

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACION DE  
LOS DISCOS PARA RASTRAS AGRICOLAS**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N**

**JUAN CARLOS ORTEGA NUÑEZ**

**JOSE ESCOTTO NUÑEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

Introducción .....	1
Capitulo I Antecedentes Históricos .....	3
1.1 Introducción .....	4
1.2 Principios de la labranza .....	5
1.3 Historia del Arado .....	7
1.4 La agricultura mecanizada en America .....	10
1.5 Influencia del arado en el hombre .....	12
1.6 Breve historia de los discos agricolas .....	13
Capitulo II Diversos implementos utilizados en la labranza. ....	14
II.1 Introducción .....	16
II.2 Implementos para las labores primarias .....	16
II.3 Implementos para las labores secundarias. ....	31
Capitulo III Materiales diversos usados en la fabricación- de implementos agricolas. ....	52
III.1 Introducción .....	53
III.2 Metalurgia Extactiva. ....	57
III.3 Metalurgia Quimica .....	61
III.4 Metalurgia Mecánica .....	94
III.5 Aceros al carbón .....	107
Capitulo IV. Labrado y dinámica de la tierra. ....	115
IV.1 Introducción .....	116
IV.2 Objetivos de labranza .....	117
IV.3 Metodos para la labranza .....	118
IV.4 Sistema de labranza mínima .....	120
IV.5 Labrado del rastrojo protector .....	122
IV.6 Definición de fuerza, energía y terminos de - potencia. ....	123
IV.7 Mecanica de la labranza .....	129
IV.8 Resistencia del suelo, caracterizada por la - resistencia a la penetración .....	135
IV.9 Abrasión de los suelos. ....	136
IV.10 Factores de diseño en la herramienta de labran- za. ....	137
IV.11 Medición y evaluación del comportamiento ....	139
IV.12 Medición de las fuerzas del suelo en las herra- mientas de labranza. ....	144
IV.13 Medición de la tracción de los implementos de- tiro. ....	148
IV.14 Medición de las fuerzas de enganche en imple- mentos de montaje y semimontaje. ....	150
IV.15 Requerimientos de energia para el roturado de - la tierra. ....	152
IV.16 Efecto de velocidad en la tracción. ....	156
IV.17 Estudio con modelos a escala. ....	157
IV.18 Investigación con herramientas simples para la- branza. ....	159

Capitulo V	Los discos para las rastras agricolas .....	160
V.1	Introducción .....	162
V.2	Características principales de los discos ....	163
V.3	Representación de las fuerzas para cuchillas de discos .....	165
V.4	Arado de discos .....	166
V.5	Rastras de discos .....	171
V.6	Dispositivos auxiliares para rastras de discos.	187
V.7	Ajustes del Angulo de corte .....	193
V.8	Ajustes del ancho de corte .....	198
V.9	Ajuste vertical de los discos .....	199
V.10	Problemas de aplicación en las rastras agrícolas	201
Capitulo VI	Proceso de fabricación. ....	215
VI.1	Selección de material .....	216
VI.2	Diversos metodos de corte de material .....	219
VI.3	Formado del disco .....	231
VI.4	Diferentes procesos de fabricación . ....	234
VI.5	Tratamientos termicos .....	242
VI.6	Fallas y desgastes de los discos. ....	257
VI.7	Organización de las rastras .....	297
VI.8	Posible método de reparación .....	314
Capitulo VII	Anteproyecto de proceso de fabricación de dis-- cos .....	325
	Conclusiones .....	328
	Bibliografía .....	330

## I N T R O D U C C I O N

Las máquinas empleadas en la producción y elaboración de las cosechas cultivadas para obtener alimentos y fibras sufren una constante modificación, en base a los avances tecnológicos fundamentados directamente con la experimentación y análisis de los diferentes materiales relacionados con las mismas. - Esto nos hace pensar en la importancia del estudio de los diferentes procesos de fabricación de los discos para las rastras agrícolas. Ya que la idea de este estudio es encontrar un proceso ideal de fabricación que se adapte a las necesidades existentes en el sector agrícola y así orientar nuestros esfuerzos hacia un fin común de independencia alimentaria.

La evolución y los nuevos perfeccionamientos del equipo, de máquinas y la moderna tecnología empleada en las prácticas agrícolas, siguen reduciendo cada vez más las necesidades de mano de obra.

En pocos años las máquinas suelen quedar obsoletas y sobre todo resultan antieconómicas.

Es por eso que nuestra atención se fija directamente sobre el estudio de los diferentes procesos de fabricación en sí una actualización de los mismos, con el fin de obtener resultados aplicables a la solución de los problemas tanto de fabricación y de reparación de los discos de las rastras agrícolas utilizados en México.

Nuestra idea es plantear una panorámica general de la historia de la labranza y sus principios, ya que la misma nos servirá para fundamentar los capítulos subsecuentes. A continua

ción se realiza un análisis de los diferentes implementos agrícolas que intervienen en la labranza, así mismo se analizan desde su obtención los diferentes tipos de materiales utilizados para la fabricación de dichos discos. Se realiza también un estudio relacionado con la dinámica de la tierra y su labrado tomando un enfoque hacia las tierras fértiles de México. Se menciona en el capítulo siguiente los diferentes tipos de discos agrícolas y sus aplicaciones. Durante el capítulo VI se desgloza en detalle el proceso de fabricación y todas y cada una de sus partes que en conjunto suman el minucioso método de fabricación, este análisis está fundamentado en los principales fabricantes de discos para rastras en México. Por último se presenta una fábrica prototipo para la elaboración de dichos discos.

Cabe hacer notar que los estudios realizados para esta tesis serán fundamentados en estudios metalográficos, resistencia mecánica, forma y dimensiones de los discos.

CAPITULO I  
ANTECEDENTES HISTORICOS

- I.1 INTRODUCCION
- I.2 PRINCIPIOS DE LA LABRANZA
- I.3 HISTORIA DEL ARADO
- I.4 LA AGRICULTURA MECANIZADA EN AMERICA
- I.5 INFLUENCIA DEL ARADO EN EL HOMBRE
- I.6 BREVE HISTORIA DE LOS DISCOS AGRICOLAS

## I.1 INTRODUCCION

La Historia es a Ciencia cierta una medida de los suce -  
sos importantes y trascendentes en el transcurso del hombre por  
el planeta y muchas de las veces nos ha marcado la pauta a se--  
guir en base a los antecedentes de cualquier tipo. Es por eso -  
que es obligada en cierto modo una recopilación de información-  
inherente a los aspectos históricos, en base a los cuales nues-  
tro estudio podrá obtener la agilidad y el enfoque necesario. -  
Así pues en el transcurso de este capítulo, se presentará un en -  
foque directo hacia los hechos que en el pasado, tuvieron in- -  
fluencia directa con los cambios de los procesos de Fabricación,  
es decir aquellos descubrimientos y estudios que han logrado -  
formar parte del desarrollo Tecnológico en favor de la primera-  
actividad en conjunto del Hombre y la Tierra.

Durante el presente capítulo se presentarán los prime-  
ros utensilios fabricados y utilizados por el Hombre, asimismo,  
sus avances en cuanto a la Fabricación, de igual forma se mos--  
strarán las influencias de dichos aspectos en el desarrollo de -  
las actividades de la humanidad.

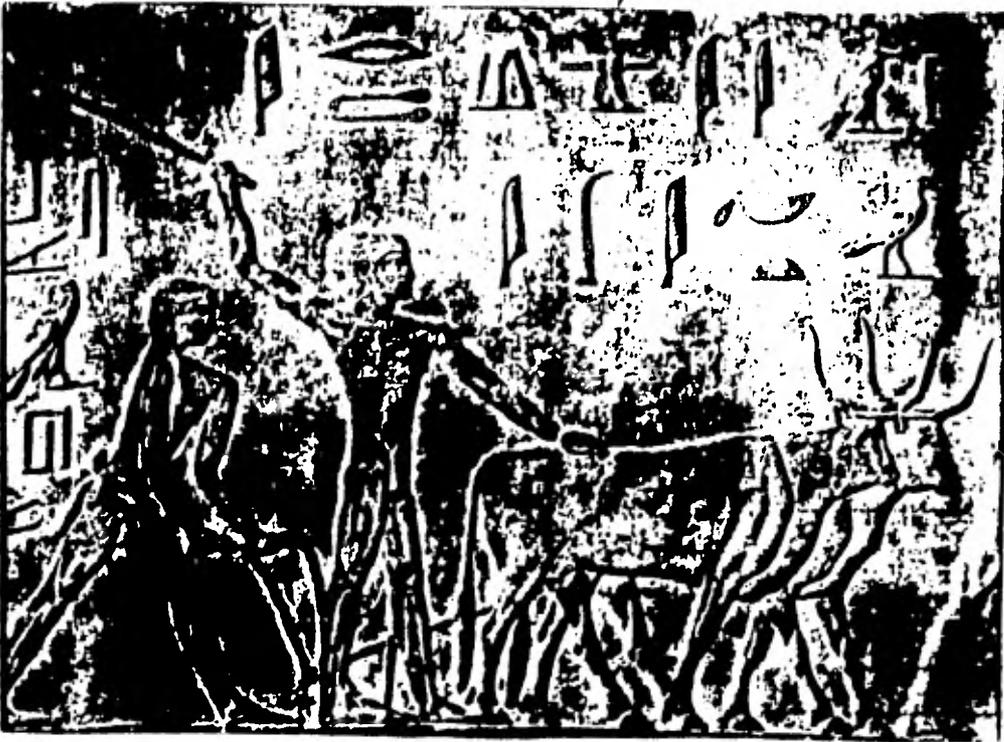


Fig 1.1. Grabado Histórico Egipcio de la Labranza

## I.2 PRINCIPIOS DE LA LABRANZA

Se llama labranza a la preparación del suelo para la sementera y al conjunto de operaciones necesarias para mantenerlo libre de malas hierbas durante el crecimiento de las plantas.

Los objetivos primarios y los fines fundamentales de la labranza se dividen en tres fases:

1. Preparación del terreno para la siembra.
2. Destrucción de las malas hierbas que puedan perjudicar la cosecha.

### 3. Mejoramiento de las condiciones físicas del suelo.

La labor básica de la labranza consiste en romper la capa arable del suelo para preparar una sementera adecuada. La remoción y mullimiento del suelo es la más antigua de todas las operaciones de la labranza y en ella se emplean los tipos de arados más variados.

En los tiempos prehistóricos se cree que el hombre empleaba herramientas toscas de madera y otros materiales que le servían para ejecutar la faena agrícola. Quizá la primera herramienta empleada para este fin, fuese una rama arrancada de un árbol. Posteriormente, el hombre aprendió a servirse del fuego y de herramientas hechas de piedra para construirse un útil con el que remover el terreno, partiendo de una rama en forma de horquilla, clavando uno de sus extremos de esta en el suelo y tirando el otro. Más tarde fué capaz de emplear la fuerza de los animales para arrastrar el arado.



Fig 1.2 Primer utensilio de madera utilizado en la labranza.

### I.3 HISTORIA DEL ARADO

Antiguos jeroglíficos y escrituras cuneiformes atestiguan que varios miles años antes de Cristo existía ya el arado. La historia nos cuenta que hacia el año 900 A. de J.C., Eliseo fue hallado "labrando con un arado tirado por doce yuntas de bueyes".

La Figura No. 1.3 nos muestra a un agricultor de Turquía Oriental manejando un arado de cinco yuntas. El arado de madera con reja metálica se ha venido usando durante varios siglos y aún hoy existen millones en uso.



Fig. 1.3 Agricultor de Turquía Oriental manejando un arado.

Las distintas partes del arado se ven en la figura No. 1.2 se unían una a otras con correas de cuero, ya que el hombre que lo sostiene no disponía de clavos, tornillos ni alambres.

El arado romano, que fué mejorado por el holandés, fué introducido en Inglaterra hacia el año 1730. El arado Essex, de alrededor de 1756, aparece ya con una vertedera de hierro. El arado de ruedas de Norflok de 1721, tenía la reja de fundición y la vertedera de hierro curvada. En 1760 aparece el arado reversible de vertedera curvada de Suffolk.

James Small, que escribió un libro sobre la construcción de arados en 1784, mejoró el de Rotterdam.

Los últimos años del siglo XVIII fueron testigos, en Inglaterra, del cambio del arado de madera por el de hierro.

