

**Universidad Nacional Agraria La Molina**

**Programa Académico de Ingeniería Agrícola**



**«Diagnóstico de los Implementos Agrícolas  
Tradicionales, Modificaciones y Nuevos  
Diseños en el Arado de Palo en el Valle  
del Mantaro»**

**Tesis para optar el Título de**

**INGENIERO AGRICOLA**

**Armenio Fláubert Galindez Oré**

**LIMA - PERU**

**1981**

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 La fuerza humana y la tracción animal	6
2.1.1 La fuerza humana para las labores agrícolas	6
2.1.1.1 La fuerza humana	7
2.1.1.2 Aplicaciones de la fuerza humana	7
2.1.1.3 Trabajo humano <u>ca</u> minando	9
2.1.1.4 Adaptación de los implementos al hombre	12
2.1.2 La tracción animal para las labores agrícolas	14
2.1.2.1 Utilización del buey en las labores <u>agríc</u> o las	15
2.1.2.2 Utilización del <u>caba</u> llo en las labores agrícolas	28
2.1.2.3 Variaciones de <u>rendi</u> miento y sus causas	30
2.2 Características de una buena labor de volteo	31
III. MATERIALES Y METODOS	36
3.1 Especificaciones de los implementos manuales	36
3.1.1 La <u>cha</u> quitaella o arado de pie	36
3.1.1.1 Descripción	36

		Página	
	3.1.1.2	Requerimiento de potencia	41
	3.1.1.3	Labores que realiza	41
	3.1.1.4	Costo de vida útil	42
	3.1.1.5	Material de construcción	44
	3.1.1.6	Desgaste de partes	45
	3.1.1.7	Facilidades de construcción y reparación	45
	3.1.1.8	Tipo de propiedad	46
	3.1.1.9	Influencia del trabajo realizado en la producción	46
	3.1.1.10	Capacidad de trabajo y análisis dinámico	46
3.1.2	Picotas		59
	3.1.2.1	Descripción	59
	3.1.2.2	Requerimiento de potencia	62
	3.1.2.3	Costo y vida útil	63
	3.1.2.4	Facilidades de construcción y reparación	63
	3.1.2.5	Tipo de propiedad	63
3.1.3	Azadas		
	3.1.3.1	Descripción	63
	3.1.3.2	Requerimiento de potencia	66
	3.1.2.3	Costo y vida útil	66
	3.1.2.4	Facilidades de construcción y reparación	66

		Página
3.1.4	Lampa y pala	67
3.1.4.1	Descripción	67
	(1) Pala	67
	(2) Lampa	68
3.1.4.2	Costo y vida útil	69
3.1.4.3	Tipo de propiedad	69
3.2	Especificaciones de implementos de tracción animal	69
3.2.1	Arado de palo	69
3.2.1.1	Descripción	70
3.2.1.2	Clase y requerimiento de potencia	78
3.2.1.3	Trabajo realizado con el arado de palo	78
3.2.1.4	Regulaciones del arado de palo	83
3.2.1.5	Labores que realiza	87
3.2.1.6	Costo y vida útil	87
3.2.1.7	Material de construcción y origen	88
3.2.1.8	Desgaste de partes	88
3.2.1.9	Facilidades de construcción y reparación	89
3.2.1.10	Tipos de propiedad	89
3.2.1.11	Influencia del trabajo realizado en la producción	90
3.2.1.12	Capacidad de trabajo	90
3.3	Resultados obtenidos en la encuesta realizada en la zona de investigación	91
3.3.1	Características de la zona	91

	Página	
3.3.2	Implementos hallados	92
3.3.2.1	Implementos manua__ les	92
3.3.2.2	Implementos a trac__ ción animal	95
3.4	Diseño de los arados modificados a tracción animal	98
3.4.1	Ventajas y desventajas de los ara- dos reversible y no reversible	98
3.4.2	Criterios para el diseño y construc__ ción de los arados modificados a tracción animal	101
3.4.3	Arados de rejas modificados a trac__ ción animal	102
3.4.3.1	Arado de rejas modi- ficado Tipo IA-TA1 no reversible	102
3.4.3.2	Arado de rejas modi- ficado Tipo IA-TA 2 reversible	109
3.5	Formas de templar y afilar las rejas de arado	114
3.6	Materiales y costos de construcción	115
3.6.1	Arado Tipo IA-TA 1 no reversible	115
3.6.2	Arado Tipo IA-TA 2 reversible	116
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	117
4.1	Pruebas realizadas con el arado de palo tra__ dicional y los modificados	117
4.1.1	Objetivos de las pruebas	117
4.1.2	Procedimiento	117
4.1.3	Lugar	117

	Página	
4.1.4	Condiciones del terreno	117
4.1.5	Materiales utilizados	118
4.1.6	Colaboradores	118
4.1.7	Pruebas con el arado tradicional y el IA-TA 1 no reversible	118
4.1.8	Capacidad de trabajo	131
4.1.9	Lecturas con el arado modificado IA-TA 1 no reversible	132
4.1.10	Capacidad de trabajo	144
4.1.11	Pruebas realizadas con el arado modificado IA-TA 2 reversible	145
4.1.12	Capacidad de trabajo	156
4.2	Resumen de los resultados obtenidos	157
4.2.1	Arado tradicional	157
4.2.2	Arado modificado IA-TA 1 no rever sible	158
4.2.3	Arado modificado IA-TA 2 reversi ble	158
4.2.4	Resultado y discusión de las labores realizadas con los arados	159
4.2.4.1	Arado tradicional	159
4.2.4.2	Arado modificado IA- TA 1 no reversible	160
4.2.4.3	Arado modificado IA- TA 2 reversible	164
V.	CONCLUSIONES	166
5.1	Conclusiones generales	168
5.2	Conclusiones específicas	169
5.2.1	Para implementos agrícolas tradicio nales a tracción manual	169

	Página	
5.2.2	Para el arado de palo	170
5.2.3	Para los arados modificados	171
5.2.3.1	Arado modificado	
	IA-TA1 no reversible	171
5.2.3.2	Arado modificado	
	IA-TA2 reversible	173
VI.	RECOMENDACIONES	175
VII.	RESUMEN	176
VIII.	BIBLIOGRAFIA	177

## INDICE DE FIGURAS

Figura :1°	Título	Página
1	Análisis de la fuerza humana en posición de tiro	11
2, 3 y 4	Análisis de fuerza de un buey de tiro	17
5	Labores de volteo profunda, media y ligera	33
6	Actividad realizada con el arado de vertedera	34
7	Chaquitacla IA-TM1	39
8	Chaquitacla IA-TM2	40
9	Actividad realizada por la Chaquitacla	43
10	Diagrama de cuerpo libre de la reja en la chaquitacla	48
11 y 12	Diagrama de cuerpo libre de la chaquitacla	55
13	Placa	60
14	Azada	64
15	Arado de palo	71
16 y 17	Actividad realizada con el arado de palo; Angulo de succión vertical	79
18	Diagrama de cuerpo libre del arado de palo	81
19 y 20	Regulaciones de la profundidad de trabajo en el arado de palo	86
21 y 22	Análisis de las fuerzas actuando sobre una partícula por acción de la reja; Angulo vertical y horizontal de la reja	104
23	Tipos de reja	105

<b>Figura N°</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
24	Arado reversible modificado	110
25	Diagrama de cuerpo libre de arados modificados	162
26	Variación de la potencia durante un día de trabajo	166
27	Variación de la velocidad durante un día de trabajo	167

## I. INTRODUCCION

El presente trabajo de tesis tuvo su origen en un Proyecto de Investigación, propuesto por la Universidad Nacional Agraria - La Molina, al Ministerio de Agricultura y Alimentación, desarrollado por el Departamento de Mecanización Agrícola de la U.N.A.; habiendo sido el autor del presente trabajo uno de los ejecutores de dicho Proyecto. Se trata de evaluar los implementos agrícolas tradicionales a tracción animal y manual, y en base a lo cual, ver la manera de mejorar el diseño del Arado de Palo, por ser éste el implemento utilizado en las faenas más importantes de la pequeña y mediana agricultura de nuestra serranía. Se ha escogido el Valle del Mantaro como zona de estudio, por las facilidades que presta, tanto por su cercanía a la capital, como por ser una zona donde existen diferentes condiciones, tales como tenencia de tierra, topografía, suelo, existencia de máquinas, etc.

La presencia de la Cordillera de los Andes hace que los terrenos sean accidentados, ofreciendo mayormente laderas, quebradas y otros desniveles, que en épocas de lluvia se transforman en elementos negativos del suelo, produciéndose pérdidas cuantiosas de suelo por la erosión.

Un gran porcentaje de los terrenos de cultivo se encuentran en las laderas de los cerros, siendo de esta manera limitada la introducción de máquinas autopropulsadas en la explotación agrícola de estas tierras; y si los factores físicos de la zona permiten la introducción de estas máquinas, las condiciones no se dan, por los escasos recursos económicos de los pequeños agricultores o por el problema de la tenencia y parcelación de la tierra, refiriéndonos con esto a la existencia de minifundios.

Se ha podido observar en la Zona de Alimentación X, el problema de la parcelación de la tierra como factor limitante en el desarrollo mecanizado a tracción mecánica en el campo. Se puede ver claramente en el Cuadro N° 1, del Censo

CUADRO N° 1. FRAGMENTACION EN PARCELAS: NUMERO Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS, SEGUN EL TAMAÑO DE LAS PARCELAS. II CENSO AGROPECUARIO 1972.

REGION NATURAL: SIERRA

Tamaño (Has) de las Unidades Agropecuarias - Número y Superficie	Total Unidades Agropecuarias Censadas	FRAGMENTACION DE LA UNIDAD AGROPECUARIA					
		Unid. Agr. con 1 parc.	Unid. Agr. con 2 a 3 parc.	Unid. Agr. con 4 a 5 parc.	Unid. Agr. con 6 a 9 parc.	Unid. Agr. con 100 parc.	Unid. Agr. con 100 a más
<b>Total</b>							
Número	1'083,066.00	151,046.00	254,703.00	184,299.00	186,332.00	51,967.00	254,719.00
Superficie	19'363,461.66	8'020,636.91	5'130,493.32	2'815,982.47	2'398,961.77	931,979.51	651,347.18
<u>Unidades menores de 1 Has,</u>							
Número	403,325.00	31,309.00	53,445.00	33,426.00	26,239.00	4,644.00	254,260.00
Superficie	159,247.77	16,175.88	33,641.24	22,691.75	18,413.74	3,381.48	64,943.68
<u>Unidad de 1 a menos de 5</u>							
Número	480,884.00	73,633.00	139,856.00	111,326.00	121,760.00	34,306.00	03.00
Superficie	1'099,749.86	155,630.94	307,095.45	252,263.15	294,739.66	90,014.59	6.09
<u>Unidad de 5 a menos de 500</u>							
Número	195,114.00	44,634.00	60,369.00	39,135.00	38,044.00	12,937.00	05.00
Superficie	4'104,003.53	1'334,947.41	1'328,965.24	682,255.52	572,350.05	185,087.88	397.43
<u>Unidad de 500</u>							
Número	3,294.00	2,470.00	1,033.00	422.00	289.00	80.00	
Superficie	14'000,460.00	6'513,942.68	3'460,791.39	1'858,772.05	1'513,458.32	653,495.56	

Agropecuario de 1972, región sierra, que la fragmentación de parcelas es todavía un problema sin solución.

Un gran porcentaje de las áreas de cultivo en nuestro país, es trabajada íntegramente a mano, con implementos manuales y de tracción animal deficientes, al margen del progreso mecánico de la agricultura.

El trabajo con implementos manuales y a tracción animal continuará siendo la principal fuente de energía para muchos agricultores en las diversas regiones del país, donde los tractores y otras máquinas no son apropiadas y no pueden ser introducidas por razones técnicas y de costo. En el Cuadro N° 2, se pueden apreciar los datos extraídos del Censo Agropecuario de 1972, donde se indica el número de unidades agropecuarias trabajadas según las fuentes de energía en la región natural sierra.

CUADRO N° 2. UNIDADES AGROPECUARIAS TRABAJADAS SEGUN LAS FUENTES DE ENERGIA: REGION NATURAL SIERRA

248,188	Unidades Agropecuarias exclusivamente a mano
571,669	Unidades Agropecuarias trabajadas a tracción animal
3,446	Unidades Agropecuarias trabajadas a tracción mecánica
22,392	Unidades Agropecuarias trabajadas a tracción mecánica y animal
237,441	Unidades Agropecuarias no declaradas

En lo que se refiere a los arados, el mismo Censo indica que en la Sierra existen:

716,152 arados accionados por energía humana

594,747 arados a tracción animal

3,366 arados con tracción mecánica

Además, debemos tener en cuenta la falta de personal técnico, especializado - en el manejo, mantenimiento y reparación de tractores e implementos agrícolas.

Nuestro país se caracteriza por tener el medio rural descapitalizado, producto de la explotación agrícola sin planificación adecuada; una de las consideraciones que inciden grandemente en el desarrollo de la producción agrícola, es la - optimización de los recursos de mano de obra y su relación con el empleo de im-  
plementos y máquinas agrícolas, teniéndose en cuenta que el empleo de maqui-  
naria motorizada puede hacerse sólo allí, donde el sistema agrícola produce in-  
gresos suficientes para poder sufragar la adquisición, el mantenimiento, la repa-  
ración y la depreciación de las máquinas.

En estas condiciones, el perfeccionamiento de los aperos de labranza manuales y accionados por animales tiene gran importancia, ya que constituye una de las primeras medidas que puede adoptarse para aumentar el rendimiento y por ende, los ingresos agrícolas. Desafortunadamente, esto no siempre se reconoce y algu-  
nas veces se sostiene el parecer que, energía y velocidad son expresiones desta-  
cadas del progreso, donde no se justifican gastos que entrañan o no satisfacen ne-  
cesidades particulares, y su empleo sólo se basa en consideración de prestigio.

Con implementos de mayor capacidad, eficiencia y comodidad de operación, las faenas de los agricultores se harán menos tediosas y se podrán realizar otras ac-  
tividades elevando de esta manera los niveles de vida.

El presente trabajo de investigación, es parte de un plan de desarrollo dentro -  
de la transferencia de tecnología, sin generar divorcio alguno entre lo tradicio-  
-

nal y lo avanzado. Sus objetivos son los siguientes:

- a) **Evaluar los implementos agrícolas manuales y de tracción animal en la Zona de Alimentación X, en lo que se refiere a:**
  - **Morfología**
  - **Utilización en labores agrícolas**
  - **Eficiencia de trabajo**
  - **Capacidad de trabajo**
  - **Potencia requerida**
  - **Materiales de construcción**
  - **Análisis dinámico**
- b) **Determinar las modificaciones posibles y nuevos diseños a realizarse en el Arado de Palo, en tal forma de mejorar su eficiencia, capacidad de trabajo y comodidad para el operador.**
- c) **Diseño y construcción de prototipos.**

## II. REVISION DE LITERATURA

En 1964, Fengchow Ma (6), experto de la FAO, realizó un trabajo en el ex-Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA), obteniendo el "Informe sobre Implementos Agrícolas usados en la Sierra Peruana", donde se incluye una lista parcial de los implementos usados en la sierra sur del Perú, con algunas características de construcción y uso. En el documento en mención se hace referencia a algunas mejoras en las prácticas culturales, así como de los implementos de cultivo.

Las principales sugerencias fueron:

- a) Uso más adecuado de las laderas.
- b) Despeje de piedras de los terrenos agrícolas.
- c) Utilización de equipos pequeños para bombeo de agua.
- d) Mejoramiento de arneses para animales de tracción.
- e) Uso del animal para otras labores agrícolas.
- f) Posibilidad de uso de energía motriz.
- g) Tenencia de maquinaria agrícola.
- h) Mejoramiento de implementos agrícolas.
- i) Creación de un centro para la promoción y desarrollo de maquinaria agrícola e implementos en la Sierra.

Antes de estudiar los implementos en sí, es necesario el estudio de las fuentes energéticas, tanto en la tracción manual como animal.

### 2.1 La fuerza humana y la tracción animal (6)

#### 2.1.1 La fuerza humana para las labores agrícolas

### 2.1.1.1 La fuerza humana

Al considerar al hombre como fuente de fuerza motriz para el trabajo de implementos o máquinas, su fortaleza física y sus facultades intelectuales deben considerarse como un todo indivisible que le permite pensar y actuar al mismo tiempo. Desde este punto de vista, su capacidad de efectuar trabajos que exijan una sucesión de cortas maniobras, o una destreza particular sin grandes esfuerzos, constituye una ventaja inigualada con respecto a otras fuentes de fuerza motriz.

Normalmente, un hombre trabaja a razón de 7 á 10 kilogramos por segundo. En un trabajo continuo produce alrededor de 8 kilogramos, que equivalen a 0.1 H.P.

En operaciones de corta duración, puede desarrollar hasta 0.4 H.P. (6). La fuerza media que un hombre puede ejercer, equivale aproximadamente a la décima parte de su propio peso. Si varios hombres trabajan juntos en una misma hilera, la fuerza desarrollada por cada uno de ellos disminuye ligeramente ya que queda determinada por el trabajador más lento de la fila.

### 2.1.1.2 Aplicaciones de la fuerza humana

El hombre puede realizar su trabajo en las siguientes formas: (6)

- a) Golpeando hacia abajo (al manejar un pico, un azadón, etc.).
- b) Presionando hacia adentro (al manejar una lampa, chaquitacclla, barreta, etc.).
- c) Levantando una carga de abajo (al elevar agua de un pozo, empleando balde y cordel).
- d) Levantando y arrojando, o echando material hacia arriba (al utilizar la lampa para mover la tierra).
- e) Caminando y halando hacia adelante (al halar - una carretilla).
- f) Caminando y empujando hacia adelante (al empujar un tipo de carretilla que sea de empuje).
- g) Moviendo el brazo y la mano hacia el cuerpo del operador (al trabajar con la hoz).
- h) Dando vueltas a una manivela (al operar una trilladora de accionamiento con manivela).
- i) Pedaleando (al operar una trilladora, una piladora de arroz o una máquina de coser).
- j) Cargando sobre los hombros (al cargar un determinado peso mediante un palo cargador).

- k) Cargando sobre la espalda (al cargar un peso en la espalda).
- l) Cargando sobre la cabeza (al cargar un peso sobre la cabeza).
- II) Remando (al remar en un bote).
- m) Utilizando el propio peso del cuerpo.

Como se observa, la fuerza humana puede utilizarse de muchas maneras.

### 2.1.1.3 Trabajo humano caminando

La forma más común en que el hombre puede desplazarse y realizar trabajo es caminando; al desplazarse la distancia "L" entre el punto proyectado del centro de gravedad y el punto donde el pie posterior hace contacto con el suelo. Generalmente, este valor "L" varía de acuerdo al tamaño del individuo y a la resistencia que ofrezca el cuerpo al ser halado.

Si analizamos a un hombre cuando hala un peso determinado, se tendría : (Fig. N° 1)

- T = Tensión o fuerza de tiro
- F = Fuerza propia del hombre
- W = Peso del hombre
- N = Fuerza normal
- f = Fuerza de rozamiento
- S = Distancia entre el punto de contacto del pie -  
con el suelo y la línea de acción de "F"

Analizando el sistema de fuerzas:

$$\sum F_x = 0$$

$$F + f - T \cos \theta = 0$$

$$F + f = T \cos \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$W + T \operatorname{sen} \theta - N = 0$$

$$W + T \operatorname{sen} \theta = N \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$f = \mu N \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum M_o = 0$$

$$FS + WL - T\ell = 0$$

$$FS + WL = T\ell \quad \dots\dots\dots (4)$$

Reemplazando:

(3) y (2) en (1)

$$F + \mu (W + T \operatorname{sen} \theta) = T \cos \theta \quad \dots\dots (5)$$

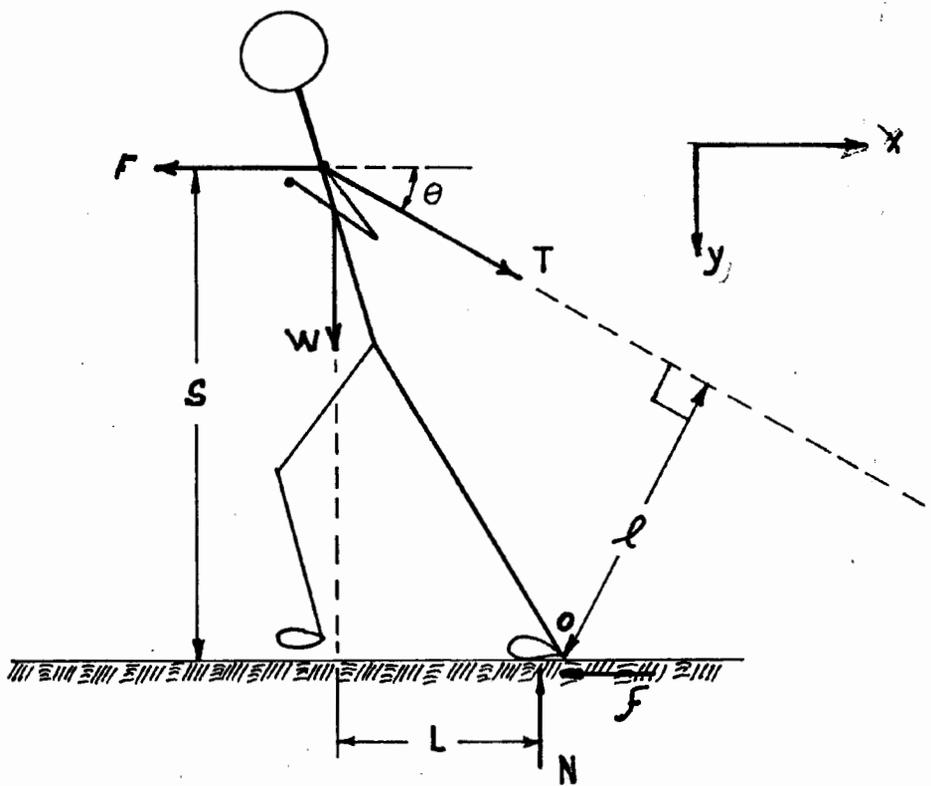
$$\text{De (4) } F = \frac{T\ell}{S} - WL$$

Reemplazando en (5)

$$\frac{T\ell}{S} - WL + \mu (W + T \operatorname{sen} \theta) = T \cos \theta$$

GRAFICO DEL ANALISIS DE FUERZA HUMANA  
EN POSICION DE TIRO

Fig. N°1



De donde:

$$T = \frac{WL - \mu SW}{l + \mu S \sin \theta - S \cos \theta}$$

$$T = W \left[ \frac{L - \mu S}{l + S(\mu \sin \theta - \cos \theta)} \right] \dots (6)$$

Luego:

$$F = \frac{W \left[ \frac{Ll - \mu S l}{\mu S (\mu \sin \theta - \cos \theta)} - L \right]}{S}$$

$$F = \frac{W \left[ \mu l + L(\mu \sin \theta - \cos \theta) \right]}{S (\cos \theta - \mu \sin \theta) - l}$$

Como se observa en la ecuación (6), la fuerza de tiro depende directamente del peso del hombre y de la diferencia  $(L - \mu S)$ , cuanto mayor sea "L", habrá mayor fuerza de tiro, si consideramos los demás parámetros constantes. Esto quiere decir que, cuando el valor de "L" es pequeño, para mantener la fuerza de tiro constante, "S" debe disminuir.

#### 2.1.1.4 Adaptación de los implementos al hombre

El hombre es capaz de una gran variedad de movimientos naturales. Más sana y menos fatigosa será la operación, cuanto mayor sea el grado en que el trabajo con un implemento se ajuste a sus movimientos naturales respecto a su dirección, velocidad y frecuencia. Así pues, los implementos se construirán

mejor, si se toma en cuenta las siguientes condiciones:

- a) Que los movimientos de trabajo se ajusten lo mas posible a los movimientos naturales del hombre - respecto a la dirección, velocidad y frecuencia.
- b) Que se emplee el mayor número de músculos para disminuir la carga sobre cada uno de ellos.
- c) Que se efectúe una gran variedad de movimientos que exijan la intervención de diferentes músculos.

Por ejemplo, la forma del mango de un implemento manual puede influir sobre la capacidad y el rendimiento de trabajo. La adaptación de un implemento al operador es al menos tan importante como la adaptación al trabajo que se debe desarrollar. No sólo es necesario para preservar la salud del operador, sino también para alcanzar una mayor capacidad de trabajo.

En zonas frías de la sierra, los implementos accionados a mano usualmente tienen un mango relativamente corto, de tal manera que el operador puede accionarlos con el movimiento de su cuerpo para poder realizar más trabajo. En zonas tropicales, los implementos accionados manualmente pueden tener un

mango largo para permitir al hombre trabajar parado, o un mango muy corto, de manera que el hombre pueda trabajar agachado para no cansarse fácilmente - debido a la alta temperatura ambiental.

### 2.1.2 La tracción animal para las labores agrícolas

Es evidente que el progreso de la energía motorizada ha tenido - notable influencia en el desarrollo del campo y que esta tendencia continuará. Sin embargo, en las explotaciones pequeñas, donde uno ó dos animales pueden cubrir las exigencias de energía - normales de las operaciones necesarias, los animales de tiro seguirán siendo valiosos y económicos durante muchos años, todavía, en diversos países en vías de desarrollo.

Los animales son una fuente relativamente económica de energía, si los cría el propio agricultor, sobre todo, cuando además le proporciona otros servicios, como son, producción de leche, carne, - estiércol y pieles.

Normalmente, la potencia de tiro de un animal es directamente - proporcional a su peso y equivale más o menos a una décima parte de éste.

Los caballos desarrollan un esfuerzo superior al de otros animales en relación a su peso (aproximadamente 15%) y durante cortos períodos pueden desarrollar una fuerza igual a casi la mitad de su peso. (8)

Los animales pequeños desarrollan, relativamente, más energía que los mayores de la misma especie; mientras que los animales más voluminosos trabajan sobre todo con su peso, los ligeros, en especial los caballos pequeños, compensan esta falta de peso con nervio, tenacidad y resistencia. La eficiencia de tiro relativa de los animales pequeños es mejor porque su línea de tiro es más baja; - esto es, cuanto más agudo sea el ángulo que la línea de tiro forme con el suelo, menor será la fuerza que el animal tendrá que desarrollar para arrastrar el apero de que tire.

#### 2.1.2.1 Utilización del buey en las labores agrícolas (8)

##### 2.1.2.1.1 Adiestramiento y trato de los animales

El empleo satisfactorio de los animales para el tiro, depende de la forma en que se les domestica, adiestra y apareja. - Debido al empleo de yugos dobles, los animales se usan en yunta.

