cd) \_\_\_\_\_ 2,0 gal/día

Consumo aceite para cadena por día (ca) \_\_\_\_\_ 0,3 gal/día

Precio gasolina 84 oct. (Pg) \_\_\_\_\_ 11,00 S/.gal

Precio aceite motor 2 tiempos (Pa) \_\_\_\_\_ 40,00 S/.gal

Precio aceite para cadena \_\_\_\_\_ 20,00 S/.gal

Salario del personal

Sueldo motosierrista - winchero 35,00 S/.día

Sueldo ayudante 20,00 S/.día

Cálculo del costo por día

**Costos de posesión (CP) = 7,87 S/.día**

a. Depreciación

$$\frac{I - (VC + c)}{N \times D} = \frac{2250 - 132}{180 \times 2} = \frac{2118}{360} = 5,88 \text{ S/.día}$$

b. Interés sobre la inversión media anual

$$\left( \frac{(I - R) \times (n+1)}{2n} + R \right) \times \frac{i}{D} = \frac{(2250 - 500) \times 3}{2 \times 2} \times \frac{0,20}{180} + 500 \times \frac{0,20}{180} = 2,01 \text{ S/.día}$$

**Costos de operación (CO) = 42,88 S/.día**

a. Depreciación del cable

$$VC / N1 = 100 / 30 = 3,33 \text{ S/.día}$$

b. Depreciación la cadena

$$c / Nc = 32 / 30 = 1,07 \text{ S/.día}$$

c. Mezcla combustible

$$\frac{(a \times Pa) + (ga \times Pg)}{ga + a} = \frac{(1 \times 15) + (20 \times 11)}{21} = \frac{235}{21} = 11,19 \text{ S/.galón}$$

$$11,19 \text{ s/. galón} \times 2 \text{ galones /días} = 22,38 \text{ S/ día}$$

d. Aceite lubricación de la cadena

$$ca \times Pa = 0,3 \times 40 = 12,00 \text{ S/.día}$$

e. Mantenimiento y reparación

$$70\% \text{ Depreciación} = 0,7 \times 5,88 = 4,12 \text{ S/.día}$$

**Costo de la mano de obra (CMO) = 66,00 S/.día**

(Salario x días programados) / días productivos.

- a. Winchero – motosierrista  
 $(35 \text{ S./día} \times 180) / 150 = 42 \text{ S./día}$
  
- b. Ayudante incentivo de producción  
 $(20 \text{ S./día} \times 180) / 150 = 24 \text{ S./día}$

Costo de funcionamiento por día

$$\text{CFD} = \text{CP} + \text{CO} + \text{CMO}$$

$$\text{S/. } 7,87 + \text{S/. } 42,88 + \text{S/. } 66,00 = 116,75 \text{ S./día}$$

#### **4.5. COSTO DEL DESEMBOSQUE CON EL WINCHE MOTOSIERRA POR METRO CÚBICO**

El costo de funcionamiento del winche motosierra diario de 116,75 S./día.

Siendo el rendimiento promedio por hora efectiva de trabajo 1,67 m<sup>3</sup>/h.

Teniendo un trabajo efectivo de 5 horas diarias, se tienen una producción diaria de 1,67 m<sup>3</sup>/h x 5 h/día = 8,35 m<sup>3</sup>/día.

El costo unitario de desembosque con winche-motosierra en una plantación de Pinus pátula es:

$$\begin{array}{r} 116,75 \text{ S./día} \\ \hline 8,35 \text{ m}^3/\text{día} \end{array} = 13,98 \text{ S./ m}^3$$

## 4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.6.1. CORRELACIÓN TIEMPO TOTAL (SEG) VERSUS DISTANCIA (M)

La ecuación de regresión es:

$$\text{Tiempo total} = 138 + 0,974 \text{ Distancia}$$

$$S = 46,5232 \quad r^2 = 3,9\%$$

Tabla 3: Análisis de varianza 1

Fuente	Gl.	SS	MS	F-cal.	P-valor
<b>Regresión</b>	1	5607	5607	2,59	0,113
<b>Error</b>	63	136358	2164		
<b>Total</b>	64	141965			

La ecuación de regresión tiempo total por ciclo vs distancia indica que del tiempo total es de 138 seg. en promedio y que este aumenta 0,9 seg. en promedio cuando se incrementa un metro de distancia. Solo el 3,9 por ciento del tiempo total es explicado por la distancia, existe mínima relación lineal entre tiempo total y distancia. Esto se debe a la reducida variabilidad de la distancia.