En América, Thomas Jefferson y Daniel Webster figuran entre los primeros que introdujeron perfeccionamientos en el arado. En 1797, Charles Newbold, de Burlington, Nueva Jersey, obtuvo la primera patente de un arado de fundición, pero no tuvo éxito porque los campesinos se negaban a utilizarlo debido a la general creencia de que envenenaban la tierra. En 1814 Jethro Wood desarrolló un tipo de vertedera con una curvatura tal, que la tierra vuelta quedaba formando surcos uniformes. El primer arado de acero fué construido por John Lane en 1833 empleando tres trozos de una vieja sierra de mano. Posteriormente registró una patente de acero de alma dulce, que es el que se emplea hoy día para la construcción de vertedera. En 1837 John-Deer fabricó en Detour, Illinois, un arado de acero con la reja y la vertedera en una sola pieza, empleando como material una vieja sierra de molino. Diez años más tarde montó una fábrica en Moline, Illinois.

James Oliver patentó en 1868 un procedimiento para endurecer la fundición, transformándola en la que se conoce con el nombre de hierro endurecido en frío (fundición templada).

En 1856 M. Furley patentó un arado de ruedas de reja única provisto de asiento para el operario, y en 1864 F.S. Davenport patentó un arado hipomóvil de dos rejas, con asiento. Los arados de tres y cuatro rejas, requerían de 10 a 12 caballos para ser arrastrados.

Durante el último decenio del siglo pasado, los enormes arados de 10 y 15 rejas eran arrastrados por tractores de vapor, y en el primer decenio del siglo fueron movidos por grandes, lentos y complicados tractores de gasolina. Los primeros arados polisurcos iban equipados con elevadores mecánicos movidos a mano. En el segundo decenio del presente siglo se aplicó la fuerza mecánica para los elevadores, que vino a ser usada hasta que, en los años cuarenta, Ferguson desarrolló el conjunto integrado tractor-arado montado con dispositivo de elevación que está haciéndose cada vez más popular para trabajos en fincas de pequeña y mediana extensión.

El arado de discos fué desarrollado probablemente hacia 1890, y ya en 1895 lo encontramos incluido en los catálogos de maquinaria agrícola. Una de las primeras patentes de arados de discos fué registradas por M.A. e I.M. Caravth, de Bloomington, Illinois, pero quienes lo hicieron verdaderamente práctico, gracias a las reformas que introdujeron fueron J.K. Underwood, D.H. Lane y M.T. Hancock.

A partir del año de 1900 el desarrollo del arado de disco ha seguido el mismo camino.

#### I.4 LA AGRICULTURA MECANIZADA EN AMERICA

En la actualidad, la obtención de las cosechas dependen de la fuerza motriz y principalmente la del tractor.

En los primeros años de vida, los agricultores usaban herramientas de mano, como la hoz y la guadaña, para cosechar el grano. Bueyes lentos tiraban de su arado y más tarde y por más de un siglo usaron caballos y mulas para tirar de sus aperros de labranza.

En aquellos tiempos primitivos, el joven país crecía rápidamente. Las ciudades crecían debido a los mejores caminos, canales y ferrocarriles.

De esta manera se tuvo en poco tiempo más fincas agrícolas. Pero, al mismo tiempo no tardó en llegar el día en que la población total de las ciudades sobrepasaba a la del campo.

Más gente dependía del campo para comer y se necesitó más comida, no solo para nuestra propia población sino también para la de otros países que querían comprar. De esta manera la agricultura se convirtió en comercial; en un negocio de producir grano para vender, más bien que para consumo interior. Fue necesaria más y mejor fuerza motriz, ya que los campos y granjas eran mayores y no podían trabajarse a toda su capacidad con los pequeños implementos y fuerza animal. Aproximadamente en 1850 se empezaron a usar algunas máquinas mayores como la segadora y la trilladora de grano. Al principio las trilladoras se operaron con fuerza animal, pero esta no era satisfactoria, y antes de que pasara mucho tiempo, se usaron modelos primitivos de máquinas de vapor. Máquinas de este tipo eran estacionarias, no tenían propulsión propia sino que eran llevadas por caballos de un lugar a otro.



Fig. 1.4 Hombre trabajando con Guadaña

Poco antes de 1900, se inventaron las máquinas de vapor de propulsión propia. Unos cuantos agricultores, principalmente los que cultivaban trigo las usaron para arar, rastrear, sembrar y especialmente para trillar. Pero estas máquinas eran pesadas, voluminosas y costosas. No eran adecuadas para muchas de las operaciones requeridas en el campo; poco después de 1900, se pudo disponer de los primeros tractores de gasolina que también eran pesados y grandes, pero tenían cierta ventaja importantísima, de ser los primeros tractores con motor de combustión interna.

El tractor cargaba en sí suficiente combustible para un día de trabajo, mientras que la máquina de vapor necesitaba de personal extra que le acarreará combustible y agua.

A los pocos años se fabricaron tractores pequeños que se adaptaban mejor a las fincas familiares. Por el año de 1925, se empezaron a usar tractores para uso general, que fueron una piedra miliar en la historia del perfeccionamiento del tractor.

Con él, los agricultores pudieron cosechar cultivos sembrados en surco, y así fué como se hizo otra labor agrícola importante con el tractor. Después se montaron cultivadoras en el tractor, formando una sola unidad que disponía de la fuerza motriz y la herramienta.

### 1.5 INFLUENCIA DEL ARADO EN EL HOMBRE

Cuando el hombre se aferró a un palo curvado y empezó a arañar el suelo, dió el primer paso hacia la civilización. "A cada fase en el desarrollo del arado corresponde un avance en la civilización". El estudio de la historia del género humano, nos muestra que si es posible tener cultura careciendo de técnicas, pero no hay cultura posible sin el arado. Al principio un solo hombre, a pesar de dedicar a ello todo su tiempo y todas sus energías, podía labrar tan solo una mínima extensión de terreno. Hoy día, debido a los avances de la técnica, esta extensión ha sido considerablemente aumentada, por lo que un hombre puede producir más alimentos de los que son necesarios para su propio sustento, aportando el resto para atender a la alimentación de los que se dedican a otras funciones, por lo que podemos decir sin temor a equivocarnos que el arado es la base de la civilización. El arado es la herramienta primaria para la producción de cualquier tipo de cosecha y para la preparación de la sementera necesaria, constituyendo por lo tanto, la herramienta básica de cualquier instalación agrícola. Con el arado, la tierra se rompe y se disgrega en pequeñas partículas; la maleza existente puede dejarse sobre el terreno o cubrirse por completo. Aquel que no conozca la naturaleza del terreno, la influencia del agua, del aire y de la temperatura sobre sus condiciones físicas y la acción del arado sobre él, quizá piense que se trata de una herramienta muy sencilla, a la que no es preciso prestar gran atención; pero los que conocen las condiciones del terreno y los ajustes que se tienen que realizar al-

arado para obtener de él mejores resultados, saben que se trata de la herramienta más importante y completa a la que quizá es preciso atender con mayor precisión que a un motor de gasolina.

#### 1.6 BREVE HISTORIA DE LOS DISCOS AGRICOLAS

La rastra de discos es una de las máquinas de mayor aplicación en las fincas agrícolas.

La primer patente para una rastra de discos en los E.U.A. se obtuvo en 1867. Desde aquella época la sociedad o compañía Higganum, en Higganum, Conecticut, empezó a fabricar comercialmente rastras de discos.

Los discos que se usaron en 1866 eran planos y de filos completamente lisos. En ese año Jorge M. Clark, presidente de la Higganum Corporation, aplicó muescas curvas en los filos de los discos y empleó el término "escotados" para describir sus rastras de discos.

Las rastras de discos ordinarios, se hicieron muy populares en 1900.

En 1925 se proyectó la rastra de discos lateral para trabajar debajo de los árboles frutales.

## CAPITULO II

DIVERSOS IMPLEMENTOS UTILIZADOS EN LA LABRANZA

## II.1 INTRODUCCION.

- a) Referencia.
- b) Definición de implemento.
- c) Orientación al presente capítulo.

## II.2 IMPLEMENTO PARA LAS LABORES PRIMARIAS.

- a) Definición de labores primarias.
- b) Vertederas para arados.
  - b.1 Función principal.
  - b.2 Partes principales.
  - b.3 Tipos de arados de vertederas.
  - b.4 Accesorios principales para los arados de vertedera.
- c) Los discos para arados.
  - c.1 Funciones principales de trabajo.
  - c.2 Tipos principales de arreglos.
- d) El subsoleador.
  - d.1 Descripción general.

## II.3 IMPLEMENTOS PARA LAS LABORES SECUNDARIAS.

- a) Definición de labores secundarias.
- b) Rastras de discos.
  - b.1 Función principal.
  - b.2 Control de penetración.
  - b.3 Tipos de rastras de discos.
  - b.4 Tamaño de rastras de discos.
- c) Rastras de dientes con resorte.
  - c.1 Función principal.
  - c.2 Tipos de rastras de dientes y resortes.
- d) Rastras de picos.
  - d.1 Función principal
  - d.2 Tipos, tamaños, peso, capacidad y tiros.
- e) Pulverizadores, compactadores y mullidores.
  - e.1 Función principal.
  - e.2 Tipos y especificaciones.
  - e.3 Principios en los que se basa su funcionamiento.
- f) Cortadoras giratorias.
  - f.1 Función principal.
  - f.2 Principios en que se basa su funcionamiento.
  - f.3 Tipos.
  - f.4 Especificaciones.

## II.1 INTRODUCCION.

a) Una vez realizada la labor de investigación, en referencia con los antecedentes históricos, consideramos oportuno abordar en el presente capítulo, una visión general de los implementos, que son complemento en las labores tanto primarias como secundarias y en sí de la Labranza.

b) La definición de Implemento, es en sí orientada a partir del arte y oficio y cuyo significado es el de Herramienta.

c) En este capítulo, se presentarán los principales implementos agrícolas utilizados para la labranza, tomando en cuenta que dicho análisis, se enfoca directamente hacia las Labores Primarias y Secundarias. El análisis de dichos implementos, contendrá la información referente a la función, tipos y descripción general de los mismos.

## II.2 IMPLEMENTOS PARA LAS LABORES PRIMARIAS.

### a) Definición de Labores Primarias.

Se llaman implementos para las labores Primarias, al equipo utilizado para romper y mullir el suelo en una profundidad de 15 a 90 cm. y estos son: Los Arados de Vertedera, de Discos y los Subsoleadores.

### b) Vertederas Para Arados.

#### b.1 Función Principal.

El Arado de Vertedera se adapta al Laboreo de la mayoría de los tipos de suelos y sirve también para voltear y cubrir los residuos de las cosechas.

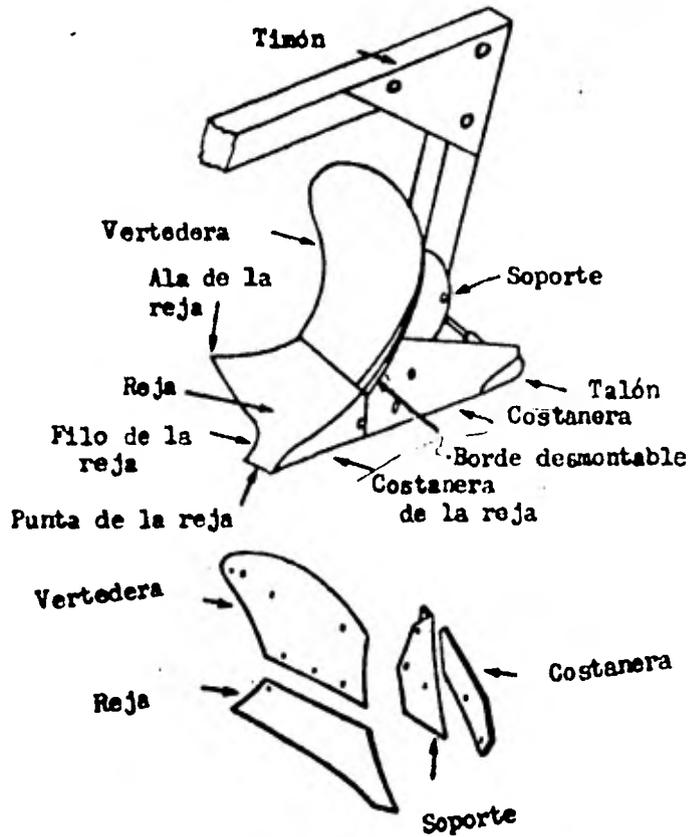


Fig. 2.1. Conjunto y despiece de un cuerpo de arado



Fig. 2.2. Clases de surcos hechos por distintos tipos de Arados

## b.2 Partes Principales.

### Cuerpo del Arado de Vertedera.

La parte del arado encargada de romper el terreno se llama cuerpo del arado (Fig. 2.1); está compuesto de las piezas necesarias para darle rigidez precisa, para elevar, voltear e invertir la tierra. Las piezas fundamentales del cuerpo son: La Reja, La Talonera o Dental (o un Resguardador), y la vertedera; que se fijan a una cuarta parte llamada rana o portacuerpo (Pieza-Soporte) de forma irregular. La cama o lagguero, también puede ir fijada a la rana.