Los bueyes suelen adiestrarse para el tiro cuando tienen de uno y medio a dos años de edad. Primero se los acostumbra a llevar el arnés y después a arrastrar implementos de cargas ligeras, a - un paso lento junto a otro animal ya - adiestrado y acostumbrado a la labor. El adiestramiento será constante en el tiempo de trabajo para evitar toda dis

minución en su aprendizaje. Una vez adiestrados, los animales tienen que - mantenerse en ejercicio para conservar su fuerza y su habilidad.

### 2.1.2.1.2 Utilización de la tracción animal (6)

La fuerza animal, llamada a veces - fuerza a sangre, especialmente cuando es ejercida a la tracción, es algo más complicada que la fuerza humana.

En la Figura N° 2, se analizan las - fuerzas que actúan sobre el animal - (buey), cuando está en posición de tra - bajo. Para esto, el peso del animal - se representará como "w", tanto la lon - gitud de las patas como su inclinación son las mismas.

Así tenemos en la Figura N° 2:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ F \cos \theta - f_1 - f_2 &= 0 \\ F \cos \theta &= f_1 + f_2 = \mu N_1 + \mu N_2 \\ F \cos \theta &= \mu(N_1 + N_2) \dots \dots \dots (7)\end{aligned}$$

GRAFICO DEL ANALISIS DE FUERZA  
DE UN BUEY DE TIRO

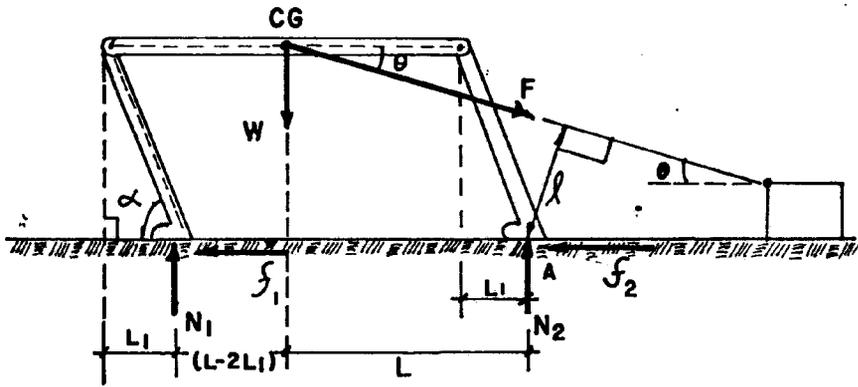


Fig. Nº 2

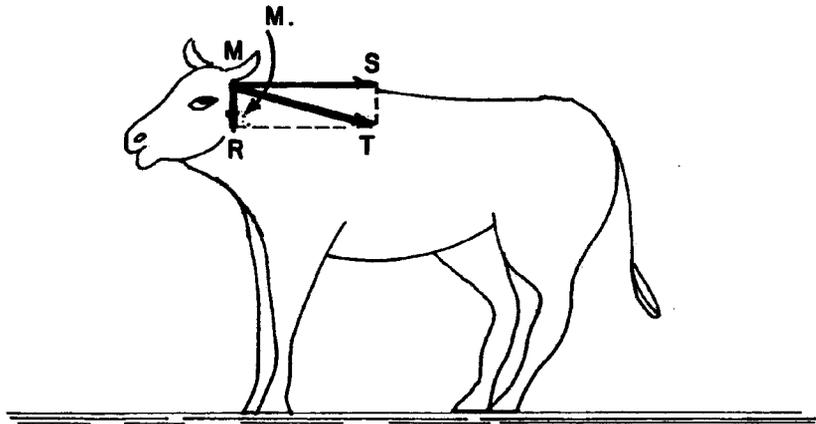


Fig. Nº 3

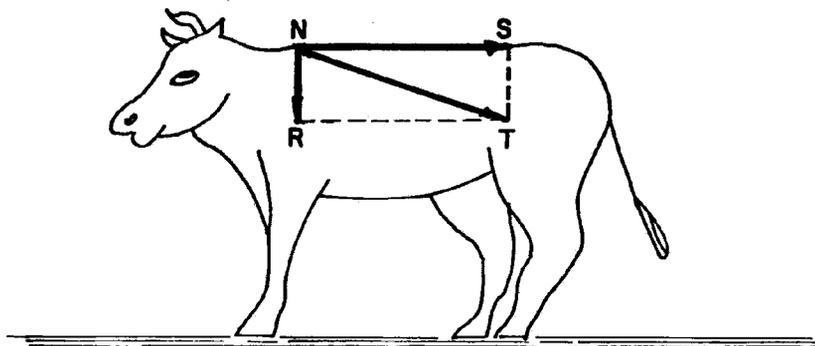


Fig. Nº 4

$$\sum F_y = 0$$

$$F \operatorname{sen} \theta + W - N_1 - N_2 = 0$$

$$F \operatorname{sen} \theta + W = N_1 + N_2 \dots (8)$$

$$\text{De (7): } N_1 + N_2 = \frac{F \cos \theta}{\mu}$$

Reemplazando en (6):

$$F \operatorname{sen} \theta + W = \frac{F \cos \theta}{\mu}$$

De donde:

$$F = \frac{W}{\frac{\cos \theta}{\mu} - \operatorname{sen} \theta} \dots \dots \dots (9)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F \ell + N_1 2(L - L_1) - WL = 0 \dots (10)$$

$$N_1 = \frac{WL - \left[ \frac{W}{\frac{\cos \theta}{\mu} - \operatorname{sen} \theta} \right] \ell}{2(L - L_1)} \dots \dots (11)$$

Como se puede observar en la ecuación (9), la fuerza de tiro es directamente proporcional al peso del animal, por tanto para trabajos pesados o suelos duros se requerirán de animales fuertes y de mucho peso.

Algunas veces se puede llegar al punto que:  $F = W$ , o sea que la fuerza de tracción es igual al peso del cuerpo y para esto en la ecuación (9) tendríamos:

$$\frac{\cos \theta}{\mu} - \sin \theta = 1$$

Del que se obtiene la siguiente relación:

$$\sin \theta = \frac{1 - \mu^2}{1 + \mu^2}$$

Donde:

$\mu$  = coeficiente de rozamiento

Pero cuando el animal pone sus patas posteriores sobre un piso fuerte y firme y luego hala hacia adelante, las patas delanteras casi no cargan, sino que son usadas para balancear la tendencia de su cuerpo al darse vuelta, es decir volcarse.

Este momento está dado en la ecuación:  
(10)

$$F\ell + N_1 2(L - L_1) - WL = 0$$

$$\text{Si } N_1 = 0$$

$$F \ell = WL$$

Donde el momento que produce el volteo es " $F \ell$ ".

Si  $F \ell$  es mayor que la equivalente -  $WL$ , el cuerpo se voltea produciéndose un momento resultante, donde:

$$F \ell - WL = I \alpha$$

Aquí:

$I$  = Momento de inercia del animal con respecto al eje que pasa por su centro de gravedad transversal a su longitud.

$\alpha$  = Aceleración angular del cuerpo alrededor de su centro de gravedad.

La fuerza real que diferentes animales pueden generar, se muestra en la tabla siguiente: (6)

Animal	Peso Medio Kgs.	Tiro Aprox. Kgs.	Velocidad (M/seg.)	Trabajo desarrollado (Kg. M/seg.)	c.v.
Caballo	400-700	60-80	1	75	1.0
Buey	500-900	60-80	0.6-0.85	56	0.75
Vaca	400-600	50-60	0.7	35	0.45
Mula	350-500	50-60	0.9-1.0	52	0.7
Burro	200-300	30-40	0.7	25	0.35

Es muy claro, que al ser mayor la distancia entre el centro de gravedad del cuerpo y las patas posteriores, el animal produzca mayor fuerza de tracción. También, es importante tener en cuenta que los animales posean las patas posteriores muy fuertes.

#### 2.1.2.1.3 Cálculo de la potencia

Como se ha visto anteriormente, la fuerza de tracción depende del peso del animal, por lo tanto la potencia también dependerá de éste y estará dada por:

$$P = \frac{(F \cos \theta) \times \text{Desplazamiento}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{ó } p = F \cos \theta \times \text{Velocidad}$$

$$p = (F \cos \theta) v$$

#### 2.1.2.1.4 Arneses y yugo

En algunas regiones, el arnés se utiliza en primer lugar para uncir a los animales y sólo en segundo lugar para transmitir su fuerza, con el resultado de que se obtiene poca potencia de tiro. En otras regiones, el objeto principal del arnés es la transmisión de la fuerza, guiándose los animales por medios muy simples, en algunos casos únicamente con la voz humana.

Hay tres partes del cuerpo del animal que pueden ser usados para llevar la carga: (8)

1. La cabeza, particularmente los cuernos de los bueyes.
2. Los hombros, la parte más usada para obtener fuerza de tracción de los animales.
3. La espalda, que puede ser usada conjuntamente con la silla o la

montura, pero de poco uso en los -  
fundos agrícolas, hoy en día se usa  
solo para transporte.

De lo anterior, resulta lógico que el -  
centro de tracción debe estar ubicado  
lo más adelante que sea posible con el  
objeto de obtener la mayor fuerza de -  
tracción. Esta ubicación es lógicamente  
la de la cabeza y en particular utilizando  
los cuernos, pero no puede olvidarse  
que el animal es un ser viviente  
y sus músculos no son exactamente  
una máquina. El tiro de cadena enganchado  
en M (punto medio del yugo) -  
(Fig. N° 3) resulta inclinado y se descom  
pone originándose una fuerza vertical  
R, que obliga a los bovinos a bajar  
la cabeza. Los bovinos amarrados fuerte  
mente con los cuernos y yugo pierden  
su libertad de movimiento, trabajan  
con dificultad y sacrificio, perdiendo  
un gran porcentaje de fuerza y provo  
cando un verdadero suplicio al animal.  
Es un sistema molesto y actúa -  
en una parte del cuerpo de poca estabi  
lidad. Cuando el animal sube o baja  
la cabeza, también afecta la fuerza  
de tiro y resulta un mal trabajo. La -

modalidad de amarre del yugo a la cabeza del animal produce en éste una torsión en sentido señalado en la Fig.- 3, por el tiro y el animal mantiene levantada la cabeza con el hocico adelantado.

#### 2.1.2.1.5 Yugo de collar en el tiro de espalda (Fig. 4)

Es el sistema más racional. La aplicación del tiro en "N" (punto medio del yugo), también da lugar a un tiro inclinado pero la componente "R" aumenta la estabilidad del animal dando mayor firmeza al tren exterior.

La fuerza NR cae sobre las extremidades anteriores, que con todo el cuerpo se apoyan sobre el terreno firme, por lo tanto no hay dispersión de fuerza, ayudando mas bien a los animales en el tiro.

Las propiedades del yugo en collar son:  
(8)

- a) Libertad de acción (la cabeza queda libre).

- b) Soltura en los movimientos (trabajando en la posición natural).
- c) Trabajo de los músculos más fuertes del buey, que se encuentran en el cuello y que tienen la función especifica de la tracción.
- d) Mayor estabilidad, aunque en terrenos suaves y húmedos sería más conveniente el yugo a la cabeza.

Mientras que el yugo COLLAR es mucho mejor que el tipo de cabeza. El yugo tipo de cuello para bueyes es construido de madera y su posición es sobre el cuello de los animales, es decir sobre la cruz. Una soga o correa es amarrada a un lado del yugo, pasa luego por debajo del cuello del animal y luego regresa al otro lado del yugo, donde queda amarrado, esto es para retener el yugo en posición cuando está con carga. Cuando el yugo es halado hacia atrás por la carga, la soga bajo la garganta es templada contra la tráquea del animal, dificultando la respiración. La entrada de aire queda, entonces, reducida y la fatiga se hace sentir muy

rápidamente después que el animal comienza a halar la carga. Otra desventaja de este tipo de yugo es la pequeña área de contacto con el cuello o la cruz del animal. La carga resulta así concentrada y se desarrolla una alta presión al ahondarse el yugo en la piel del animal, causando molestia y dolor. Esto unido a la respiración restringida reduce la eficacia de tiro del animal.

La mejoras en el uncido del yugo y arneses deben hacerse teniendo en cuenta los siguientes puntos: (8)

1. La fuerza de tiro debe ser distribuida sobre un área grande del hombro y evitar así molestia al animal.
2. Que nada toque el fondo del cuello del animal y debido a esto no habrá restricción en la respiración.
3. El animal debe tener completa libertad de movimiento de la cabeza y el cuello. Debe permitirse el trabajo del animal en una posición normal.

4. El área de las uniones superiores de las patas delanteras debe ser dejada completamente libre.
5. El animal así provisto de yugo y arnés es capaz de halar de un punto más bajo de sus hombros. Esto permite un uso total del peso del animal.
6. Liviano en peso y simple en construcción.
7. Sería ventajoso si pudiera ser ajustable al tamaño del animal, si pudiera regularse la altura de la cual el animal hala, así como el ángulo de la línea de tiro.

La fuerza desarrollada por un animal queda condicionada en forma absoluta por el arnés que es el que transmite la fuerza al implemento arrastrado. Los diferentes arneses aprovechan la fuerza de los animales en grado muy variable. Por lo cual, en muchos casos, un perfeccionamiento de los arneses podría conducir a un mejoramiento cualitativo y cuantitativo del trabajo realizado.

En las zonas de nuestra Cordillera Andina, en su mayor parte se usa el tipo de arnés de cabeza ya sea por costumbre o por considerar que la parte más fuerte del animal se encuentra en la cabeza o para facilitar al operador el uncido a los bueyes. Indudablemente que, sin cambiar el tipo de fuerza de tracción empleada, hay un trabajo de mejoramiento en el arnés que es urgentemente necesitado.

#### 2.1.2.2 Utilización del caballo en las labores agrícolas

El caballo aventaja al ganado vacuno por su paso más rápido, su mayor resistencia y por la posibilidad de su empleo en terrenos con relieve más desfavorable e incluso en condiciones de mal tiempo. Los caballos soportan también que se les haga trabajar continuamente durante largo tiempo; pueden utilizarse prácticamente durante 300 días de trabajo anuales y asimismo, puede exigírseles, si se les da la alimentación adecuada, un rendimiento más alto en las épocas de más trabajo.

El grado de eficacia del trabajo humano puede ser incrementado valiéndose del caballo como ayuda más que del ganado vacuno, ya que generalmente

se le utiliza como "bestia de carga", pero el tiempo que se ahorra gracias al paso más rápido, a la mayor resistencia y a la mejor mecanización que permite al caballo, hay que enfrentarlo con el gasto adicional de tiempo necesario para dar de comer y para cuidar a los animales. Teniendo en cuenta que este tipo no deja de tener su importancia, en muchas pequeñas explotaciones puede resultar, a fin de cuentas, una ventaja de tiempo a favor del empleo de bueyes.

También, influye bastante en la composición, el gasto que ocasiona el sostenimiento de los caballos, la circunstancia de que, en general, la más pequeña unidad es la yunta de caballos. El caballo solo, el aislado, únicamente en casos excepcionales y por los motivos más variados encuentra aplicación.

Las ventajas que ofrece el caballo como animal de tiro, si tenemos en cuenta lo dicho anteriormente, tienen que ser conseguidas a expensas de los gastos de una yunta. Los gastos fijos que se producen son relativamente los más elevados, ya que estos animales no tienen otra utilización que el trabajo, y los gastos mínimos de alimentación y la disminución natural del valor no pueden ser disminuidos bajo determinados límites. Por lo tanto, si los animales se utilizan pocos días al año, puede resultar de su

utilización una carga financiera considerable para la explotación agrícola. A pesar de ello, lo decisivo para la explotación y mantenimiento de una yunta de caballos, no es a menudo el gasto que ocasionan, sino las ventajas que proporcionan a la explotación por su energía y por su constante disposición para el trabajo.

### 2.1.2.3 Variaciones de rendimiento y sus causas

En lo que se refiere a la velocidad del caballo, el máximo de su trabajo útil, se logra marchando a 3,200 mts/Hr., o sea, a 0.9 mts/seg. Aumentando o disminuyendo la velocidad de marcha, el rendimiento se reduce. (6)

Por ejemplo:

Velocidad (mts/Hr)	Utilización (K)
2,000	69
3,200	100
4,000	99
6,000	94
8,000	83
10,000	68
12,000	51
14,000	33
16,000	18

Claro está que, la velocidad óptima varía con las diferentes clases de animales y de individuos.

Otros experimentos indican que la velocidad óptima para caballos es de 1.1 mts/seg., que equivale a 3,960 mts/Hrs. y para bueyes de 0.6 mts/seg. - que equivale a 2,160 mts/Hr.

Son interesantes los datos de ensayos realizados en Alemania para establecer el rendimiento en kilográmetros diarios en un caballo de 500 Kg. de peso - trabajando distintos números de horas a una velocidad uniforme de 1.1 mts/seg. (6)

Horas de Trabajo	Fuerza Media (Kg.)	Trabajo (Kgmt. Seg.)	Trabajo diario Kgmt
4	113	124	1'790,000
6	94	103	2'225,000
8	75	82	2'362,000
10	56	62	2'232,000
12	38	42	1'810,000

## 2.2 Características de una buena labor de volteo (2)

Una buena labor de volteo en la operación de aradura se caracteriza - porque los prismas de suelo que realiza son paralelas y regulares. Estas bandas de suelo que realiza el arado en su trabajo, no son tan regulares

como muestra la Fig. N° 4, sino que éstos quedan roturadas mas o menos pulverizadas, según la textura arcillosa del suelo.

En lo que respecta al trabajo ejecutado con el arado, éste se caracteriza por el ancho de corte y la profundidad de trabajo, lo que determina la inclinación de las bandas que está en función de la relación entre el ancho de la banda y la profundidad de trabajo.

Para explicar estos conceptos nos remitiremos a la Fig. N° 5, la relación entre "l" y "p" en los arados comunes es aproximadamente 1/2 en labores profundas, que corresponde a un ángulo de inclinación del prisma entre 55° y 60°. La relación entre "l" y "p" próxima a 1.4 corresponde a arados para labor media, cuya inclinación es aproximadamente 45°.

La relación entre "l" y "p" próxima a 3 pertenece a los arados de labor ligera, que corresponde a una inclinación aproximada de 20° cuyo volteo es bueno para incorporar materia orgánica. En la Fig. N° 6 se muestra el volteo del prisma de suelo y cómo se va roturando el suelo de acuerdo a la concavidad que tenga la vertedera. (5)

Existen diversidad de formas de vertedera de acuerdo a muchos factores y combinaciones de éstas, tales como: textura, humedad de suelo, presencia de raíces, vegetación existente, ancho, profundidad, velocidad de labranza, etc. (3)

La variedad de exigencias por satisfacer para cumplir los requisitos mencionados explica, por sí sola, la diversidad de modelos de esta parte del arado. En las pruebas de experimentación, de un modelo, el correcto deslizamiento del prisma del suelo, se verifica cuando la superficie acti

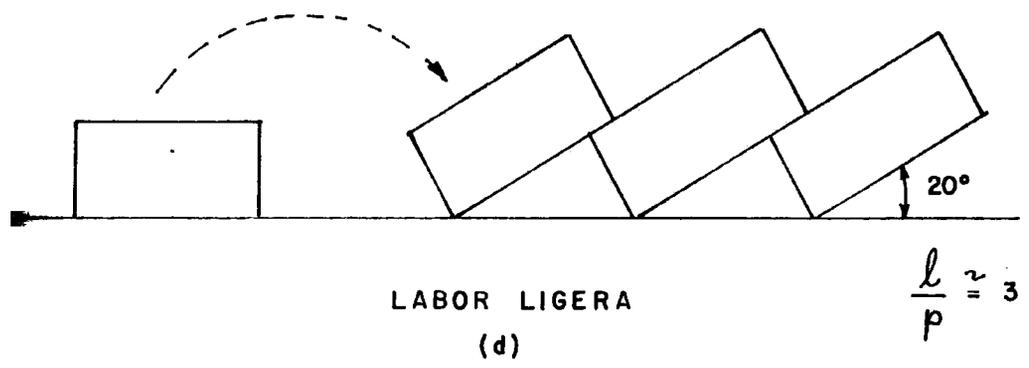
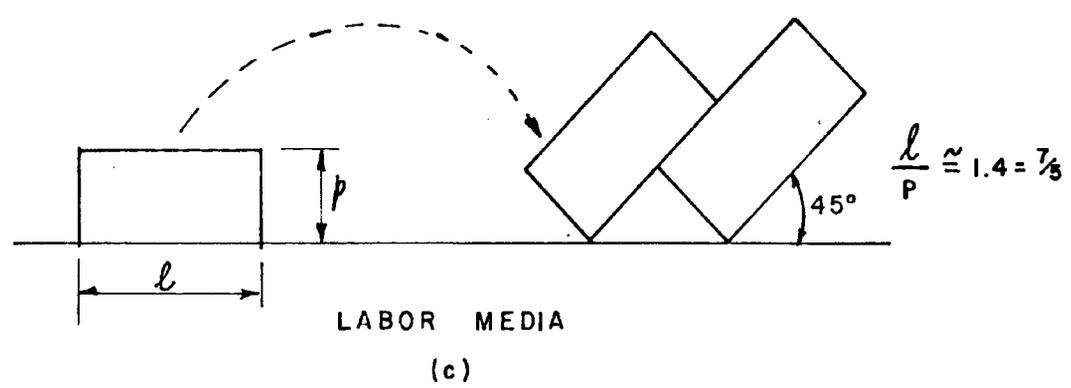
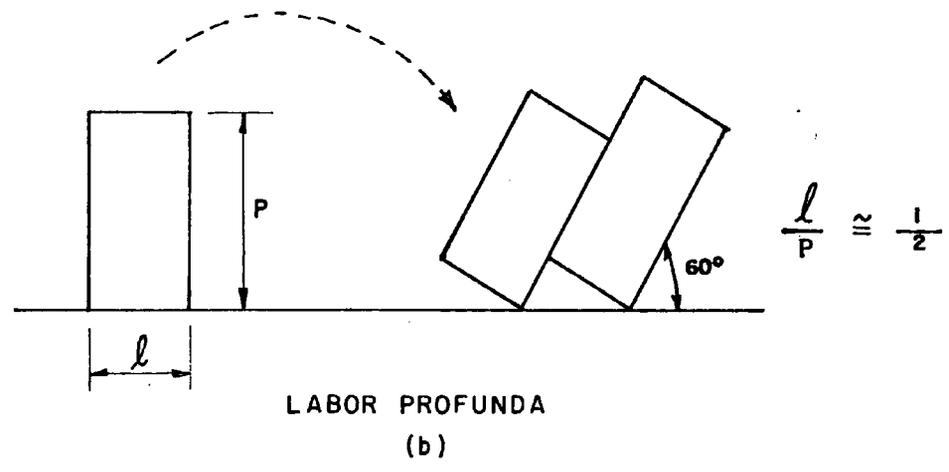
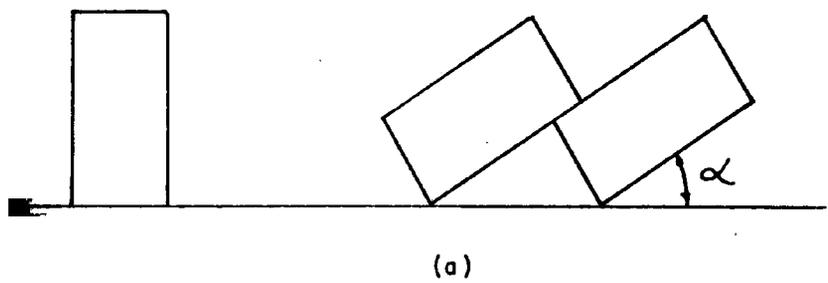
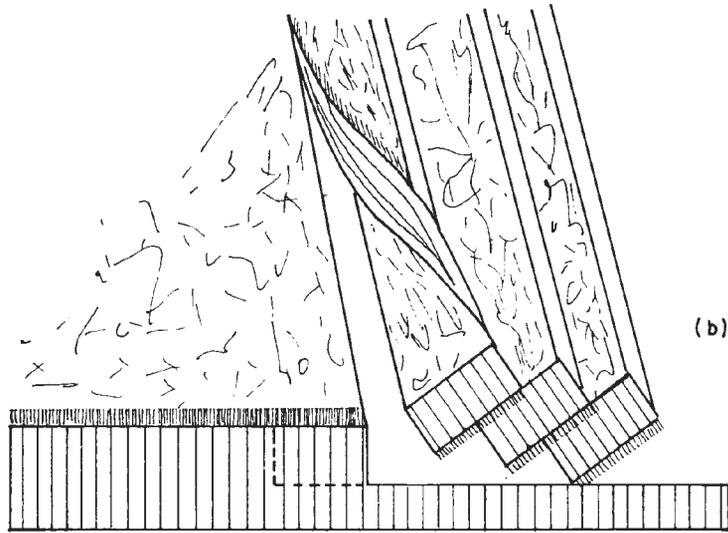
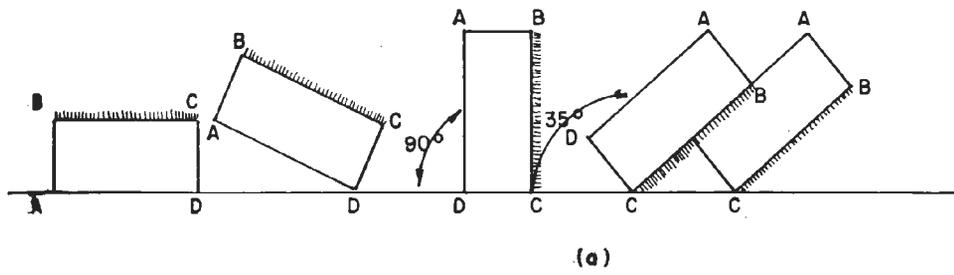


Fig. N°5

# ACTIVIDAD REALIZADA CON EL ARADO DE VERTEDERA



## FRAGMENTACIÓN SEGÚN LA CONCAVIDAD

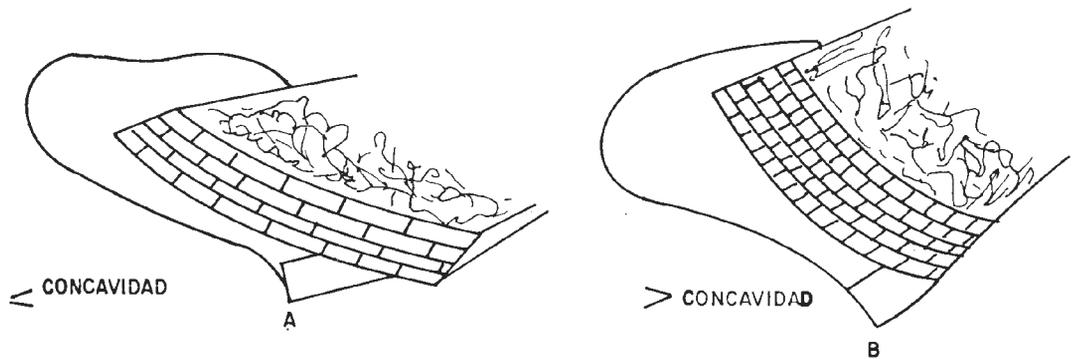


Fig. N°6

va del cuerpo del arado no queda cubierta con tierra al disponerse el im  
plemento en posición de transporte. De igual manera se comprueba su -  
eficiencia en el volteo, cuando una vez arado, la superficie que estaba  
antes del volteo, se encuentra cubierta por todo el volúmen del suelo re-  
movible.