$H_0$  = no existe correlación significativa entre tiempo total y distancia

Para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$

Dado que P valor es distinto de cero

Se acepta con un 95 por ciento de confianza que no existe correlación significativa entre tiempo total y distancia.

#### 4.6.2. CORRELACIÓN TIEMPO TOTAL (SEG) VERSUS VOLUMEN (M<sup>3</sup>)

La ecuación de regresión es:

$$\text{Tiempo total} = 185 - 243 \text{ Volumen}$$

$$S = 46,9732 \quad r^2 = 2,1\%$$

**Tabla 4: Análisis de varianza 2**

Fuente	Gl.	SS	MS	F cal.	P-valor
Regresión	1	2957	2957	1,34	0,251
Error Residual	63	139008	2206		
Total	64	141965			

La ecuación de regresión tiempo total por ciclo vs volumen indica que del tiempo total es cerca de 185 seg. Solo el 2,1 por ciento del tiempo total es explicado por el volumen de la carga, existe muy poca relación lineal entre tiempo total y volumen. Esto se debe a que el volumen y características de las trozas arrastradas son similares y tienen muy poca variabilidad.

Ho = no existe correlación significativa entre tiempo total y volumen.

Para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$

Dado que P valor es distinto de cero.

Se acepta con un 95 por ciento de confianza que no existe correlación significativa entre tiempo total y volumen total.

#### 4.6.3. TIEMPO ACUMULADO (SEG) VERSUS DISTANCIA ACUMULADA (M)

La ecuación de regresión es:

$$\text{Tiempo acumulado} = 498 + 5,14 \text{ distancia acumulada}$$

$$S = 199,631 \quad r^2 = 99,6\%$$

**Tabla 5: Análisis de varianza 3**

<b>Fuente</b>	<b>Gl.</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F-cal.</b>	<b>P-valor</b>
<b>Regresión</b>	1	592339428	592339428	14863,29	0,000
<b>Error</b>	63	2510707	39852		
<b>Total</b>	64	594850136			

La ecuación de regresión tiempo total aculado vs distancia aculada indica que el 99,6 por ciento del tiempo acumulado total es explicado por la distancia acumulada existente, existe alta relación lineal entre tiempo total aculado y distancia acumulada. El tiempo y la distancia no están relacionados, sin embargo cuando se acumulan son altamente significativos.

Ho = no existe correlación significativa entre tiempo total acumulada y distancia acumulada.

Para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$

Dado que P valor es cero

Se rechaza con un 95 por ciento de confianza que no existe correlación significativa entre tiempo total acumulada y distancia acumulada.

#### 4.6.4. TIEMPO ACUMULADO (SEG) VERSUS VOLUMEN ACUMULADO (M<sup>3</sup>)

La ecuación de regresión es:

$$\text{Tiempo acumulado} = 439 + 2163 \text{ vol. acumulado}$$

$$S = 372,486 \quad r^2 = 98,5\%$$

**Tabla 6: Análisis de varianza 4**

Fuente	DF	SS	MS	F-cal	P-valor
<b>Regresión</b>	1	586109127	586109127	4224,33	0,000
<b>Error</b>	63	8741009	138746		
<b>Total</b>	64	594850136			

La ecuación de regresión tiempo total vs volumen indica que el 98,5 por ciento tiempo total es explicado por el volumen acumulado, existe alta relación lineal entre tiempo total acumulado y volumen acumulado. A pesar de que el tiempo por ciclo y el volumen de carga no se relacionan, cuando se acumulan son altamente significativos.

Ho = no existe correlación significativa entre tiempo total acumulado y volumen acumulado.

Para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$

Dado que P valor es cero

Se rechaza con un 95 por ciento de confianza que no existe correlación significativa entre tiempo total acumulado y volumen acumulado.