Cuando se labra una tierra, el arado abre una zanja llamada surco (Fig. 2.2). La faja de tierra cortada, elevada y volteada sobre sí misma, se llama prisma. Cuando se inicia la labor de arado, en la primera pasada se abre un surco con su correspondiente caballón; en la pasada siguiente, un nuevo prisma de tierra será apoyado sobre el anterior, y así sucesivamente, pero el primero sobresaldrá siempre sobre los demás, constituyendo lo que se conoce con el nombre de lomo o cordón (Fig. 2.2). El surco abierto por la última pasada, al no caer sobre él nuevas bandas de tierra, quedará más ancho que los demás y recibe el nombre de surco suerte (fig. 2.2). El lado del surco correspondiente al costado opuesto a la vertedera, se denomina pared (Fig. 2.2). Según la forma de hacer la labranza, se pueden dar labores asurcadas o acaballonadas (Planas), cuando la tierra se labra por surcos contiguos solapando sucesivamente los caballones; y labor en tablas cuando se alternan los lomos sucesivamente con los surcos muertos o vados.

### La Vertedera.

Esta es la parte del arado que va inmediatamente de--

trás de la reja, cuya función es recibir el prisma de tierra - de la reja y voltearlo. Es la pieza más importante en el Arado, ya que sobre ella tiene lugar la rotura, desmenuzamiento y pulverización del prisma de tierra (Fig. 2.1). Algunas vertederas van provistas de un suplemento para que la tierra gire - más gradualmente y por completo (Fig. 2.3).

### Tipos de Vertederas.

En función del grado de pulverización de la tierra se tienen los siguientes tipos de vertederas:

- a) Vertederas para Rastrojos.
- b) Vertederas para Usos Generales.
- c) Vertederas para Tierras Negras.
- d) Vertederas para Roturación.
- e) Vertederas para gran Velocidad.

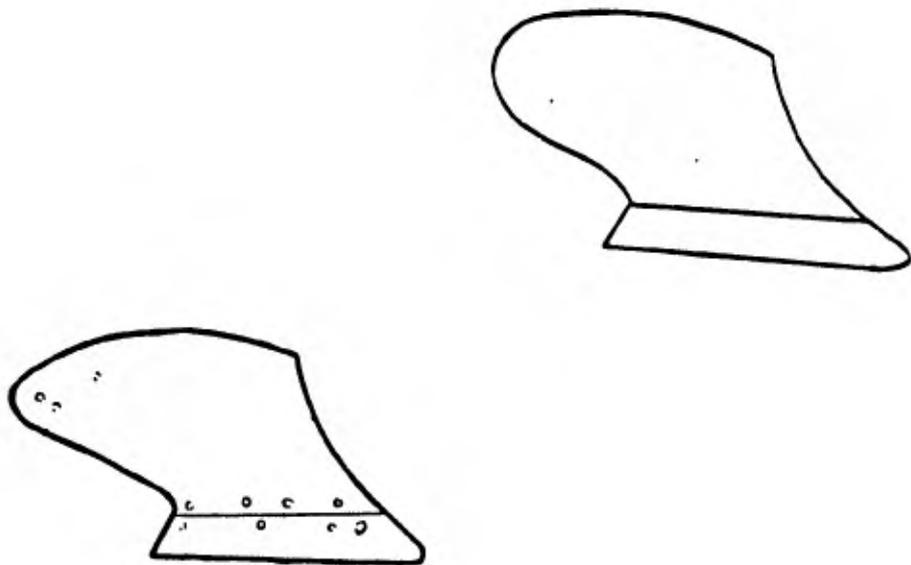


Fig. 2.3. Tipos normales de cuerpos de arado, de arriba abajo: de rastrojos, de uso general.

Pero esta clasificación no puede comprender todos los tipos existentes ya que cada fabricante se esfuerza por conseguir un modelo apropiado para todas las clases de terrenos; no obstante, aún no se ha encontrado ninguno que dé buenos resultados en todos los tipos de suelos. Un tipo especial, llamado Vertedera para Tierras Negras (Fig. 2.4), se emplea en Texas y otros lugares en los que la tierra se pega y apelmaza.

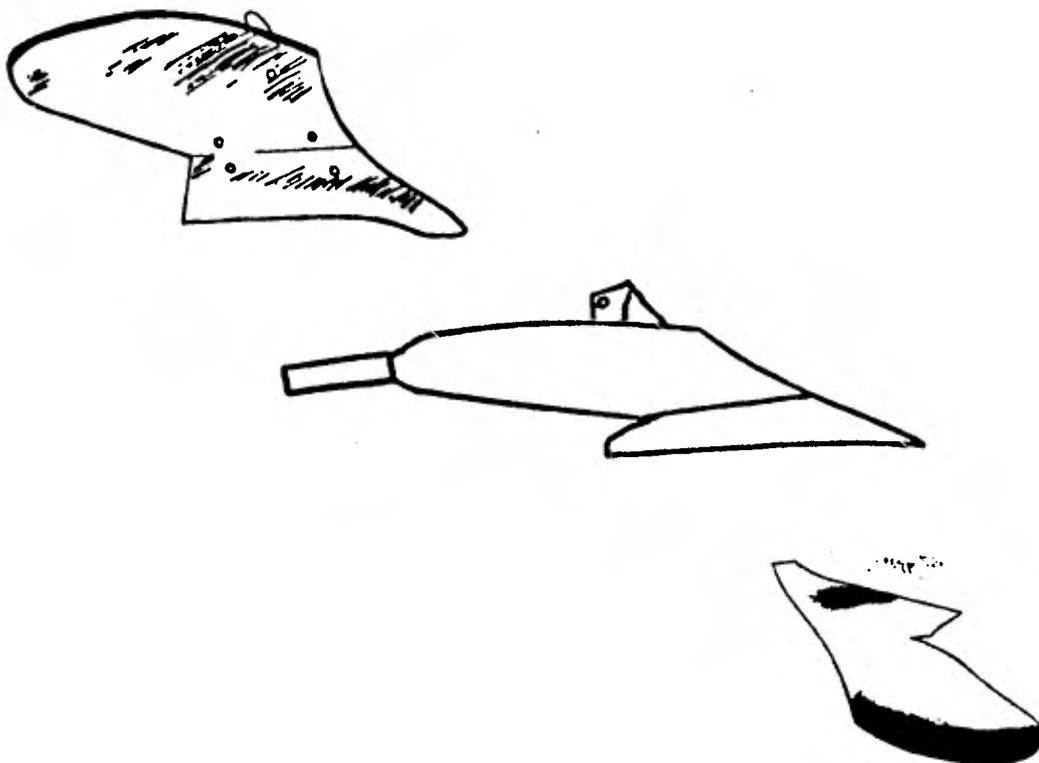


Fig. 2.4. Tipos especiales de cuerpos de arados. De arriba - abajo; de Alta Velocidad, de Labor Profunda, para Tierras Negras.

#### La Vertedera para Usos Generales.

Es una combinación de la vertedera para rastrojos y la vertedera para césped. Tiene menos curvatura que la primera y dado que se puede emplear con éxito en muchos tipos de te

rreno, se le conoce con el nombre de vertedera para Usos Generales.

#### La Vertedera para Rastrojos (Fig. 2.4)

Es más ancha y su curvatura es más pronunciada a lo largo del borde superior, por lo que la banda de tierra se voltea rápidamente, pulverizándose mucho mejor que con los demás tipos. Es adecuada para alzar terrenos que se labran cada año y al contrario de lo que ocurre con el arado para césped, los prismas solapan unos sobre otros.

#### La Vertedera De Roturación (Fig. 2.4).

Presenta una curvatura algo menor en el borde superior que la de uso general, y esta diseñada para lanzar el prisma de tierra solo lo suficiente para que solape sobre el anterior.

#### La Reja.

Es la parte del arado encargada de cortar la tierra con su borde. Su partes principales son:

- a) La Punta.
- b) El Borde Cortante.
- c) El Dental o Talón

Las rejas pueden ser:

- a) Regular con Talón.
- b) De 2 piezas y rectas.

### Tamaño de un Arado de Vertedera.

Se expresa por la distancia entre el extremo del ala-al del dental, medida perpendicularmente a éste. Los Arados - para Tractor suelen ser de 25 a 45 cm. Otros tipos especiales de destroce llegan hasta los 50 cm.

### b.3 Tipos de Arados de Vertedera.

De un modo general, los arados de vertedera para Tractor pueden agruparse en:

Arados de Vertedera Remolcados	Corrientes. Reversibles, Giratorios y Basculantes.
Arados Semimontados de Vertedera.	Suspendidos o Montados Corrientes. Reversibles, Giratorios y Basculantes.
Arados Alomadores Suspendidos	

### b.4 Accesorios para Los Arados de Vertedera.

El Arado de Vertedera constituye por sí mismo una unidad de Trabajo y se emplea de hecho en multitud de ocasiones - sin necesidad de accesorios, pero existe, no obstante, un gran número de aparatos que se emplean para ayudar el cuerpo de arado a realizar una buena Labranza. Entre estos accesorios es--tán las ruedas reguladoras, las cuchillas, las razetas y los - ganchos y alambres para ayudar a cubrir las malezas.

A continuación se presenta un diagrama general de Accesorios:

ACCESORIO	FUNCION
1. Ruedas Reguladoras	Mantener la profundidad de trabajo a un nivel uniforme.
2. Cuchilla	Cortar el prisma de tierra dejando una pared de surco lisa. Cortar la maleza.
3. Cuchilla de Disco (Fig. 2.5)	Misma que la cuchilla, pero con un corte más limpio. Cortar maleza con mayor facilidad.
4. La Cuchilla Circular Cóncava. (Fig. 2.6)	Mismas que: Cuchilla de Disco. Razeta Cuchilla pero con mayor facilidad.

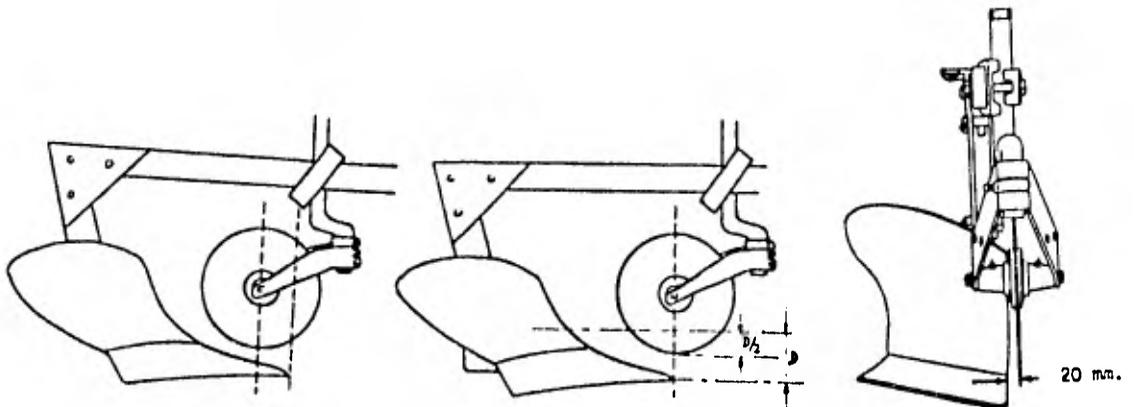


Fig. 2.5 Cuchillas de Disco y su colocación en relación con el cuerpo del arado.

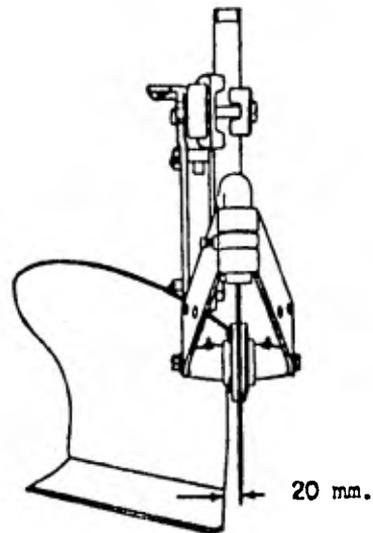


Fig. 2.6 Colocación correcta de una reza independiente.