### III. MATERIALES Y METODOS

Relativamente existen pocas clases de implementos agrícolas manuales y de tracción animal, utilizados en la mayoría de la pequeña y mediana agricultura de la Sierra del Perú.

Para la realización del presente estudio, se eligió la zona del Valle del Mantaro, por reunir condiciones aparentes para el trabajo con estos implementos y además de realizarse el estudio con menor costo.

#### 3.1 Especificaciones de los implementos manuales

##### 3.1.1 La chaquitacla o arado de pie

Este implemento se usa bajo las siguientes condiciones:

- Donde hay escasez de tracción animal.
- Donde los terrenos presentan una pendiente mayor del 50%, lo cual hace que el uso de tracción mecánica y animal sea imposible.
- Donde la tierra es plana pero de gran altitud sobre el nivel del mar, en algunos casos a más de 3,500 m.s.n.m.
- Donde la propiedad rural está localizada en lugares muy remotos.

##### 3.1.1.1 Descripción

La chaquitacla es una herramienta o implemento agrícola que se encuentra o utiliza en la parte centro y sur de nuestra serranía a excepción de la parte de Abancay donde se desconoce.

La chaquitacla está constituida por las siguientes partes:

a) Cuerpo principal

Es una barra cilíndrica de madera de una longitud que se adecúa al tamaño del operador que en promedio es de 1.60 mt. de longitud y 0.08 mt. de diámetro.

b) Mango

Es una barra pequeña de madera en forma de "L", que se amolda a la mano y va atada transversalmente al cuerpo principal a una altura adecuada al tamaño del operador y a la pendiente del terreno (aproximadamente a la altura de la cintura), en dirección frontal, dirigida hacia adelante.

c) Taquillo o apoyo del pie

Son dos barras pequeñas de madera que van amarradas a ambos lados del cuerpo principal en forma transversal pero unidas en el otro extremo por las amarras. Se encuentra a la altura de la rodilla del operador, casi inmediatamente después de la cuchilla. Su posición es dirigida hacia un costado del operador, generalmente al lado izquierdo.

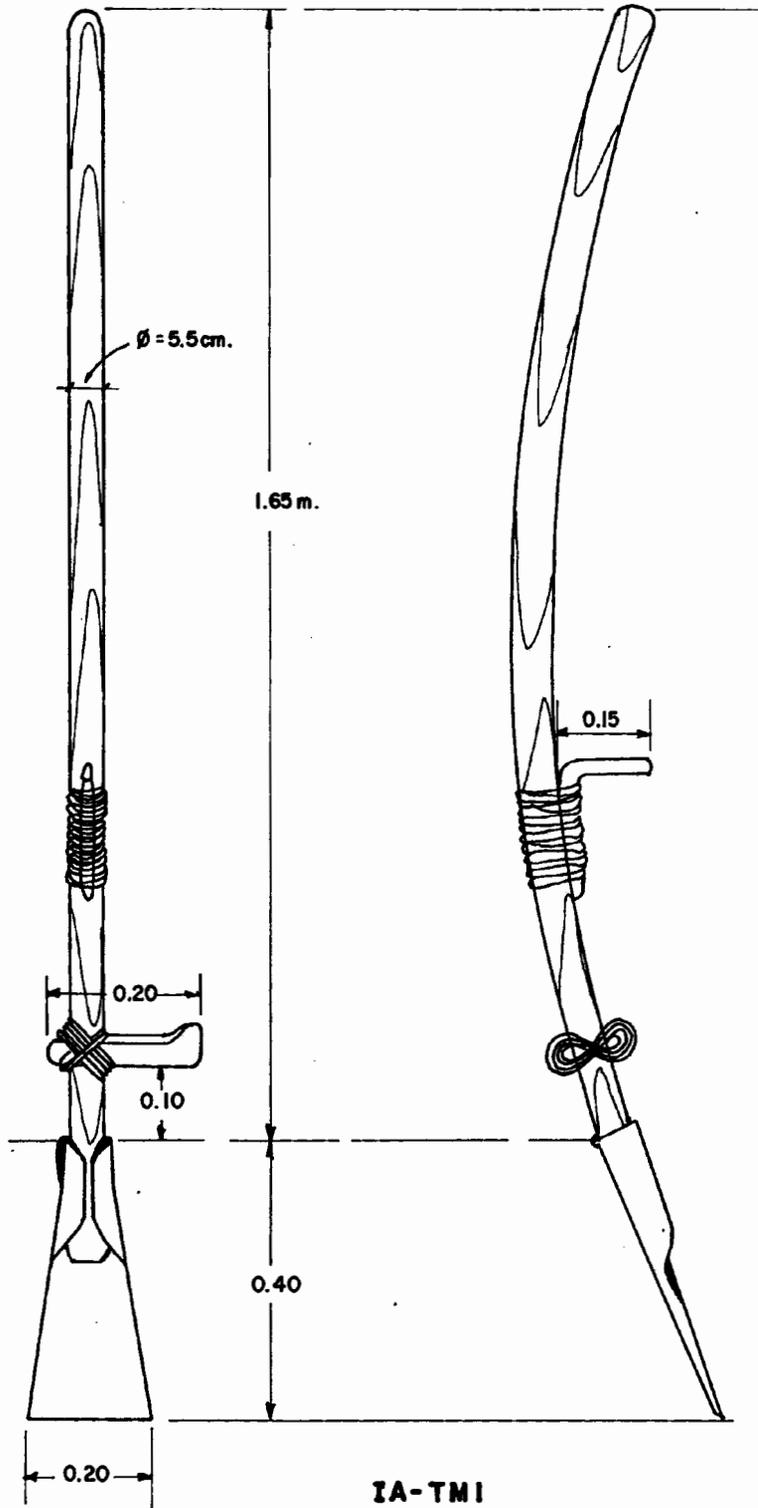
d) Reja o cuchilla

Es la parte cortante metálica, que es introducida al suelo por acción de la energía transmitida por el operador, la cual es función del peso del operador e implemento. El ángulo de ataque es de aproximadamente  $45^\circ$ . Está construido de fierro u hoja de muelle de suspensión de camión, cuya forma de punta varía de acuerdo a la labor que se realice y a las condiciones físicas del suelo.

Existen varias formas de chaquitacla, de acuerdo a la costumbre y a la labor que se realice. Está acondicionada más que nada a la topografía y pendiente del terreno. Por ejemplo, la chaquitacla tipo IA-TM1 (Fig. N° 7) es recta, sin curvatura, utilizada con mayor facilidad en terrenos de poca pendiente, y si es de mayor tamaño en longitud y curvada, estará acondicionada para terrenos de alta pendiente.

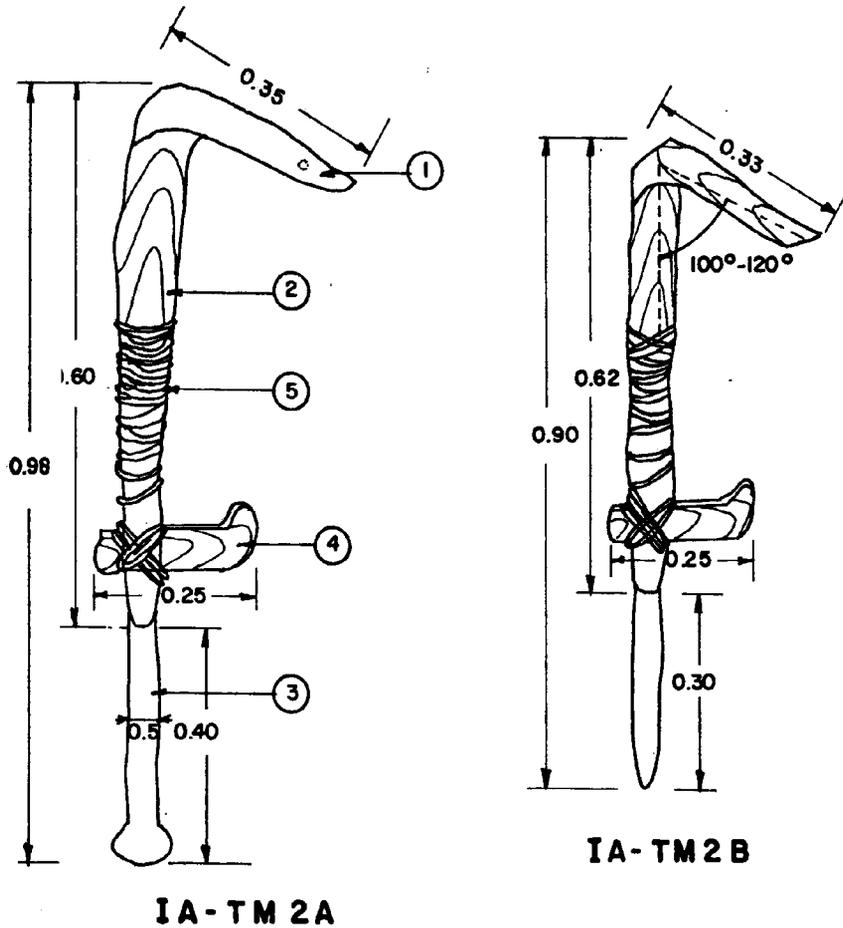
La chaquitacla curva en "L", tipo IA-TM2 (Fig. N° 8) se acomoda más en terrenos de poca pendiente, sin necesidad de tener el cuerpo recto y largo, pues el momento producido y la facilidad de voltear está relacionado con la curvatura del implemento, además, la facilidad que presta al operador para po

# CHAQUITACLLA



# CHAQUITACLLA

IA-TM 2



## PARTES

- ① Mango
- ② Cuerpo
- ③ Cuchilla
- ④ Taquillpo ( Sirve para pisar)
- ⑤ Material de unión: Pergamino de vaca (tinthush). para fijar la reja

Fig. Nº 8

der presionar con casi todo su peso para una buena penetración de la cuchilla.

En cuanto al tipo de punta de la chaquitacla, también varía de acuerdo al tipo de suelo; así, si el suelo es suave, se utiliza una cuchilla de corte ancha; en cambio, si el suelo es duro, se utiliza una reja angosta, terminada casi en punta, cuyo prisma removido es mucho menor que la anterior.

#### 3.1.1.2 Requerimiento de potencia

Siendo la chaquitacla un implemento manual, el requerimiento de potencia está condicionado al peso del operador y del implemento, y según ellos dependerá la profundidad de penetración de la cuchilla.

#### 3.1.1.3 Labores que realiza

La chaquitacla es básicamente un implemento para preparación de tierras, originaria de la época Incaica o Pre-Incaica, antes de que se introdujeran animales de tiro en el hemisferio. Para preparar tierras con la chaquitacla se requieren generalmente tres hombres; dos con chaquitacla, que introducen la reja en el suelo formando 120° y arrancando un prisma para luego el tercer individuo que generalmente es un niño o una mujer, voltea el prisma del

suelo, poniéndolo a un costado; realizándose esta labor cuando se prepara el terreno para la siembra de tubérculos. En cambio si sólo se prepara la tierra para sembrar, después que ha descansado y desean incorporar materia orgánica, se voltea hacia atrás.

Si se está trabajando en pendiente, se empieza de la parte baja hacia arriba, desplazándose lateralmente. La profundidad de trabajo de la reja, está en función tanto del peso del operador como de las condiciones físicas del suelo, esta profundidad fluctúa entre 15 cm. y 30 cm. El ancho de corte es muy variable, dependiendo del tipo de implemento y de las condiciones físicas del suelo, varía entre 5 cm. y 12 cm.

En la Fig. N° 9, se muestra el trabajo de la chaquitacla, que en sí no voltea el prisma, sino tan sólo desprende el prisma del suelo, que es volteado recién por el ayudante. Para el buen trabajo de este implemento es necesario que el suelo esté en buenas condiciones de humedad y textura, dependiendo, además, del tipo de vegetación y enraizamiento del suelo.

#### 3.1.1.4 Costo de vida útil

El costo de fabricación de una chaquitacla varía de acuerdo a la zona, fluctuando entre \$/500.00 y \$/800.00 (06.10.77).

ACTIVIDAD REALIZADA POR LA CHAQUITACLLA

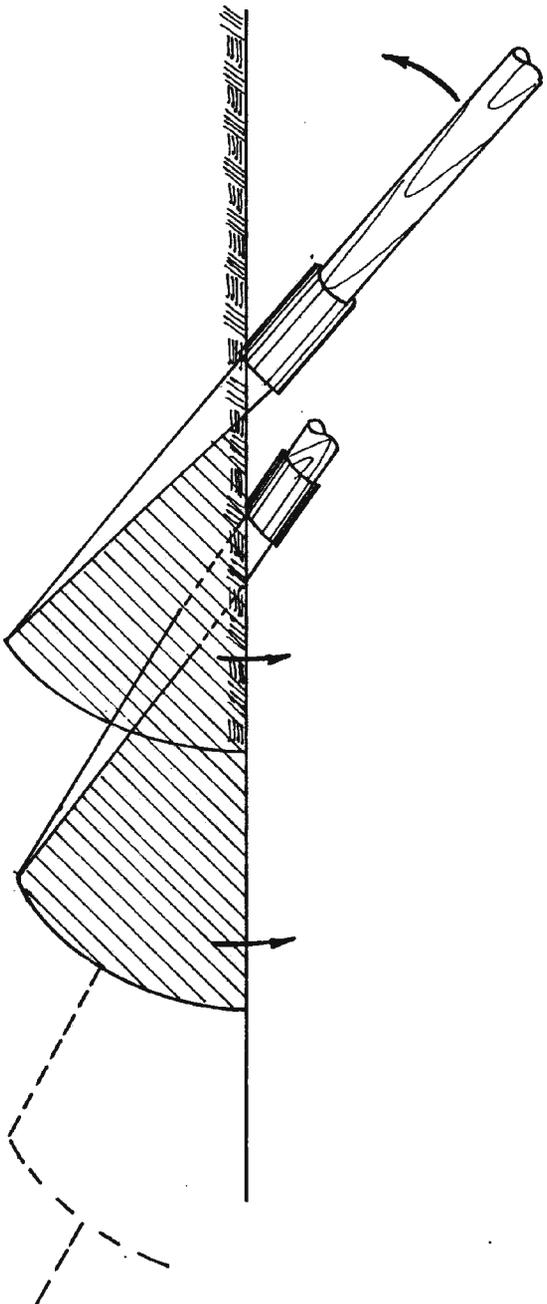


Fig. Nº 9

El costo de cada una de sus partes es la siguiente:

Tipo recto (IA-TM1)

Reja .....	S/ 350.00
Cuerpo principal .....	100.00
Cuero .....	50.00
Mano de obra .....	100.00
TOTAL .....	S/ 600.00

La vida útil de la chaquitacla varía de acuerdo al material empleado. El cuerpo principal tiene una duración de 6 años aproximadamente. La reja se cambia cada 3 años. Cada campaña agrícola exige que la reja esté bien afilada.

**3.1.1.5** Material de construcción

Los materiales utilizados para la construcción de la chaquitacla varía según la latitud y la altitud, es decir, según la zona.

Para el caso del cuerpo principal, se utiliza la madera que exista en el lugar, así:

- Entre los 2,100 y 2,500 m.s.n.m. abunda el nogal, molle (Schinos molle), algarrobo, sauce (Sanbucus peruvianus), etc.

- Entre los 2,500 y 3,000 m.s.n.m. abunda el eucalipto (Eucalyptus) y el nogal.
- Entre los 3,000 y 3,500 m.s.n.m., el eucalipto, quinhual (Polylepis), quiswar (Buddleia) y el aliso (Alnus).

Para el caso de la cuchilla o reja de la chaquitaclla se utiliza el fierro templado o en su defecto una hoja de muelle de suspensión de camión incrustada en el cuerpo principal por un extremo.

Para la unión del pedal o taquillpo y del mango con el cuerpo principal se utilizan correas de cuero de vaca o llama.

#### 3.1.1.6 Desgaste de partes

En la chaquitaclla, la parte que más se desgasta es la cuchilla o reja, la cual es fácilmente reemplazable o reparable. Esta dura aproximadamente 4 años.

#### 3.1.1.7 Facilidades de construcción y reparación

Siendo la chaquitaclla un implemento muy sencillo, su construcción es bien simple. En las zonas estudiadas existen pequeños talleres artesanales que se dedican a construir y reparar a costos relativa-

mente bajos. Los materiales que se utilizan son de la región y la cuchilla se obtiene del muelle de camiones, debidamente trabajado y templado.

3.1.1.8 Tipo de propiedad

Todos los implementos encuestados son de propiedad del mismo agricultor.

3.1.1.9 Influencia del trabajo realizado en la producción

La influencia del trabajo que realiza la chaquitacolla sobre la producción agrícola en la sierra del Perú es vastísima, ya que por las características del implemento se puede utilizar en las labores de labranza, siembra, aporque y cosecha en terrenos con laderas de gran pendiente, donde los tractores e implementos de tracción mecánica o animal no pueden trabajar debido a la inaccesibilidad. Por lo tanto, se trata de un implemento agrícola de gran utilidad para el agricultor andino, cuya importancia está demostrada por su origen milenario, herencia de la cultura incaica o tal vez pre-incaica.

3.1.1.10 Capacidad de trabajo y análisis dinámico

La capacidad de trabajo de la chaquitacolla depende exclusivamente del operador y del suelo, a tra-

vés de diferentes experiencias y observaciones de campo, se ha podido determinar como promedio una capacidad de trabajo equivalente a 0.0192 Hectáreas/Hora-Hombre, o sea que se requieren 55.5 Horas-Hombre/Hectáreas.

Para profundizar el conocimiento del trabajo que realiza la chaquitacla, se presenta el análisis estático y dinámico.

En el trabajo con la chaquitacla existen dos momentos bien diferenciados:

1. Cuando el operador introduce la cuchilla en el suelo, utilizando para esto su peso y el peso del implemento. (Fig. N° 8)
2. Cuando el operador, una vez introducida la reja, realiza una acción de palanca. (Fig. N° 10)

#### Acción de penetración del implemento

Análisis dinámico de la chaquitacla (Fig. N° 10).

Para este análisis se ha considerado lo siguiente:

- a) La acción del peso del hombre y del implemento sólo actúan en la dirección axial, siendo



equilibrada en las otras direcciones por el propio hombre.

- b) Suelo homogéneo hasta la profundidad de trabajo.
- c) La proporción de peso del hombre que interviene en esta actividad se halló experimentalmente, lo cual es aproximadamente la  $3/4$  de su peso - (se hizo ademán de pisar una chaquitacla con una balanza).

M = Masa del hombre

m = Masa del implemento

$F = (m + 3/4 M) g \sin \theta$  = Fuerza de impulso

$F_1 = PA$  = Fuerza necesaria para romper la sección de suelo (A)

P = Presión necesaria para romper la sección "A" ( $NT/cm^2$ )

$\sqrt{F}$  = Fuerza de rozamiento

N = Fuerza normal

$F_x$  = F en la dirección "x"

$F_y$  = F en la dirección "y"

$\theta$  = Angulo de indicación de la chaquitacla con respecto a la superficie del suelo

e = Profundidad de penetración en la dirección del movimiento

e  $\sin \theta$  = Profundidad del suelo removido

Para el desplazamiento "e", se tendría una velocidad inicial de penetración ( $V_0$ ) y otra, velocidad final ( $V_f$ ) cuando la cuchilla deja de introducirse en el suelo, lo cual es cero.

Entonces para el desplazamiento:

$$V_f^2 = V_0^2 + 2ae \dots\dots\dots (12)$$

como  $V_f = 0$

$$\text{Tenemos: } a = -\frac{V_0^2}{2e} \dots\dots\dots (13)$$

Realizando la sumatoria de Fuerzas en la Dirección axial:

$$\sum F = m_T a \dots\dots\dots (14)$$

pues el sistema se encuentra en equilibrio en la dirección axial:

$$F - F_1 - 2f = (m + 3/4 M) a \dots\dots\dots (15)$$

donde:

$$F_1 = PA \dots\dots\dots (16)$$

$$f = N \dots\dots\dots (17)$$

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento entre el suelo y la cuchilla

La sumatoria en la dirección "x", nos da:

$$N = F_x = F \operatorname{tg} \theta \dots\dots\dots (18)$$

reemplazando:

(13) en (17) y (16), (13) en (15)

$$F - PA - 2/4 F \operatorname{tg} \theta = (m + 3/4 M) \frac{V_o^2}{2e} \dots (19)$$

En la ecuación (19) se puede calcular la velocidad inicial de penetración ( $V_o$ ); haciendo una aproximación con la caída libre del implemento desde el punto levantado donde  $V_o^1 = 0$  hasta que el implemento llega al suelo donde  $V_o = \theta$ . (Fig. N° 11)

En este caso se tiene:

$$V_o^2 = V_o^1 + 2gh$$

pero  $V_o^1 = 0$

$$\text{Luego: } V_o^2 = 2gh \dots\dots\dots (20)$$

Reemplazando (18) en (17) y ordenando tenemos:

$$F (1 - 2/4 \operatorname{tg} \theta) = PA - (m + 3/4 M) \frac{gh}{e}$$

- 52 -

$$F(1 - 2\mu \operatorname{tg} \theta) - PA = - (m + 3/4 M) \frac{gh}{e}$$

$$e = \frac{(m + 3/4 M) gh}{PA - F(1 - 2\mu \operatorname{tg} \theta)}$$

pero:

$$F = (m + 3/4 M) g \operatorname{sen} \theta$$

Entonces:

$$e = \frac{(m + 3/4 M) gh}{PA - g \operatorname{sen} \theta (m + 3/4 M)(1 - 2\mu \operatorname{tg} \theta)} \dots (21)$$

Ejemplo:

Suponiendo

$$m = 10 \text{ Kgs.}$$

$$M = 60 \text{ Kgs.}$$

$$h = 0.20 \text{ mt.}$$

$$P = 1 \text{ Kg/cm}^2 = 9.8 \text{ NT/cm}^2$$

$$A = 5 \text{ cm}^2$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\mu = 1$$

$$e = \frac{(10 + 3/4 \times 60) \times 9.8 \times 0.20 \text{ NT} \times \text{MT}}{(9.8 \times 5 - 9.8 \operatorname{sen} 45^\circ (10 + 3/4 \times 60)(1 - 2(1)(1)))}$$

$$e = \frac{11}{43.89} = 0.25 \text{ mt.}$$

En la ecuación (21) se puede observar que la penetración es directamente proporcional al peso del implemento y del operador; además, a la altura del que es soltado, será mayor la penetración cuanto más peso tenga el operador y el implemento.

También, se observa en la ecuación que es inversamente proporcional al denominador:

$$PA = g \sin \theta (m + 3/4) (1 - 2/\mu \operatorname{tg} \theta)$$

el cual tiene un límite que dependerá del positivo o negativo que tenga el factor  $(1 - 2/\mu \operatorname{tg} \theta)$  ya que el denominador tendrá que ser positivo, de esta manera se tendrá que:

$$1 - 2/\mu \operatorname{tg} \theta \leq 0$$

$$1 \leq 2/\mu \operatorname{tg} \theta$$

$$\operatorname{tg} \theta \geq 1/2/\mu$$

También, es lógico de verse que cuanto mayor sea el valor de "P" y de "A", menor será la profundidad de penetración.

Además, debe tenerse en cuenta que el peso del implemento también tiene un límite de acuerdo a -

la fatiga que puede producir en el operador.

Acción de palanca

En la Fig. N° 12, se presentan todas las fuerzas -  
que actúan sobre la chaquitacla al momento de -  
realizar la palanca, donde:

- F = Fuerza ejercida por el operador
- W = Peso de la chaquitacla
- N = Fuerza de contacto o de apoyo
- R = Fuerza de resistencia ofrecida por el  
prisma de suelo al ser desprendido
- $f_1$  = Fuerza de rozamiento en el apoyo "A"
- $f_2$  = Fuerza de rozamiento en la superficie  
de resistencia
- $\theta$  = Angulo de inclinación del implemento  
con respecto a la superficie del suelo

Observación: Las posiciones de N y R se pueden  
hallar con aproximación en forma experimental.

