

El yugo se fija a las astas por medio de las coyundas, se coloca en la frente del buey, unos 4 cm por encima de los ojos; el borde superior del yugo casi coincide con el límite superior de la testuz.

### 18.3. Yugo frontal bávaro

Este yugo es llamado bávaro porque tiene su origen en Baviera (Alemania).

Permite trabajar con un solo animal, lo que es importante cuando se trata de surcar, aporcar, deshierbar y sembrar.

Este yugo tiene una amplia y suave superficie de apoyo que distribuye el peso o la presión sobre una mayor zona de la piel, evitando que los animales se dañen. Es sencillo y se coloca en la frente del buey, fijado a los cuernos con dos cinturones (ver figura 20). Presenta en sus extremos dos argollas donde se conectan los tirantes. Alrededor del tórax del buey se coloca el cinturón torácico con dos argollas, las cuales sujetan los tirantes que se enganchan en el balancín del arado.

Este yugo se fabrica de hierro acerado debidamente forjado para darle la forma y resistencia correspondiente. Para evitar el contacto del hierro con la frente del buey, la parte cóncava se acolcha utilizando esponja, la cual se sujeta mediante un forro de cuero que cubre el yugo.

Entre accesorios del yugo se tienen las argollas, los dos tirantes (cadenas de 200 cm cada una); balancín de madera (70 cm de largo) y cinturón torácico de cuero para sujetar los tirantes mediante las argollas (120 cm de largo).

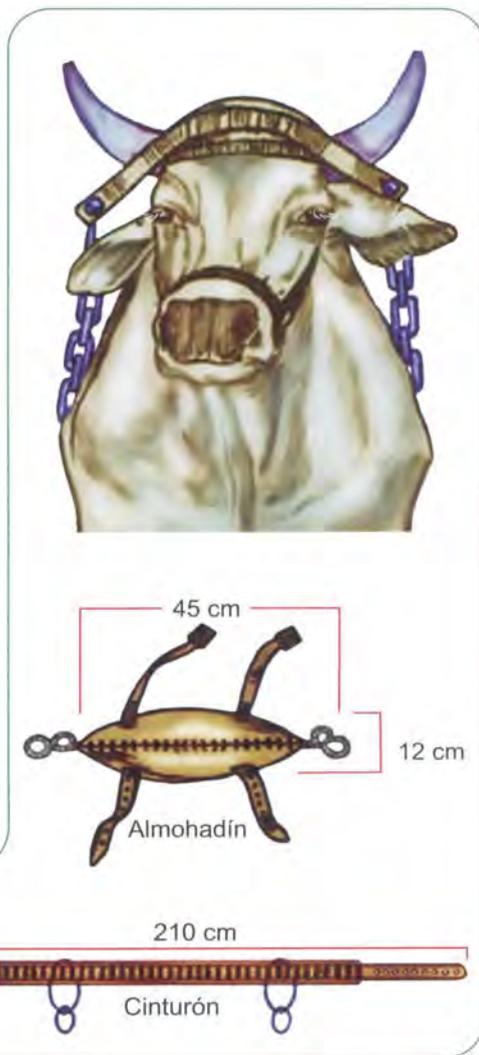


Fig. 20. Yugo bávaro y accesorios.

### 18.4. Yugo doble de cruz

Este tipo de yugo (ver figuras 21 y 22) se usa más en países y regiones donde se utilizan bovinos cebúes, para desarrollar mejor la fuerza de tracción y darle mayor libertad durante el trabajo. Sin embargo, el cebú adopta una posición muy incómoda y poco natural por la posición del yugo.

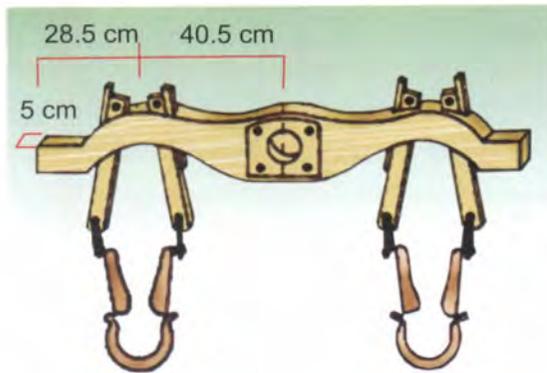


Fig. 21. Yugo doble de cruz.

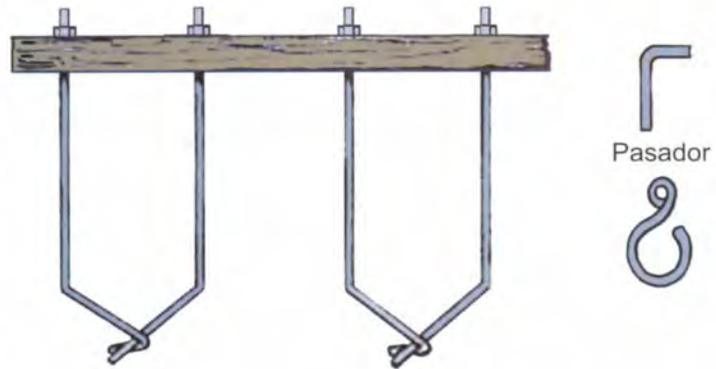


Fig. 22. Yugo para entrenar, arar, surcar y transportar.

La ubicación de este yugo es como su nombre lo indica, en la región de la cruz; el collar se coloca en la parte inferior del cuello, pegado al pecho.

### 18.5. Yugo de cabestrillo

Este equipo está diseñado para un animal que realiza solo trabajos livianos, como desyerbado o surcos para maní (cacaahuates). Pueden hacerse varios tipos, pero todos van a ser usados sobre la cruz y conectados a la carga con correas. El uso de una sobrecinta o faja sobre el cuello da más estabilidad a las correas y evita un deslizamiento o balanceo sobre el cuello del animal (ver figuras 23 y 24).

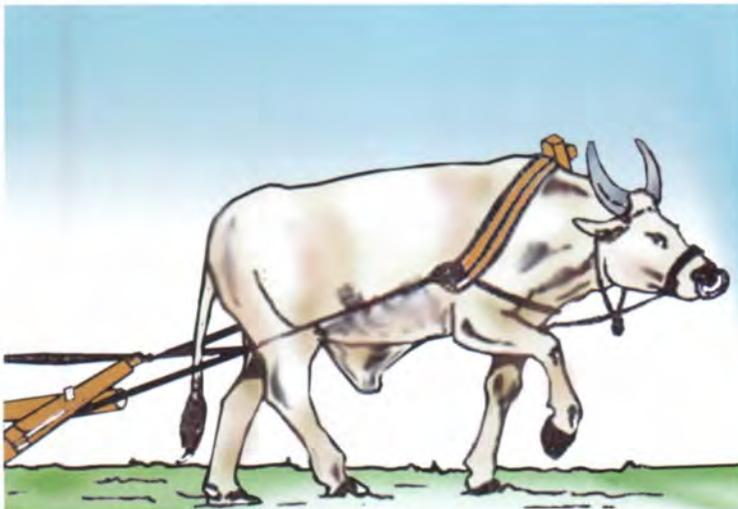


Fig. 23. Cabestrillo de madera chino (sin almohadilla).



Fig. 24. Cabestrillo flexible suizo.

### 18.6. Yugo de cruz empotrado en aparejos

Este sistema consiste en sujetar una pieza de madera sobre el aparejo (montura o silla) a la altura de la cruz (ver figura 25). El largo de esta pieza dependerá de las actividades agrícolas que se realizarán en el cultivo, igual que sucede con los yugos en los bueyes. Se amarra el barzón en el centro del yugo al cual se le acopla el tiro de madera, timón o cadena y se sujeta el implemento agrícola.