Resumen: Arado de Vertedera.

Función: Realizar el Laboreo de la Mayoría de los -- tipos de suelos.

Voltear y cubrir los residuos de las cose-- chas.

Partes Principales: a) La Reja.  
b) La Rana,  
c) Vertedera.

Vertedera.

Función: Recibir el prisma de tierra de la reja y vol-- tearlo

Rotura, desmenuzamiento y pulverización del prisma de tierra.

Tipos Principales de Vertederas:

- a) Vertederas para Rastrojos.
- b) " " Usos Generales.
- c) " " Tierras Negras.
- d) " " Roturación.
- e) " " Gran Velocidad.

c) Discos para Arados.

El arado de Discos surgió como un intento para reducir el rozamiento contra el terreno, sustituyendo el cuerpo -- que se deslizaba por un cuerpo rotativo, pero los resultados -- obtenidos no son todo lo satisfactorios que eran de esperarse, ya que al necesitar este tipo de Arados de mayor peso o pesos adicionales para conseguir la penetración, se disminuye la ventaja inicial de tracción entre este tipo y el Vertedera.

c.1 Funciones Principales de Trabajo (Ventajas sobre la Vertedera).

1. En terrenos pesados y pegajosos que tienen gran dificultad en deslizar y en los que se ha formado solera endurecida por el repetido pase del Arado.

2. En terrenos secos muy duros, en los que es difícil la labor con Vertedera, por se imposible su penetración.

3. En terrenos pedregozos y con raíces que ocasionan roturas en los Arados de Vertedera, inconveniente que no se presenta en el Arado de Discos, ya que estos pasan rodando sobre el obstáculo.

4. En terrenos que por razones de su constitución, - el arado de vertedera no interviene la banda de tierra (Turbo-- sos, Matillosos).

5. Cuando se trata de realizar Labores profundas.

## c.2 Tipos Principales de Arreglos.

c.2.1. Remolcados

c.2.1.1. Normales

c.2.1.2. Arados-Grada

c.2.2. Semimontados o de Conexión Directa.

c.2.3. Suspendido o Montado.

c.2.1.1. Arado de Discos Normales Remol--  
cados.

Estos Arados van remolcados por el Tractor (Fig. 2.7), constan principalmente de tres ruedas, 2 de surco y una que va por la tierra sin labrar y un elevador. La función de la tercera rueda es principalmente de obtener la dirección del Arado.

c.2.1.2. Arado-Grada de Discos Remolca--  
do(Fig. 2.7).

Estos son una combinación del Arado de Discos Normal- y La Grada de Discos, recibiendo muy diversos nombres según -- las regiones donde se le localice.

Su principal aplicación es trabajar en pequeñas pro-- fundidades. Su velocidad es realmente pequeña ya que si traba-- jara a velocidades mayores de 6.4 Km/hr. exigiría mayor poten-- cia, pulverizaría en exceso la superficie del terreno y no de-- jaría maleza en la superficie para prevenir la erosión colíti-- ca.

Posee la ventaja de acoplar dispositivos para la siembra de Cereales y Prados

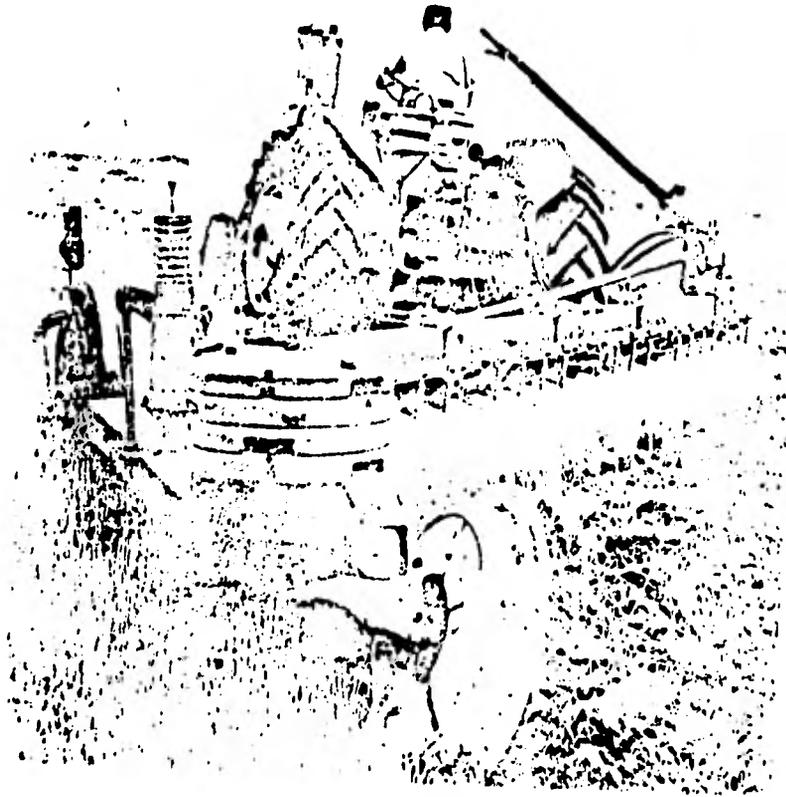


Fig. 2.7 Vista posterior de un arado-grada de discos.

#### c.2.2 Arado Semimontado o de Conexión Directa.

Son conocidos también con el nombre de semisuspendidos. En este tipo de Arados la conexión es directa con el tractor, con lo que se elimina la tercera rueda que marcha por tierra no labrada. Una rueda de surco soporta el extremo pos-

terior. Este tipo de Arado es compacto y fácil de manejar.

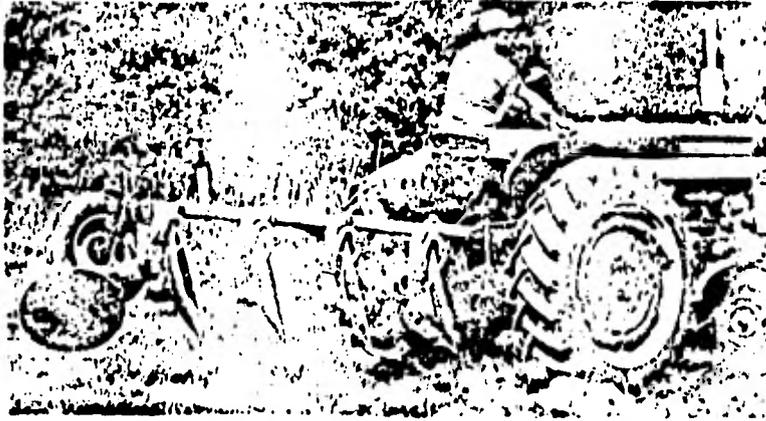


Fig. 2.8 Arado de cinco discos suspendido, en posición de elevado.

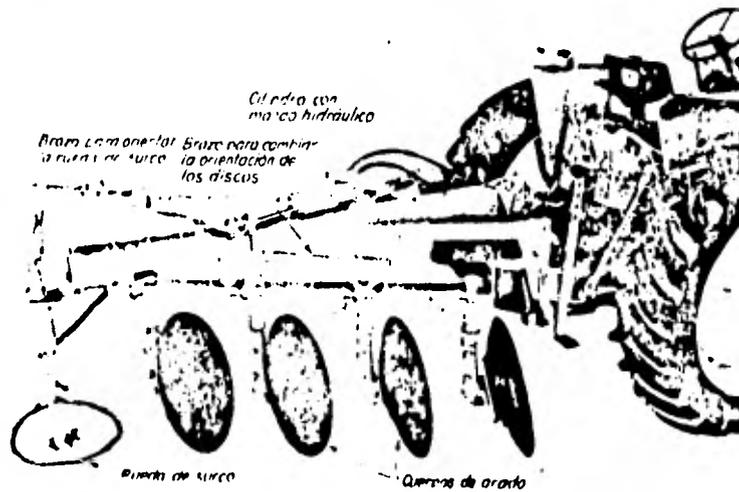


Fig. 2.9 Arado Reversible de Discos, de tres cuerpos, suspendido.

d. Subsoleadores.d. 1 Descripción General.

Los Arados Subsoleadores se fabrican con materiales - mucho más pesados, ya que se emplean para trabajar a profundidades de 50 a 90 cm. Para arrastrar un Arado Subsoleador de reja única, hendiendo a profundidad de 90 cm. en terreno de consistencia fuerte, puede ser necesario un tractor de 65 a 85 HP. El brazo del subsoleador es normalmente largo y estrecho, con una punta fuerte afilada (Fig. 2.10). Para Labores más profundas se emplean Arados de una sola reja, y para las de profund



Fig. 2.10 Tres tipos de brazos subsoleadores.

dad media, otros de dos o tres. En este tipo de arado los cilindros hidráulicos elevadores son de gran tamaño. Para faci-

litar el drenaje de terrenos que carecen de él, se suele em---  
plear una masa metálica en forma de torpedo que se engancha de  
trás de la reja de los Subsoleadores y que deja una especie --  
de tunel por donde puede correr el agua.

Los subsoleadores se fabrican tanto para ser remolca-  
dos como para ser montados (Figs. 2.11 y 2.12). También pue--  
den acoplarse brazos subsoleadores a barras normales portaúti-  
les de tractor.

Generalmente, el Arado de Subsoleo es un apero para -  
trabajos pesados, construido para operar a una profundidad ma-  
yor que la normal de labranza y para esponjar y desmenuzar el-  
terreno levantándolo desplázandolo.

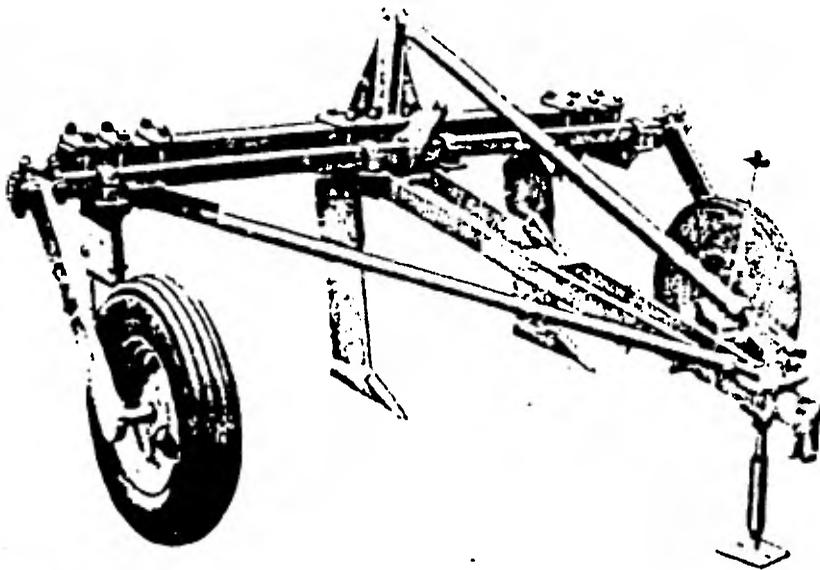


Fig. 2.11 Subsoleador de arrastre de tres brazos rectos,

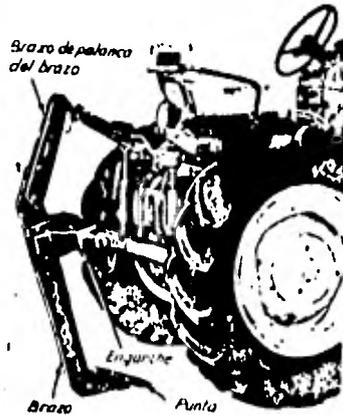


Fig. 2.12 Subsoleador suspendido, de un solo brazo.

### II.3 IMPLEMENTOS PARA LAS LABORES SECUNDARIAS.

#### a) Definición de labores secundarias.

Se les dá el nombre de labores secundarias, para significar las que se le dan al terreno a profundidades relativamente pequeñas. Las labores secundarias se hacen a continuación de las labores primarias más profundas. Es posible emplear aperos, usados en la realización de las labores primarias para efectuar las secundarias, tales como los arados de vertedera fija y algunos tipos de escarificadores de arrastre, a los que se adaptan los accesorios necesarios para trabajar el suelo a poca profundidad.