Analizando el sistema de fuerzas, tenemos:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F + R + W_y - N &= 0 \\ F + R + W \cos \theta &= N \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA CHAQUITACLLA

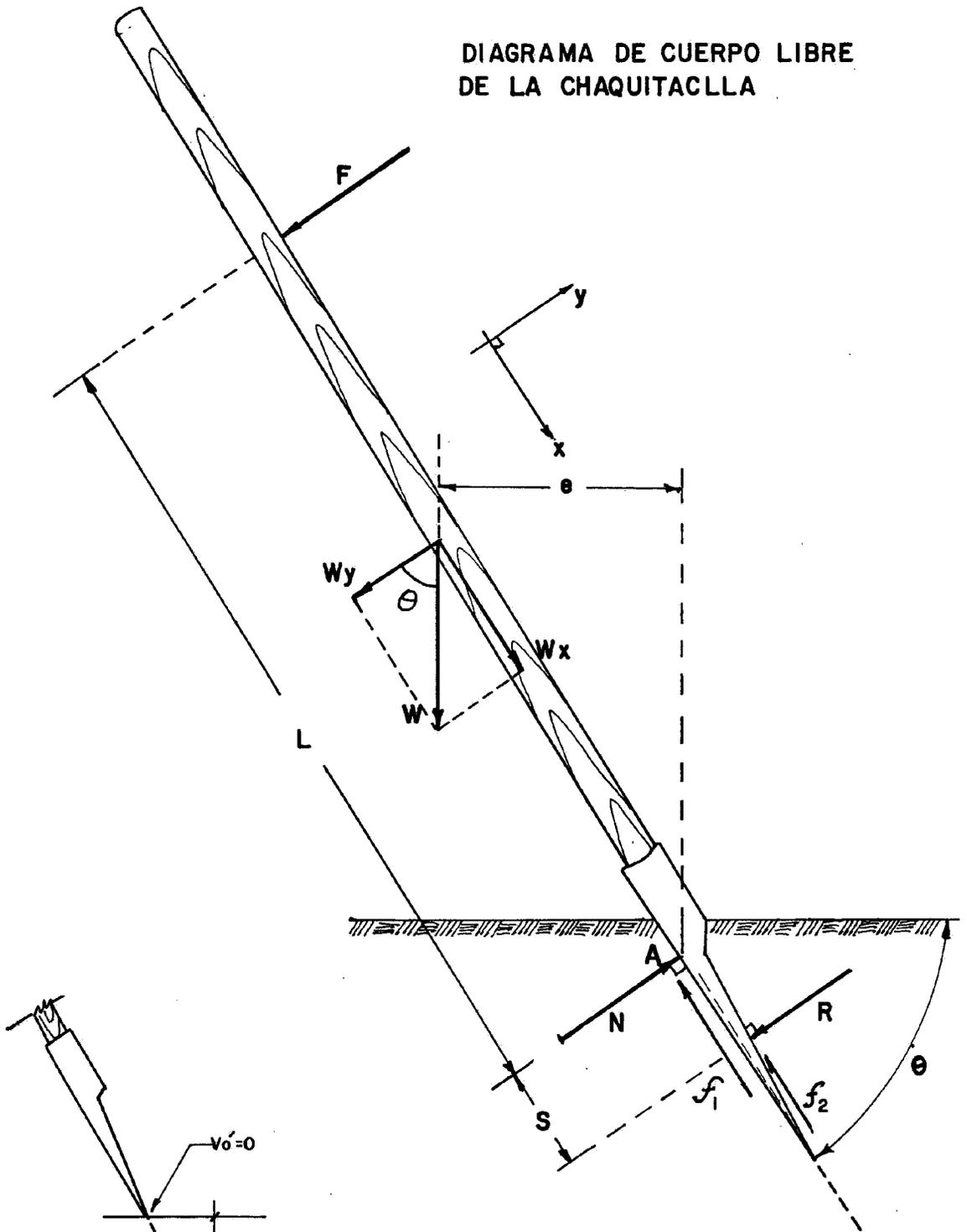
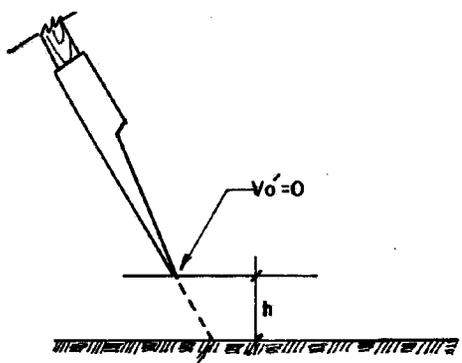


Fig. No 12



$V_0 \neq 0$  (Velocidad inicial de penetración)

Fig. No 11

$$\sum F_x = 0$$

$$Wx - f_1 - f_2 = 0$$

$$W \text{ sen } \theta = f_1 + f_2$$

donde:

$$f_1 = \mu N \dots\dots\dots (23)$$

$$f_2 = \mu R \dots\dots\dots (24)$$

Entonces:

$$W \text{ sen } \theta = \mu N + \mu R \dots\dots\dots (25)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$FL + we - Rs = 0 \dots\dots\dots (26)$$

De donde:

$$R = \frac{FL + we}{S} \dots\dots\dots (27)$$

(22) en (25)

$$W \text{ sen } \theta = \mu (F + R + W \cos \theta) + \mu R \dots\dots\dots (28)$$

Reemplazando (27) en (28) se tiene:

$$F = \frac{w}{(S + 2L)\mu} \left[ S (\text{sen } \theta - \mu \cos \theta) - 2e\mu \right] \dots (29)$$

Reemplazando (29) en (27) se tiene:

$$\frac{WL}{R(S+2L)\mu} \left[ S(\sin \theta - \mu \cos \theta) - 2e\mu \right] + \dots$$

S

..... (30)

En la ecuación (29) se puede observar que la fuerza necesaria para voltear el prisma de suelo es inversamente proporcional a la longitud "L" principalmente, pues "S" es relativamente pequeña en comparación a "L". Pero "L" está condicionada al tamaño del operador, a la pendiente del terreno y al grado de dificultad que ofrece el prisma al ser desprendido.

Generalmente, la resistencia que ofrece el suelo al ser desprendido, en este caso, es pequeña debido a que la utilización de estos implementos se da cuando el terreno está en buenas condiciones de humedad, es decir a "punto".

En cuanto al tamaño de la cuchilla es variable, pues en lugares donde el suelo es profundo, se tienen cuchillas un tanto más largas, en cambio, cuando el suelo no es profundo, la cuchilla es más pequeña.

### Obtención del coeficiente de rozamiento

El valor del coeficiente de rozamiento es una constante que dependerá del tipo de suelo, humedad del suelo, es decir, de su condición física y del tipo y estado de la punta metálica.

Experimentalmente se puede obtener el coeficiente de rozamiento utilizando una pequeña plancha de acero o muelle de carro, una cama de tierra idéntica al suelo de trabajo y una plancha bastante rugosa.

El procedimiento sería el siguiente:

Se ubica la cama de tierra sobre la plancha rugosa, presionando y manteniendo un espesor adecuado sobre esta cama de suelo, se coloca la plancha de acero o muelle y se empieza a levantar la plancha rugosa con la cama de suelo y el muelle, por un extremo y apoyándose en el otro extremo. El levante continúa hasta que el muelle esté en límite de resbalamiento, en este punto se mide el ángulo de inclinación de la plancha rugosa con respecto a la horizontal. El valor de la tangente de este ángulo vendrá a ser el coeficiente de rozamiento estático entre el muelle y el suelo. Otra forma sería colocar el implemento sobre una superficie horizon

tal de suelo y medir la fuerza mínima necesaria para mover el implemento que dividido por el peso del mismo nos daría el coeficiente de fricción.

### 3.1.2 Picotas

#### 3.1.2.1 Descripción

Es una herramienta de labranza manual, cuya utilización es variada, pero se utiliza con mayor frecuencia en labores culturales, de desempedrado y en la cosecha de tubérculos.

Está constituido por:

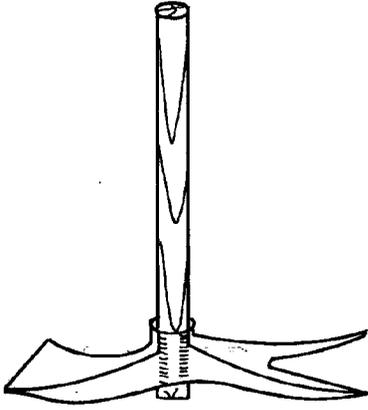
##### a) Mango

Es una barra de madera, cilíndrica y recta, cuya longitud varía entre 45 y 70 cm. y el diámetro entre 3 y 4 cms.

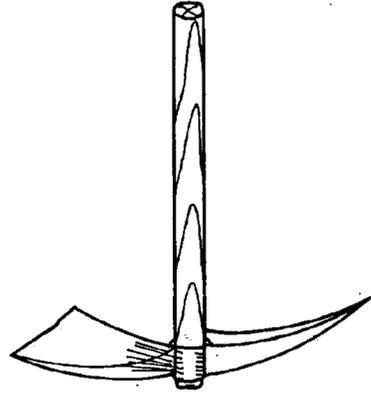
##### b) Reja

Es el elemento de trabajo principal de la herramienta, es fabricada con hojas de muelles de suspensión de camión, que va incrustado o fijado al mango por la parte ancha hacia un ángulo que varía entre 45° y 60° con respecto al eje de mango.

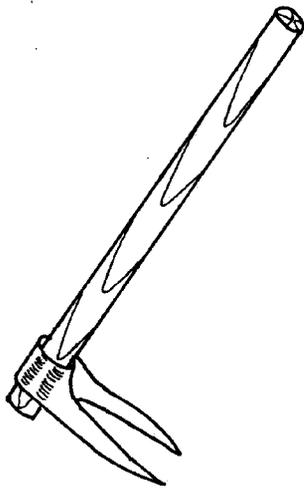
P I C O T A



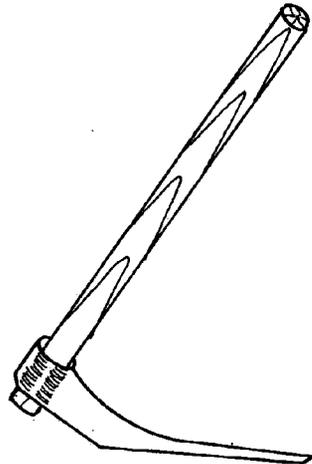
IA-TM 3c



IA-TM 3D



IA-TM 3B



IA-TM 3A

Fig.№13

Existen varios tipos de picotas que dependen de la función que cumplan y de acuerdo a la resistencia del suelo o condiciones físicas, en cuanto a pedregosidad y dureza.

Entre los tipos clasificados tenemos: (Fig. N° 13)

- El IA-TM3A, se utiliza en suelos duros y pedregosos; en labores de cultivo y de cosecha.
- El IA-TM3B, se utiliza en terrenos blandos y de poca pedregosidad. Mayormente es utilizado en labores de mantenimiento y de cultivo y en la cosecha de tubérculos.
- El IA-TM3C, presenta una variación con respecto a las anteriores, presentando dos puntas opuestas, siendo una de ellas de similar forma que la picota anterior y sirve para realizar labores de mantenimiento de cultivo y cosecha de tubérculos. El otro extremo tiene una reja parecida a la de la chaquitacla y que es aparente para la roturación de tierra (levanta prismas pequeños).
- El IA-TM3D, es semejante al anterior con la diferencia que presenta un lado de la hoja ancha y la otra en punta. Esta última, se utiliza especialmente para la roturación de suelos duros y para el desempedrado.

El peso de la picota varía entre 1 ó 2 Kgs.

### 3.1.2.2 Requerimiento de potencia

Siendo un implemento manual, el requerimiento de potencia está condicionada al peso del operador y la del implemento. Esta potencia requerida es pequeña, por lo cual el operador tarda un tiempo en fatigarse, aunque más se fatiga por la posición del trabajo.

Se puede realizar un breve análisis al respecto, - para el cálculo de requerimiento de potencia:

Siendo el peso de la picota  $W = 2 \text{ Kgs.}$   
altura levantada  $= 1 \text{ Mt., y}$   
tiempo efectuado  $= 1 \text{ seg.}$

Tenemos:

$$P = \frac{F \times h}{T} = \frac{2 \text{ Kg.} \times 1 \text{ Mt.}}{1 \text{ seg.}} = \frac{2 \text{ Kg} - \text{Mt.}}{\text{seg.}}$$

$$P = 2/76 \text{ HP}$$

Luego:

$$P = 0.02 \text{ HP}$$

**3.1.2.3 Costo y vida útil**

El costo aproximado de cada picota es de S/200.00 y la vida útil se estima en 10 años.

**3.1.2.4 Facilidades de construcción y reparación**

La picota es una herramienta de construcción muy sencilla, ya que se trata de una labor de ensamblaje entre el mango que es de madera muy rústica y la reja, que es de hoja de muelle de suspensión de camión. Esta labor la realizan los herreros y artesanos a costos muy bajos. Para la reparación se cuentan, también, con las mismas facilidades.

**3.1.2.5 Tipo de propiedad**

Todos los implementos encuestados son de propiedad del mismo agricultor.

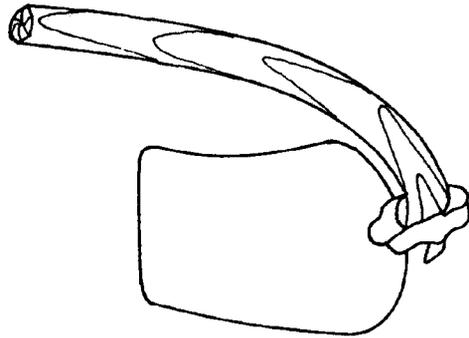
**3.1.3 Azadas**

**3.1.3.1 Descripción**

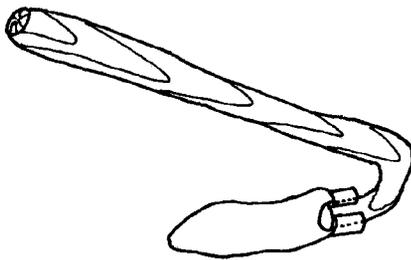
Es otra herramienta o implemento de uso manual, - utilizado para las labores de aporque y cosecha de tubérculos.

Está constituido por las siguientes partes básicas:

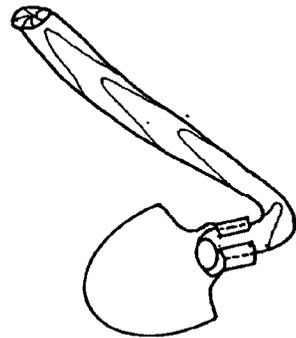
A Z A D A



IA-TM 4A



IA-TM 4b



IA-TM 4c

Fig. N°14

a) Mango

Posee las mismas características del mango de la picota, con la diferencia que en el extremo donde se une con el elemento de trabajo, éste termina en ángulo o un gancho con un ángulo de 45°.

b) Pala de volteo

Es la parte de trabajo de la herramienta y es fabricada con una plancha metálica y presenta una forma elíptica, cuya función es la de escarbar el suelo en la cosecha o el aporque.

El peso de este implemento es de 1 á 2 Kgs.

Existen varias formas o tipos de azada (Fig. N° 14), que dependen del tipo de suelo y del trabajo que realiza. Los tipos clasificados son:

- El IA-TM4A, cuya característica principal es que la pala de volteo es ancha y con cierta concavidad. Se utiliza en el aporque, cuando el suelo está suelto.
- El IA-TM4B, tiene la característica de presentar la pala de volteo angosta y larga, utilizado -

preferentemente en la cosecha, cuando el suelo presenta cierta resistencia.

- El IA-TM4C, cuya pala de volteo es ancha y elíptica con cierta concavidad. Se utiliza para las labores de aporque y cosecha.

### 3.1.2.2 Requerimiento de potencia

Como todos los implementos manuales, el requerimiento de potencia está condicionado al peso del implemento. Aproximadamente igual en magnitud al de la picota.

### 3.1.2.3 Costo y vida útil

El costo aproximado de cada azada es de S/200,00 y la vida útil se estima en 6 años.

### 3.1.2.4 Facilidades de construcción y reparación

Su construcción es también sencilla. La pala de volteo se logra mediante la forja de una hoja de muelle de suspensión de camión y el mango se encuentra en la campiña. Esta labor la realizan herreros y artesanos a precios muy cómodos. La reparación también es muy sencilla.

### 3.1.4 Lampa y pala

#### 3.1.4.1 Descripción

##### (1) Pala

Es un implemento manual, de diseño simple, se utiliza principalmente en labranza, cuya función es la de cortar por penetración del filo cortante para el posterior volteo del suelo.

Consta de las siguientes partes básicas:

##### a) Mango

Es una barra cilíndrica, recta y es de madera. - Tiene una longitud de un metro. El diámetro es de 4 centímetros.

Sirve para realizar la palanca en el momento del volteo del prisma de suelo.

##### b) Asa

Es el elemento que sirve para empujar la herramienta, realizar las maniobras y la fuerza de palanca. Este elemento es metálico.

c) Hoja de volteo

Es el elemento principal de la herramienta y es la que realiza las labores de corte y volteo del prisma de tierra. Es rectangular, recta y delgada, presentando en la parte superior el elemento para la fijación del mango, y en la parte inferior el filo cortante.

El peso aproximado del implemento es de 3 Kgs. -  
Las labores que se realizan con este implemento son de corte, penetración y palanca.

(2) Lampa

Es también de accionamiento manual para la ejecución de labores de labranza y de labores complementarias. Su labor característica es la de carguío.

Respecto a las partes básicas, tiene las mismas características que la anterior en lo referente al mango y el asa, pero se diferencia en la pala de volteo, ya que ésta es recta y ancha en su mitad superior y semi-ovoidal en su mitad inferior terminando en punta, presentando concavidad.

#### 3.1.4.2 Costo y vida útil

Estos implementos son fabricados a nivel industrial y existen disponibles en el mercado. Su costo es aproximadamente de \$/ 1,000.00 y la vida útil se estima en 4 ó 5 años.

#### 3.1.4.3 Tipo de propiedad

La propiedad de este implemento es privada, es decir pertenece a los mismos agricultores.

### 3.2 Especificaciones de implementos de tracción animal

#### 3.2.1 Arado de palo

El nombre de este implemento no se ajusta a la realidad, porque estos arados de palo sólo presentan una punta de acero o fierro. Este tipo de arado fue introducido al nuevo mundo por los españoles, en los primeros años de la conquista, junto con los animales de tiro. El arado de palo en las diferentes zonas de la Sierra tienen la misma apariencia en la actualidad. El uso se adecúa a múltiples actividades como:

- Preparación de tierras
- Surcadura para la siembra
- Pequeños canales de riego
- Tapado de semilla

- Cultivadora en el mantenimiento de cultivo
- Para la cosecha de tubérculos

La utilización de este implemento se justifica por los factores - topográficos, tipo de tenencia de tierra, poder adquisitivo del agricultor andino, etc., que se dan en las zonas de la Sierra. De otro lado, se utiliza intensivamente en las zonas donde existe escasez de maquinaria de tracción mecánica o cuando el costo es alto que impide que el agricultor lo utilice.

#### 3.2.1.1 Descripción

El arado de palo es un instrumento de labranza, utilizado en terrenos de baja pendiente (máximo 30°-35°), es de peso liviano y fácil de transportarlo. - (Fig. N° 15).

Con excepción de la punta, que siempre es de acero, todo el resto del arado es de madera, incluyendo el yugo. Para lo cual se tendrá que tener en cuenta que en la construcción del arado de palo y el yugo no es posible emplear cualquier madera, sino debe buscarse maderas que reúnan ciertas condiciones que se dan en materiales de construcción.

Actualmente no existe la dirección técnica en la construcción o diseño, ni en el uso de estos implementos, por tanto la capacidad de trabajo es muy

ARADO DE PALO

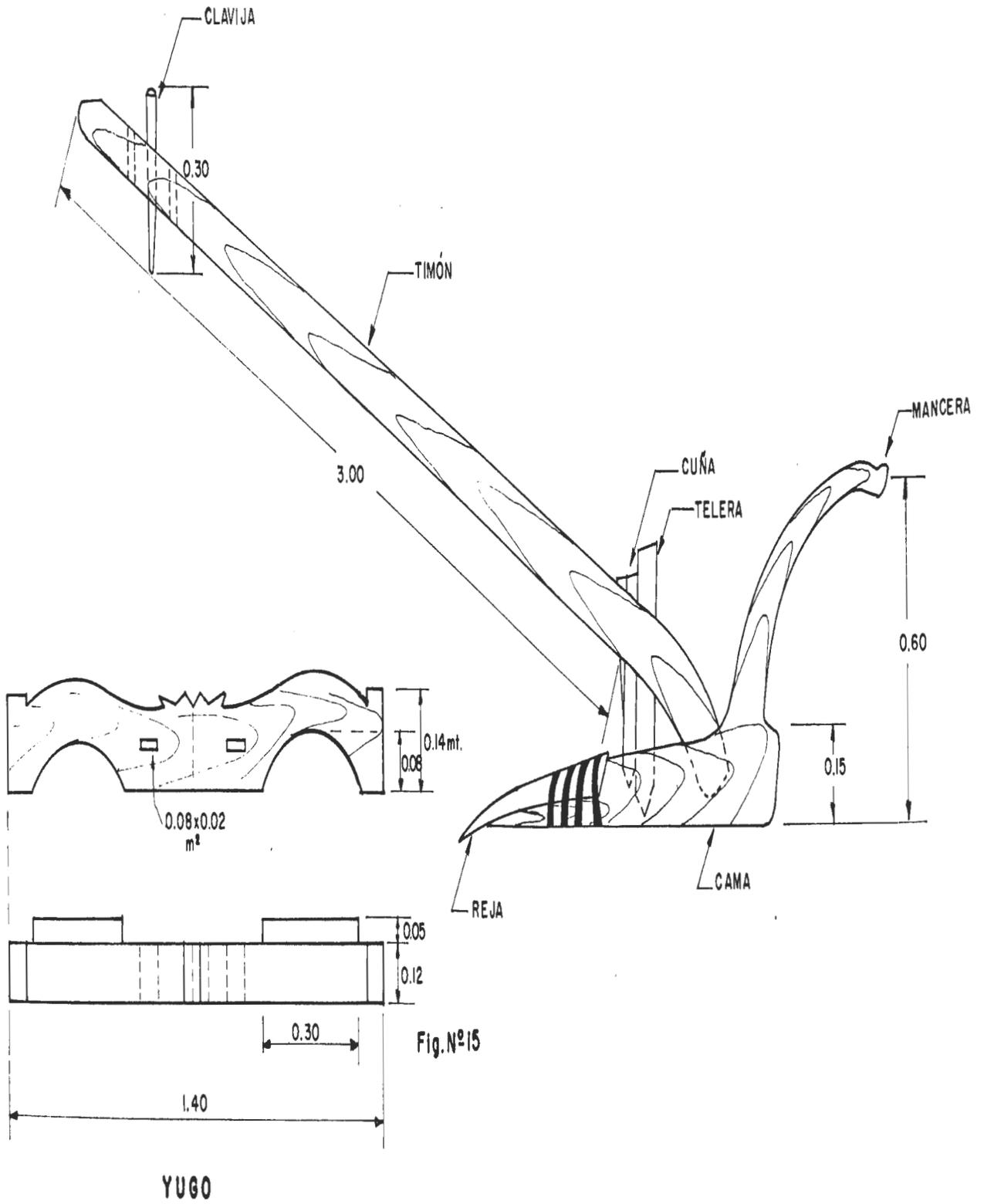


Fig.Nº15

# ARADO DE PALO

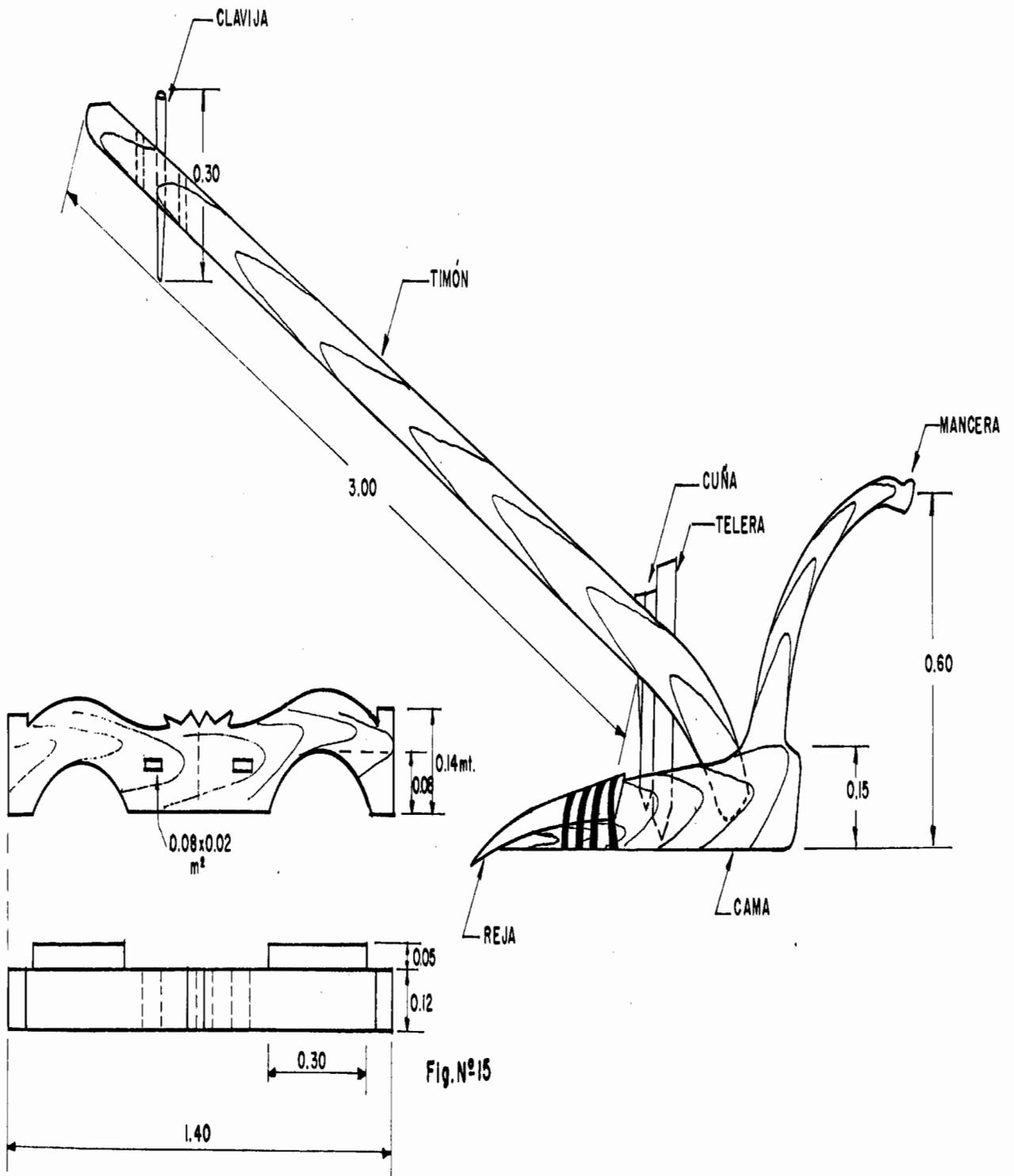


Fig. N° 15

YUGO

inferior al que realmente se podría tener, si existiera la ayuda técnica requerida.

El arado de palo tradicional está constituido por las siguientes partes:

a) Timón

Es una pieza de madera, cilíndrica, que varía de 3 a 4 metros de longitud y con un diámetro entre 10 y 12 centímetros.

Generalmente se construye con madera liviana y resistente.

El extremo anterior está unido a una horquilla que forma parte del yugo por medio de un pin largo de madera que atraviesa diametralmente el timón, por medio del cual se transmite la fuerza de tiro de la yunta al implemento.

El extremo posterior está anclado o incrustado en la cama o base, aunque algunas veces forma una sola pieza.

b) Cama

Es la base del arado en la que están anclados o asegurados tanto el timón como la manquera. -

c) Mancera

Es el elemento que hace las veces de anubrio y se encuentra ubicada en la parte posterior de la cama incrustada en ésta o a veces se encuentra atravesada en el timón que a su vez, está incrustada en la cama, o en otros casos, ésta forma un solo cuerpo con la cama.