Generalmente estos yugos no permiten un uso eficiente de la fuerza de tracción de los equinos, pero a los agricultores se les facilita su manejo porque los animales se fijan mejor que cuando se usa el sistema de colares y balancines.

#### Tamaño del yugo de cruz empotrado en aparejos

La medida se toma del centro de una balona al centro de la otra. Esa distancia está determinada por la distancia de siembra entre las hileras del cultivo.



Fig. 25. Yugo de cruz empotrado en aparejos.

#### El yugo para arar

Debe ser corto, para que no queden melgas o espacios sin arar su longitud es de 1.30 m aproximadamente.

#### Yugo para sembrar

La longitud depende del cultivo. Si se va a sembrar frijol con 45 cm de distancia entre hileras, se usará un yugo que tenga 50 cm del centro hacia la parte interior donde va colocada la nuca del buey. Si se siembra maíz a 90 cm entre surcos el yugo debe medir 90 cm del centro hacia la parte interior donde va colocada la nuca del buey.

#### Yugo para centroleo o control de malezas

Se usa un yugo cuyo largo no permita dañar el cultivo. Así, un buey camina en una calle, el implemento trabaja en la calle intermedia y el otro buey camina en una tercera calle, ejemplo, en maíz sembrado a 90 cm entre surcos, el yugo mide 180 cm. El mismo yugo que sirve para la siembra sirve para el centroleo.

### 18.7. Collares de cuero

Los caballos, burros y mulas no tienen una especie de acolchonamiento natural que amortigüe la presión; por esta razón se hace necesaria una almohadilla para la labor de tiro. A esta almohadilla se le llama collar (ver figura 26). Los horcates que se unen en la parte de arriba con una faja, se colocan y acomodan en las acanaladuras del collar. Cuando el animal, hala, el collar presiona contra el pecho y los hombros, transmitiendo la energía a la carga a través de los tirantes (correas o cadenas que conectan del horcate al balancín de tiro por la parte de atrás). El punto donde el tirante se encuentra con el horcate es llamado **punto de tiro**.



Fig. 26. El collar de cuero.

### 18.8. Banda de pecho o pecheras

Este es el tipo más simple de arnés para ganado equino. Consiste en una banda de cuero que rodea el pecho y costados del animal, sostenido por una cincha y una faja en la parte de atrás (ver figura 27).

La banda es sostenida en su lugar por medio de correa. La faja de adelante y la faja del cuello se ajustan de tal manera que la banda de pecho pueda ser levantada o bajada para corregir la posición. La faja trasera sostiene las puntas de la banda de pecho donde se amarran los tirantes; en éstos se conecta el balancín y a éste se acopla el implemento.

Este tipo de arnés no es tan eficiente como el collar porque el empuje del animal está concentrado en una banda de cuero relativamente pequeña. Sin embargo, es adecuado para trabajo ligero o mediano o para uso de carretas. Es barato y fácil de hacer y ajustar.

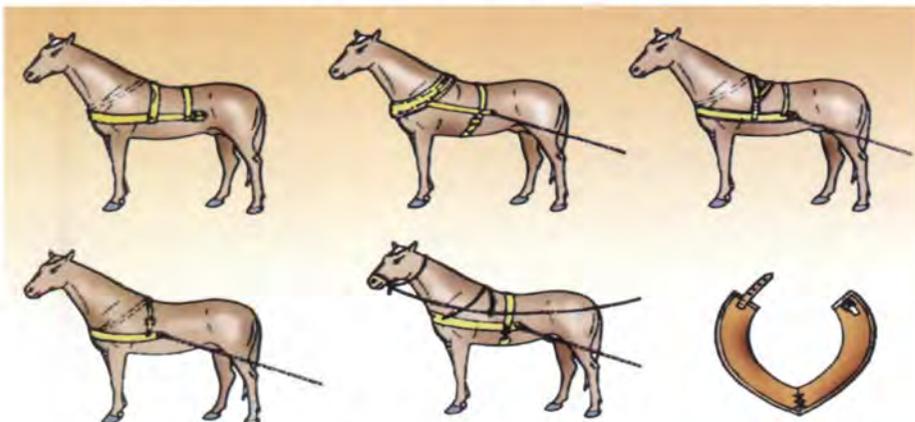


Fig. 27. Diferentes bandas de pecho.

### Sistema de transmisión de fuerza completa para carretas

Además del collar, horcates o correas, el arnés tiene una sobre cincha que se coloca alrededor del lomo del animal y ayuda a llevar los tirantes.

Se puede usar otra faja para sostener el monturín que, a su vez, sostienen los ejes de una carreta y, en este caso, se requiere de una almohadilla para proteger el lomo, como se observa en la figura 28.

En los cuartos traseros se coloca la retranca, que es una clase de arnés que permite a la yunta hacer fuerza hacia atrás, con presión en el eje de la carreta que hace que ésta se detenga o retroceda. Puede ser usada con todo tipo de yugo o arnés.

La retranca es un arnés que se parece a una banda de pecho y se usa alrededor de los cuartos traseros. Su parte principal, llamada retranca, es una banda ancha de cuero que rodea las nalgas del animal. Es sostenida en su lugar por una banda por la parte de arriba de las ancas, llamada **fajas de la cadera**. La retranca es conectada al arnés por un par de fajas o cuerdas llamadas fajas laterales, fajas de atrás o fajas de pértigo.

Las fajas laterales son ajustadas de tal manera que están ligeramente flojas cuando el vehículo es halado hacia adelante o en el nivel del terreno. Cuando la carga comienza a moverse cuesta abajo, el eje de carretón o de la carreta conduce hacia adelante contra el collar, las bandas laterales aprietan y la silla de la retranca se cierra contra las nalgas. El animal frena por resistencia a la presión de la silla de la retranca.

Usada para retroceder, la retranca funciona como un collar de banda de pecho al revés. Las fajas laterales aprietan y halan contra el collar o arnés de la misma forma que los tirantes se aprietan y halan contra el balancín de tiro. El collar hala hacia atrás en el frente del eje de la carreta y el vehículo retrocede.



Fig. 28. Sistema de transmisión para tiro de carreta.

### Actividad sugerida

Identificar los distintos sistemas de transmisión de fuerza que se encuentran en su comunidad y explicar en qué labores se aplica cada uno de estos sistemas.

## EL SUELO AGRÍCOLA

### Objetivo:

Al finalizar la unidad los estudiantes conocerán las propiedades que tiene el suelo y analizarán como inciden al momento de labrar el mismo.

### Introducción

**El suelo:** Es la capa compuesta de materiales orgánicos y minerales que cubren la superficie terrestre, siendo un medio de crecimiento para las plantas.

**Suelo agrícola:** es aquel que es apto para producir cultivos, es decir para la actividad agrícola o agricultura. El suelo agrícola debe ser en primer lugar un suelo fértil que permita el crecimiento y desarrollo de diferentes tipos de cultivo que sean luego cosechados y utilizados por el hombre.

## 19. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

### 19.1. Textura del suelo

El suelo es un sistema compuesto por tres fases, que contienen un número casi ilimitado de componentes en estado sólido, líquido y gaseoso.

El suelo está compuesto de partículas de arcilla, limo, arena y humus, de acuerdo al porcentaje predominante de estos elementos en un área determinada, se clasifican en suelos livianos (arenosos), medianos (francos), o pesados (arcillosos), ricos o con alto contenido de materia orgánica.