Los fines generales que persiguen las operaciones secundarias en la labranza son los siguientes:

1. Mejorar las condiciones del suelo, mediante una mayor disgregación de la tierra, antes de realizar la siembra.

2. Conservar la humedad mediante trabajos de verano en los barbechos destruyendo las malas hierbas y reduciendo la evaporación.

3. Cortar y cubrir los cultivos protectores de la erosión, los rastros y demás residuos de la cosecha anterior y mezclar la materia vegetal, con la capa superior del suelo.

4. Romper los terrones, afinar la capa superior del terreno y prepararlo para la mejor siembra y para la germinación de la semilla.

5. Destruir las malas hierbas de los barbechos.

Existen muchos tipos de máquinas, que pueden emplearse para las labores secundarias, tales como:

- a) Rastras de discos.
- b) Rastras de dientes con resorte.
- c) Rastras de pico.
- d) Pulverizadoras, compactadoras y mullidores.
- e) Cortadoras giratorias.

b) Rastras de Discos.

b.1 Función Principal.

Las rastras de discos, rompen los terrones, por medio de discos de acero. Mezcla el suelo, nivela la tierra, airea el suelo, prepara la tierra para sembrar o para arar. (Fig. -- 2. 13).

La rastra funciona de manera algo parecida al arado - de vertedera, ambos voltean la tierra en los surcos. Pero las rastras de discos hacen surcos pequeños, sus discos están separados menos de 25 cm. El filo delantero de los discos cóncavos corta los tallos y el suelo. Los de atrás funcionan como una vertedera giratoria, levantan la tierra y la empujan a un lado, la mitad de los discos se colocan con sus caras cóncavas afiladas en una dirección y la otra mitad en dirección opuesta. De esta manera las rastras de discos empujan el suelo en dos - direcciones.

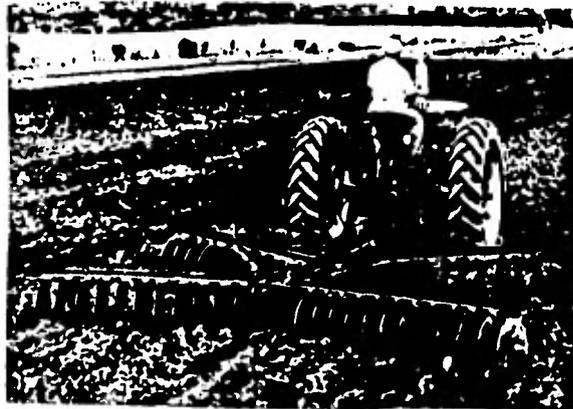


Fig. 2.13 Rastreo con una rastra de discos de doble sección.

### b.2 Control de Penetración.

Se pueden controlar las profundidades de penetración de discos con:

1. El uso de rastras más o menos pesadas.
2. Lastrado de rastras.
3. Variando la cantidad de discos por rastra.
4. La aplicación de fuerza hidráulicas, hacia arriba o hacia abajo.
5. El uso de ruedas de transporte y ruedas reguladoras de profundidad.
6. La utilización de discos afilados o rombos.
7. El uso de discos afilados grandes o pequeños.
8. El empleo de discos acotados.
9. La corrección del ángulo de los grupos de discos.

### b.3 Tipos de Rastras de Discos.

Existen dos tipos principales, el normal y el lateral. Las rastras normal, pueden ser de una sola sección (de efecto-sencillo) o de una sección doble llamada (tándem).

#### Rastras Ordinarias:

Las rastras de disco de un solo efecto, consiste generalmente de dos grupos. Un grupo es un conjunto de discos que giran todos juntos, con un eje o flecha común que pasa por sus centros.

Los modelos de dos grupos de una rastra de efecto sencillo, pueden variar el ángulo que forman. Al cambiar el ángulo, el eje forma un ángulo con la dirección del movimiento. Cuando los dos grupos se ponen en línea recta forman un ángulo

de 180 grados, cada grupo puede variar hasta 26 grados de la línea recta, siendo 20 grados el ángulo óptimo.

Para mover el suelo hacia la parte exterior, el disco cóncavo apunta hacia afuera, los extremos interiores (extremos convexos) se mueven hacia atrás para dar el ángulo deseado. (Fig. 2.14).

Las rastras de efecto sencillo, permiten cubrir una cantidad considerable de terreno. Una pasada puede ser suficiente para matar las malezas y facilitar que se seque el suelo.

Las rastras de efecto sencillo se hacen con anchura hasta de 3.35 m., las rastras de 4.57 m. ó más, tienen las secciones levantables para pasar por los lugares estrechos.

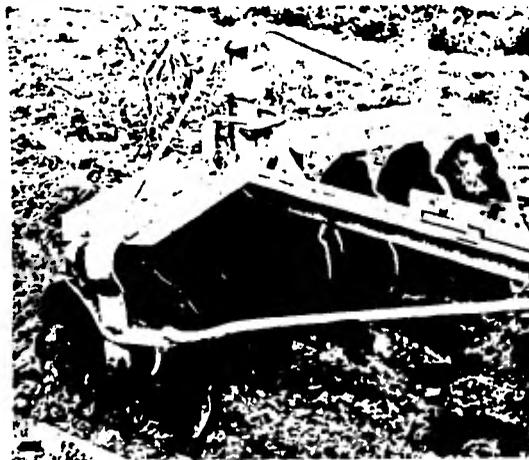


Fig. 2.14 Una rastra de discos de dos grupos de simple efecto, equipado con discos escotados, con un soporte central para el control de penetración.

Las rastras de efecto sencillo llevan de ordinario -- discos lisos. Pero para trabajos pesados pueden usarse discos escotados.

Las rastras para zacate y lodo, es una máquina para trabajo pesado para romper hierbas y pastizales. Corta profundamente a través de raíces, renuevos y hierbas. Los discos son grandes y pueden entrar mucho en el terreno, sin que los carretes intermedios arrastren o se atore la basura en ellos.

#### Rastras de dos Grupos o en Tándem:

El otro tipo de la rastra de disco ordinaria, es la de dos secciones, una camina detrás de la otra. Se les llama también rastras tándem o de doble efecto, porque la sección trasera vuelve a su lugar los surcos formados por la primera sección.

Los discos de la primera sección arrojan el suelo hacia afuera, a la izquierda y a la derecha. Los discos de la sección de atrás cortan por mitades los camellones formados por los discos delanteros y voltean la tierra hacia el centro, un efecto directo e inverso labrando dos veces la tierra.

Algunas rastras de discos de dos secciones pueden colocarse formando entre sí un ángulo de 0 a 20 grados, otros se fabrican formando un ángulo fijo, que se les llama de tipo rígido o de ángulo invariable.

Las rastras de conversión se pueden cambiar rápidamente del tipo de dos secciones, al tipo de sección única, quitando unos cuantos pasadores.

En algunos modelos, los grupos de discos se pueden conectar a un armazón elevador de rueda universal, la cual puede dar cabida a otro tipo de instrumentos de labranza.

### Rastras de Discos Compensadores:

Este tipo tiene dos grupos de discos. Un grupo está colocado detrás del otro, es como si fuera la mitad de una rastra tándem, pero los grupos están de forma diferente. (Fig. -- 2.15).

Las rastras compensadoras dejan el suelo a nivel. El surco que deja el último disco de las secciones de atrás, se llena a la vez siguiente. Este tipo puede trabajar muy cerca de arbustos y árboles con bajo ramaje. Con un enganche especial se puede mover el recorrido que hace la rastra a la derecha o a la izquierda el tractor.



Fig. 2.15 Rastra de discos cultivando una viña; obsérvese el armazón de protección, bajo y resistente.

#### b.4 Tamaño de las Rastras de Disco.

La mayor parte de las rastras se miden por el ancho de corte. Las rastras ordinarias de discos tienen un ancho de corte que varía de 1.14 a 3.66 m. La rastra para hojarazca y lodo es generalmente angosta de menos, de 1.82 m. A veces, con enganches laterales y tractores de oruga, se han usa-

do rastras con un ancho de hasta 11 m.

Otra manera de especificarlos es por el diámetro de los discos, la rastra normal emplea discos que varían de 40.6 cm. a 50.8 cm. de diámetro.

Las rastras para hojarazca y lodo generalmente, tienen 8 discos y otros tipos tienen 28 o más.

La separación de los discos, también se especifica. La separación establecida es de 17.8 cm. que produce un corte más profundo y tiene más espacio libre para que pase la hojarazca.

Las rastras de discos muy separados los llevan a 25.4 cm. de separación, algunos solamente a 23 cm. Los discos para hojarazca y lodo usan una separación normalizada de 26.7 cm.

El peso de una rastra indica a menudo su capacidad de trabajo. Se especifica como de peso normal o para trabajo pesado. Una rastra para hojarazca y lodo, de 8 discos de 61 cm. pesa aproximadamente 545 kg. otros con sistema elevador, de 1.52 m. de discos de tipo tándem pesan 308 kg. y una rastra de discos de una sola línea de 7.31 m. puede pesar 2970 kg.

### c) Rastras de Dientes con Resorte.

#### c.1 Función principal.

Las rastras de dientes con resorte, se emplean para preparar la tierra para sembrar. Nivelan y emparejan la tierra y trabajan bien en terrenos ásperos, con piedras. Rompen la costra del suelo y penetran a una profundidad hasta de 18 cm. Al voltear el suelo tienden a airearlo y calentarlo, preparándolo para recibir la semilla.

Esta rastra ya equipada con dientes especiales, se usa para cultivar la alfalfa. Los dientes angostos quitan las malezas que crecen a poca profundidad, y se deslizan alrededor de los mascollos de la alfalfa.

### c.2 Tipos de Rastras de Dientes y Resortes.

El tipo levadizo: Se pueden levantar con un enganche que forma parte del tractor. Algunas de las rastras levadizas pueden flotar detás del tractor, cuando está en posición de trabajo, y otras se mantienen a una profundidad, fija por su mecanismo hidráulico. (Fig. 2.16)

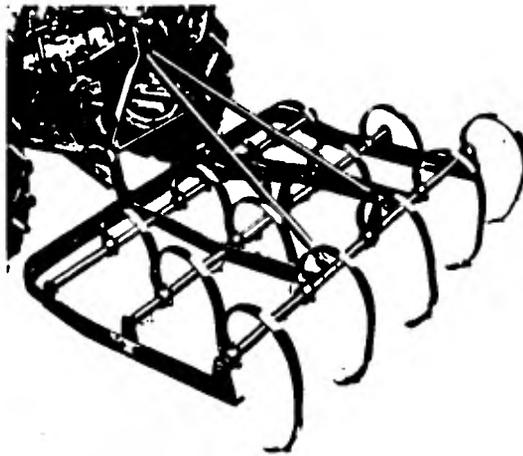


Fig. 2.16 Rastra de una sola sección tipo semimontada.

Las rastras levantables tienen una, dos o tres secciones. Geralmente cada sección es de 91 cm. de ancho, lo que permite trabajar sobre surcos muertos y terrazas. Pero algunas de las rastras levadizas son hasta de 2.74 m. de anchura por sección. Las secciones anchas de las rastras tienen generalmente cuatro barras para dientes. La sección convencional de rastras tiene solamente tres, algunas tienen solamente dos.

Las rastras de picos de arrastre con resortes, tienen dos tipos de deslizadores. Un tipo está unido mediante remaches o soldaduras al bastidor de la rastra. Los dientes se levantan para transportarla. Otro tipo tiene deslizadores ajustables para su transporte, toda la rastra se levanta bajando los deslizadores, generalmente por la acción del tractor. - - (Fig. 2.17).

La mayor parte de las rastras de resortes y dientes usan palancas y cuadrantes para levantar y bajar los dientes. Cada sección lleva una palanca, ya sea adelante o atrás. Algunas tienen un timón con corredera y pasador para levantar y bajar los dientes, al caminar el tractor hacia adelante o hacia atrás.

Los dientes están separados de manera de cubrir la mayor parte del terreno. Pero al compararlas, se puede elegir entre rastras con dientes separados o juntos. El límite, por lo que respecta al tamaño, número y secciones usadas, es la potencia del tractor, la profundidad del rastreo y la condición del suelo.



Fig. 2.17 Una rastra ajustable de patines, operada por tractor de dientes y resortes,

d) Rastras de Picos.

d.1 Función Principal.