## V. CONCLUSIONES

1. El winche demostró ser una tecnología apropiada para el para el aprovechamiento de los productos del raleo de plantaciones, favoreciendo la productividad de estos, y el empleo de la mano de obra.
2. Queda demostrado la necesidad de insertar un mecanismo que impida que el cable al enrollar salga del tambor, o en su defecto aumentar el tamaño de las pestañas del tambor.
3. El rendimiento promedio con el winche resultó en promedio de 8,35 m<sup>3</sup>/día, siendo un rendimiento superior a los 7m<sup>3</sup>/día de una cuadrilla de trabajo, aunque debe precisarse para trozas de raleo.
4. El costo de operación resultó ser de 9,35 S/.m<sup>3</sup>, un costo asequible para los dueños de los bosques e intermediarios, sin embargo este se reducirá en tanto se espera una mayor productividad.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se hace recomendable el uso del winche, y su difusión respectiva, por ser una tecnología adecuada para el raleo de las plantaciones forestales en la zona andina del país, el cual se encuentra acorde con la disponibilidad de mano de obra en el país, permitiéndonos mejorar la gestión del bosque.
- Se recomienda correcciones en su diseño, como disminuir el tamaño y peso del chasis, el incremento del tamaño de las pestañas del tambor a fin de favorecer el correcto enrollado del cable.
- El winche requiere de un mantenimiento preventivo diario antes de empezar la jornada, debe revisarse el correcto funcionamiento de la unidad motriz, correcto tensado de la cadena, realizarse el ajuste de pernos, llenado de tanques de combustible y aceite, colocación de aceite en la caja de reducción, engrase del cable, estas operaciones se hacen con el motor apagado.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bark, L. (1966). Transporte menor con cable. Aprovechamientos maderables. Lima –Perú.
- Campos, R. (1983). Estructura de los costos de extracción y transporte de madera rolliza en la selva baja. Documento de trabajo Numero 6 Proyecto “Fortalecimiento de los programas de desarrollo forestal en la selva central” PNUD (p ,71) Lima. Perú.
- Cassinelli, C. (1988). Diseño, construcción, y prueba de eficiencia de un winche a pedal (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Chuquicaja, C. (1992). Extracción forestal mecanizada en la zona de Pichanaki: Productividad y costos (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Fajardo, V. (1980). Mantenimiento preventivo de maquinaria forestal. Seminarios sobre extracción forestal, Documento de trabajo N °2. Proyecto de mejoramiento de los sistemas de extracción forestal y de fauna. PNUD pág. 64-67.
- FAO.(1984). La explotación maderera en los bosques de montaña. Roma. 285p.
- Lakio, L.(1967). Aprovechamientos maderables en bosque tropicales. UNALM. Lima.
- Vásquez P(1955). Winche eléctrico para cinco toneladas (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería).
- Tulsa (2008). Manual de operación y mantenimiento de malacates a tornillo sin fin. Recuperado de <https://docplayer.es/5391543-Manual-de-instalacion-operacion-y-mantenimiento-malacate-a-tornillo-sin-fin.html>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS DE ESTUDIO

<i>Número de troza</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Diámetro 1 (m)</i>	<i>Diámetro 2 (m)</i>	<i>Diámetro promedio (m)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>
1	8`4”	0,250	0,285	0,268	0,142
2	8`4”	0,210	0,215	0,213	0,090
3	8`4”	0,200	0,240	0,220	0,096
4	8`4”	0,185	0,190	0,188	0,070
5	8`4”	0,200	0,210	0,205	0,083
6	8`4”	0,170	0,190	0,180	0,064
7	8`4”	0,120	0,155	0,138	0,038
8	8`4”	0,190	0,220	0,205	0,083
9	8`4”	0,190	0,240	0,215	0,092
10	8`4”	0,160	0,240	0,200	0,079
11	8`4”	0,120	0,160	0,140	0,039
12	8`4”	0,200	0,210	0,205	0,083
13	8`4”	0,115	0,150	0,133	0,035
14	8`4”	0,170	0,190	0,180	0,064
15	8`4”	0,185	0,200	0,193	0,074
16	8`4”	0,160	0,190	0,175	0,061
17	8`4”	0,150	0,235	0,193	0,074
18	8`4”	0,180	0,240	0,210	0,088
19	8`4”	0,190	0,200	0,195	0,075
20	8`4”	0,150	0,170	0,160	0,051
21	8`4”	0,130	0,150	0,140	0,039
22	8`4”	0,165	0,190	0,178	0,063
23	8`4”	0,190	0,200	0,195	0,075