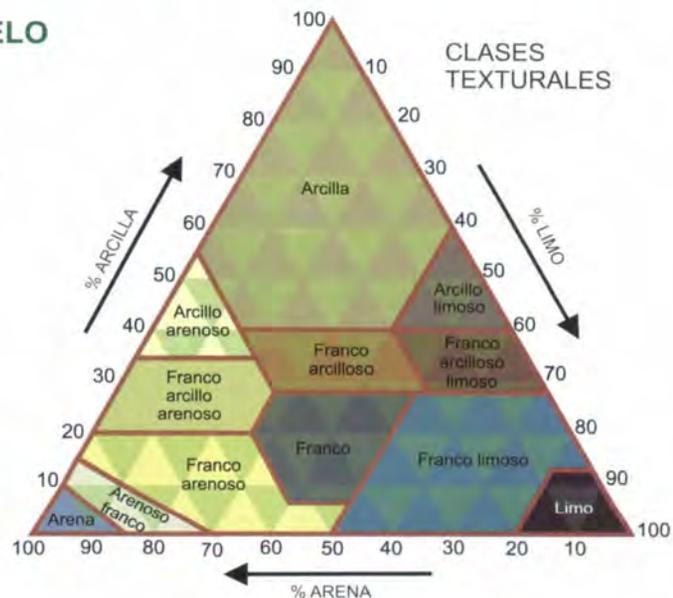


Fig. 29. Triángulo textural.

En relación al proceso de meteorización de las rocas, se produce un rango amplio de partículas, para cuya clasificación se utiliza el método conocido como **tamización**, empleando tamices de diferentes medidas y diversos diámetros para determinar la textura. Otro método también común consiste en la **sedimentación** de partículas muy finas de arcilla y limo.

Existen diferentes organizaciones internacionales que utilizan su propio sistema de clasificación, pero los más usados se refieren a los estándares publicados por la Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo.

**Cuadro 3.** Tamaño de partículas que componen el suelo.

Partícula	Tamaño (mm)
<b>Arena</b>	2.0-0.05
<b>Limo</b>	0.05-0.002
<b>Arcilla</b>	< 0.002

**Fuente:** SICS Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo, USDA United States Department of Agriculture, BSI British Standards Institution.

## 19.2. El agua del suelo

La masa total del suelo está compuesta de sólidos y espacios vacíos que contienen agua y aire. El tamaño y naturaleza de la unión entre partículas forman los agregados, que contienen espacios de aire y agua, son los que determinan la textura. La habilidad de los suelos para retener y transmitir agua a las plantas está determinada por las propiedades hidráulicas, las mismas que dependen de la cantidad de poros y sacos de aire que existen en el perfil de un suelo.

La humedad existente en el suelo tiene una influencia preponderante al momento de realizar las operaciones de labranza sobre el tamaño de los agregados (terrones). Así por ejemplo, en suelos demasiado secos, una labranza primaria (arada) deja como producto final terrones grandes y duros, los que necesitan labranza secundaria (rastra) para mejorar la preparación del suelo. En cambio, en suelos demasiado húmedos sometidos al arado, el tamaño de los agregados (terrones), es menor o casi inexistente, lo que representa un serio problema debido a la adherencia o bloqueo del suelo producido por los implementos de labranza.

En suelos donde la humedad es considerada óptima, se puede obtener una buena granulometría de partículas, condición que debe buscarse cuando se trata de realizar labores agrícolas. El estado óptimo de humedad en suelos arcillosos tiene un margen pequeño que oscila en un 40% de humedad; por debajo del 30% se considera demasiado seco, pues al trabajarlo se producen terrones muy grandes. En cambio, con un 50% de humedad el suelo resulta muy suelto y pegajoso.

Cuanto más arcilloso sea un suelo, mayores cuidados deben tomarse para trabajarlo a fin de evitar daños futuros en su contextura (pie de arado, encostramiento), o se pueden encarecer las labores.

El margen de estado óptimo de humedad es más amplio para los suelos arenosos o livianos, ya que por su estructura granulométrica natural no es afectada durante las labores agrícolas. Por lo tanto, no se recomienda realizar labores de preparación del suelo muy tempranas, porque en suelos con estructura inestable, son las raíces del cultivo las que generan cierta estabilidad.

La mayoría de cultivos exigen suelos bien aireados y con excelente humedad; por eso, mediante las operaciones primarias o secundarias del laboreo se puede incrementar o retener mejor el agua de lluvia o de riego para ser utilizada durante el ciclo vegetativo de un cultivo. En cambio, un suelo compacto o sin arar perderá la mayor cantidad de agua de lluvia por escorrentía superficial.

La aireación del suelo también es favorecida al realizar las labores primarias de cultivo (aradura), activando o mejorando la actividad microbiana, la misma influye en la rápida descomposición de los residuos animales y vegetales que puedan existir en la superficie para, mediante su degradación, transformarlos en humus.

### 19.3. Densidad real (Ds)

Conocida también como densidad de los sólidos, para minerales tiene un valor normal que está comprendido entre 2.6 a 2.7 g/cm<sup>3</sup>. Este intervalo disminuye a medida que va aumentando la cantidad de materia orgánica.

$$D_s = M_s/V_s$$

Donde:

Ds= Densidad del suelo

Ms = Masa del suelo

Vs = Volumen del suelo

### 1.4. Densidad aparente

Los valores oscilan desde 1.6 g/cm<sup>3</sup> para suelos arenosos hasta 1.2 g/cm<sup>3</sup> para suelos arcillosos y francos.

$$D_b = M_s/V_t$$

Donde:

Db= Densidad aparente del suelo

Ms = Masa del suelo

Vt = Volumen de la muestra de suelo

La compactación del suelo aumenta los valores, pero jamás alcanza el valor de la densidad de los sólidos ( $D_s$ ). La densidad aparente ( $D_b$ ) de un suelo representa la relación de la masa sobre el volumen, incluyendo los espacios porosos.

La masa del suelo se determina al secar una muestra en una estufa a 105 °C hasta alcanzar su peso constante; mientras que, el volumen se obtiene a través de un cono ya determinado para realizar las muestras de campo.

### 19.5. Porosidad

Como se indicó anteriormente, esta característica corresponde a los sacos de aire existentes en un perfil de suelo, donde los suelos arcillosos presentan mayor volumen total de poros equivalente al 60%, sin embargo, con respecto a la aireación demandan más cuidado en la labranza. Los suelos arenosos están casi siempre mejor aireados, a pesar de tener un menor volumen total de poros.

La restricción en el desarrollo radicular de las plantas se debe, principalmente, a las deficiencias de aireación.

### 19.6. Cohesión superficial

Esta propiedad es considerada de mucha importancia dentro de la dinámica del suelo, ya que tienen influencia directa sobre la resistencia que ofrece un suelo al cambio de estructura producido por un implemento.

Normalmente, los coloides componentes del suelo se agrupan formando una unión muy fuerte en forma de cadena, adhiriéndose a partículas arcillosas más grandes, ya sea de carácter limoso o arenoso. Esta es la forma como se producen los agregados y terrones.

La dispersión o distribución de estos agregados en la masa de suelo forma una red compuesta por sacos de aire y agua. El agua acumulada en la parte superficial ejerce una atracción entre agregados o partículas, conocida como cohesión superficial entre terrones y agregados. Obviamente, con poca presencia de humedad su fuerza de cohesión es baja, pero aumenta al incrementarse la cantidad de agua en la masa de suelo. Finalmente, con exceso de humedad las gotas de agua se juntan disminuyendo totalmente la cohesión superficial.

### 19.7. Cohesión molecular

De acuerdo a su naturaleza molecular, las partículas de arcilla poseen cargas negativas que atraen iones positivos: El agua, al tener y actuar como dipolo positivo, se encarga de unir estas moléculas. Con poca cantidad de agua, las partículas de arcilla permanecen unidas con gran fuerza, denominándose a este fenómeno cohesión molecular.

Al aumentar la cantidad de agua entre partículas o moléculas de arcilla, estas se distancian disminuyendo su atracción producida por el agua; consecuentemente se reduce el valor de la cohesión molecular de las arcillas, al pasar por las fases de un suelo cementado, friable, plástico y líquido.