La rastra de picos empareja y compacta la parte superior del suelo, llena los espacios de aire que deja en el suelo el arado, y rompe los terrones. Es una herramienta de acabado, que se usa antes de sembrar. También se emplea para cubrir las semillas pequeñas que se siembran al boleó. Es una herramienta excelente para cultivos de emergencia, para romper la costra que a veces forma la lluvia en la tierra y para destruir las malezas pequeñas. Ajustando los picos, de manera que apenas rocen el suelo, se puede usar para cultivar pequeñas plantas (Fig. 2.18).

d.2 Tipos, Tamaños, Pesos, Capacidad y Tiro.

Los dos principales tipos de rastras son: la rígida y la flexible. La sección de rastra rígida, tiene rieles extremos de una pieza que sostiene las barras de dientes, que hacen que todos cortes a la misma profundidad. (Fig. 2.19)

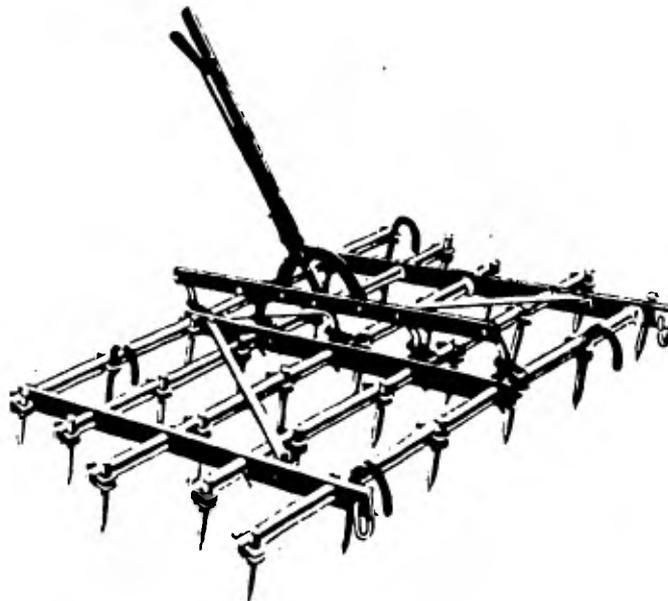


Fig. 2,18 Rastra de picos con extremos abiertos

La rastra flexible tiene rieles extremos unidos que - permiten levantarse verticalmente a las barras de dientes indi- viduales y pasar sobre los obstáculos. Este tipo se puede en- rollar como una alfombra para transportarla o almacenarla.

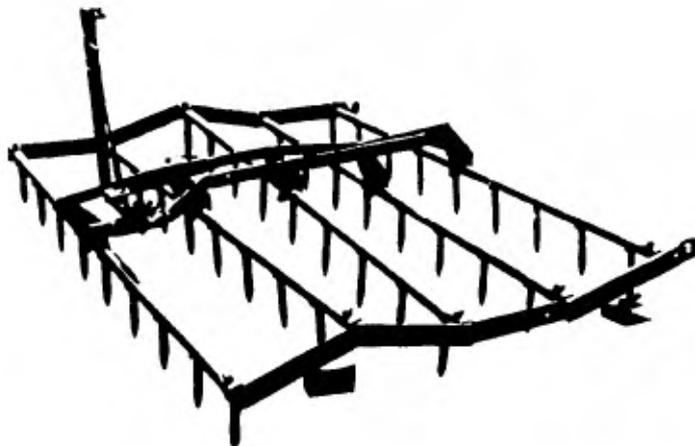


Fig. 2.19 Rastras de dientes de bastidor flexible.

Se puede obtener en modelos para montarse en el trac- tor o de arrastre.

Se cuentan diferentes tipos de bastidores. El tipo - de extremos cuadrados y cerrados, que tienen guardarieles en - los lados para evitar que se enganche en los árboles, arbustos o postes. También hay de tipo abierto, con barras de dientes - que sobresalen y finalmente, las rastras de extremos curvos ce- rrados.

Las rastras de picos, como los dientes con resortes, - vienen en secciones. Los anchos varían de 1.06 m. a 1.52 m. - La cantidad que se usa varía con la potencia disponible. Una - rastra muy grande puede tener seis secciones, 240 dientes y -- una anchura de 9 m., este tipo de rastras puede pesar 308 kg.

El promedio de las secciones pesa aproximadamente 45 kg., una sección para trabajo pesado 68 kg. (Fig. 2.20).

Las rastras de tipo levadizo elimina el tiempo que se gasta en limpiar las rastras, porque son más fáciles de levantar y limpiar de ramas, paja y hojarazca.

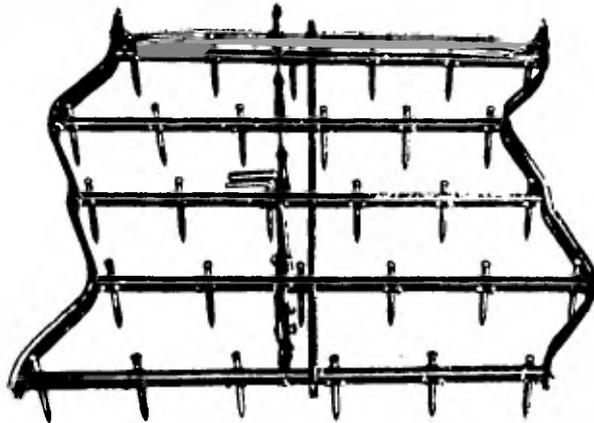


Fig. 2.20 Sección de rastra de picos con extremos cerrados.

e) Pulverizadores, Compactadores y Mullidores.

e.1 Función Principal.

Sirven para hacer las labores de acabado a la tierra que se va a sembrar.

El mullidor es una variación del pulverizador, el pulverizador es el mismo que se llama compactador. Los tres pulverizan los terrones y aprietan las partículas del suelo en pequeños surcos. Pero algunos pulverizan más que otros.

## e.2 Tipos y Especificaciones.

Los pulverizadores vienen en secciones sencillas y en secciones dobles.

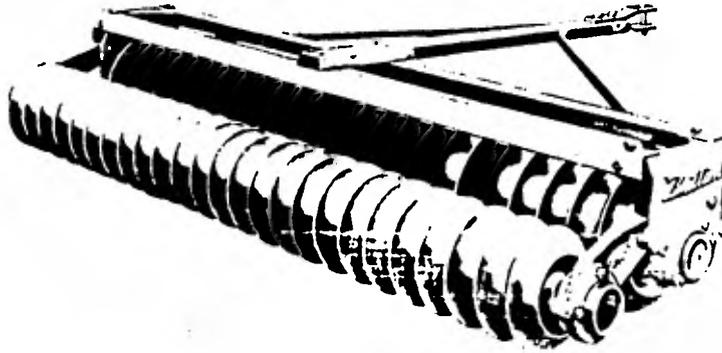


Fig. 2.21 Pulverizador tándem.

Los pulverizadores tándem (en donde una sección va --  
detras de otra), producen un mejor desmenuzado del terreno. --  
La filas de las ruedas de la sección trasera cortan en los came --  
llones que dejan las delanteras, produciendo un doble efecto.

Generalmente las ruedas de la sección trasera son me --  
nores que las delanteras; 38 cm., en las delanteras y 30.5 cm. --  
las traseras. Pero también hay con ruedas del mismo tamaño --  
adelante y atrás.

Los ejes de las ruedas de la máquina tándem, están --  
soportados por una caja de cojinetes, que permite una mayor --  
flexibilidad en terreno desigual.

Si se tiene una pulverizadora de una sola sección, se --  
puede conseguir extensiones de 0.91 a 1.50 m., para esta máqui --  
na. De esta forma se puede añadir pulverizadores cortos de --

1.22 a 1.52 m. a cada lado, y tener una máquina mucho más ancha, hasta 2.10 m. ó más de extra. (Fig. 2-22).

Se pueden elegir ruedas con filos diferentes y con -- filo liso, con filo aserrado o estriado y con filo ondulado. - Las ruedas al mismo tiempo que pulverizan, sirven de apoyo a - la máquina, se les puede llamar rodillos, porque su principal- objeto es compactar el suelo. Algunas máquinas tienen ruedas- dentadas. Estas son unidades pulverizadoras o mullidoras, que a menudo se usan en combinación con las ruedas de filo liso.

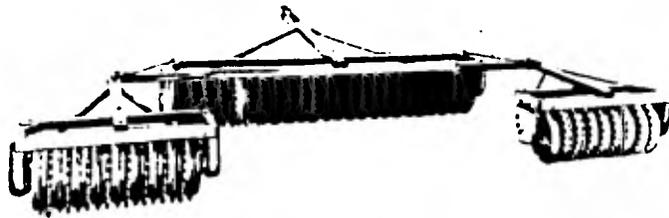


Fig. 2.22 Pulverizador de ruedas dentadas con extensiones -- laterales.

### e.3 Principios en los que se Basa su Funcionamiento.

La máquina rompe los terrones y compacta el suelo, -- después de haber arado o rastreado.

La máquina más sencilla consiste de un eje entre dos cojinetes, separados con ruedas de 10 cm., o ruedas dentadas. Pueden llevar hasta 38 ruedas. Las ruedas pueden girar lo mismo con el eje o sobre el mismo. Si solamente se usaran ruedas, la máquina debería llamarse compactadora. Si tiene el mismo tiempo ruedas lisas y ruedas dentadas, es un pulverizador. Tenemos que el compactador no trabaja bien en suelos húmedos y pegajosos; se llena de lodo. El pulverizador en su mismo trabajo se limpia mucho mejor.

#### f) Cortadoras Giratorias.

##### f.1 Función Principal.

Esta máquina tiene muchos nombres: desvaradora, picadora, segadoras de cuchillas, de martillos, etc. Estos nombres se refieren a cuchillas giratorias o cortadoras. El mejor nombre es cortadora giratoria.

Las cortadoras giratorias, cortan, rompen, quiebran, pican, siegan pulverizan, distribuyen y amontonan.

En el maíz, algodón, tabaco, deberán quitarse los rastrojos después de levantarse la cosecha, y de esta necesidad se encarga este tipo de máquina, trabaja mejor que los rodillos cortadores que les precedieron, ya que los cortadores giratorios trabajan mejor, tanto en cultivos verdes como secos. No dependen del suelo para cortar. Las aspas o cuchillas giran a velocidades, mayores de 1600 m., por min., rompen y pican los tallos y cañas en pedazos pequeños y además siegan el pasto.

Pueden cortar el follaje de las remolachas, podas de viñas y huertas, arbustos, zarzas, rastrojos, coberteras, pasturas y hierbas, con un costo de operación relativamente bajo.

f.2 Principios en los que se basa su funcionamiento.

Se basan en la alta velocidad que desarrollan las cuchillas giratorias. En algunas máquinas la rotación de un cilindro es el que hace el corte o picadura.

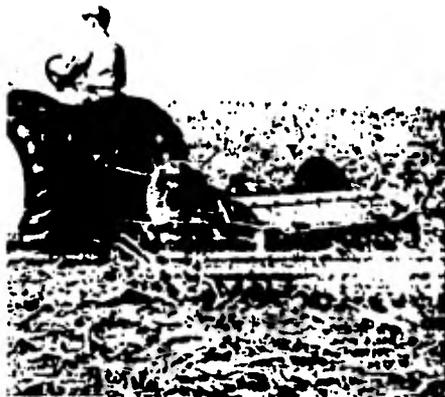


Fig. 2.23 Una cortadora del tipo de cilindro cortando tallos de maíz; esta cortadora tiene martillos en forma de "T"

En otras, hojas paracidas a una hélice (movidas por un eje o cubo) son lo que verifican el corte. (Fig. 2.24).

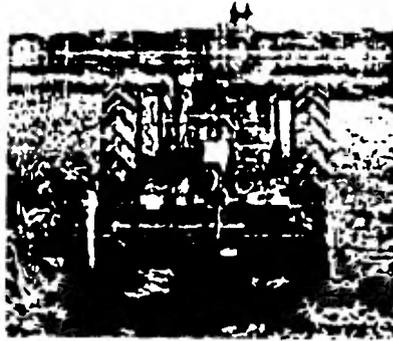


Fig. 2.24 Cortadora de Eje vertical cortando rastrojos de maíz.

Las hojas o cuchillas se mueven formando un círculo de 61 cm. y sus extremos giran a una velocidad de 1.83 m. por rev. Muchos cilindros o ejes giran a 1500 rpm. De modo que la cuchilla, martillo o aleta en su punta se mueve con una velocidad de 2740 m. por minuto, más de 161 Km. por hrs. Con esa velocidad la máquina debe permanecer cubierta; y además deberá estar bien equilibrada.