24	8`4”	0,195	0,220	0,208	0,085
25	8`4”	0,210	0,220	0,215	0,092
26	8`4”	0,210	0,230	0,220	0,096
27	8`4”	0,190	0,200	0,195	0,075
28	8`4”	0,140	0,170	0,155	0,048
29	8`4”	0,115	0,140	0,128	0,032
30	8`4”	0,120	0,140	0,130	0,034
31	8`4”	0,165	0,170	0,168	0,056
32	8`4”	0,180	0,190	0,185	0,068
33	8`4”	0,190	0,200	0,195	0,075
34	8`4”	0,155	0,175	0,165	0,054
35	8`4”	0,140	0,170	0,155	0,048
36	8`4”	0,170	0,200	0,185	0,068
37	8`4”	0,160	0,170	0,165	0,054
38	8`4”	0,165	0,185	0,175	0,061
39	8`4”	0,170	0,200	0,185	0,068
40	8`4”	0,220	0,240	0,230	0,105
41	8`4”	0,150	0,160	0,155	0,048
42	8`4”	0,170	0,200	0,185	0,068
43	8`4”	0,190	0,210	0,200	0,079
44	8`4”	0,185	0,190	0,188	0,07
45	8`4”	0,225	0,265	0,245	0,119
46	8`4”	0,150	0,205	0,178	0,063
47	8`4”	0,210	0,220	0,215	0,092
48	8`4”	0,215	0,240	0,228	0,103
49	8`4”	0,220	0,250	0,235	0,11
50	8`4”	0,245	0,270	0,258	0,132
51	8`4”	0,230	0,235	0,233	0,107
52	8`4”	0,230	0,250	0,240	0,114
53	8`4”	0,250	0,260	0,255	0,129
54	8`4”	0,200	0,215	0,208	0,085
55	8`4”	0,175	0,200	0,188	0,07
56	8`4”	0,205	0,210	0,208	0,085

57	8`4”	0,160	0,170	0,165	0,054
58	8`4”	0,140	0,180	0,160	0,051
59	8`4”	0,280	0,320	0,300	0,179
60	8`4”	0,135	0,170	0,153	0,046
61	8`4”	0,160	0,195	0,178	0,063
62	8`4”	0,200	0,200	0,200	0,079
63	8`4”	0,210	0,230	0,220	0,096
64	8`4”	0,200	0,220	0,210	0,088
65	8`4”	0,230	0,255	0,243	0,117

**ANEXO 2. TIEMPOS POR FASE DE DESEMBOSQUE Y TIEMPO TOTAL**

<i>Número de troza</i>	<i>Distancia (m)</i>	<i>Llevado (seg)</i>	<i>Enganche (seg)</i>	<i>Arrastre (seg)</i>	<i>Desenganche (seg)</i>	<i>Tiempo total (seg)</i>
1	15	23	12	70	17	122
2	15	21	20	80	19	318
3	37	22	20	80	15	137
4	21	60	15	180	30	285
5	29,5	34	18	60	10	210
6	26,5	40	10	150	21	122
7	26,5	33	10	91	14	221
8	26,5	35	8	144	12	148
9	28	45	7	145	50	199
10	27	42	11	104	9	247
11	27	25	40	99	21	166
12	28,5	49	60	100	11	185
13	41,5	28	43	129	20	220
14	415	35	20	69	19	217
15	40	40	15	82	24	143
16	40	36	36	80	15	161
17	41,5	35	20	75	14	167
18	41	38	19	90	20	144
19	41	35	24	78	23	167
20	20,5	19	14	59	18	160
21	20,5	22	12	67	15	110
22	30	31	7	86	16	116
23	31,5	34	12	90	11	140
24	39	36	11	105	15	147
25	40	33	37	100	12	167
26	40	36	23	114	13	182
27	22,5	21	20	90	13	186
28	25	27	33	90	7	144
29	25	25	5	60	10	157
30	25	20	10	90	5	100
31	25	25	5	57	10	125
32	35	37	6	167	3	213
33	36	37	10	163	24	213
34	38	42	44	145	38	234
35	37	28	6	110	13	269

36	39	32	23	96	14	157
37	40	34	9	116	14	165
38	40	35	10	99	8	173
39	42	46	12	102	13	152
40	42	36	13	129	12	173
41	43	31	15	119	11	190
42	42	26	13	91	16	176
43	40	27	11	111	19	146
44	40	25	10	130	3	168
45	40	31	13	158	22	168
46	17,5	16	7	71	16	224
47	19,5	20	21	59	10	110
48	23	22	19	75	14	110
49	26	26	15	90	12	130
50	28,5	25	12	91	15	143
51	15,5	21	22	70	31	148
52	16,5	18	9	72	17	119
53	18	22	11	45	16	90
54	14	16	19	82	7	130
55	14	15	23	73	22	194
56	15	13	22	64	21	122
57	13	16	14	61	9	97
58	15	19	25	57	20	118
59	22	19	21	72	18	130
60	18	18	23	110	25	177
61	19,5	18	17	99	17	151
62	30	17	17	99	21	154
63	31,5	17	31	133	17	198
64	33	31	34	154	14	233
65	35	34	34	150	14	232