Entre las fases de un suelo cementado y friable se presenta un fenómeno denominado límite de contracción, que se presenta por la reducción de humedad, debido a que el número de moléculas de arcilla están unidas fuertemente por los dipolos del agua.

El agua entre las láminas o partículas de arcilla ejerce una atracción llamada cohesión molecular, tal como se muestra en la figura 30. Con poca agua las partículas son atraídas fuertemente, con el aumento de humedad se provoca un distanciamiento y reducción en la fuerza de atracción.

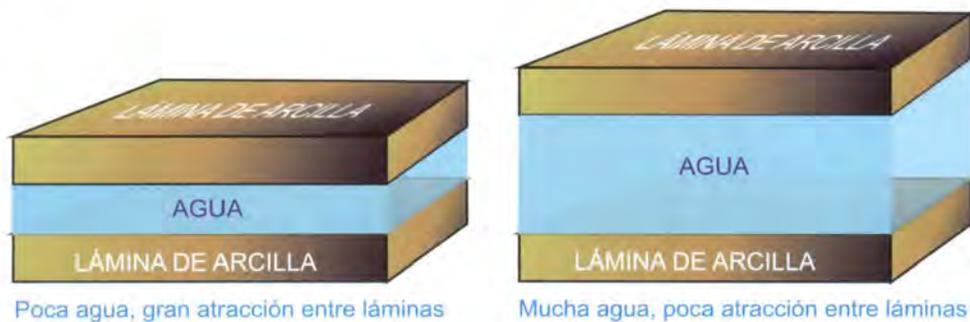


Fig. 30. Efecto del agua en la cohesión molecular de las partículas del suelo.

### 19.8. Límites Atterberg<sup>(1)</sup> de Plasticidad

Físicamente y de acuerdo al contenido de humedad, un suelo presenta cuatro estados de consistencia:

- Cementado
- Friable
- Plástico
- Líquido.

El **estado cementado** se caracteriza por una elevada resistencia a la deformación, desintegración y cambio de estructura.

El **estado friable** se caracteriza cuando un suelo presenta un rango de elasticidad mayor y su deformación es proporcional a la carga aplicada, recuperándose rápidamente al mover esta carga. Es el estado de suelo más adecuado para la mecanización con tracción animal.

1 El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

El **estado plástico** se caracteriza porque la masa de suelo continua deformándose lentamente al aplicar una carga, cuya masa no se recupera al remover la carga.

En **estado líquido** el suelo actúa como un fluido viscoso; es decir, se deforma y se recupera fácilmente.

El límite Atterberg de plasticidad se utiliza para definir el valor mínimo y máximo del contenido de humedad en un suelo en estado plástico, denominándose límite inferior y superior de plasticidad (LIP y LSP), respectivamente. La diferencia entre ellos es conocida como índice o número de plasticidad.

$$IP = LSP - LIP$$

Donde:

**IP:** Índice de plasticidad

**LIP:** Límite Inferior de Plasticidad

**LSP:** Límite Superior de Plasticidad

Entre los factores que influyen en el grado de plasticidad es importante la cantidad de arcilla existente en un suelo, ya que por su tamaño, estas partículas constituyen un número mayor, ofreciendo mayor superficie exterior que las ofrecida por las partículas gruesas (arenosos), razón por la cual se aumenta el valor de cohesión de un suelo.

El contenido de materia orgánica tiene gran influencia para determinar la cantidad de agua en un suelo, lo que ayuda a elevar los límites de plasticidad. De igual manera, la plasticidad está determinada por el tipo de metamorfosis y edáfico del que provienen las arcillas. Así, arcillas con mayor superficie específica, pueden formar uniones más grandes de cohesión, demostrando incremento de los límites de Atterberg.

En el cuadro 4 se indican los valores típicos de algunas clases de arcilla, donde se menciona que los límites de Atterberg aumentan de acuerdo con las superficies específicas del tipo de arcilla.

**Cuadro 4.** Plasticidad de acuerdo a la superficie específica de las arcillas.

Tipo de arcilla	Superficie Específica (m <sup>2</sup> /g)	Valores típicos de plasticidad		
		LIP*	LSP <sup>1</sup>	IP <sup>1</sup>
<b>Grupo caolín:</b> (caolinita, dicita, nacrita, halosita)	6-20	30	35	5
<b>Grupo mica hidrosa</b> Subgrupo illita, Subgrupo - Vermiculita	100-200	25	40	45
<b>Grupo Montmorilonita</b> (montmorilonita, beidelita, nontronita)	300-500 700-800	25	85	60

LIP\*: Límite Inferior de Plasticidad.

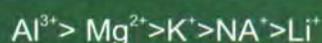
LSP<sup>1</sup>: Límite Superior de Plasticidad.

IP<sup>1</sup>: Índice de Plasticidad.

Los investigadores han estudiado que los coloides minerales de las arcillas, tienen una estructura laminar y naturaleza cristalina. En la mayoría de suelos, los coloides de las arcillas son más numerosos que los coloides minerales. Cada coloide, sea arcilloso u orgánico, tiene una carga negativa adquirida durante su proceso de formación, lo que significa que pueden atraer y retener partículas de carga positiva. Todo elemento de carga eléctrica se llama **ion**: si son positivos serán conocidos como cationes tales como: **K, Na, H, Ca, Mg**.

Al ser atraídos y retenidos por las particular de arcilla, los cationes intercambiables pueden ser liberados o entregados si aumenta la humedad del suelo.

Este proceso sucede mientras el suelo pasa del estado friable al plástico y líquido; generalmente el orden de preferencia para este intercambio es el siguiente:



En términos generales, es más fácil separar la unión del catión **Al<sup>3+</sup>** y **Ca<sup>2+</sup>** donde se requiere poca agua y los límites de Atterberg son bajos; en cambio, la unión **Na<sup>+</sup>** es muy fuerte y normalmente su presencia eleva mucho los valores de plasticidad en los suelo.

El caso de la illita es diferente en la relación **Na<sup>+</sup>** y **K<sup>+</sup>**; esta unión es tan fuerte que el agua no la puede separar, y los valores de plasticidad permanecen deprimidos. El **Ca<sup>2+</sup>**, por el contrario, demanda de mayor cantidad de agua para separar esta unión, consecuentemente, produciendo valores más elevados de plasticidad.

Este comportamiento de los cationes intercambiables con fines agrícolas, presenta ciertas ventajas, especialmente cuando se dispone de suelos ácidos y arcillosos en los que se aplican cantidades adecuadas de cal para corregir la acidez y los límites de plasticidad que mejoran su estructura.

**Cuadro 5.** Límites de plasticidad relacionados con los cationes intercambiables para distintos tipos de arcilla.

Tipo de arcilla	Cation intercambiable que está saturado al suelo	Valores aproximados de plasticidad		
		LIP*	LSP <sup>1</sup>	IP <sup>1</sup>
Illita	Na	25	40	15
	K	28	37	9
	H	27	39	12
	Mg	25	41	16
	Ca	25	40	15
Beidelita	Na	25	88	63
	K	27	52	25
	H	24	56	32
	Mg	25	56	31
	Ca	27	82	35
Montmorilonita	Li	60	600	540
	Na	100	700	600
	K	60	300	240
	Mg	50	160	110
	Ca	65	180	115

LIP\*: Límite Inferior de Plasticidad.

LSP<sup>1</sup>: Límite Superior de Plasticidad.

IP<sup>1</sup>: Índice de Plasticidad.

### 19.9. Resistencia del suelo

La resistencia que un suelo presenta a la deformación, ya sea por las fuerzas de compresión o de corte, está determinada por su resistencia mecánica basada en dos componentes.