### f.3 Tipos.

Hay dos tipos principales: I) Las de arrastre.

II) Las montadas.

I) Las máquinas de arrastre generalmente, tienen dos o más ruedas posteriores. El timón ayudado de deslizadores en las esquinas delanteras ( en algunas ) soportan la parte delantera de la máquina.

II) La máquina montada puede tener un soporte de ruedas atrás, para usarse cuando el mecanismo hidráulico permita que la máquina se deslice. Este tipo tiene soportes de zapata en las esquinas delanteras. (Fig. 2.25).

Su usan dos tipos de cortadoras. La mitad de las máquinas aproximadamente, tienen un eje horizontal largo, con las aletas o martillos.

Cuando giran, este motor produce el efecto de un molino de martillos, al gopear en los tallos y hojarazca y dividirlos en pequeños pedazos. Los otros tipos tienen ejes cortos -- verticales u horizontales llamados árboles. Un extremo del árbol es movido por la toma de fuerza del tractor; el otro tiene una placa o cubo que lleva las cuchillas. En este caso, las cañas o tallos quedan cortados.

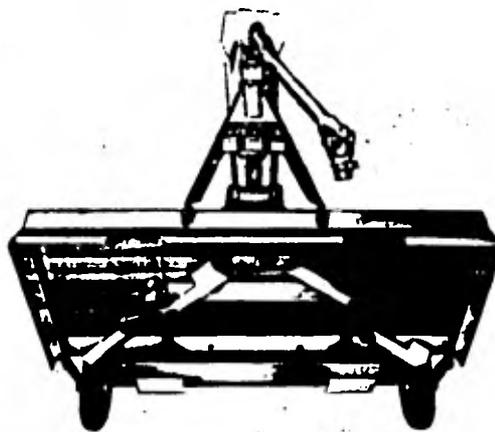


Fig. 2.25 Vista inferior de una cortadora de eje vertical, -- con dos ejes y cuatro cuchillas; la máquina se apoya en ruedas colocadas debajo de la tapa o cubierta.

El martillo giratorio o la cuchilla cortadora tienen algunas ventajas. Las de martillos giratorios se mueven verticalmente al rededor del tambor o del eje. Se puede subir o bajar este eje con lo que las aletas o martillos cortan cerca del suelo, aún hasta llegar a rozar el suelo. Trabajan bien en terrenos desiguales y pedregozos. También algunas cuchillas o martillos se hacen más cortos para cortar en el centro de los camellones. (Fig. 2.26)

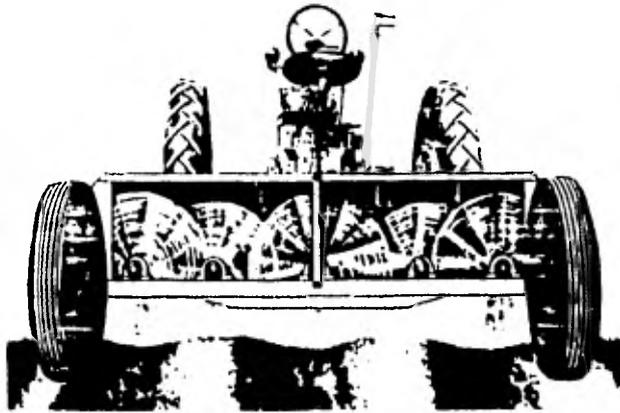


Fig. 2.26 Las superficies entre las hileras se cortan con las espas más largas en esta cortadora de 5 ejes.

Las cuchillas de las cortadoras de ejes verticales giran en un plano paralelo al terreno. No es aconsejable tener el eje tan bajo, que las cuchillas corten toda la longitud de los tallos, porque tropezarán con muchas piedras, terrones y troncos.

#### f.4 Especificaciones.

Los anchos de las máquinas varían de 1.22 a 3.66 m. y en peso oscilan de 272 a 816 Kg.

El tiro es pequeño, pero se necesita bastante potencia para operar los mecanismos cortadores con la toma de fuerza. Los caballos de fuerza dependen en gran parte de la densidad y tamaño del material que se va a cortar. La variación de potencia necesaria va de la que produce un tractor de uno y medio arados a la del tractor de tres arados. Si no se cuenta con la potencia suficiente, se pone el tractor a baja velocidad. Si se puede levantar el implemento con el sistema hidráulico se puede dar más de una pasada, bajándolo sucesivamente en cada vuelta.

CAPITULO III  
MATERIALES DIVERSOS USADOS EN LA FABRICACION  
DE IMPLEMENTOS AGRICOLAS

III.1 INTRODUCCION.

III.2 METALURGIA EXTRACTIVA.

III.3 METALURGIA QUIMICA.

a) PROCESO DE ALTO HORNO.

b) ACERACION.

b.1 DESCRIPCION DEL HORNO DE HOGAR ABIERTO  
(SIEMENS-MARTIN).

b.2 DESCRIPCION DEL CONVERTIDOR DE OXIGENO  
BASICO (BOX OUT FURNACE).

b.3 DESCRIPCION DEL HORNO ELECTRICO.

b.4 COLADA CONTINUA.

c) REDUCCION DIRECTA.

III.4 METALURGIA MECANICA.

III.5 ACEROS AL CARBONO.

### III.1 INTRODUCCION

Las propiedades principales y el rendimiento de un apro Agrícola dependen grandemente del tipo y calidad del mate- - rial empleado en su construcción. En la actualidad la tendencia de fabricación es orientada a eliminar la fundición en lo posi- - ble, empleando el acero estampado. Lo que produce una disminu- - ción del costo de fabricación en forma sustancial. Se reduce - así el peso de la máquina pero su fortaleza y duración se man- - tienen e incluso se incrementan. El éxito o falla de una herra- mienta depende frecuentemente del material empleado en su cons- - trucción.

Los materiales usados en la construcción de equipo - agrícola pueden clasificarse en:

Materiales	(	Ferrosos
	(	
Metálicos	(	No Ferrosos
	(	
	(	Madera
Materiales	(	Caucho
no	(	Cuero
Metálicos	(	Fibras Vegetales
	(	Plásticos

#### Madera

Su tendencia es a eliminarla como material de construc- ción debido principalmente a que esta no es muy duradera y a - que su costo y su disponibilidad en el mercado cada día es me- - nor, por lo que el acero la tiende a sustituir en la mayoría de los casos.

### Caucho

Este material puede obtenerse tanto a partir de árboles como de otros medios (sintéticamente). Para obtener las propiedades deseadas se han desarrollado composiciones especiales para cada caso. Su principal uso en el equipo agrícola, es para la producción de cámaras y cubiertas. También se usa para hacer correas planas y trapezoidales de transmisión y para el aislamiento de los cables de conducción eléctrica.

### Materiales Metálicos no Ferrosos.

#### Aleaciones

Se llama aleación a una sustancia que tiene propiedades metálicas y está compuesta por dos o más elementos químicos de los cuales por lo menos uno es metal. El número de aleaciones posibles es infinito. Se obtiene mediante la fusión de los metales normalmente. Los grupos más comunes de aleaciones son el bronce, el latón, metal Babitt, los aceros de aleación y aleaciones de aluminio.

#### Cobre

El cobre ocupa el tercer lugar en importancia comercial, inmediatamente después del hierro y el acero. Es un material muy bueno para conducir energía eléctrica y se puede laminar a espesores muy variados sin ningún problema.

#### Latón

Este se presenta normalmente como una aleación de cobre y zinc. El contenido de ambos componentes varía dependiendo de las propiedades que se quieran obtener de la aleación en cuestión.

Bronce

El bronce es en sí una aleación de cobre y estaño, no obstante con el fin de reducir el costo de la aleación se le añade zinc en pequeñas cantidades. Y recibe el bronce diferentes nombres en función del contenido o porcentaje de contenido de su componente adicional.

Metal Babbitt

Es una aleación a base de estaño que contiene pequeñas cantidades de cobre y antimonio. Un buen metal Babbitt para cojinetes de automóviles debe tener un 7% de cobre, 9% de antimonio y 84% de estaño. Se emplea principalmente para recubrir cojinetes.

Aluminio

Es un metal blanco con matiz ligeramente azulado. Es resistente a la corrosión y a la acción de la mayoría de los productos químicos. Es ampliamente usado para fundiciones ligeras en ciertos tipos de equipos agrícolas.

Zinc

El zinc es un elemento de tono azul blanquecino y aspecto cristalino, quebradizo cuando está frío y maleable entre los 110 y 120 Grados Centígrados. Se emplea principalmente como recubrimiento contra la corrosión.

Materiales Metálicos Ferrosos

Los metales ferrosos están constituidos por el hierro y sus aleaciones tales como la fundición, la fundición maleable, el hierro forjado, el acero, etc. La forma más sencilla de hacer piezas de forma irregular a partir de los metales ferrosos, es haciendo primeramente el molde y vertiendo en él, el me

tal fundido. Esta operación se conoce como fundición.

### Fundición

La fundición es un hierro que contiene tal cantidad de carbono o de un equivalente que no es maleable a ninguna temperatura.

Existen cuatro tipos de fundición:

Fundición Gris: El carbono está separado en forma de grafito.

Fundición Blanca: El carbono y el hierro están combinados.

Fundición Atruchada: Una mezcla de las dos anteriores.

Fundición Maleable: Esta fundición es una fundición blanca recocida en la que se ha separado el carbono sin llegar a formar grafito laminar.

### Fundición Endurecida en frío

Esta es un tipo de fundición que es vaciada en moldes especiales, que permiten que se enfríe primeramente el área en contacto y luego el centro de la fundición.

### Fundición Dúctil

Es éste un nuevo metal empleado para la fabricación de piezas destinadas al equipo agrícola, cuyo proceso de fabricación fué patentado en 1949. Principalmente consiste en adicionar en el caldero de colada, una aleación de magnesio a la fundición preparada para producir fundición gris, actuando el magnesio como desulfurizador y si es añadido en cantidades convenientes, produce carbono esferoidal en lugar de grafito laminar. Esta tiene muchas aplicaciones como, engranes, rejas de arado,-

dedos para segadoras, piezas especiales de las empacadoras de heno, abrazaderas de montaje para la rueda trasera o de surco de los arados, etc.

### III.2 METALURGIA EXTRACTIVA

La metalurgia es la ciencia y el arte de extraer metales de sus minerales, refinándolos, y preparándolos para sus usos. Los metales se extraen de las capas terrestres por secuencia de operaciones y procesos. Primero deben localizarse las capas de mineral y de igual forma su contenido, de tal manera que en conjunto sean provechosas las futuras extracciones de metal. El metal se extrae de la mina como mineral o como mezcla mineral, la cual contiene usualmente proporciones apreciables de minerales de desperdicio mezclados con los minerales metálicos valiosos. Para la mayor parte de los minerales, el siguiente paso, efectuado en plantas de tratamiento, es separar los minerales valiosos. El rechazo de los minerales de desperdicio, se realiza triturando y moliendo los minerales para separarlos unos de otros y después concentrar el mineral por procesos tales como concentración por gravedad, flotación por espuma, y separación magnética. Estas operaciones de tratamiento no implican generalmente, cambio en las identidades físicas o químicas de los minerales que han sido separados.

Los siguientes pasos para la extracción de los metales de los concentrados de mineral y su refinación son necesariamente de naturaleza química, y requieren la ejecución de una amplia variedad de reacciones químicas en gran escala. Muchos de estos procesos químicos se efectúan en hornos a temperaturas elevadas y algunos en soluciones acuosas, a temperatura ambiente; otros más, utilizan electricidad para producir cambios químicos. Normalmente, la producción del metal refinado final a partir del mineral en bruto implica una serie de tales pasos químicos.

Después de que se ha extraído y refinado el metal del mineral, sufre un tratamiento posterior para adaptarlo a su último uso. Por medio de aleación, trabajo y tratamiento térmico, el metalurgista físico controla las propiedades de los metales que determinan su utilidad. Los pasos para controlar las propiedades se integran normalmente con los pasos finales para la producción del metal, que rinde los productos y estructuras metálicas finales.

Entre las diversas actividades de ingeniería implicadas en seguir al metal después de haberlo localizado en las capas terrestres hasta el producto metálico final, podemos delinear a la metalurgia química como el campo de la ingeniería que se ocupa de la extracción de los metales de sus materiales en bruto y la refinación de los metales por medio de procesos químicos en una escala industrial.