Sirve para guiar al implemento para dar las vueltas o para levantar el arado ante un obstáculo.

El mango debe adaptarse perfectamente a la mano del operador, para que éste no sienta cansancio al operar.

d) Reja

Es la parte más importante del arado de palo. Se asemeja a una cufia que corta el prisma de suelo por la base, pero sin llegar a voltearla. Está fabricada con hoja de muelle de suspensión de camión, siendo ancha y recta (5 cm.) por el lado posterior donde va sujeta a la cama mediante flejes o clavos, y aguda por la parte anterior, el cual está orientado hacia abajo, formando un ángulo que constituye la succión vertical, que sirve para mantener uniforme la profundidad de trabajo.

El método de acoplar la reja al arado varía enormemente, de un lugar a otro. El método más común es acoplar las puntas planas sujetándolas con tiras de cuero. Otro método similar es colocar las puntas acoplándolas al arado con tiras de alambre, enrollándolas, consiguiendo que la reja y la cama tomen la forma de un cono muy pulido y de una sola pieza.

e) Telera y cuña

La telera es un elemento de madera que sirve para permitir la transmisión de fuerza del timón al arado, y la cuña tiene la función de asegurar la profundidad requerida mediante la presión que ejerce a la telera que se encuentra atravesando el timón e incrustada por un extremo en la cama. Algunas veces la telera de madera es remplazada por un perno que atraviesa a la cama y al timón.

f) Accesorio

Yugo

Es el elemento considerado como indispensable para que pueda efectuarse cualquier trabajo con arado de palo, pues sin él no podrían utilizarse los bueyes como elemento motor. Está formado

por una sola pieza de madera que ha sufrido una serie de tallados que permiten un fácil ajuste - tanto a la cabeza del buey como al cuello donde descansa.

En la construcción del yugo, es indispensable conocer el tipo de animales que lo han de emplear, pues no todos tienen la misma conformación en el cuello y las secciones de ajuste son diferentes entre los de un buey y un toro. Siendo de construcción casera, debe primar en ella el buen gusto, para procurar la suavidad en las líneas y rebajamiento de la "cogotera" y topes para las coyunturas. Construyendo un yugo apropiado a la yunta que lo ha de usar, se conseguirá sin duda, que los animales trabajen con tranquilidad, rindiendo mayor trabajo diario y evitando siempre las frecuentes heridas, difíciles de curar y que malogran - prácticamente una buena yunta para el trabajo.

Las dimensiones varían debido a la talla de los animales y a la región. Una yunta formada por bueyes de pequeña talla necesitará un yugo de menor sección que el que necesita una de primera talla. En la parte central de la sierra, donde el agricultor utiliza el buey, el yugo tiene como máximo 1.50 mt. de largo, pudiendo bajar hasta 1.35 mt., aunque el tamaño del yugo varía de -

acuerdo al tipo de cultivo o el ancho de los camellones.

Para el ajuste del yugo a los cuernos del buey, se emplean correas de cuero de 0.03 mt. de ancho por 5.00 mt. de largo, de una sola pieza, denominadas "coyuntas" o bien puede utilizarse un "lazo" de 10 mt. de largo con el cual se "ungen" los dos bueyes. Es preferible el uso de correas, pues son de fácil ajuste, conservación y remplazo.

Para el "uncido" de los bueyes, es indispensable tener presente el lugar que debe ocupar en el trabajo de cada uno de los bueyes, pues, estos se acostumbran a trabajar generalmente a un solo lado.

No todos los bueyes están acostumbrados a trabajar apaciblemente con el compañero, generalmente uno de ellos es rebelde y tiende en todo caso a castigar al compañero, tirándolo hacia un costado o cabeceando todo el yugo.

Para el "uncido", debe colocarse el yugo, primero al buey manso y estando bien seguro, acercar al otro buey con el mayor cuidado para asegurar el yugo. Al momento de soltar la yunta,

es conveniente, también soltar primero al buey dócil o soltar a ambos a la vez, procurando no producir movimientos bruscos de la cabeza, que puedan ocasionar daños al garfón, por cornada o golpe de yugo.

Las dimensiones de los arados de palo varían de una zona a otra, pero se ha logrado determinar las dimensiones promedio o características de este implemento, según se muestra en la Fig. N° 15.

En cuanto al peso de este implemento, varía de 12 a 25 Kgs., dependiendo de las características de este implemento de la yunta.

#### 3.2.1.2 Clase y requerimiento de potencia

Este implemento es de tracción animal, el cual puede ser a través de bueyes formando yuntas o también con un solo animal, dependiendo del tipo del implemento.

El requerimiento de potencia oscila entre 0.8 y 1.2 H.P.

#### 3.2.1.3 Trabajo realizado con el arado de palo

Como se observa en la Fig. N° 16, considerando - el prisma de suelo indeformable, la labor realizada

## ACTIVIDAD REALIZADA POR EL ARADO DE PALO

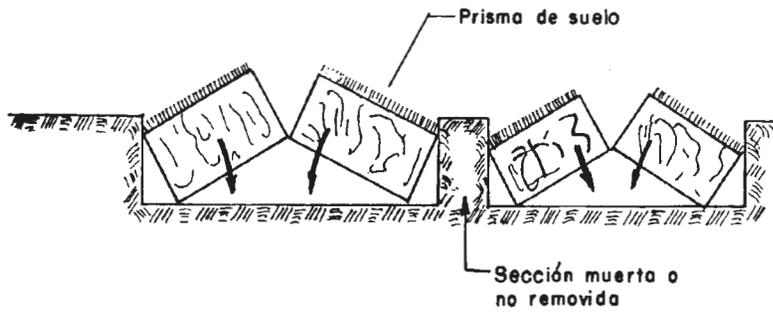


Fig. Nº16

## ANGULO DE SUCCION VERTICAL

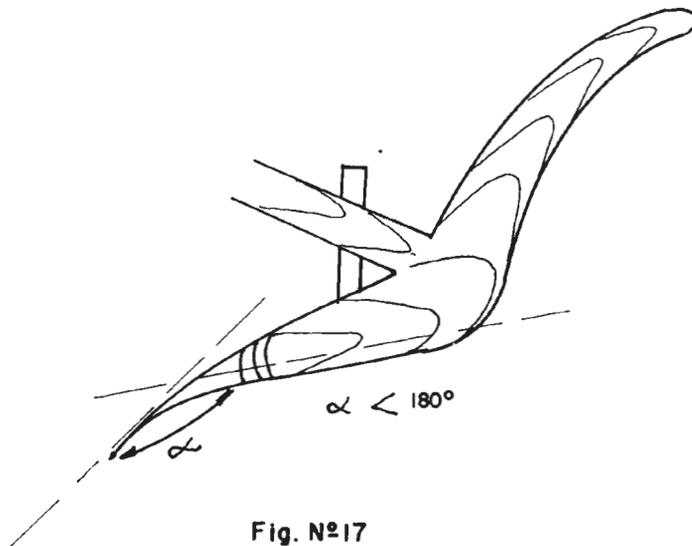


Fig. Nº17

por el arado de palo es sólo romper la corteza de suelo, pero no voltea, además la profundidad de movimiento de tierra es mínima, debido a que el ángulo de succión vertical es de aproximadamente  $180^\circ$  (Fig. N° 17), para una buena labor  $\alpha < 180^\circ$ . Debe tenerse en cuenta también que el prisma de suelo en el caso del trabajo con arado de palo es muy pequeña en comparación al prisma de suelo efectuado con arado de vertedera.

Generalmente, la falta de peso del implemento para que se profundice la labor es complementada con la presión que ejerce el operario en la mancera, a la vez que guía el implemento.

En la Fig. N° 18

- Q = Fuerza ejercida por el operador
- W = Peso del arado
- T = Fuerza de tiro
- F = Fuerza requerida para romper una sección de suelo
- N = Fuerza normal
- f = Fuerza de rozamiento
- p = Profundidad de trabajo
- a = Ancho de corte de la cuchilla
- A = Sección de rotura p.a.

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL ARADO DE PALO

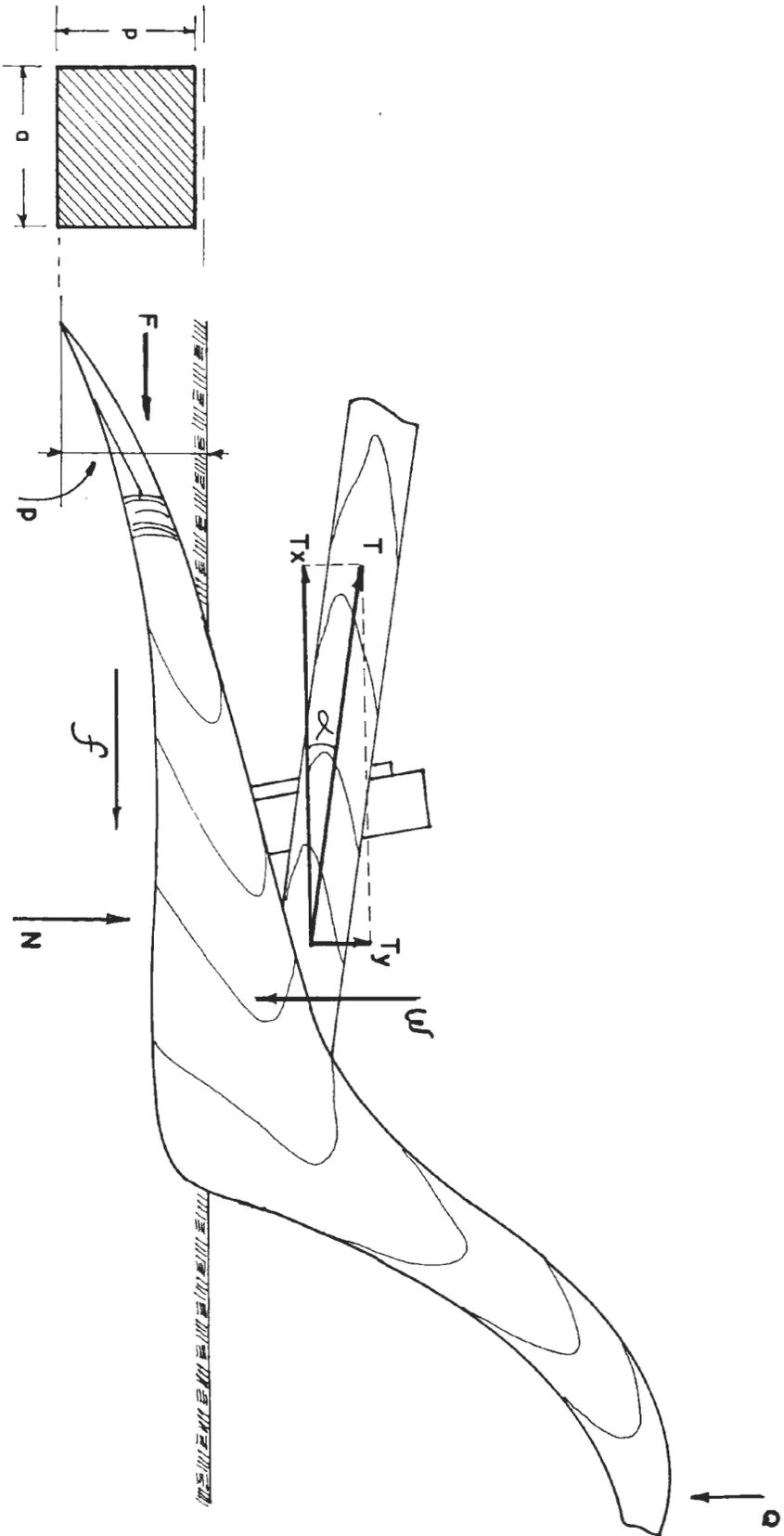


Fig. № 18

Analizando el sistema tenemos, considerando un movimiento a velocidad constante,

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ T_x &= F + f \\ T \cos \alpha &= PA + \mu N \dots \dots \dots (31) \end{aligned}$$

Donde:

$\mu$  = Coef. de rozamiento

$P$  = Presión necesaria para romper una sección de suelo, llamado también unidad de tracción (U.T.).

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ Q + W &= T \sin \alpha + N \dots \dots \dots (32) \end{aligned}$$

$$N = (Q + W) - T \sin \alpha \dots \dots \dots (33)$$

(35) en (33)

$$T \cos \alpha = PA + \mu (Q + W - T \sin \alpha)$$

$$T (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = PA + \mu (Q + W)$$

$$T = \frac{PA + \mu (Q + W)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

Pero:  $A = p.a.$

$$\text{Luego: } T = \frac{P(p.a.) + \mu (Q + W)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \dots \dots \dots (34)$$

En la ecuación (34) se puede observar que la fuerza de tiro es proporcional principalmente a la presión necesaria para romper el prisma de suelo, esto indica que el tiro necesario dependerá de las condiciones físicas y estado del suelo, como, humedad, grado de compactación y enraizamiento. Será necesaria mayor fuerza de tiro cuando el suelo presente mayor compactación y adherencia entre sus partículas. La pendiente del suelo no afecta de sobremanera en el desarrollo del trabajo con el arado, aunque sí a los animales, esto porque debido a la pendiente, uno trabaja a un nivel más alto que el otro, lo que produce cansancio y dificultad en el desplazamiento, a la vez que sufren los animales al realizar el tiro.

#### 3.2.1.4 Regulaciones del arado de palo

La regulación del trabajo del arado de palo, puede efectuarse: en profundidad y en ancho de corte.

##### a) Regulación en profundidad

Se efectúa actuando sobre la "telera" y la "cuña". Aflojando la cuña y aumentando el ángulo que forma el timón con la cama; se aumenta la profundidad por el contrario, disminuyendo el ángulo, la profundidad de la labor disminuye. -

Suponiendo que el arado está trabajando normalmente (Fig. N° 19), AB representa el timón, AC la reja y " $\alpha$ " el ángulo que forman AB y AC, "d", es el punto de ajuste del timón a la telera.

Si se levanta el timón del punto d a d', éste toma la posición o dirección AB', formando el ángulo  $\alpha'$ , mayor que  $\alpha$ . Ajustando la cuña y halando la yunta, el timón que está en AB' tiende a recuperar su posición AB, AC baja y toma la posición AC' y por tanto el arado profundizará más su reja y la labor que ejecute en profundidad es mayor. Para disminuir la profundidad de la labor, bastará aflojar la cuña y conseguir que el punto d' de ajuste del timón a la telera baje a ocupar la posición "d", el ángulo que formará el timón con la cabeza, será  $\alpha$  menor que  $\alpha'$  y al producirse el esfuerzo de tracción el arado profundizará menos su reja y la labor será menor que en el caso anterior.

Otra forma de regular la profundidad de trabajo es ubicando la posición del punto de enganche entre el yugo y el timón, por la parte delantera de éste, existiendo para esto, generalmente, cuatro agujeros, separados de 15 a 20 cms. De acuerdo a estas posiciones podemos observar: ubicando el enganche en el agujero anterior po

siblemente (2), se tiene una profundidad mayor, en cambio, ubicando en el agujero posterior del timón (1) se tiene menor profundidad. Esta forma de regular, se realiza, sin mover la cuña y la telera. En la Fig. N° 20, se muestran las regulaciones extremas, donde la variación en la profundidad de trabajo está dado por:

$$\Delta h = \Delta L \text{ sen } \theta$$

b) Regulación del ancho de la labor

La labor que en ancho ejecute el arado de palo está sujeta al ancho de la cama que lleva la reja, sobre todo en su parte posterior que le sirve de talón u órgano de sostenimiento sobre el terreno. La regulación del ancho de la labor que debe efectuar el arado de palo, es más bien un acto que depende de la voluntad del guñán, pues éste es quien en circunstancias especiales, puede aumentar o disminuir actuando sobre la mancera, inclinándola bien a la derecha o a la izquierda de la línea de tiro, lo que aumenta o disminuye respectivamente el ancho de la labor. Prácticamente el ancho de la labor está sujeta al ancho del talón del arado y ésta no puede modificarse si no incidentalmente.

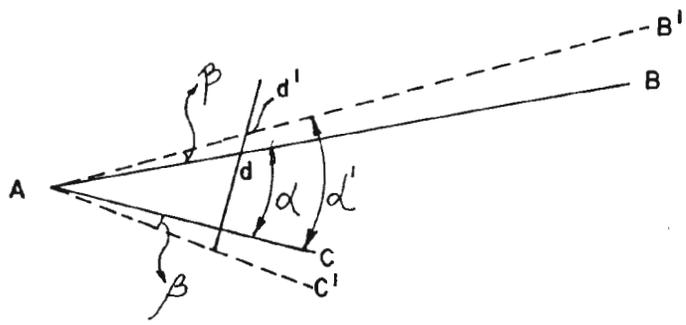


Fig. N° 19

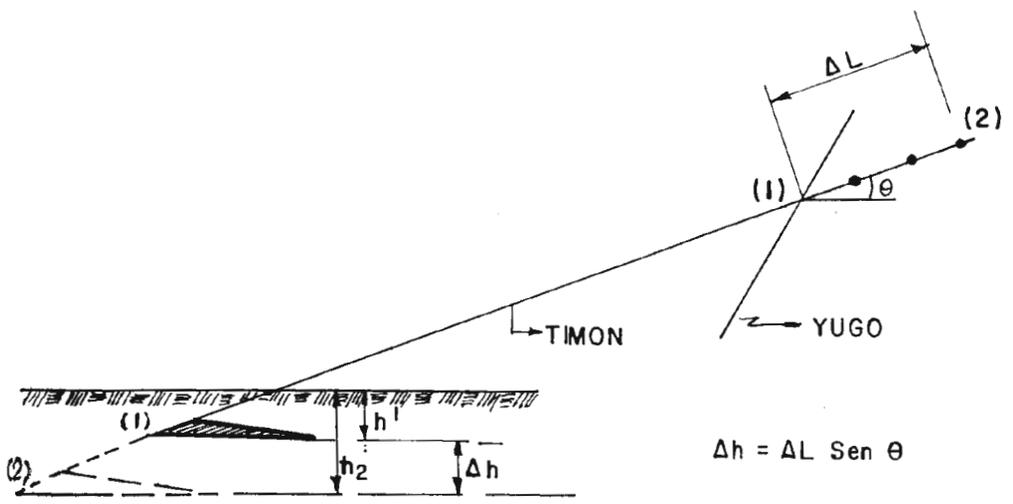


Fig. N° 20

3.2.1.5 Labores que realiza

Las labores que se realizan con el arado de palo son:

- aradura
- surcadura para la siembra
- aporque
- cultivo
- cosecha de tubérculos
- pequeños canales de riego

3.2.1.6 Costo y vida útil

El costo del arado de palo tradicional es de -  
S/ 1,500.00 aproximadamente, de acuerdo al siguiente detalle:

Timón, cama y mancera	S/	900.00
Reja		300.00
Yugo y amarras		<u>300.00</u>
TOTAL	S/	1,500.00

Este costo está calculado a mayo de 1977.

La vida útil de este implemento es de 4 a 5 años, la reja debe repararse después de cada campaña y que da en desuso a los dos años aproximadamente.

### 3.2.1.7. Material de construcción y origen

El arado de palo se construye utilizando madera exis  
tente en la localidad. La madera utilizada debe -  
reunir dos condiciones:

- Que sus fibras sean resistentes y
- Que tenga poco peso

Son muy pocos los árboles cuya madera reúne estas condiciones, pues por lo común si la fibra es muy fuerte, el peso es mayor; si la madera tiene poco pe  
so, no es muy resistente. El eucalipto, por ejemplo, no es recomendable para construir esta clase de im-  
plementos, porque la madera es muy quebradiza y deformable, arando se seca. El sauce es el más re-  
comendable para la fabricación del arado de palo. Alternativamente se puede utilizar el Quinwal, que son maderas más resistentes y poco pesadas. Pero, por ejemplo, en el valle del Mantaro, el eucalipto es el más utilizado, debido a la abundancia de esta madera en la zona de estudio.

### 3.2.1.8 Desgaste de partes

La parte o elemento del arado de palo que acusa -  
un mayor desgaste es la reja, la que sólo dura dos  
campañas y luego hay que reponerlo. Como se men

cionó anteriormente, éste se fabrica con hojas de muelle de suspensión de camión.

### 3.2.1.9 Facilidades de construcción y reparación

Para la manufactura local, existen herreros y artesanos en las diferentes zonas estudiadas con bastante experiencia, que eventualmente podrían ser capitalizados, tanto para la mejora del arado como para la reparación. Para el diseño, construcción y demostración del prototipo del implemento mejorado se pueden utilizar las instalaciones del Departamento de Mecanización Agrícola, de la Universidad Nacional Agraria - La Molina.

### 3.2.1.10 Tipos de propiedad

La propiedad de los arados de palo y sus correspondientes juntas son de propiedad privada. Existen dos formas de utilización:

- De propiedad del mismo agricultor, y
- De propiedad de agricultores, pero que lo dedica al alquiler, después de satisfacer sus requerimientos.

### 3.2.1.11 Influencia del trabajo realizado en la producción

El arado de palo tradicional, debido al tipo de trabajo que realiza, es decir, sólo roturar el suelo, - más no realiza el volteo por carecer de vertedero, incide en cierto aspecto, negativamente, en la producción y productividad, puesto que no logra una buena preparación del terreno para la siembra. - Esta posible influencia en la baja producción, se presenta mayormente cuando se trata de cultivos de tubérculos, que son cultivos que requieren un suelo mullido y de regular profundidad, aunque no está totalmente demostrado, pues no se han hecho investigaciones al respecto.

Con el mejoramiento de este arado, se lograrán mayores profundidades de labranza y un volteo del prisma de suelo, que asegurará un buen equilibrio entre suelo, aire y agua.

### 3.2.1.12 Capacidad de trabajo

La capacidad de trabajo del arado tradicional es de: 0.02 Hectáreas/Hora que equivale a 50 Horas/Hectárea, de acuerdo al trabajo que realiza en condiciones normales, es decir sin dejar secciones muertas.

Las capacidades de trabajo de los diferentes tipos de arado de palo mejorados, así como los arados de diseño, presentan una capacidad de trabajo que varía de 0.034 a 0.049 Hectáreas/Hora que equivalen a un rendimiento de 20 a 29 Horas/Ha.

### 3.3 Resultados obtenidos en la encuesta realizada en la zona de investigación

Dentro de la zona del valle del Mantaro, se han considerado las visitas realizadas al caserío de Comas, situado a 50 Km. de Huancayo a Satipo.

Las comunidades visitadas si se encuentran en el mismo valle del Mantaro, como: Santa Rosa de Ocope, Cajas, San Jerónimo, etc. Además, se han encuestado propiedades individuales en un número de 135.

#### 3.3.1 Características de la zona

##### a) Extensión cultivada

La zona del valle del Mantaro se caracteriza por la existencia de minifundios parcelados, cuyas superficies fluctúan de 1/8 Ha. a 1/2 Ha. en su mayoría, mientras que en las comunidades de Comas, la mayoría fluctúa entre 1/2 Ha. a 1 Ha., las parcelas de gran tamaño y que poseen poca pendiente son trabajadas a máquina.

b) Topografía (pendiente)

Las labores con implementos a tracción animal se realizan en terrenos relativamente planos, hasta un máximo de 70% de pendiente a partir del cual hasta el 100% o más se utilizan nada más que implementos manuales.

c) Tipo de suelo

En estas zonas se han encontrado desde una textura franco arcillosa al franco arenoso, con presencia de piedras, especialmente, por la margen derecha del río Mantaro. En la zona de Comas, se encontró un suelo con alto contenido de materia orgánica, bueno para el cultivo de la papa.

3.3.2 Implementos hallados

3.3.2.1 Implementos manuales

a) Picotas

Se han encontrado hasta dos tipos de picota, una con una sola punta y otra con dos puntas. La primera utilizada para extraer y limpiar de piedras el terreno y la otra para extraer raíces de cultivos anteriores o limpiar de malezas y malas hierbas.

b) Azadas

Casi todas las azadas en esta zona son parecidas y la utilizan para el aporque en la cosecha de tubérculos y en el mantenimiento de pequeños canales de riego.

c) Chaquitacla

Mayormente son del tipo IA-TM1, sólo se ha encontrado en la parte sur del valle del Mantaro - las del tipo IA-TM2. En cuanto a la primera - existen algunas diferencias de acuerdo a la topografía en que se está trabajando, por ejemplo, en lugares planos o de pendiente suave, el cuerpo principal es más corto, mientras en terrenos empinados o con pendiente fuerte (más del 60%) es de cuerpo principal más largo y un tanto - curvado.

La reja varía de acuerdo a las condiciones físicas del suelo o a la labor a realizarse, siendo la - punta ancha para terrenos suaves o las labores de aporque y barbecho, y aguda en condiciones de suelo duro, pedregoso o en las labores de preparación de tierras.

d) Cantidad evaluada

Se han estudiado 20 arados manuales o choqui-tailla.

e) Estado de propiedad

Todos los arados encuestados son de propiedad del mismo agricultor.

f) Fabricación

En las partes altas, se construye el cuerpo principal, o sea, las partes de madera con aliso, quiswar, quinhual, chachas o millo y en el mismo valle mayormente de eucalipto, cuyas características físico-mecánicas no han sido estudiadas, salvo las del eucalipto, pero según versión de los mismos agricultores, son más o menos livianas, buena durabilidad y resistencia al trabajo.

La reja es de fierro templado o muelle de camión trabajado, que va incrustado en un extremo del cuerpo principal. Los campesinos lo adquieren en las ferias que lo construyen en pequeñas herramientas urbanas y rurales.

Para la unión del pedal y el manubrio al cuerpo principal, se utilizan correas de cuero de vaca, llama o jebe duro.

g) Valor del Implemento

Fluctúa entre S/ 500.00 y S/ 600.00, siendo la reja de S/ 300.00. Fecha: Mayo de 1977.

h) Vida útil del implemento

El cuerpo principal dura de 6 a 8 años, en cambio la reja varía entre 3 y 5 años según el uso, reparándose el filo cada campaña agrícola.

i) Labores que se realizan

Este implemento se utiliza en las operaciones de aradura, aporque, cosecha de tubérculos y algunas veces en el cultivo.

j) Rendimiento

Depende exclusivamente del operador y las condiciones del suelo, lo cual es aproximadamente de 0.0024 Has./Hr. por hombre.