- a) Resistencia cohesiva
- b) Resistencia friccional

Estos valores de resistencia varían considerablemente dependiendo del contenido de humedad, tamaño de las partículas, forma y tamaño de los agregados y grado de consolidación del suelo. Estos factores, entre otros mencionados anteriormente, existen en varias combinaciones que solo una medición directa nos permitirá predecir la resistencia que ofrece un suelo a la deformación.

Desde el punto de vista mecánico, un suelo está sujeto a fuerzas de tensión, compresión y corte. Normalmente, los suelos fallan debido a las fuerzas de corte, mientras el suelo demuestra alta resistencia a la compresión y difícilmente puede ser sometido a fuerzas de tensión.

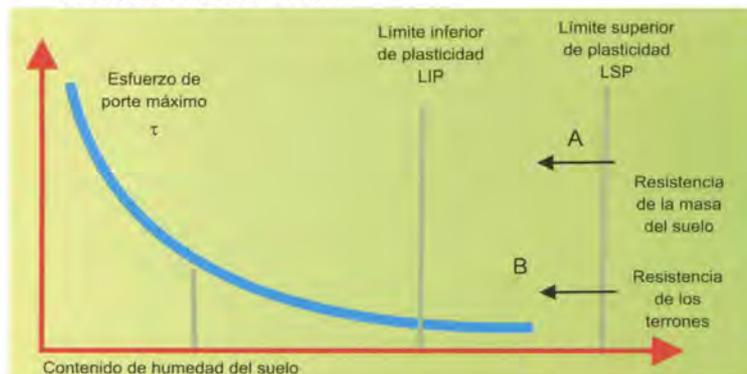
La deformación de un suelo es producida por las herramientas de labranza, por eso para medir su comportamiento y deformaciones es necesario estudiar las relaciones o parámetros que suelen suceder: suelo/suelo y suelo/metal.

### 19.10. Cohesión del suelo

Lo más importante para producir la falla de un suelo es conocer la cohesión molecular, la misma que con bajo contenido de humedad demuestra una fuerte unión entre partículas de arcilla aumentando la resistencia de los terrones.

En cambio, la cohesión superficial demuestra que al existir mayor contenido de humedad existe un incremento de fuerza en la unión entre los mismos terrones, donde además, es necesario considerar la cantidad y contenido de materia orgánica y raíces de las plantas, variables que aumentan la fuerza cohesiva (ver gráfica 1).

**Gráfica 1.** Resistencia al corte del suelo de acuerdo al contenido de humedad.



### 19.11. Ángulo de fricción interna

Es aquel que está formado por el grado de rugosidad o aspereza de las superficies externas de las partículas del suelo que, al deformarse o ser cortada, presentan su resistencia, siendo más rugosas en los suelos arenosos (abrasivos) y más lisas en los suelos arcillosos.

El ángulo de fricción interna se encuentra también relacionado con el grado de compactación, factor que hace que las partículas del suelo estén fuertemente unidas. Obviamente, el grado de compactación es una función directa de la densidad aparente del suelo. El valor del ángulo de fricción interna es importante en suelos livianos (arenosos), mientras que en suelos de partículas pequeñas (suelos arcillosos) no es significativo.

**Cuadro 6.** Valores típicos de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenido en pruebas experimentales en algunos tipos de suelos.

Tipo de suelo	Tamaño típico de partículas (mm)	Estado	Ángulo de fricción	Cohesión *kN/m <sup>2</sup>
Arena con partículas medianas	1.1	Compactado	38°-40°	0
		Suelto	32°-35°	0
Arena fina con materia orgánica	0.5-0.8	Compactado	25°-30°	0
		Suelto	18°-22°	0
Franco arenoso	0.02-0.2	Friable	24°-28°	20-25
		Plástico	24°-28°	10-15
		Friable	24°-28°	25-30
Franco	0.01	Plástico	15°-19°	15-20
		Friable	17°-19°	40-60
Arcilloso	0.002	Plástico	10°-14°	25-30

\*kN/m<sup>2</sup>: Kilonewton por metro cuadrado. 1 kN/m<sup>2</sup>= 0.01Kg/m<sup>2</sup>

## 20. REDUCCIÓN DEL FACTOR DE ADHESIÓN

### i. Material de la herramienta

Se pueden utilizar materiales no mojables o humedecibles, como los plásticos, teflón, etc. que presentan propiedades no adhesivas, aunque poseen un grado de desgaste muy elevado, comparado con los aceros.

Así, en experimentos realizados con herramientas de teflón de 5 mm de espesor, se puede reducir la fuerza de arrastre de un arado de vertedera hasta un 25% en un suelo adhesivo (arcilloso plástico), pero la vida útil por desgaste de este implemento en un suelo abrasivo (arenoso), no llegaría a las 20 hectáreas. Estas técnicas se están utilizando en mezclas o como recubrimiento en otros materiales.

## ii. Cambio del estado de humedad

Existe una posibilidad de cambiar el estado de humedad del suelo, cuando presenta problemas con aumento de esfuerzos en la fase suelo/metal, es decir, valores altos de adhesión.

Mediante la investigación, y especialmente con fines industriales (camiones de transporte), se pueden utilizar los gases de escape del mismo vehículo para producir un calentamiento en el balde de soporte, reduciendo el grado de humedad y disminuyendo la adhesión del suelo con el cajón del camión.

Otro sistema costoso utilizado igualmente con fines industriales, consiste en dejar caer o inyectar agua a presión a través de orificios, reduciendo la fuerza de arrastre entre 15 y 25% y utilizando una porción de 40 a 100/h.

## iii. Área de contacto

Se puede reducir los esfuerzos de fricción o rozamiento suelo/metal mediante la disminución del área de contacto (A) entre el suelo y el metal, lo que tiene mucha utilidad en suelos pesados plásticos. En el mercado, los fabricantes han diseñado arados de vertedera listoneados (arado japonés) para aprovechar este principio.



Foto 9.  
Arado Japonés.

### Práctica sugerida

#### Textura del suelo.

Para poder determinar cualquier práctica de labranza, es necesario conocer la textura del suelo del terreno donde se va a establecer un cultivo. No se debe hacer ninguna recomendación al respecto sin saber qué tipo de suelo tiene un terreno.

#### Materiales.

Suelo de diferentes tipos.

Agua.

Libreta y lápiz.

**Procedimiento.**

1. Tomar una porción de suelo en la mano (del tamaño de una cuchara grande).
2. Agregar agua lentamente.
3. Amasar el suelo con la mano hasta que tome una consistencia pegajosa.
4. Manipular el suelo hasta que tome forma de bola.
5. Trate de formar algunas figuras con el suelo que se está trabajando.
6. Basado en el cuadro siguiente, proceder a clasificar el suelo.
7. Registrar los datos obtenidos.

**Cuadro 7.** Formas para determinar la textura del suelo.

TEXTURA	CARACTERÍSTICAS	FIGURA
Arenoso	El suelo permanece suelto y separado y puede ser acumulado sólo en forma de pirámide.	A 
Arena Franca	El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace.	B 
Franco Limoso	Parecido a la arena franca, pero se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro.	C 
Franco	Contiene casi la misma cantidad de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 6 pulgadas de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla.	D 
Franco Arcilloso	Parecido el franco, aunque puede ser doblado en forma de "U" sin excederse y no se quiebra.	E 
Arcilla Fina	El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas.	F 
Arcilla Pesada	El suelo puede tomar forma de círculo sin mostrar ninguna grieta.	G 

## LABRANZA CON IMPLEMENTOS DE TRACCIÓN ANIMAL

### Objetivo:

Al finalizar la unidad el estudiante conocerá los implementos utilizados para realizar una adecuada preparación de suelos con tracción animal.

### Introducción

Todo cultivo requiere de condiciones favorables del suelo, las mismas que se pueden obtener utilizando herramientas manuales, aperos de tracción animal o implementos de tracción motriz.

**Labranza**, es la acción producida por una herramienta agrícola para remover el suelo, a fin de proporcionar condiciones adecuadas a las plantas para un buen desarrollo. Este proceso consiste básicamente de dos operaciones: labranza primaria y labranza secundaria.

**La labranza primaria:** Tiene como objetivo cortar, romper y voltear capas de suelo endurecidas o compactadas, pues dentro de ellas difícilmente podrá desarrollarse el cultivo que vamos a establecer.

**La labranza secundaria:** Tiene como objetivo cortar y romper, en varias pasadas del implemento, los terrones o bloques del suelo hasta obtener terrones muy pequeños.

### 21. OBJETIVOS DE LA LABRANZA

En términos generales, es recomendable limitarse a un número mínimo de operaciones de labranza, las suficientes para alcanzar estos propósitos. Una labranza excesiva puede pulverizar el suelo y destruir su estructura, dejándolo altamente vulnerable a la erosión provocada por el viento o la lluvia.

De igual manera, una labranza muy superficial o mal hecha, puede impedir el correcto desarrollo de las raíces o resultar en un control ineficaz de malezas.

La labranza tiene cinco objetivos principales:

1. Controlar el crecimiento de la maleza al arrancarla o enterrarla.
2. Facilitar la infiltración y reducir la escorrentía del agua de lluvia o de riego.
3. Facilitar una mayor penetración de las raíces del cultivo.
4. Mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
5. Incorporar materia orgánica al suelo.
6. Controlar las plagas del suelo, exponiéndolas al sol y a las aves.

### Tipos de herramientas a usar en labranza primaria

La labranza primaria se realiza normalmente entre los 15 y 20 cm de profundidad del suelo, como estos implementos deben cortar y desterronar suelos, su construcción tiene que ser robusta y de alta resistencia, debido a los esfuerzos que deben realizar. Para esta operación los implementos más utilizados en la región son los arados en sus diferentes tipos.

### Tipos de herramientas a usar en la labranza secundaria

Debido a que los implementos de labranza primaria no desterronan bien el suelo, es necesario hacer más pases con otros implementos llamados de labranza secundaria.

Dentro de estos implementos, los más conocidos son las rastras y rastrillos. Su trabajo es desterronar los bloques grandes que dejó el arado y tras varias pasadas, pulir y nivelar la superficie del suelo, dejando una especie de colchón para recibir las semillas del cultivo.

## 22. TIPOS DE ARADO

Cada región del mundo ha adaptado un tipo de arado. La forma y material de construcción y su eficiencia como herramienta dependen de diversas causas; las tradiciones locales, el tamaño de animales y personas que lo usan, la constitución topográfica de los suelos y la situación económica de cada una de las regiones.

### 22.1. Arado tradicional de madera

La idea de utilizar animales de tiro para los trabajos agrícolas tuvo enormes repercusiones para la humanidad, porque significó ahorro de mano de obra y tiempo en labores de preparación del suelo.

El arado de madera (figura 31), junto con el yugo y los bueyes, fue introducido en América por los españoles en la época colonial. Desde entonces ese arado no ha sufrido modificaciones significativas.

Un gran porcentaje de las tierras agrícolas de pequeñas y mediana producción, son trabajadas con el arado tradicional de madera que realiza diversas labores agrícolas, como preparación del suelo, surcado, aporques y control de malezas.

Su tamaño y peso varía de acuerdo con las regiones o países en dependencia de la madera utilizada. Tradicionalmente se usan maderas fuertes, que resisten esfuerzos y



Fig. 31. Partes del arado de madera.

torsiones al trabajar. Las especies apropiadas están casi extinguidas. Lo que dificulta encontrar arboles con el ángulo apropiado para la construcción del arado tradicional.

### 22.2. Arado verde

Es una versión modificada del Arado Egipcio o Arado de Madera. Consiste en un ángulo de metal, al que se acoplan dos piezas de madera, una fuerte como cuerpo del arado donde va la reja, y otra para manceras, que puede ser de cualquier madera comercial (ver figura 32). La pieza metálica es la clave de este implemento. La experiencia ha demostrado que el arado de madera casi siempre se rompe en la parte del codo o ángulo, porque en ese punto se ejerce la mayor presión de tiro. El codo metálico elimina este problema y además, facilita la búsqueda de pedazos de madera en vez de árboles enteros, para formar el cuerpo y la manceras del Arado Verde.

#### Codo metálico, las medidas y sus partes

Se fabrica con dos tubos de 3 pulgadas, soldados entre sí para formar un ángulo de 115 grados, como lo muestra la figura 33.

Dos platinas de 140 milímetros de diámetro sirven de soporte al timón, y dividen el esfuerzo de tracción ejercido sobre la telera. Incluye un pasador (perno de ¼ de pulgada) para sostener el timón y repartir el esfuerzo de tracción hacia el puente o cuerpo del arado.

En la parte superior del tubo que hace de soporte de la manceras se coloca cualquier tipo de madera, pues el esfuerzo de mando ejercido por el operador no llegará a romper un madero de 3 pulgadas. La manceras puede hacerse de la misma madera con la que el agricultor pone cercos para sujetar el alambrado.

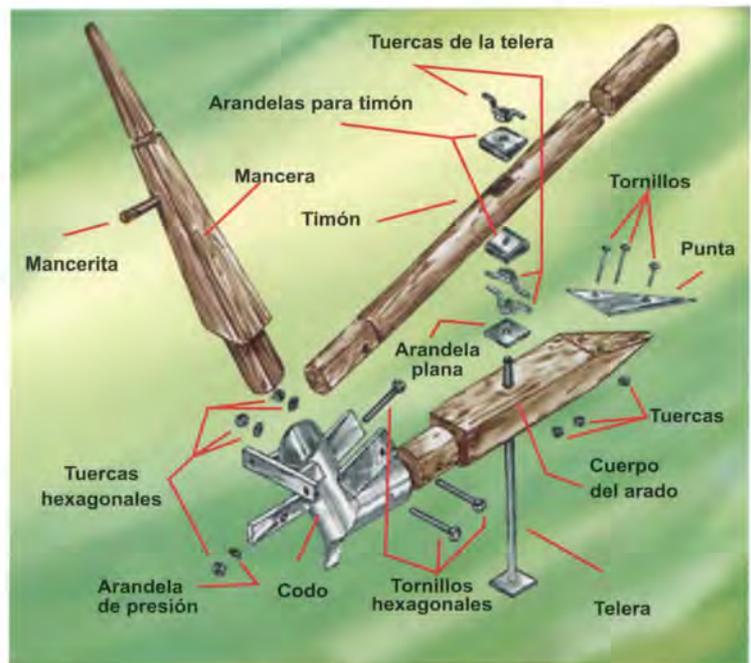


Fig. 32. Partes del arado verde.

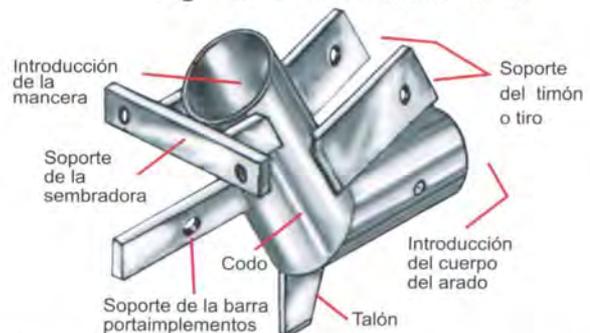


Fig. 33. Partes del codo metálico del arado verde.

### Fabricación del timón o tiro

Seleccione una pieza de madera de 3 a 4 m de largo, con un diámetro aproximado de cuatro pulgadas. Haga el saque de la telera y del soporte del timón según las medidas indicadas en la figura 34. Es importante que el saque de la telera en el timón sea del mismo ancho que la telera de tornillo del arado, pero nunca más ancho, así evita el juego de la misma al trabajar.