3.3.2.2 Implementos a tracción animal

a) Arado de palo

Al respecto se han encontrado ciertas variaciones en cuanto a la forma, pero en cuanto a la

labor realizada, todos son semejantes, habiéndose descrito dicha labor anteriormente.

b) Cantidad evaluada

Se han estudiado 63 arados de palo.

c) Estado de propiedad

La mayoría de los arados encuestados son del mismo agricultor y en menor cantidad los alquilan con yunta y generalmente, con ganón a \$/ 1,000.00 por día (1977)

d) Fabricación

Las partes de madera las construyen, generalmente, de eucalipto, aunque muchos utilizan, para el yugo, el quinhual o el quiswar; para el timón, el sauce; y para la cama, el eucalipto o también el sauce, pero debido a la abundancia del eucalipto en estos lugares, prefieren utilizar la madera de éste. La reja la construyen a partir del muelle de suspensión de camión, en pequeños talleres rurales y urbanos. Se ha encontrado en algunos arados, la utilización de pernos largos, pasantes, de unión entre el timón y la cama, haciendo las veces de telera. Para la unión de la

reja en la cama, utilizan algunas veces pernos, otras, clavos abrazados con flejes.

e) Fuerza utilizada

Estos implementos son halados por un par de bueyes o toros (yuntas). El peso de estos animales, en estas regiones, varía entre los 250 Kgs. y - 350 Kgs., aunque existen novillos de mayor peso en muy poca cantidad, cuyo mantenimiento diario es de \$/ 100.00 a \$/ 200.00.

f) Valor del implemento

Un arado nuevo completo, incluyendo el yugo - tiene un valor de \$/ 1,500.00 a \$/ 2,000.00 - (1977).

g) Vida útil del implemento

Varía según el uso y el material con que se haya construido, incluso si ha sido bien construido, pero fluctúa entre 3 y 4 años como promedio. La reja es la parte que se repara en cada campaña agrícola y queda en desuso a los dos años aproximadamente.

### 3.4 Diseño de los arados modificados a tracción animal

Según la evaluación realizada de los arados de palo tradicionales, se han determinado las deficiencias que tienen para cumplir eficientemente la labor de volteo, rotura de suelo e incorporación de materia orgánica; por tanto, se ve la necesidad de diseñar nuevos prototipos que cumplan con los objetivos de la labor de aradura, no se quiere tampoco llegar a un tipo de arado ideal, puesto que las condiciones heterogéneas, tanto del tipo de suelo como de las condiciones del terreno y manejo del implemento hacen que unos y otros sean deficientes o eficientes, según el caso; además, se tratará de buscar en lo posible que los arados diseñados no produzcan daños y fatiga ni al operador ni a los animales.

Es necesario diseñar los dos tipos de arados con vertedera que existen, - el reversible y el no reversible, porque ambos tienen sus ventajas y desventajas, ya sea que éstas sean de orden técnico, de construcción o económico.

#### 3.4.1 Ventajas y desventajas de los arados reversible y no reversible

Ventajas de los arados:

##### a) Arado reversible

- No producen surcos muertos ni tiempos muertos excesivos en las cabeceras.
- Se puede trabajar en laderas y terrenos planos.

- Mayor eficiencia de campo en comparación a los arados no reversibles, lo que influye positivamente en la capacidad de trabajo efectivo.
- Produce menos fatiga al operador que los arados no reversibles en las cabeceras.

b) Arado no reversible

- No se requiere mucho conocimiento y habilidad técnica en el diseño y construcción, lo que es ventajoso para la construcción de estos.
- Menor costo de construcción.

Desventajas de los arados:

a) Arado reversible

- Requiere de cierto conocimiento y habilidad en el diseño y construcción u orientación técnica.
- Mayor costo en su construcción.

b) Arado no reversible

- Produce surcos muertos y tiempos muertos excesivos en las cabeceras.

- Recomendable sólo para terrenos planos o de muy poca pendiente, debido a su modalidad de trabajo en redondo, lo que sería inconveniente utilizarlo en terrenos con pendientes mayores al 5%.
- La eficiencia de campo es menor en comparación a los arados reversibles, por lo que su capacidad efectiva de campo disminuye notablemente.
- Produce mayor fatiga al operador en comparación a los arados reversibles en las vueltas de cabecera.

Analizando las ventajas y desventajas de uno y otro se observa que mayores ventajas y menos desventajas posee el arado reversible, pero las ventajas señaladas para los arados no reversibles tienen mayor incidencia si se busca que sean los mismos agricultores los que fabriquen sus arados.

Los arados modificados se podrán construir en talleres rurales o urbanos, donde exista una infraestructura mínima necesaria para la construcción de estos arados, tales como: equipo de soldadura eléctrica, equipo de axi-acetileno, prensa hidráulica, taladro, esmeril o en su defecto, un taller de herrería con equipo de soldadura; para las partes de madera sería necesario un pequeño equipo de carpintería que cuente con: serrucho, martillo, escofina, lima, etc.

**4.2 Criterios para el diseño y construcción de los arados modificados a tracción animal**

Los criterios fundamentales que se han tenido en cuenta para el diseño de estos implementos son:

- a) Permitir un trabajo eficiente y rápido con el mínimo de fatiga para el gañón y los animales.
- b) No producir daños o perturbaciones ni al operador ni a los animales.
- c) Ser de fácil construcción y simple, de modo que se puedan fabricar localmente.
- d) Ser de poco peso para la facilidad de maniobra y no producir fatiga en el transporte.
- e) Ser desmontable para su facilidad de transporte y susceptible de cambiar partes sin alterar el resto de sus partes.
- f) Ser de fácil armado y desarmado.
- g) Estar construido con materiales existentes en la zona.
- h) Se acomoda al tamaño de los campesinos de la sierra (altura promedio: 1.60 mt.).

- i) Se acondiciona a la modalidad de uso tradicional, utilizando el timón de madera que permite la transferencia de peso del implemento a los animales, cuando el operador levanta el arado.

### 3.4.3 Arados de rejas modificados a tracción animal

Teniendo en cuenta los criterios y conceptos señalados anteriormente, se han diseñado los siguientes arados:

#### 3.4.3.1 Arado de rejas modificado Tipo IA-TA1 no reversible

En el plano N° 1 se muestra el diseño de este implemento, se asemeja al arado convencional con la diferencia que posee la telera para el enganche al timón de palo.

Está constituido por las siguientes partes:

##### a) Timón

Tiene las mismas características del timón del arado de palo, con la diferencia que en la parte posterior posee pasantes para asegurar y enganchar la telera y la manquera.

##### b) Reja

Es la parte principal del arado, cuya función es producir, mediante la realización de un corte -

horizontal del suelo, la formación o iniciación del volteo del prisma de suelo, que será completado por la vertedera.

La forma de la reja es la de un trapecio rectangular, con su base mayor dispuesta por delante e inclinada con relación a la dirección de marcha del implemento. Dicha inclinación se explica teniendo en cuenta que el mayor porcentaje del esfuerzo total de tracción de un arado se utiliza en el corte horizontal del suelo, que dará origen al prisma de suelo. El filo de la reja debe estar bien afilada, pues debe evitarse cualquier entorpecimiento al avance de la reja que puede estar representado por la propia resistencia al corte del suelo, favoreciendo así, el deslizamiento de éste hacia la parte no arada.

Si hipotéticamente, tal como se muestra en la Fig. N° 21, se aísla un terrón de suelo, podrá comprobarse que la componente de su resistencia al avance de la reja, provoca su deslizamiento hacia la parte arada, se incrementa en proporción inversa al valor del ángulo de ataque "α" de la misma. Se le ha asignado el ángulo de 45° en su construcción, el cual se acondiciona mejor en terrenos de textura media.

**ANALISIS DE LAS FUERZAS ACTUANDO  
SOBRE UNA PARTICULA POR ACCION DE  
LA REJA**

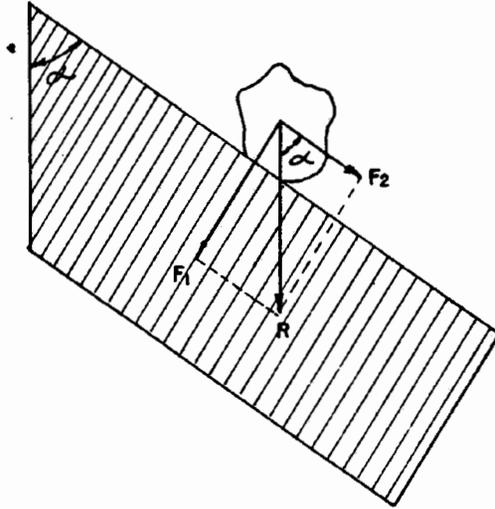


Fig. N° 21  
2

**ANGULO VERTICAL Y HORIZONTAL DE LA REJA**

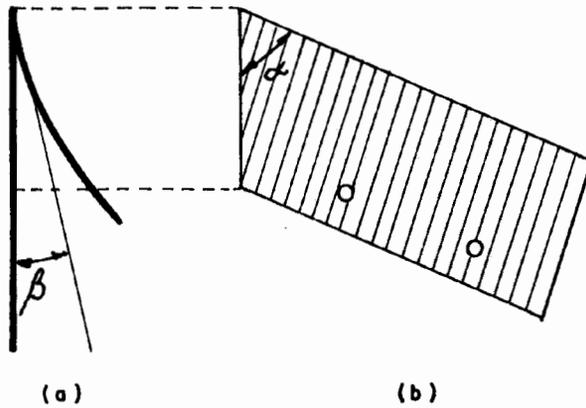
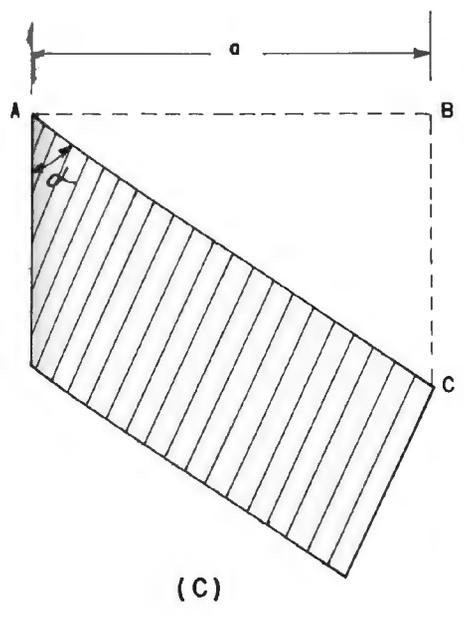
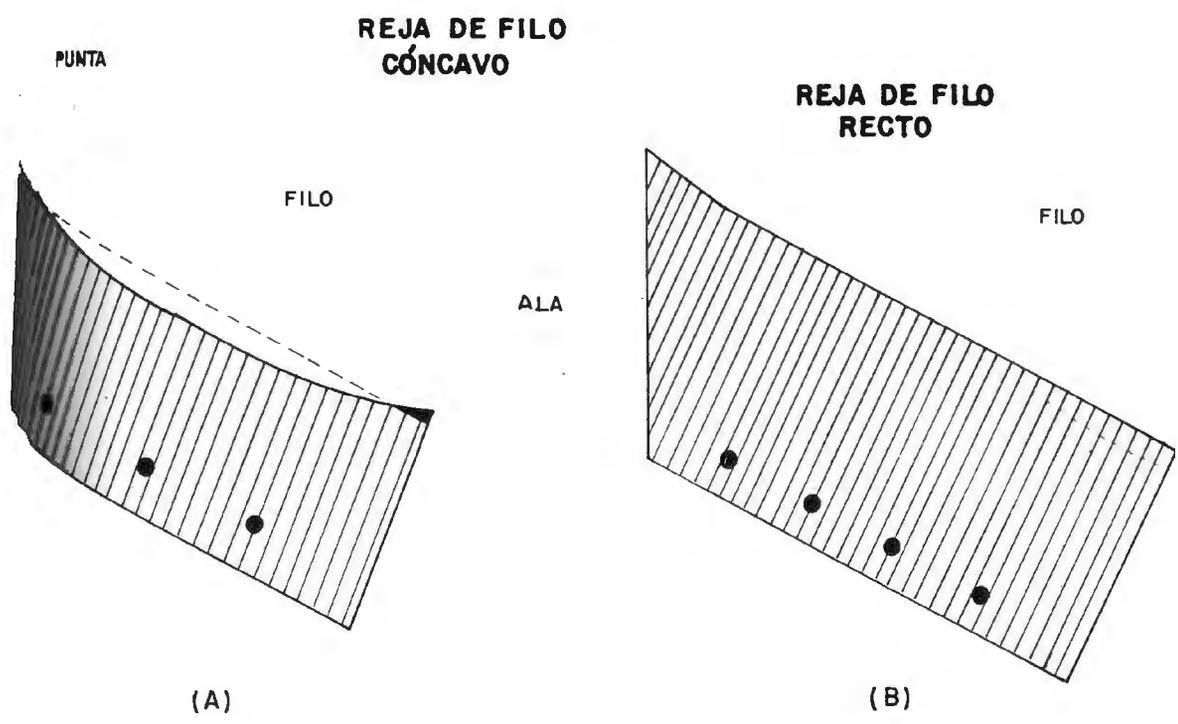


Fig. N° 22



$a = \text{Ancho de Trabajo}$   
 $a = AC \cdot \text{sen } \alpha$

Fig. Nº 23

La convexidad de su cara inferior, es decir, la que se encuentra en contacto con el fondo del surco, se utiliza para definir a otro de los ángulos, el ángulo " $\beta$ ", que se observa en la Fig. N° 22, que se halla formado por la horizontal y por una línea que, partiendo de su borde afilado es tangente a su cara convexa, cuyo valor es de  $15^\circ$ .

A parte de la influencia que el ángulo " $\beta$ " puede tener para el esfuerzo de tracción total exigido por la yunta, debe tenerse en cuenta que un suelo compacto admite un volteo más lento del prisma de suelo, que un suelo suelto, donde se corre el riesgo que el prisma no llegue a voltearse, por deshacerse prematuramente, debido a la escasa adherencia en todas sus partículas. De esta manera el ángulo " $\beta$ ", definido también como el ángulo de penetración de la reja, guarda relación con la longitud total del arado y con la velocidad a que éste avanza. Por la existencia de los ángulos " $\alpha$ " y " $\beta$ " se justifica que se defina a la reja del arado como una doble curva, la primera resulta de observar dicha pieza en planta, apareciendo el ángulo " $\alpha$ "; la segunda, observando la reja en elevación.

En cuanto a la forma del filo, éste puede ser recto o ligeramente cóncavo (Fig. N° 23), uti-

lizándose la cóncava (Fig. N° 23-A) en suelos duros y la recta en suelos blandos, porque el cón cavo posee mayor facilidad de penetración, debi do a que el crecimiento en el corte es más lento que en el caso de la recta.

El filo de la reja y la base de la cama forman un plano de apoyo del arado que, cuando se pre ten de in tr ad uc ir la punta del arado para cumplir con su trabajo de aradura, actúa a manera de pa tr ín, dándole estabilidad, pero impidiendo su excesiva penetración, ésa es la razón por la cu al la punta de la reja se dirige hacia abajo (succión vertical) para que pueda penetrar en el suelo y con ello hacer posible la labranza. De acuerdo a la textura del su elo, la inclinación de la punta será mayor en suelos compactos y menor en aquellos suelos que ofrecen escasa resistencia a la penetración.

### c) La vertedera

Es al igual que la reja una parte importante del arado, porque es la que produce el volteo y ro tu ra del prisma de suelo.

La vertedera diseñada corresponde para un suelo franco arcilloso por su poca concavidad y de ta m a ño regularmente grande y alargada.

La utilización de estos arados con vertedera, aumentaría en parte la fuerza de tiro necesaria, pues la tracción es proporcional al área transversal del arado, pero estaría justificado por la calidad y eficiencia de trabajo en la aradura.

d) La telera

Es el elemento que sirve para transmitir la fuerza de tiro del timón al arado, que consiste en una plancha de fierro de forma rectangular que atravieza al timón y va soldada a la costanera por su parte delantera, donde encuentra apoyo en la vertedera. La unión con el timón se realiza con un perno que atravieza a aquél diametralmente, encontrándose la telera en la parte central que atravieza al timón como se muestra en el diseño correspondiente.

e) Costanera

Es una pretina de fierro que se encuentra soldada a la telera, cuya función es la de transmitir la fuerza a la raja y a la vertedera, además, de permitir el equilibrio de las fuerzas transversales que empujan al arado hacia la parte no arada, y de asiento al arado.

f) Mancera

Es la parte del arado con la cual es dirigido y ma niobrado el implemento por el operador, como en casos de encontrarse con obstáculos, en el giro de las cabecezas. Está unida a la costanera por me dio de dos planchas pequeñas, soldadas en la cos tanera y dos pernos pasantes.

g) Rana

Es el elemento de unión entre la reja, la verte dera y la costanera, asegurada con pernos de arado. Se encuentra en la parte posterior de la superfi cie de trabajo, oculto por la vertedera. Su for ma es plana por el lado que va unida a la costa nera y cóncava por el lado que va unida a la verte dera, amoldándose a ésta y a la reja.

3.4.3.2 Arado de rejas modificado tipo IA-TA2 reversible  
(Fig. N° 24 y Plano N° 2)

Todos los arados simples de vertedera voltean en un sólo lado la faja de tierra que cortan, lo que deja de ser conveniente cuando hay necesidad de arar terrenos en laderas, con fuertes pendientes o pequeñas parcelas situadas entre otras cultivadas, bordear un campo, etc. El arado reversible elimina todos



los inconvenientes anotados. Este arado puede considerarse como un arado doble y es en el principio de éste en que está basada su construcción.

En este arado, las dos vertederas están conformadas por una sola pieza, dispuestas simétricamente en relación con un plano inclinado a  $45^\circ$ , bisector por consiguiente del ángulo diedro formada por la pared y por el fondo del surco. La vertedera lleva una pieza cortante  $S_b$  y  $S_a$  que alternativamente desempeñan el papel de cuchilla y de reja.

El conjunto del arado da la vuelta alrededor de un eje horizontal de fierro que atraviesa a los tubos o bocinas de base de la mancera y de la telera; se une a la reja y a la vertedera mediante una plancha cóncava soldada al eje que se amolda a la forma de la reja y de la vertedera, asegurada con perno de arado en posición simétrica, y se le mantiene en las posiciones de derecha e izquierda mediante la varilla "C" que está fijada en la mancera con libertad de giro. Es pues, debido a este movimiento de rotación que la pieza  $S_b$ , que desempeña el papel de reja ha pasado a  $S_b^1$  que funciona como una cuchilla, así es como  $S_a$  ha tomado la posición  $S_a^1$ . El movimiento de rotación es de  $3/4$  de circunferencia y se efectúa por debajo del eje.

Para las regulaciones se procede de la misma manera que para los arados tradicionales,

El arado diseñado está formado por las siguientes partes:

a) Timón

Es el mismo timón utilizado para el arado modificado de rejas no reversibles tipo IA-TA1.

b) Reja

Es de forma poliédrica, se podría decir formado por la cuarta parte de un paralelepípedo rectangular, cuya punta es un vértice, y las puntas de la parte ancha posterior son los vértices del poliedro en la cara opuesta, cuya línea donde hace  $90^\circ$  vendría a ser la arista, la parte cóncava se aproxima a la mitad de la superficie de un cono, cuyo vértice sería la punta de la reja, coincidiendo con el vértice de la parte del paralelepípedo señalado anteriormente. La reja es independiente de las otras partes, la que facilita su remplazo sin afectar el resto de partes.

c) Vartedora

Posee una simetría longitudinal cuya forma es compleja pero se aproxima a la curva de la su-

perficie de una elipse siguiendo la línea que divide al elemento en dos partes iguales cuyo inicio es el vértice de la parte triangular de la vertedera. Posee dos agujeros de forma cuadrada para los pernos de unión en la parte delantera y dos agujeros para el gancho de seguridad de la reversión en la parte posterior.

d) Barra de giro

Es la barra que se encuentra soldada a una plancha, cuya forma es de un sector circular trapezoidal cóncava, que se amolda a la superficie de la reja y la vertedera en la unión de éstas, por medio de cuatro pernos de arado. Esta barra atravieza los tubos de base de la telera y manceras, cuya unión forma o constituye la costanera, que están aseguradas por una guacha y un pasador por la parte posterior de la barra. El eje de esta barra debe coincidir con el eje de la arista de la reja para su simetría.

e) Telera

Tiene la misma función que la telera mencionada anteriormente. En este arado, la telera va soldada a un tubo en su parte inferior por donde atravieza la barra de giro.

f) Mancera

Posee la misma función mencionada para el caso del arado IA-TA1. De la misma forma va sol dada el segmento de tubo en su parte inferior para el peso de la barra de giro.

3.5 Formas de templar y afilar las rejas de arado

Toda reja sufre un mayor desgaste por la superficie en contacto con la tierra. Por ello se debe tener buen cuidado en el afilado de las mismas, observando cual es la parte que sufre el desgaste.

Las rejas se deben calentar al rojo cereza y deben colocarse en la fragua de plano y no verticalmente, con el fin de que el calor afecte sólo el borde y no al resto de la reja, pues en este caso se puede alabear o rajar. El calentamiento indicado debe ser progresivo, es decir calentar primero la punta de la reja, extendiéndose paulatinamente sobre el resto de la misma.

Una vez caliente, se coloca sobre el yunque, apoyando en éste la parte inferior de la reja y golpeando sólo la parte superior. Lo expuesto es muy importante porque en las rejas de centro blando, si se golpea por la parte inferior, no se recubre la parte blanda con la parte dura de estas rejas y salta esta capa en escamas por la parte superior. Golpeando por la cara superior, vamos extendiendo paulatinamente ésta hacia el borde y al mismo tiempo el recubrimiento de la capa o cara inferior se tiende a juntar con el de la cara superior, evitando el contacto del interior del

material, más blando, con el terreno. Posteriormente, cuando el fierro se encuentra en el rojo cerezo, se introduce en un balde que contiene petróleo para su templado.

Una observación importante es que al afilar las rejas debe tenerse especial cuidado de no perder la curvatura del borde cortante, factor importante para que la reja tenga penetración.

En lo que respecta a las rejas de acero al carbono, se afilan de la misma forma, y las de hierro fundido se afilan con piedra de esmeril.

### **3.6 Materiales y costos de construcción**

Los materiales utilizados y costos para cada implemento se dan a continuación:

#### **3.6.1 Arado tipo IA-TA1 no reversible**

##### **a) Materiales de construcción**

1. Plancha de fierro 1010 de 1/4" para la reja
2. Plancha de fierro 1010 de 3/16" para la vertedera
3. Una platina de 1/2" x 1" x 10"
4. Cuatro pernos de arado de 1/2" x 3/4" y tres pernos de 5/8" x 1" con sus tuercas
5. Guachas de presión y planas
6. Diecisiete electrodos 6011 de 1/8" para soldadura
7. Un palo para timón de 10 cm. de diámetro en la base mayor y de 5 cm. en la base menor, de 3 mts. de longitud

con dos pernos hexagonales de  $1/2'' \times 4''$ . Este timón es utilizado para los dos arados diseñados.

b) Costo de construcción

El costo aproximado es de \$/ 5,000.00 a mayo de 1978.

3.6.2 Arado tipo IA-TA2 reversible

a) Materiales de construcción

1. Planchas de fierro de  $3/16''$  para la reja
2. Plancha de fierro de  $1/8''$  para la vertedera
3. Una barra cilíndrica de fierro de  $1''$  de diámetro y 40 - cms. de longitud
4. Una varilla de  $3/16''$  de diámetro con 40 cms. de longitud
5. Pernos de arado de  $1/2'' \times 3/4''$
6. Un pasador
7. Veinte electrodos 6011 de  $1/8''$

b) Costo de construcción

El costo aproximado de este implemento es de \$/ 4,000.00, - a mayo de 1978; siendo este costo menor que el mencionado para el arado IA-TA1, por ser aquel de mayor tamaño.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Pruebas realizadas con el arado de palo tradicional y los modificados

#### 4.1.1 Objetivos de las pruebas

- a) Evaluar el trabajo de cada uno de ellos
- b) Comparar la dificultad que ocasionan durante el trabajo diario, tanto a los animales como al operador
- c) Calcular la capacidad efectiva de campo de cada implemento

#### 4.1.2 Procedimiento

Se tomaron medidas de la fuerza de tiro y la velocidad cada hora, durante todo el día de trabajo (6 horas), para el cálculo de la potencia requerida.

Se midió el ancho de trabajo y tiempos muertos en las cabeceras para determinar la capacidad efectiva de campo.

#### 4.1.3 Lugar

Instituto de Sierra de la Universidad Nacional Agraria (Fundo - Yanamuelo) - Valle del Mantaro - Margen Izquierda.

#### 4.1.4 Condiciones del terreno

- Suelo con humedad a punto
- Pedregoso
- Cultivo anterior: quíñua

- Tipo de suelo: franco arenoso
- Sin enraizamiento
- Pendiente: 30%

#### 4.1.5 Materiales utilizados

- Un reloj pulsera
- Un cronómetro
- Una wincha de 3 mts
- Una wincha de 25 mts
- Un dinamómetro mecánico de reloj
- Una soga
- Un arado de palo reversible (IA-TA2)
- Un arado modificado no reversible (IA-TA1)
- Dos yuntas con 600 Kgs. cada una aproximadamente (cuatro bueyes con 300 Kg. cada uno)

#### 4.1.6 Colaboradores

Cuatro obreros del Instituto de Sierra.

#### 4.1.7 Pruebas con el arado tradicional y el IA-TA1 no reversible

Se ha trabajado paralelamente con el implemento tradicional y el arado modificado IA-TA1 no reversible, durante un día de 6 horas de trabajo.

Puesto que se tenía sólo un dinamómetro, el aparato se fijó al yugo, inicialmente a la yunta que portaba el arado tradicional y

luego se quitaba y se colocaba a la yunta que tiraba al implemento modificado, cuya operación de cambio y prueba duraba aproximadamente 30 minutos por lo que la yunta con el arado modificado empezó aproximadamente 30 minutos más tard que la otra yunta.

Se empezó aproximadamente a las 09.00 a.m., poniendo en esa hora exacta un reloj de pulsera.

### Lecturas con el arado tradicional

#### Hora

09.00 a.m.

#### Velocidad

Para  $e = 25$  mts.

$$t_1 = 0.45 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.45 \times 60} = 0.92 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.48 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.48 \times 60} = 0.86 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.50 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

#### Velocidad promedio

$$\frac{0.92 + 0.85 + 0.83}{3}$$

$$\bar{V}_1 = 0.87 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

La fuerza de tiro varía en cada punto de su desplazamiento y - de acuerdo al tiempo por efecto del cansancio de los animales. Las lecturas tomadas en este momento fueron las que siguen:

$$\begin{aligned} F_1 &= 100 \text{ Kgs.} \\ F_2 &= 95 \text{ Kgs.} \\ F_3 &= 115 \text{ Kgs.} \\ F_4 &= 110 \text{ Kgs.} \end{aligned}$$

Fuerza de tiro promedio

$$\frac{100 + 95 + 115 + 110}{4}$$

$$\bar{F}_1 = 105 \text{ Kgs.}$$

El ángulo de inclinación de la fuerza de tiro que en este caso tiene la dirección del timón con la horizontal, es de  $24^\circ$  aproximadamente, por lo que la fuerza de tiro en la dirección de avance es:

$$\bar{F}_{x_1} = \bar{F} \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x_1} = 105 \times 0.9135 = 95.92 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$P_1 = Fx_1 \quad 1 = 95.92 \times 0.87 \text{ Kg-mt/seg.}$$

$$P_1 = 83.45 \frac{\text{Kg-mt}}{\text{seg.}} \times \frac{1 \text{ H.P.}}{76 \frac{\text{Kg-mt}}{\text{seg.}}}$$

$$P_1 = 1.09 \text{ H.P.}$$

Profundidad de trabajo

Varía entre 10 y 15 cms. Estas variaciones se deben a que el arado de palo tradicional no posee una base estable de sustentación, pues la punta curvada hacia abajo hace que el implemento en determinados momentos, cuando el terreno es suave, se introduzca en exceso, produciendo paros escalonados y tirones que pueden causar daños a los animales.

Ancho de corte (ac)

Fluctúa entre 5 y 10 cms.

Ancho de trabajo (at)

En preparación de tierra (aradura) y el ancho de trabajo es de 20 cms. aproximadamente. En la Fig. N° 16 se puede notar la diferencia entre ancho de corte y ancho de trabajo.

Hora

10.00 a.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.52 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.52 \times 60} = 0.80 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.55 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.54 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.54 \times 60} = 0.77 \text{ m/seg.}$$

Velocidad promedio

$$\frac{0.80 + 0.75 + 0.77}{3}$$

$$\bar{V}_2 = 0.77 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

De donde:

$$\bar{F}_2 \approx 95.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} \times 2 \approx 95.25 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F} \times 2 \approx 87.46 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_2 = \bar{F} \times \bar{V}_2 \quad \bar{V}_2 = \frac{87.46 \times 0.77}{76} \text{ H.P.}$$

$$\bar{P}_2 \approx 0.88 \text{ H.P.}$$

Profundidad de trabajo

Se mantiene en el mismo rango mencionado anteriormente.

Ancho de corte

El mismo.

Ancho de trabajo

El mismo.

Hora

11.00 a.m.

Velocidad

$$e \approx 25 \text{ mts.}$$

$$t_1 \approx 0.54 \quad V_1 = \frac{25}{0.54 \times 60} \approx 0.77 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 \approx 0.54 \quad V_2 = \frac{25}{0.54 \times 60} \approx 0.77 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 \approx 0.55 \quad V_3 = \frac{25}{0.55 \times 60} \approx 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_3 \approx 0.76 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 \approx 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 105 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

De donde:

$$\bar{F}_3 \approx 99.5 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} \times 3 \approx 99.5 \cos 24^\circ \approx 90.89 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_3 \approx \frac{90.89 \times 0.76}{76}$$

$$\bar{P}_3 = 0.908 \text{ H.P.}$$

Los demás parámetros permanecen en la misma variación.

Hora

12.00 m.

Velocidad

$$t_1 \approx 0.58 \text{ minutos} \quad V_1 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.71 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 \approx 0.55 \text{ minutos} \quad V_2 = \frac{25}{0.55 \times 60} \approx 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 \approx 0.56 \text{ minutos} \quad V_3 = \frac{25}{0.56 \times 60} \approx 0.74 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_4 \approx 0.73 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 98 \text{ Kgs.}$$

Luego:

$$\bar{F}_4 = 93.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x4} = 93.75 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x4} = 85.64 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$P = \frac{85.64 \times 0.73}{76} = 0.82 \text{ H.P.}$$

12.00 m. - 01.00 p.m.: DESCANSO.

Hora

01.00 p.m.

Velocidad

e = 25 mts.

$$t_1 \approx 0.50 \text{ minutos} \quad V_1 = \frac{25}{0.50 \times 60} \approx 0.83 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 \approx 0.48 \text{ minutos} \quad V_2 = \frac{25}{0.48 \times 60} \approx 0.86 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 \approx 0.52 \text{ minutos} \quad V_3 = \frac{25}{0.52 \times 60} \approx 0.80 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_5 = 0.83 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 105 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

De donde:

$$\bar{F}_5 = 99.5 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x5} = 99.5 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x5} = 90.89 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P} = \frac{90.89 \times 0.83}{76} \approx 0.99 \text{ H.p.}$$

Hora

02.00 p.m.

Velocidad

e = 25 mts.

$$t_1 = 0.55 \text{ minutos} \quad V_1 = \frac{25}{0.55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.56 \text{ minutos} \quad V_2 = \frac{25}{0.56 \times 60} = 0.74 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.56 \text{ minutos} \quad V_3 = \frac{25}{0.56 \times 60} = 0.74 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_6 = 0.74 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 96 \text{ Kgs.}$$

Luego:

$$\bar{F}_6 = 94.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x\phi} = 94.75 \cos 24^\circ = 86.55 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_\phi = \frac{86.55 \times 0.74}{76} = 0.842 \text{ H.P.}$$

Hora

03.00 p.m.

Velocidad

e = 25 mts.

$$t_1 = 0.58 \text{ minutos} \quad V_1 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.71 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.58 \text{ minutos} \quad V_2 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.71 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.56 \text{ minutos} \quad V_3 = \frac{25}{0.56 \times 60} = 0.74 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_7 = 0.72 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 90 \text{ Kgs.}$$

Luego:

$$\bar{F}_7 = 91.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x7} = 91.75 \times \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x7} = 83.81 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_7 = \frac{83.81 \times 0.72}{76} = 0.793 \text{ H.P.}$$

Hora

04.00 p.m.

Velocidad

e = 25 mts.

$$t_1 = 0.60 \text{ minutos} \quad V_1 = \frac{25}{0.60 \times 60} \approx 0.69 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.58 \text{ minutos} \quad V_2 = \frac{25}{0.58 \times 60} \approx 0.71 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.58 \text{ minutos} \quad V_3 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.71 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_8 = 0.70 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 92 \text{ Kgs.}$$

Luego:

$$\bar{F}_8 = 93 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x8} = 93 \times 0.9135 = 84.95 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_8 = \frac{84.95 \times 0.70}{76} = 0.782 \text{ H.P.}$$

4.1.8 Capacidad de trabajo

En cuanto a la capacidad de trabajo con este implemento, se ha hallado lo siguiente:

Velocidad promedio = 0.765 m/seg.

Ancho de trabajo = 0.20 m.

Tiempo muerto en las cabeceras = 14 seg. (promedio)

$$\text{Eficiencia de campo (EFC)} = \frac{L/V}{T_m + L/V}$$

$$\text{EFC.} = \frac{L/0.765}{14 + L/0.765} = \frac{L}{10.71 + L}$$

Para  $L = 100$  m.

$$\text{EFC} = 0.903$$

Luego la capacidad de trabajo será:

$$\text{C.E.C. (Has/Hr)} = \frac{(0.765) (0.20) (36) \times 0.903}{100} \text{ Has/Hr}$$

$$\text{C.E.C.} = 0.049 \text{ Has/Hr}$$

#### 4.1.9 Lecturas con el arado modificado IA-TA1 no reversible

Hora

09.30 a.m.

Velocidad

Para  $e = 25$  mts.

$$t_1 = 0.40 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.40 \times 60} = 1.04 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.45 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.45 \times 60} = 0.92 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.48 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.48 \times 60} = 0.86 \text{ m/seg.}$$

Velocidad promedio

$$\frac{1.04 + 0.92 + 0.86}{3}$$

$$\bar{V} = 0.94 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 105 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 110 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 98 \text{ Kgs.}$$

Fuerza de tiro promedio

$$\frac{105 + 95 + 110 + 98}{4}$$

$$\bar{F}_1 = 102 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x1} = \bar{F}_1 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x1} = 102 \times 0.9135 = 93.17 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$P_1 = \bar{F}_{x1} \bar{V}_1 = \frac{93.17 \times 0.94}{75} \text{ H.P.}$$

$$\bar{P}_2 = 1.15 \text{ H.P.}$$

Profundidad de trabajo

Se mantiene casi constante en 10 cms., lo cual se puede regular en el enganche del timón.

Ancho de corte (a. c.)

Fluctúa entre 18 cms. y 22 cms., con lo que se aproxima al ancho de corte teórico (Act = 22.2 cms.).

Ancho de trabajo (at)

Viene a ser aproximadamente igual al ancho de corte, salvo algunas ocasiones donde el arado encuentra dificultades en el terreno.

Hora

10.30 a.m.

Velocidad

Para e = 25 mt.

$$t_1 = 0.48$$

$$V_1 = \frac{25}{0.48 \times 60} = 0.86 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.50$$

$$V_2 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.50$$

$$V_3 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

Velocidad promedio

$$\bar{V}_2 = 0.84 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 98 \text{ Kgs.}$$

Fuerza de tiro promedio

$$\frac{100 + 98 + 95 + 98}{4}$$

4

$$\bar{F}_2 = 97.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x2} = 97.75 \times \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x2} = 97.75 \times 0,9135$$

$$\bar{F}_{x2} = 89.29 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_2 = \bar{F}_{x2} \cdot \bar{V}_2 = \frac{89,29 \times 0,84}{76}$$

$$\bar{P}_2 = 0.986 \text{ H.P.}$$

En cuanto a los demás parámetros (profundidad, ancho de cortes y trabajo) se mantienen constantes.

Hora

11.30 a.m.

Velocidad

Para  $e \approx 25$  mts.

$$t_1 = 0.55 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0,55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.58 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.72 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.55 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_3 = 0.74 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 93 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 94 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} = \frac{382}{4} = 95.5 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x3} = 95.5 \cos 24^\circ = 87.23 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P} = \frac{87.23 \times 0.74}{76} = 0.849 \text{ H.P.}$$

Hora

12.30 p.m.

Velocidad

Para  $e = 25$  mts.

$$t_1 = 0.60 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.60 \times 60} = 0.69 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.62 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.62 \times 60} = 0.67 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.60 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.60 \times 60} = 0.69 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_4 = 0.683 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} = 97.25 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x4} = 97.25 \text{ Cos } 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x4} = 97.25 \times \text{Cos } 24^\circ = 88.84 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_4 = \frac{83.84 \times 0.603}{76} \approx 0.790 \text{ H.P.}$$

Hora

12.30 p.m. - 01.30 p.m.: DESCANSO

Hora

01.30 p.m.

Velocidad

Para  $e = 25$  m/s.

$$t_1 = 0.54 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.54 \times 60} = 0.77 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.53 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.53 \times 60} = 0.78 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.54 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.54 \times 60} = 0.77 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{F}_5 = 0.773 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 100 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 105 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} = 99.5 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x5} = 99.5 \times \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x5} = 90.89 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_5 = \frac{90.89 \times 0.773}{76} = 0.924 \text{ H.P.}$$

Hora

02.30 p.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.53 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.53 \times 60} = 0.718 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.59 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.59 \times 60} = 0.706 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.59 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.59 \times 60} = 0.706 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_6 = 0.71 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_6 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x6} = 96 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x6} = 87.69 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{F}_6 = \frac{87.69 \times 0.71}{76} = 0.819 \text{ H.P.}$$

Hora

03.30 p.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.62 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.62 \times 60} = 0.67 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.64 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.64 \times 60} = 0.65 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.64 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.64 \times 60} = 0.65 \text{ m/seg.}$$

$$V_7 = 0.656 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 94 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_7 = 92.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x7} = 92.25 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{:7} = 64.72 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_7 = \frac{84.72 \times C.656}{76} = 0.73 \text{ H.P.}$$

Hora

04.30 p.m.

Velocidad

Para  $e = 25$  mts.

$$t_1 = 0.68 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.68 \times 60} = 0.61 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.70 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.70 \times 60} = 0.59 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.72 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.72 \times 60} = 0.57 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_8 = 0.59 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 88 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 85 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 86 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} = 87.25 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x8} = 87.25 \text{ Kgs.} \times \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x8} = 79.70 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_8 = \frac{79.70 \times 0.59}{76} = 0.618 \text{ H.P.}$$

#### 4.1.10 Capacidad de trabajo

En cuanto a la capacidad efectiva de campo, se ha determinado lo siguiente:

Velocidad promedio en las

cabeceras = 0.40 m/seg.

Ancho de trabajo = 0.20 m.

Tiempo muerto en las cabeceras =  $1/2 (18 + w/0.40)$

Donde:

18 seg. = Tiempo muerto inicial

w = Ancho de la melga

$$\begin{aligned} \text{Tiempo muerto al pasar de una} \\ \text{melga a otra} &= (w/0.40) \\ \text{Tiempo muerto total} &= 1/2 (18 + w/0.40) + (w/0.40) \\ \text{Tiempo efectivo} &= L/V \\ \text{Eficiencia de campo} &= \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo muerto} + \text{tiempo efect.}} \end{aligned}$$

$$\text{EFC} = \frac{L/V}{1/2 (18 + w/0.40) + w/0.40 + L/V}$$

$$\begin{aligned} \text{Velocidad promedio de trabajo} \\ (V) &= 0.74 \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

Se ha trabajado con  $L \approx 100 \text{ m.}$      $w \approx 10 \text{ m.}$

$$\text{EFC} = \frac{100/0.74}{1/2 (18 + 10/0.40) + 10/0.40 + 100/0.74}$$

$$\text{EFC} \approx 0.74$$

Luego la capacidad efectiva de campo sería:

$$\text{CEC} = \text{Ancho de trabajo} \times \text{Velocidad} \times \text{EFC}$$

$$\text{CEC} = \frac{0.20 \times 0.74 \times 0.74 \times 36}{100} \text{ Has./Hr.}$$

$$\text{CEC} \approx 0.039 \text{ Has./Hr.}$$

#### 4.1.11 Pruebas realizadas con el arado modificado IA-TA2 reversible

Estas pruebas se efectuaron al día siguiente de las pruebas realizadas con los otros implementos. Los resultados fueron:

Hora

09.00 a.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.45 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.45 \times 60} = 0.925 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.48 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.48 \times 60} = 0.86 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.48 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.48 \times 60} = 0.86 \text{ m/seg.}$$

$$V_1 = 0.88 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} = 96.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x1} = 96.75 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x1} = 88.38 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_1 = \frac{88.38 \times 0.88}{76} = 1.02 \text{ H.P.}$$

Profundidad de trabajo

Fluctúa entre 10 y 12 cms. y con corte en la base muy homogénea, dejando el subsuelo casi nivelado.

Ancho de corte

Varía entre 18 y 20 cms. aproximándose al teórico ( $A_f = 20 \text{ cms.}$ )

Ancho de trabajo

Es de 20 cms. lo que depende también de la habilidad del garzón.

Hora

10.00 a.m.

Velocidad

Para  $e = 25 \text{ mts.}$

$$t_1 = 0.50 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.51 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.51 \times 60} = 0.81 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.50 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_2 = 0.82 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_2 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F} \times 2 = 96 \cos 24^\circ = 87.69 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P} = \frac{87.69 \times 0.82}{76} = 0.946 \text{ H.P.}$$

Observación: En cuanto a los demás parámetros, se mantienen en la misma variación.

Hora

11.00 a.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.53 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.53 \times 60} = 0.786 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.52 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.52 \times 60} = 0.801 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.53 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.53 \times 60} = 0.786 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_3 = 0.791 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 94 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 98 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_3 = 95.5 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x3} = 95.5 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x3} = 87.23 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_3 = \frac{87.23 \times 0.791}{76} = 0.907 \text{ H.P.}$$

Hora

12.00 m.

Velocidad

Para e = 25 m/s.

$$t_1 = 0.57 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.57 \times 60} = 0.73 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.58 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.718 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.57 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.57 \times 60} = 0.73 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_4 = 0.726 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_4 = 93.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x4} = 93.75 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x4} = 85.64 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_4 = \frac{85.64 \times 0.726}{76} = 0.818 \text{ H.P.}$$

Hora

12.00 m. - 01.00 p.m.: DESCANSO

Hora

01.00 p.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.50 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.50 \times 60} = 0.83 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.52 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.52 \times 60} = 0.80 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.51 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.51 \times 60} = 0.81 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_5 = 0.813 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 94 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_5 = 93.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x5} = 93.75 \cos 24^\circ$$

$$\bar{F}_{x5} = 85.64 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_5 = \frac{85.64 \times 0.813}{76} = 0.916$$

Hora

02.00 p.m.

Velocidad

Para  $e = 25$  mts.

$$t_1 = 0.54 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.54 \times 60} = 0.77 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.55 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.55 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.55 \times 60} = 0.75 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_6 = 0.756 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 96 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_6 = 94 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x6} = 94 \cos 24^\circ = 85.86 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_6 = \frac{85.86 \times 0.756}{76} = 0.854 \text{ H.P.}$$

Hora

03.00 p.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.58 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.718 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.58 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.58 \times 60} = 0.718 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.57 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.57 \times 60} = 0.730 \text{ m/seg.}$$

$$V_7 = 0.722 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 95 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_7 = 91.75 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{x7} = 91.75 \cos 24^\circ = 83.81 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_7 = \frac{83.81 \times 0.722}{76} = 0.794 \text{ H.P.}$$

Hora

04.00 p.m.

Velocidad

Para e = 25 mts.

$$t_1 = 0.60 \text{ min.} \quad V_1 = \frac{25}{0.60 \times 60} = 0.69 \text{ m/seg.}$$

$$t_2 = 0.60 \text{ min.} \quad V_2 = \frac{25}{0.60 \times 60} = 0.69 \text{ m/seg.}$$

$$t_3 = 0.59 \text{ min.} \quad V_3 = \frac{25}{0.59 \times 60} = 0.70 \text{ m/seg.}$$

$$\bar{V}_8 = 0.693 \text{ m/seg.}$$

Fuerza de tiro

$$F_1 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_2 = 92 \text{ Kgs.}$$

$$F_3 = 90 \text{ Kgs.}$$

$$F_4 = 88 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_g = 90 \text{ Kgs.}$$

$$\bar{F}_{xg} = 90 \cos 24^\circ = 82.21 \text{ Kgs.}$$

Potencia calculada

$$\bar{P}_g = \frac{82.21 \times 0.693}{76} = 0.749$$

4.1.12 Capacidad de trabajo

En cuanto a la capacidad de trabajo en la operación de aradura, con este implemento se ha determinado lo siguiente:

Velocidad promedio = 0.77 m/seg.

Ancho de trabajo = 0.20 m.

Tiempo muerto promedio = 14 seg.

Tiempo efectivo =  $L/V$

Longitud de surco = 100 m.

Eficiencia de campo =  $\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo Total}}$

$$EFC = \frac{L/V}{T_m + L/V} = \frac{100/0.77}{14 + 100/0.77}$$

$$EFC = 0.90$$

Luego la capacidad efectiva de campo será:

$$CEC = \text{Ancho de trabajo} \times \text{Velocidad} \times \text{EFC.}$$

$$CEC = \frac{0.20 \times 0.77 \times 0.90 \times 36}{100} \text{ Has/Hr.}$$

$$CEC = 0.049 \text{ Has/Hr.}$$

#### 4.2 Resumen de los resultados obtenidos

##### 4.2.1 Arado tradicional

Peso del arado sin timón: 8.722 Kgs.

Inicio de la prueba : 09.00 a.m.

Tiempo Hrs.	$\bar{V}$ m/sec.	$\bar{F}_x$ Kgs.	Potencia H.P.
0	0.87	95.92	1.090
1	0.77	87.46	0.880
2	0.76	90.89	0.908
3	0.73	85.64	0.820
DESCANSO (12.00 a 01.00 p.m.)			
4	0.83	90.89	0.990
5	0.74	86.55	0.842
6	0.72	83.81	0.793
7	0.70	84.95	0.782

C.E.C. = 0.049 Has/Hr.

4.2.2 Arado modificado IA - TA1 no reversible

Peso del arado sin timón: 15,760 Kgs.

Inicio de la prueba : 09.30. a.m.

Tiempo Hrs.	$\bar{V}$ m/seg.	$\bar{F}_x$ Kgs.	Potencia H.P.
0	0.94	93.17	1.150
1	0.84	89.29	0.986
2	0.74	87.23	0.849
3	0.60	88.84	0.798
DESCANSO (12.30 a 01.30 p.m.)			
4	0.77	90.89	0.924
5	0.71	87.69	0.819
6	0.65	84.72	0.730
7	0.59	79.70	0.618

C.E.C. = 0.039 Has/Hr.

4.2.3 Arado modificado IA - TA2 reversible

Peso del arado sin timón: 11,220 Kgs.

Inicio de la prueba : 09.00 a.m.

Tiempo Hrs.	$\bar{V}$ m/seg.	$\bar{F}_x$ Kgs.	Potencia H.P.
0	0.88	88.33	1.020
1	0.82	87.69	0.946
2	0.79	87.23	0.907
3	0.72	85.64	0.818
DESCANSO (12.00 m. a 01.00 p.m.)			
4	0.81	85.64	0.916
5	0.75	85.86	0.854
6	0.72	83.81	0.794
7	0.69	82.21	0.749

C.E.C. = 0.049 Has/Hr.

#### 4.2.4 Resultado y discusión de las labores realizadas con los arados

##### 4.2.4.1 Arado tradicional

Se ha comprobado la ineficiencia en la operación de aradura con este implemento, aunque proporciona ciertas ventajas al operador por su menor peso, lo que genera menor fatiga tanto al ganón como al animal, como se ha observado en las pruebas realizadas; pero esta ventaja es limitada, pues al tener poco peso el implemento, en momentos en que el -

suelo ofrece mayor resistencia para la penetración de la reja, el operador tiene que presionar fuertemente hacia el suelo por intermedio de la manquera y en algunas oportunidades se ayuda con su peso, - pisando la parte posterior de la cama.

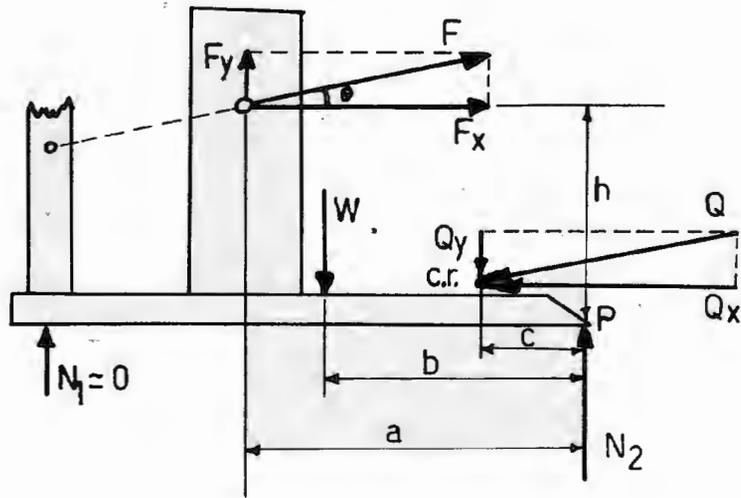
La labor de volteo no lo realiza como un arado convencional, sino tan solo rotura la parte superficial del suelo sin llegar a voltearlo, dejando una huella de sección casi triangular y con mucha sección de suelo no removido, es decir, deja la base del suelo desnivelada, su trabajo se aproxima más a la de una cultivadora de puntas, con mayor ancho de corte. Al respecto del ancho de corte y ancho de trabajo, se ha notado la diferencia entre estos parámetros, - pues el ancho de corte depende del ancho del implemento cuya dimensión en el Valle del Mantaro varía entre 10 y 15 cms. en la parte ancha de la - cama y entre 8 y 10 cms. la parte ancha de la reja, mientras el ancho de trabajo en la operación de aradura varía entre 15 y 22 cms., dejando la diferencia como suelo no removido.

#### 4.2.4.2 Arado modificado IA-TA1 no reversible

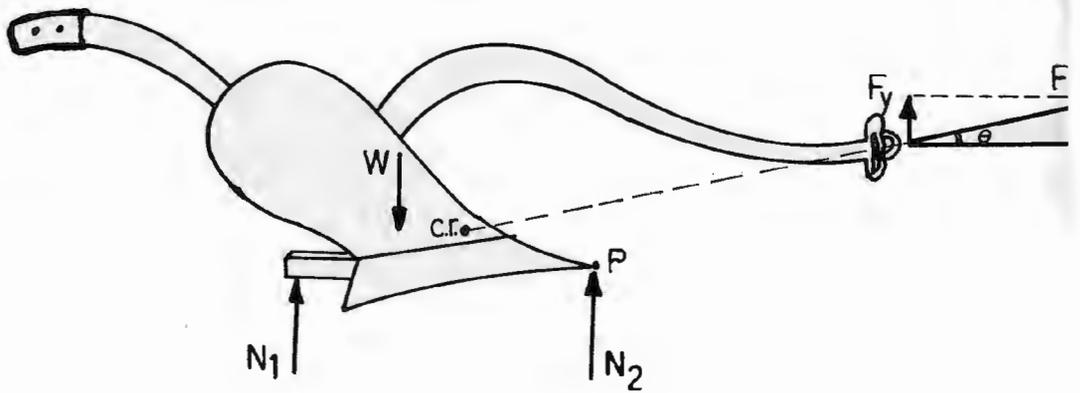
La labor realizada con este implemento, en cuanto a la operación de aradura fue eficiente, volteando el suelo y tapando los rastros como los arados -

convencionales. Al principio los animales no trabajaban bien, porque el implemento era extraño para ellos, lo cual duró mas o menos un cuarto de hora, de igual manera ocurrió con el gañán, que demoró aproximadamente 10 minutos en acostumbrarse a guiar el implemento, no tuvo ningún problema en arar en redondo lo que nunca había realizado, sólo fue necesario una breve explicación sobre la manera de arar el suelo con el implemento de una sola vía (no reversible).

El trabajo con este implemento fue un tanto pesado tanto para el gañán como para el animal, el peso del implemento ayudó en parte en la penetración, pero se vió que tiene un defecto, pues es necesario cierto esfuerzo para orientar la dirección longitudinal, causado porque la costanera no sienta bien en la base del surco, ya que al producirse el esfuerzo por la yunta, la parte posterior de la costanera se levanta unos 4 cms., lo que ocasiona inestabilidad en el implemento, este error se puede remediar solo haciendo que el enganche se encuentre delante del implemento, es decir la línea de tiro debe pasar cerca al centro de resistencia. Este análisis se explica en la Figura N° 25 (A, B), donde se puede observar claramente que la fuerza  $F_y$  en la Figura N° 25-A, tiende a hacer girar al implemento alrededor del punto P en sentido horario, de igual manera  $F_x$ , y cuando esto sucede se observa que



A.