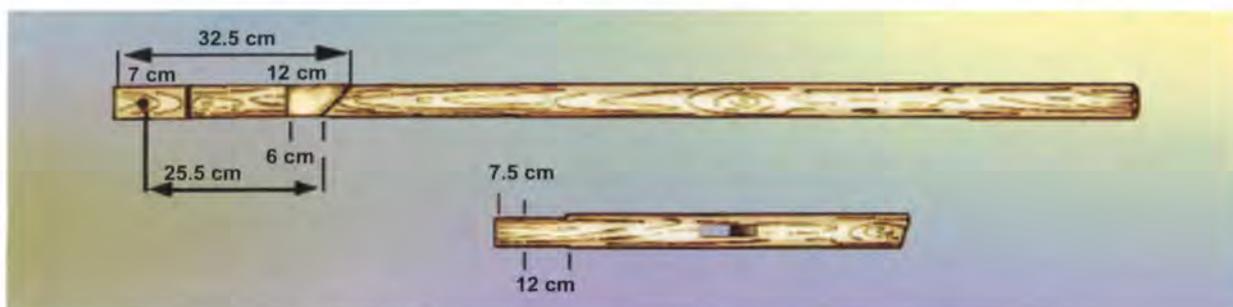


Fig. 34. Medidas del tiro o timón para el arado verde.

### Regulación de la profundidad de trabajo

La profundidad de trabajo del arado se logra aflojando las tuercas de la telera de tornillo, de la siguiente manera:

- Para mayor profundidad se sube el timón de la telera y se asegura con la tuerca.
- Para menor profundidad se baja el timón de la telera y se asegura con la misma tuerca.

### 22.3. Arado combinado

Es similar al arado de madera, pero construido de hierro, al que se le pueden acoplar varios accesorios para realizar labores como: aradura, surcado, aporque, deshierbe, cosecha de tubérculos y raíces.

Con el arado combinado, la preparación del suelo comprende generalmente dos pasadas: La primera, llamada rayada, sirve para aflojar el suelo y la segunda, llamada cruzada, sirve para su remoción.

El número de pasadas necesarias para lograr una preparación adecuada del terreno, está relacionado directamente con la textura, humedad del suelo y la preparación requerida por el cultivo.

Las ventajas del arado combinado son:

- Sencillez en el diseño, parecido al arado tradicional.
- Peso liviano, similar al arado tradicional de madera.
- Permite fácilmente regular la profundidad de trabajo.

- Fácil montaje de sus piezas y accesorios.
- Trabaja en condiciones difíciles de suelos arcillosos, secos, cubiertos de malezas y pedregosos.
- Sólida estructura metálica, con una vida útil prolongada en relación a los arados tradicionales de madera.

## Diferentes labores que se realizan con los arados combinados

### Preparación del suelo

- a) El arado combinado trabaja según el mismo principio del arado tradicional, pero representa un paso evolutivo del arado de madera hacia el arado de hierro.
- b) El cuerpo grueso del arado de palo, trabaja como cuña en el suelo ocasionando una elevada resistencia; a diferencia, el arado combinado exige menor fuerza de tracción debido a su estructura metálica.
- c) En la labor de aradura, el arado combinado afloja y remueve el suelo. Sin embargo, el efecto de volteo es pequeño.
- d) Para complementar la preparación del suelo con el arado combinado, se requiere una pasada con una rastra de dientes.

### Surcado

El arado combinado está equipado con un par de aletas, en algunos casos regulables, que permiten abrir surcos para sembrar granos básicos, ajonjolí y soya; tapar; cultivar (centrolea) y aporcar.

Si le acopla como accesorio una sembradora de granos básicos el arado en conjunto con la sembradora permite a una solo hombre surcar, sembrar y tapar.

### Cosecha de tubérculos

En el soporte básico del combinado se coloca la cosechadora debajo de la reja, la misma que, tirada por una yunta de bueyes, saca a la superficie del terreno los tubérculos. Los bueyes tienen que estar sujetos a un yugo que los separa de tal manera que cada buey camine en una calle y el arado trabaje precisamente por el camellón donde han crecido los tubérculos.

### Control de malezas y aporque

Para realizar este trabajo se le acopla al arado combinado las aletas surcadoras, cuenta con diferentes tipos de aletas que permiten trabajar en un cultivo en diferentes etapas de su crecimiento.

### 22.4. Arado combinado Andino de Perú (Herrandino)

1. Su estructura básica está construida de hierro corrugado, como lo muestra la figura 35. Esta es la parte donde concurrirán todas las fuerzas de tracción, compresión y torsión durante el trabajo.
2. La telera forma parte del chasis o armazón; en su parte superior presenta un punto de apoyo en forma de U donde se soporta el timón mediante una escotadura y un pasador horizontal. En su tercio medio e inferior se fijan por medio de un pasador las aletas para arar y las aletas surcadoras – aporcadoras.
3. La mancera consta de una pieza de tubo metálico. Su extremo superior es de forma anatómica y se adapta a la mano del operador. En la mancera también lleva una hexagonal, que sirve como llave para el ajuste de la tuerca de la reja, va introducida en el armazón del arado, es regulable en cuanto a su altura y se fija con un pasador.
4. La mancera forma un ángulo de  $110^\circ$  en relación con el talón.
5. El talón lleva en su parte inferior una platina que facilita el deslizamiento del arado con el fondo del surco.
6. La reja es una pieza de acero forjado que realiza el trabajo de penetración y corte del suelo. Está fijada a su soporte por medio de un perno. En la parte posterior de la reja se ha forjado una hendidura que no permite el deslizamiento lateral de la reja durante el trabajo.
7. El soporte, construido de fierro corrugado, forma un ángulo de ataque del arado en relación a la horizontal que es de  $15^\circ$ .
8. La argolla porta timón, es una pieza metálica que va montada en el armazón del arado y fijada mediante un pasador. Sirve para soportar la base del timón; además, permite regular la profundidad de la aradura.
9. El timón es una pieza de madera rolliza y resistente que une el yugo con el arado. El timón debe estar alineado con el arado exactamente encima de la punta de la reja.
10. La posición del timón con relación a la base del arado. Determina un ángulo que al ser agudo la profundidad es menor y al ser un ángulo más abierto la profundidad es mayor.

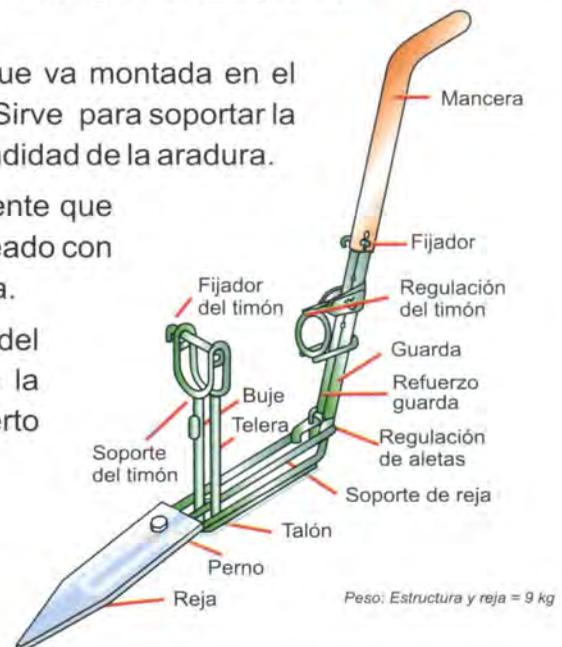


Fig. 35. Arado Andino de Perú.