B

Fig. N° 25

$N_1 = 0$ . La fuerza  $Q$  viene a ser la resistencia - en el plano vertical longitudinal a la dirección de trabajo del suelo, cuyas componentes son  $Q_y$  y  $Q_x$ . De esta manera las ecuaciones del sistema serán:

$$\sum F_y = 0 \text{ (Velocidad constante)}$$

$$F_y + N_2 = W + Q_y$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_x = Q_x$$

$$\sum M_{1p} = 0$$

$$F_y (a) + F_x (h) > W (b) + Q_y (c) + Q_x (d)$$

Este momento es equilibrado después de un breve giro lo que sería igual al ángulo de levantamiento - que se produce entre la costanera y la base del - surco, por dos fuerzas, una ejercida por el garfón, presionando la mancera hacia abajo y la otra por intermedio del timón accionado por la horquilla y el yugo, sosteniéndolo. Este problema lo tienen - también los arados tradicionales. Para remediar en parte esta deficiencia, se puede trasladar el engan- che de la telera 1 cm. más abajo, aunque no con resultados óptimos.

En la Figura N° 25-B, se observa cuando el engan- che se encuentra delante del implemento y la línea de tiro pasa por el centro de resistencia o cerca de

el. En este caso  $F_x$  y  $F_y$  tienen momentos contrarios con respecto al punto P, lo que origina cierta presión en la costanera, en toda la longitud en contacto con la base del suelo por lo que aparece  $N_2$ .

#### 4.2.4.3 Arado modificado IA -TA2 reversible

Este implemento también presenta el mismo defecto sustentado en el caso anterior, pero en cuanto a la labor de aradura, se vió su buen volteo, facilidad de maniobra, aunque inicialmente se demoraba en las cabeceras como 20 segundos, pero a medida que el gañán iba dominando el manejo del implemento, se halló que el tiempo muerto en las cabeceras era igual al que demoraba con el arado tradicional, o sea, de 12 a 14 segundos.

El sistema de reversión de este implemento es completamente simple, se realiza utilizando el pie para desenganchar y hacer girar una vez que el gañán ha levantado el implemento, lo suficiente como para hacerlo girar. El seguro de reversión es una varilla delgada que fija al arado en una posición de trabajo por la parte posterior de la vertedera que posee dos agujeros donde engancha la varilla que tiene su centro de giro en un anillo soldado en la manquera. Una vez que el implemento llega al final del surco, el gañán desprende con el pie el seguro de reversión, levanta el implemento y con el

pie hace girar el implemento alrededor del eje, -  
hace descansar el implemento en el suelo y con -  
ayuda de la mano asegura el implemento en la nue  
va posición.

La característica principal de este implemento, a -  
parte del buen volteo de tierra, es su facilidad en  
transportarlo y su poco peso, pues sus partes se de-  
sarman como se muestra en el Diseño N° 2 del arado  
reversible. Una observación que es necesario men-  
cionar es que la vertedera debe ser construida con  
una plancha de fierro más delgada que la utilizada  
en la construcción de la reja; se puede utilizar -  
plancha de fierro de  $1/8''$  a  $3/16''$ , mientras que  
para la reja sería de  $1/4''$ .

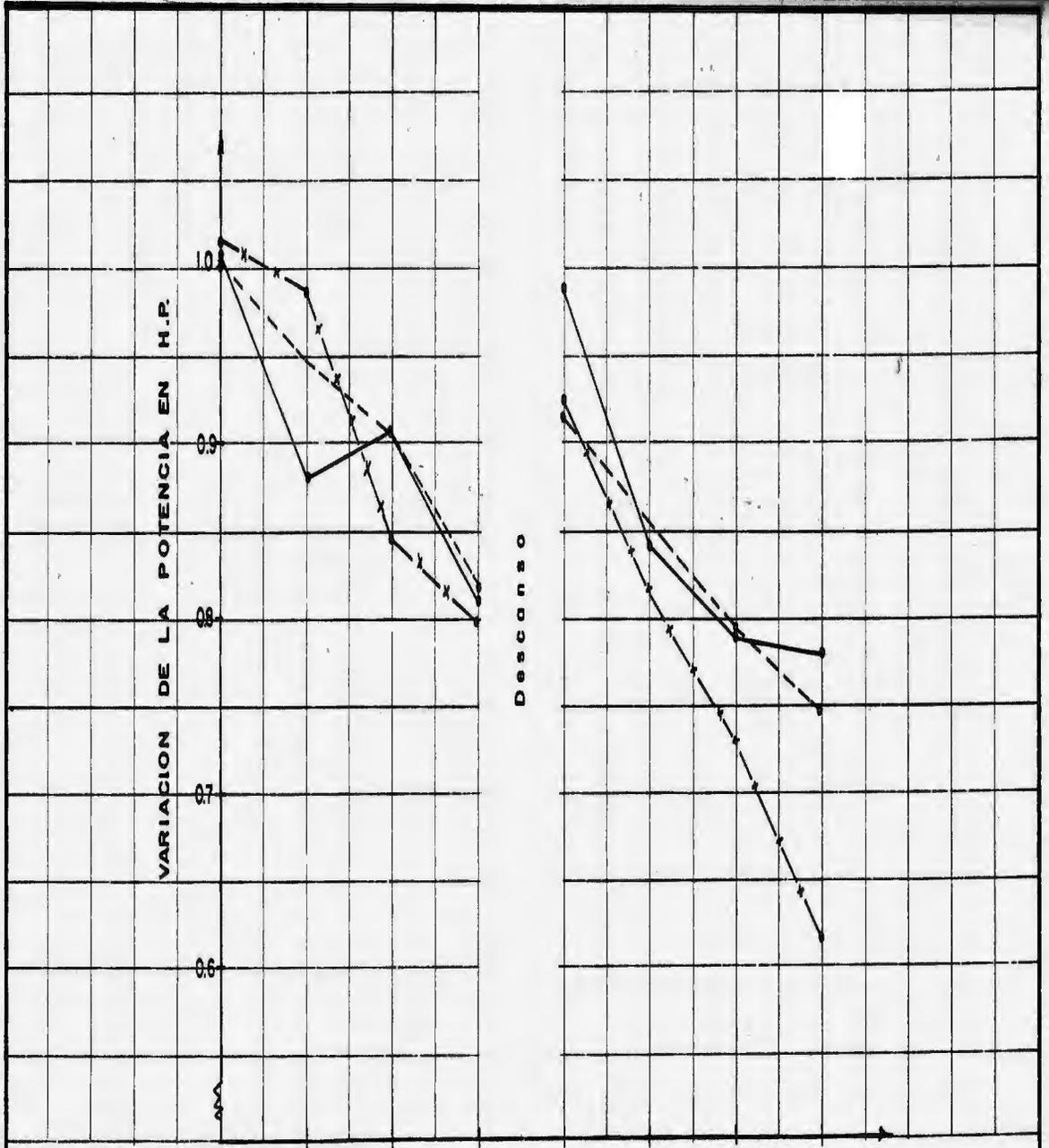
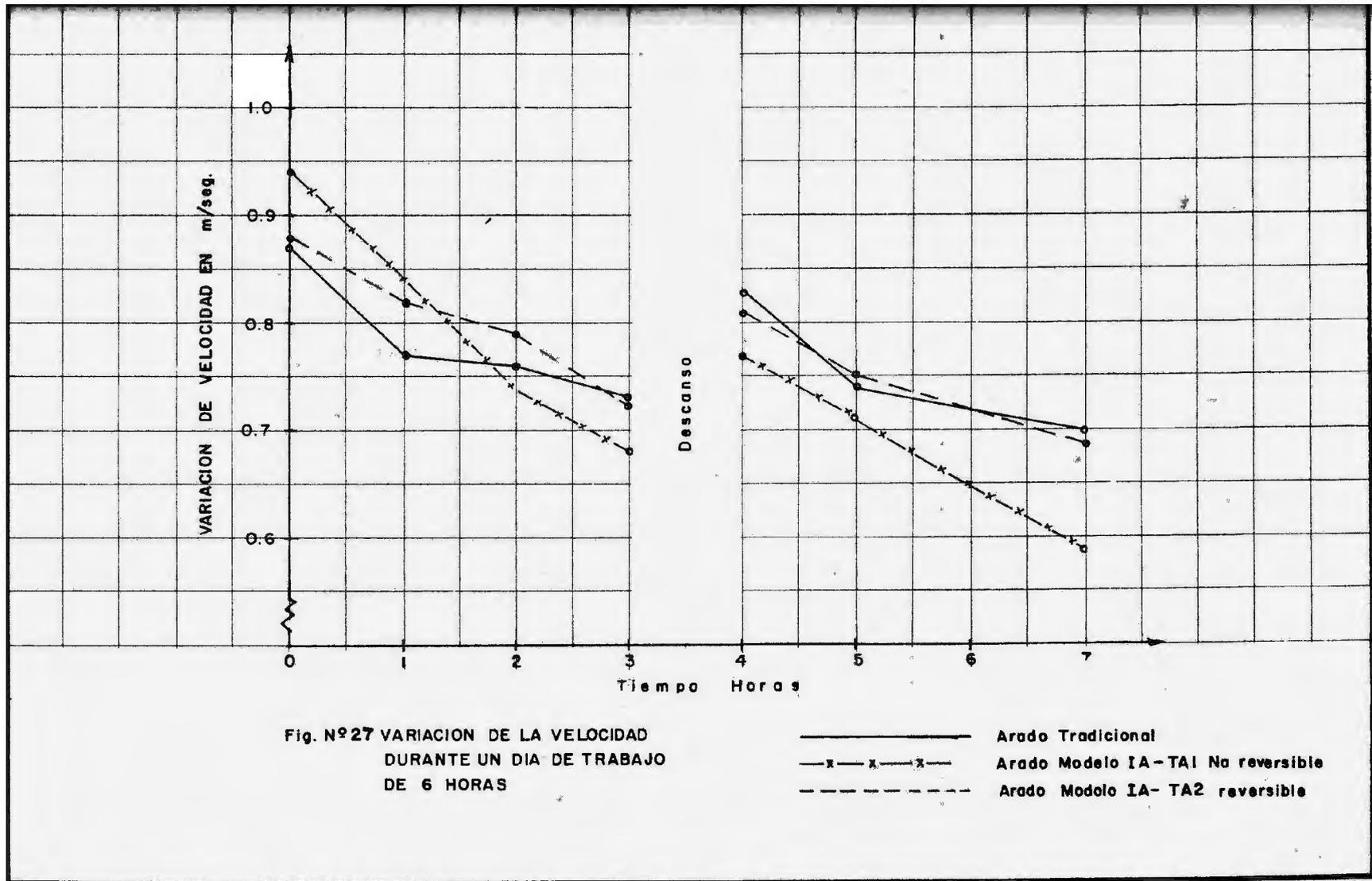
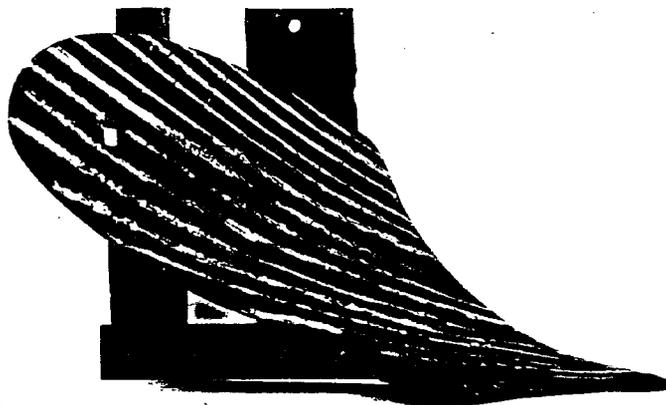


Fig. Nº 26 VARIACION DE LA POTENCIA  
DURANTE UN DIA DE TRABAJO  
DE 6 HORAS :

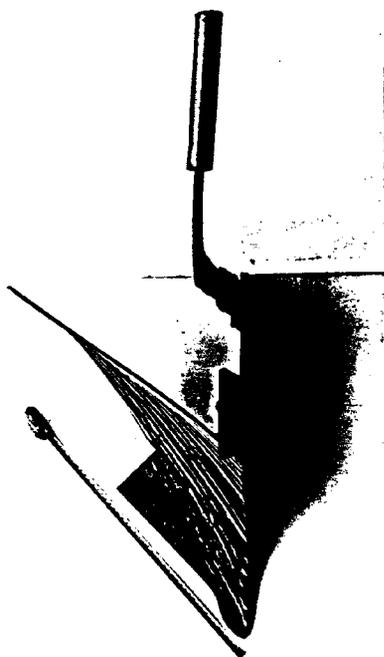
————— Arado Tradicional  
-x-r-x-x- Arado Modelo IA-TA1 No reversible  
- - - - - Arado Modelo IA-TA2 reversible



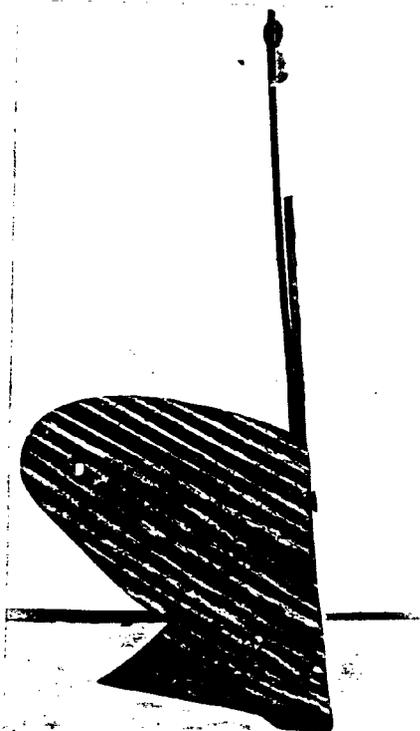
PROTOTIPO ARADO NO REVERSIBLE TIPO IA-TA1



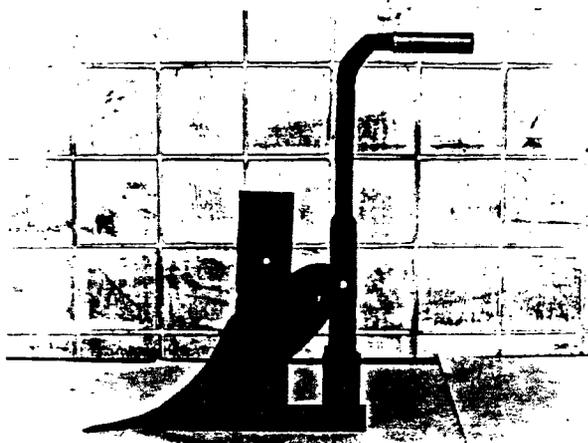
VISTA LATERAL



VISTA DE PLANTA



VISTA FRONTAL

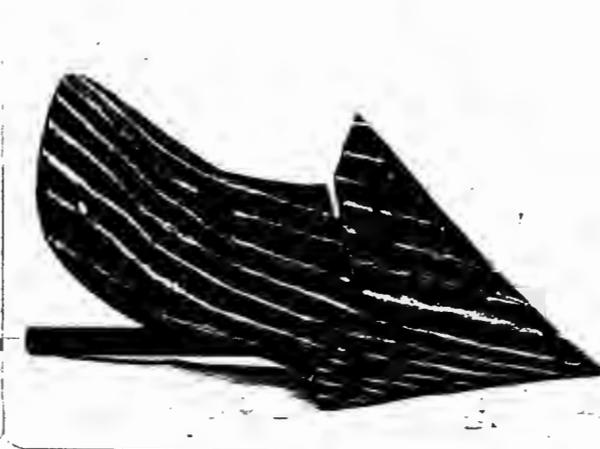


VISTA POSTERIOR

PROTOTIPO ARADO REVERSIBLE TIPO IA-TA 2



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



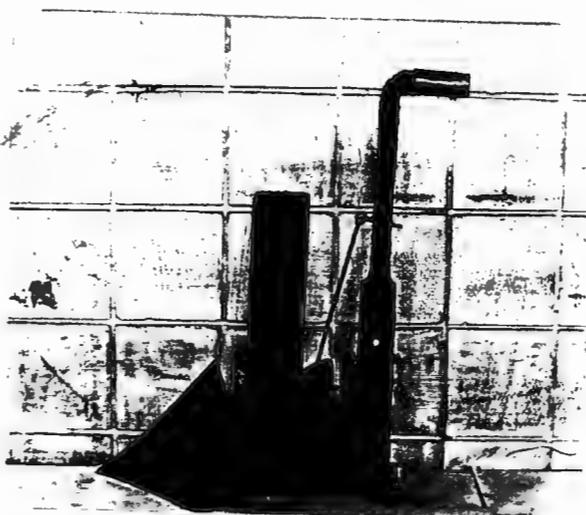
VISTA DE PLANTA



VISTA POSTERIOR



DESARMADO



VISTA LATERAL ARMADO

## V. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones generales

De acuerdo al diagnóstico efectuado en implementos agrícolas tradicionales, construcción y pruebas de los arados modificados se puede concluir:

1. Los implementos mayormente utilizados en faenas agrícolas, en parcelas pequeñas o pequeñas propiedades y en terrenos con mucha pendiente no aptas para el trabajo con máquinas autopropulsadas son básicamente: el arado de palo, la chaquitaclla, la azada y la picota.
2. La susceptibilidad que posee el arado de palo prioritariamente para modificarse que a parte de lo técnico hay aceptación por parte de los campesinos en mejorarlo.
3. Los costos de fabricación y/o alquiler de los implementos tradicionales varían de un lugar a otro.
4. Factores tales como el económico, técnico, topográfico y geográfico limitan la introducción de máquinas autopropulsadas en la zona en gran escala.
5. Existe carencia de talleres rurales bien implementados, generalmente son artesanos que complementan su trabajo de campo en tiempos libres en la construcción de herramientas y trabajos de artesanía.
6. Existencia de la parcelación de la tierra en gran porcentaje.

## 5.2 Conclusiones específicas

### 5.2.1 Para implementos agrícolas tradicionales a tracción manual

1. La picota y la azada se usan para labores culturales y en forma importante en la cosecha de tubérculos.
2. La chaquitacla se adecúa a terrenos planos y con pendientes pronunciadas o donde la carencia de animales de tiro incentivan el uso de estos.
3. La chaquitacla sólo desprende el prisma de suelo sin voltearlo.
4. Para realizar un buen trabajo con la chaquitacla, el suelo debe hallarse en buenas condiciones de humedad y textura, poca vegetación y sin mucho enraizamiento.
5. La preparación de tierra con este implemento (chaquitacla) es eficiente porque su labor es profunda pero demanda mucha mano de obra.
6. Las chaquitaclas rectas y cortas son usadas en terrenos planos o de poca pendiente, mientras las curvas y largas en terrenos con mucha pendiente.
7. La chaquitacla de tipo IA-TM2 es de uso restringido a la región sur del valle, usado en terrenos de poca pendiente.

8. La profundidad de penetración es directamente proporcional al peso del implemento y del operador y de la altura a la que es soltado o impulsado.
9. La resistencia que ofrece el suelo al ser desprendida, generalmente es pequeña, debido al torque proporcionado.
10. La reja es de punta ancha para terrenos suaves y angosta para terrenos duros, enraizados y pedregosos.
11. Las maderas para la construcción del cuerpo principal de la chaquitacilla son: quihual, quiswar, milo, aliso, chachas, eucalipto y la reja de muelle de suspensión - de camión trabajado y templado.
12. La capacidad efectiva de este implemento es de 0.002 Has/Hr - hombre, aproximadamente.

### 5.2.2 Para el arado de palo

1. Todo es construido de madera a excepción de la reja, - clavija y algunas veces la telera es reemplazada por un perno pasante.
2. Es empleado en terrenos de baja pendiente (máx. 30°), y en pequeñas propiedades. Es de fácil transporte y poco peso.
3. El elemento fundamental para transmitir la fuerza de - los animales al arado es el yugo y el timón.

4. Todas las yuntas son enganchadas a la cabeza o nuca, - amarradas en la parte posterior de los cuernos.
5. El arado de palo es de fácil maniobrabilidad, pero la labor que realiza es deficiente; sólo rotura la superficie - del suelo y no la voltea.
6. Deja mucha sección muerta y el terreno desnivelado.
7. La capacidad de trabajo efectiva es de 0.049 Has/Hr - aproximadamente, dejando áreas muertas sin remover y de 0.02 Has/Hr en trabajo eficiente sin dejar secciones muertas.
8. La potencia media requerida fluctúa entre 0.78 H.P. a 1 H.P., dependiendo de las variables del tipo de suelo, velocidad y condiciones del terreno.
9. Produce poco cansancio al animal durante la jornada de trabajo de 6 horas.
10. No sienta correctamente la cama en la base del surco.

### 5.2.3 Para los arados modificados

#### 5.2.3.1 Arado modificado IA-TA1 no reversible

1. Es un poco pesado, se ha visto que produce mucho cansancio a los animales durante una jornada

da de trabajo. (Figs. Nos. 26 y 27).

2. La labor que realiza es parecida a la que realizan los arados convencionales, es decir voltear el suelo roturando y tapando los rastros eficientemente.
3. La potencia media requerida fluctúa entre 0.79 H.P. a 1.19 H.P., también dependiendo de las condiciones mencionadas anteriormente.
4. No sienta correctamente la costanera en la base del surco.
5. Presenta cierta dificultad al gañán en las cabezas por su peso.
6. Es de fácil transporte, pues sus partes se desarman con facilidad. La reja es cambiable.
7. Produce mucho tiempo muerto por su característica en el trabajo por ser de una vía, lo que disminuye enormemente su capacidad efectiva.
8. Su capacidad de trabajo efectiva es de 0.039 Has/Hr aproximadamente.

**5.2.3.2 Arado modificado IA-TA2 reversible**

1. Este implemento en cuanto a fatiga que produce a los animales, se encuentra entre la fatiga que producen los implementos anteriores por lo mismo que no es tan pesado ni tan liviano, además, el ancho de corte es menor que el arado no reversible, tampoco produce mucha fatiga al operador.
2. La labor que realiza es buena, volteando el prisma de suelo y tapando los rastros, dejando la base del suelo nivelada.
3. La potencia media requerida fluctúa entre 0,74 H.P. y 1 H.P. casi igual al arado tradicional.
4. Los tiempos muertos en las cabeceras es la misma empleada con el arado de palo (12-14 seg.).
5. Es de fácil transporte, desarmado y armado, cuya reja es cambiable.
6. El timón utilizado para este implemento es el mismo utilizado para el IA-TA1 no reversible.
7. La capacidad de trabajo efectiva es de 0,049 Has/Hr aproximadamente.

8. No sienta correctamente la costanera en la base del surco.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones referentes al arado de palo y ver otras alternativas de solución;
2. Crear un Centro de Investigación de Implementos Agrícolas Tradicionales en la Universidad, cuya finalidad sería la de investigar y promover nuevos diseños para diferentes condiciones de suelo.
3. Obtener sistemas de comunicación con organismos, instituciones que realicen este tipo de investigaciones y si fuera posible con empresas que se dedican a la construcción de estos implementos.

## VII. RESUMEN

El presente trabajo consta de dos etapas. En la primera se evaluaron los implementos agrícolas tradicionales utilizados en las faenas agrícolas de la pequeña y mediana propiedad rural y en lugares donde a pesar de ser aptas para el trabajo mecanizado, éstas no se realizan por factores topográficos, económicos, falta de vías de comunicación, existencia de parcelas pequeñas, etc.

En la segunda etapa se diseñaron y construyeron dos arados de reja, uno reversible y otro no reversible, evaluándose cada uno y comparándolos con el arado de palo tradicional; llegándose a determinar sus potencias requeridas, eficiencia en la labor de volteo y fatiga ocasionada a los animales y al operador.

Las capacidades de trabajo efectivo de campo de los arados de palo, IA-TA1 no reversible e IA-TA2 reversible, son de 0.049, 0.039 y 0.049 <sup>Hr/Ha</sup> respectivamente.

El IA-TA1 no reversible produce más fatiga durante el día por ser más pesado y de mayor ancho de corte, pero voltea muy bien.

El IA-TA2 reversible es de fácil maniobrabilidad, poco peso y voltea bien.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BAINER, Roy, KEPNER, R.A. y E.L. BARGER. Principles of Farm - Machinery. New York Wiley. 1955.
2. BARAÑO, Teófilo V. Maquinaria Agrícola. Barcelona. Salvat. - 1955.
3. BERLIJN, Johan D. Maquinaria de Preparación de Tierras. Edit. - Universidad Nacional Agraria - La Molina. Lima, 1963.
4. COUPAN, Gastón. Máquinas de Labranza, Preparación de los Terrenos. Barcelona. Salvat. 1926.
5. DAVIES, Cornelius. Maquinaria Agrícola. Traducido del Inglés por Fernando Silvela y Ricardo Téllez. Madrid. Aguilar. 1956.
6. FENGCHOW Ma, C. Mecanización de la Pequeña Propiedad Rural. Cooperación: Reginald Ledgard. Universidad Nacional Agraria - La Molina. Lima. 1965.
7. FLORES CORDOVA, Mauricio. Maquinaria Agrícola. Imprenta El - Cóndor. Lima. 1952.
8. FAO. Aperos de Labranza para las Regiones Áridas y Tropicales. - Preparado por H.J. Hopfen. Roma. 1970.
9. FAO. Prácticas y Máquinas de Labranza y Siembra para el Cultivo de Secano en Zonas Semi-áridas. Roma. 1972.
10. FAO. Empleo Multipredial de la Maquinaria Agrícola. Preparado por H. Lönnemark. Roma. 1967.

11. HARRIS, A.G., MUCKLE, T.B, y J. A. SHAW. Traducido de la 2da. edición en Inglés por D. Angel Sánchez Gómez, Zaragoza, Acribia. 1977.
12. REED, I.F. Arados con Vertedera. México. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. 1967.
13. RICCITELLI, José Antonio. Arados de Reja y Vertedera. Buenos Aires. Eudoba. 1967.
14. SMITH, Harris. Pearson. Maquinaria y Equipo Agrícola. Traducido de la 5a. edición americana por José Abeijón Veloso. Barcelona. Omega. 1967.
15. SWAMMY RAO, A.A. An Improved Bullock Harness for Increased Draft Potentiality. Allahabad Agricultural Institute. India. 1965.
16. Tropical Agricultural Engineering Information. Animal Drawn Toolbar. Bulletin Nos. 1, 2 y 3. Silsoe Bedfordshire. England.