### 22.5. El arado combinado PROMECH (Honduras)

El arado combinado PROMECH es un implemento agrícola metálico, que puede ser tirado por una yunta de bueyes, caballos, mulas o burros o por uno solo de estos animales.

Por su estructura de acero y diseño sencillo como se muestra en la figura 36, permite realizar durante más de diez años trabajos de aradura y surqueo con rapidez y calidad, aumentando las ganancias del agricultor.

Tiene uso múltiple, porque adaptándole otros accesorios puede también sembrar, cultivar y cosechar.

La manceras es regulable para ajustarse a la altura del operador, es decir puede levantarse o bajarse con solo aflojarla y correrla hacia arriba o abajo.

La mancerita se usa para levantar el arado y dar vuelta al final del surco. Las aletas se quitan para roturar el suelo y se coloca para hacer surcos y aporcar.



Fig. 36. Partes del Arado Combinado PROMECH.

### Cómo hacer un timón para el arado combinado

Se selecciona un pedazo de madera rollizo y recto de 3 a 4 metros de largo, con un diámetro de unas 4 pulgadas. Se hace el saque de la telera y del aro según las medidas indicadas en la figura 37.

Es importante que el saque de la telera en el timón sea del mismo ancho que la telera del arado, pero nunca más ancho.

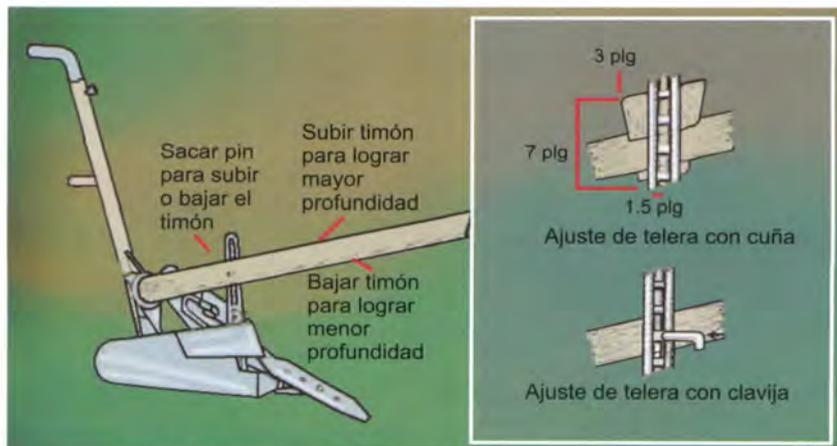


Fig. 37. Medidas del timón o tiro del arado Combinado.

### Regulación de la profundidad de trabajo

1. Para mayor profundidad se sacan las cuñas, se sube el timón de la telera y se aseguran las cuñas cuando se ha logrado la altura deseada.
2. Para menor profundidad se sacan las cuñas. Se bajan el timón de la telera y se asegura de nuevo con las cuñas.
3. Si usa clavija, sáquela y suba o baje el timón según lo necesite. Coloque la clavija.
4. Se puede regular la profundidad alargando o acortando el largo del tiro o timón a través del barzón o pegador (ver figura 38).
5. También se usan varios agujeros para poner la clavija que se coloca en el agujero más retirado o más cercano para regular la profundidad.

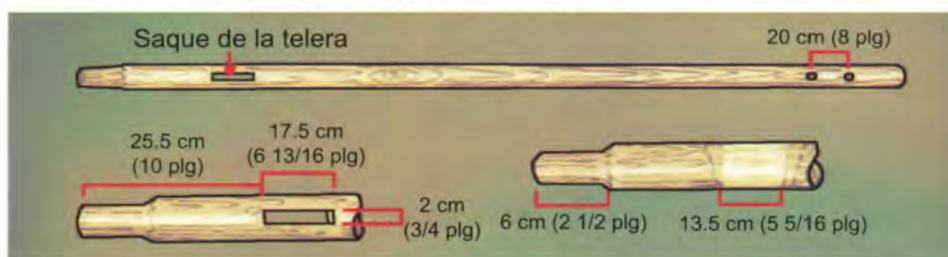


Fig. 38. Regulación de la profundidad de la aradura.

### 22.6. Arado combinado CIFEMA (Bolivia)

Es un arado de uso múltiple que tiene cuatro accesorios para el trabajo en labores agrícolas (aleta para arar, surcadora y aporcadora).

El arado combinado CIFEMA es muy similar a los arados PROMECH y ANDINO (ver figura 39), la diferencia es el material empleado, pues la estructura del arado es de platina en lugar de hierro corrugado.

### 22.7. Arados de vertedera

Su función principal es cortar el prisma del suelo y voltearlo totalmente, lo que permite cubrir las malezas e incorporar en el suelo abono verde, residuos de cosechas y estiércol, ayudando así a mejorar la estructura física y las condiciones químicas del suelo.



Fig. 39. Partes del Arado CIFEMA.

Esta operación se debe efectuar en una sola pasada, es necesario llevar un corte igual al ancho de la oreja del arado. Esto se consigue usando yugos o balancines cortos. Lo que obliga a uno de los animales a caminar en el surco anterior para que el arado corte el suelo inmediatamente después del surco. Se recomienda un yugo de 70 a 80 cm.

El objetivo de la aradura es airear el suelo para aumentar su capacidad de infiltrar el agua disponible para las plantas.

La reja penetra y corta el prisma del suelo. La vertedera traslada el prisma cortado, lo voltea y granula. Si en el suelo arado quedan muchos terrones, será necesario desmenuzarlo utilizando una rastra.

### Partes del arado de vertedera

#### Reja

La reja tiene la función de cortar horizontalmente el suelo para formar el prisma de tierra. Dado el trabajo que desempeña, esta pieza debe tener un borde recto y cortante. Ver la figura 40 donde se muestran los tipos de rejas.

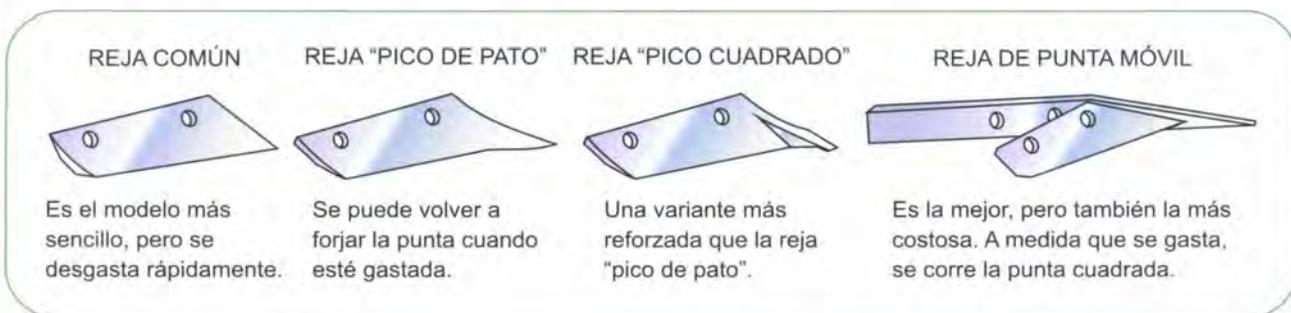


Fig. 40. Tipos de rejas.

El corte horizontal separa el prisma del suelo, que luego es volteado por la vertedera. Desde el punto de vista funcional, la reja no es más que el inicio de la vertedera, pero bajo la estructura del arado, son dos piezas diferentes, ya que la primera tiene un mayor desgaste y deber ser cambiada con mayor frecuencia.

#### Succión lateral

Un aspecto importante del arado de vertedera es la succión lateral, que consta en la desviación de la punta de la reja respecto a la costanera.

En los nuevos diseños de arados de vertedera de succión lateral de la reja es casi nula. La succión lateral inclina ligeramente hacia la tierra la punta de la reja y su medida varía de acuerdo al tipo de suelo.