#### Operaciones unitarias y procesos unitarios.

Los sucesivos pasos individuales para la producción de metal a partir de su mineral, pueden ser llamados Operaciones Unitarias y Procesos Unitarios. Estos términos fueron utilizados primero por los ingenieros químicos para designar las acciones unitarias en los procesos de manufactura de la industria en el ramo químico. En sentido amplio, la extracción de los metales puede ser considerada como ingeniería química, ya que las operaciones unitarias y los procesos unitarios en los dos campos, son similares y en muchos casos idénticos.

Las secuencias de las operaciones unitarias y los procesos unitarios son diferentes para cada metal; en efecto, usualmente hay una selección de procedimientos para extraer un elemento metálico determinado. Como resultado, se utilizan veintenas literalmente, de procedimientos para extraer metales. Sin-

embargo, cuando se examinan los procedimientos con esmero, se encuentra que consisten de diferentes permutaciones y combinaciones de un relativamente pequeño número de pasos unitarios. Debido a que el número total de estas operaciones unitarias y procesos unitarios es pequeño y que los principios básicos de la unidad son los mismos, independientemente de los materiales o metales particulares tratados, el concepto unitario es apropiado y lógico como la base para organizar el conocimiento de las artes de extraer y refinar metales.

La tabla (III-1) enlista las principales acciones unitarias para la extracción de los metales. Estas se dividen en dos grupos, que corresponden, aproximadamente, a la división del trabajo entre el tratamiento del mineral y la metalurgia química que ha sido habitualmente en el pasado. Como esta división es toscamente equivalente a la distinción del ingeniero químico entre operaciones unitarias físicas y procesos unitarios químicos, en la tabla (III-1) se utilizan las designaciones correspondientes. Sin embargo, una característica de la clasificación que tiene mayor importancia científica, es que los procesos unitarios implican primordialmente reacciones químicas y/o, cambios en estado de agregación, mientras que las operaciones unitarias no implican primordialmente reacciones a granel ni cambios de estado. Pueden utilizarse algunas otras bases de clasificación o aún se podrían evitar definiciones precisas, pero la anterior será tomado como base en el presente trabajo.

### Procesos Integrados

Un proceso integrado puede definirse como una secuencia coordinada de operaciones unitarias y procesos unitarios que en ciertos aspectos es autocompleta. Puede ser autocompleta en el sentido que representa todas las acciones en una fábrica, o en una sección de una fábrica en la que se hace un trabajo en

particular. Es secuencial y coordinada en que los materiales - fluyen de un paso al siguiente de una manera ordenada; el producto de un paso o etapa, sirve como carga de alimentación para el siguiente. Estos procesos integrados se describen convenientemente por medio de diagramas de bloques o de proceso.

Tabla (III-1) Operaciones Unitarias y Procesos Unitarios Principales para la extracción de metales.

<u>OPERACIONES UNITARIAS</u>	<u>PROCESOS UNITARIOS</u>
Agitación y Mezclado	Procesos Gas-Sólido (incluyendo Tostación, Calcinación, Reducción gaseosa y secado).
Trituración	
Cribado	Sinterización y Piroaglomeración.
Clasificación	Reducción de oxidos metálicos.
Separación de los sólidos de los fluidos	Fusión simple
Separación de los fluidos pesados	Fusión en alto horno
Cribado hidráulico	Conversión
Concentración de película fluyente	Refinado de Metales Líquidos.
Flotación y Aglomeración	Fusión y Licuación
Separación Magnética	Fundición y Solidificación
Manejo de Materiales	Destilación y Sublimación
	Procesos Hidrometalúrgicos
	Procesos Electrolíticos

#### Diagrama de proceso típicos

En la figura (3-1) se muestra un diagrama de proceso - típico para la extracción de hierro. Este diagrama de proceso - está muy condensado ya que la idea es mostrar únicamente los pasos principales y esenciales y los circuitos o caminos del flujo del material. Cada caso está indicado por un rectángulo, los

análisis químicos y los tonelajes relativos de los materiales - son proporcionados en las diversas etapas que pueda seguir el - flujo principal de los materiales a través del proceso. Estos - datos muestran una característica común de los procesos de ex-- tracción de metales, esto es, la separación paso a paso del me- tal de sus otros elementos químicos. La necesidad de varias ope- raciones unitarias y procesos unitarios en secuencias, proviene del hecho de que ninguna operación unitaria o proceso unitario- simple, es capaz de separar de todos los elementos asociados - con el mismo en el mineral. Aún si un proceso unitario pudiese efectuar- tal operación en una pasada, es probable que su utilidad estu- viese limitada, debido a que costaría más que una serie de pa- sos, designado cada uno a trabajar eficientemente sobre una par- te determinada del trabajo de operación.

### III.3 METALURGIA QUIMICA

#### a) Proceso de alto horno

Descripción del alto horno. Es una estructura casi ci- líndrica de acero, de diámetro y altura variables, forrado en - su interior con materiales refractarios con un espesor que varía de .90 a 1.50 M.

Los materiales que constituyen la carga del alto horno son:

- a) Mineral de hierro.
- b) Carbón de coke.
- c) Piedra caliza.
- d) Aire caliente.

Los productos obtenidos son: Arrabio, (también llamado hierro primario, hierro de primera fusión o hierro crudo), esco- ria y gas de alto horno.

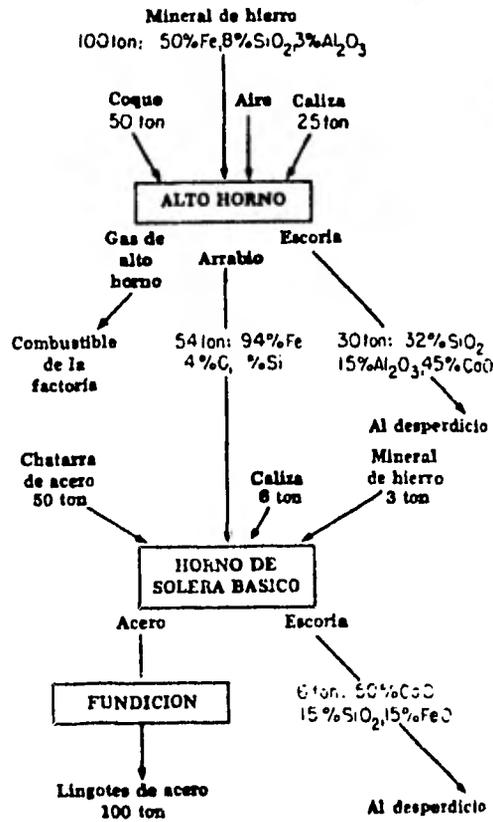


Fig. 3.1. Extracción del hierro y acero a partir de su mineral.

Para obtener el arrabio o hierro de primera fusión, es necesario remover el oxígeno del óxido de hierro, así como la ganga que contiene el mineral.

A continuación daremos las medidas de diferentes altos hornos, utilizados en AHMSA (Altos Hornos de México, S.A.)

Hornos	Diam.Crisol.M.	Vol.int.trab.M.	Alt. M.	Cap.nom.M.	Tem.soploC.
# 1	5.18	477	56	650	600
# 2	6.63	797	65	1,100	900
# 3	6.68	875	69	1,300	1000
# 4	7.50	1,033	75	1,550	1040

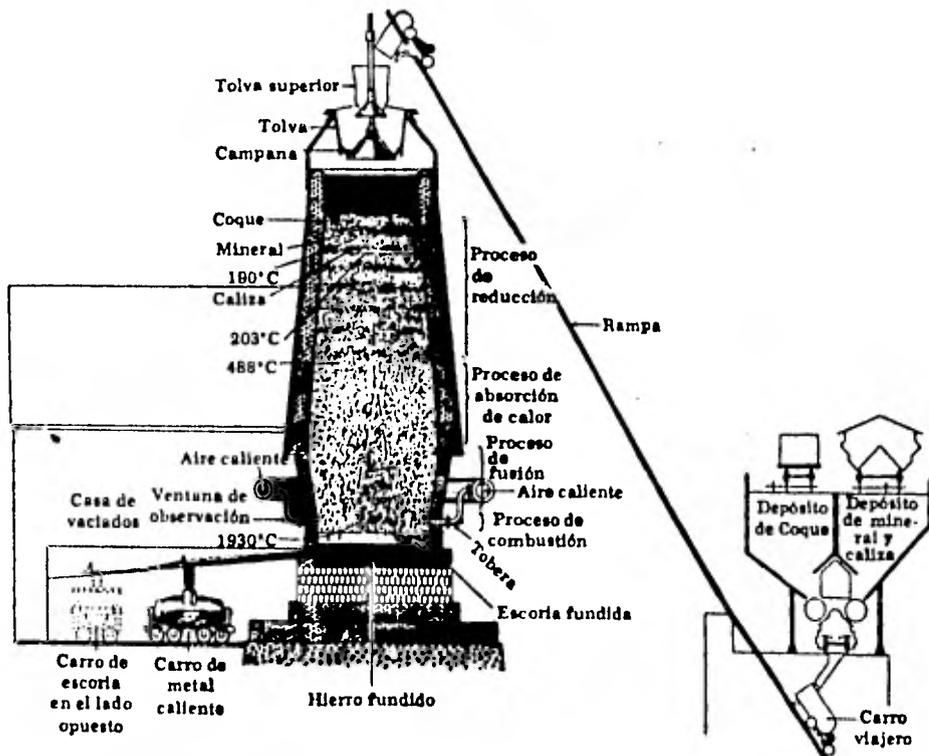


Fig. 3.2 Corte seccional de un alto horno

El método de obtención del arrabio, por medio del alto horno, es un procedimiento de reducción logrado por reacción pirometalúrgica, en el cual es necesario llevar los materiales a su estado de fusión, produciéndose la reducción del material y la separación de la ganga.

La carga del horno se compone de Sinter, (también llamado mineral fino aglomerado) mineral de hierro homogeneizado, un agente reductor que es el coke y los fundantes, piedra caliza y dolomita, que producen escorias fácilmente fusibles.

La temperatura elevada por la fusión de los materiales, se logra por la combustión de coke, agregando aire para proveer el oxígeno necesario. Para hacer más eficiente el proceso, el aire se calienta en recuperadores de calor, llamados estufas de Cowper con las cuales están equipados los altos hornos, para aprovechar los gases calientes de la combustión.

Todas las operaciones referentes a la preparación y carga de los materiales esta mecanizada. La carga una vez preparada, se manda a las tolvas cercanas al alto horno, luego pasan a un vagón para pesarla y de ahí a una vagoneta especial llamada Skip o esquite que lleva a la parte superior del horno.

Dentro del horno tienen lugar dos flujos contínuos, a contracorriente; de arriba hacia abajo desciende el mineral de hierro, coke y fundentes y de abajo hacia arriba suben los productos de la combustión del coke y el aire caliente.

Cada alto horno cuenta con un colector de polvos, lavadora de gas y un precipitador Cottrell, que separan mecánicamente con agua a contracorriente y electrostáticamente, los sólidos que contiene el gas que sale del horno.

También cada horno cuenta con un sistema de inyección-extra para combustible líquidos y gaseosos, a fin de reducir el consumo de coke.

Los consumos promedio por tonelada de metal caliente son:

Mineral	650	Kgs.
Sinter	1000	Kgs.
Coke	660	Kgs.
Fundentes	320	Kgs.
Chatarra de hierro	50	Kgs.
Energía eléctrica	15	KWH
Combustible líquido	42	Lts.
Agua	30	Lts.

Durante la operación de los altos hornos, se obtiene de 350 a 460 Kgs. de escoria por tonelada de metal caliente en forma de arrabio.

El arrabio no tiene aplicación directa como tal, salvo en la producción de lingotes pequeños que surten a las fundiciones de hierro. Pero la mayoría del arrabio se procesa en acero.

#### b) Aceración

La aceración se puede obtener en los siguientes tipos de horno.

- a) Horno de hogar abierto (Siemens-Martin)
- b) Horno de reducción de oxígeno (BOF).
- c) Horno eléctrico.

### b.1 Descripción del horno de hogar abierto (Siemens-Martin)

El proceso Siemens-Martin, no es en la actualidad el que ostenta la supremacía, pero es el más versátil, por la amplia gama de aceros que se puede obtener.

Tienen gran capacidad, empleando refractarios básicos, lo que permite mayor rendimiento del combustible líquido y la aplicación de sistemas para la inyección de oxígeno por medio de lanzas a través de las bóvedas.

En estos hornos se producen aceros de bajo carbono para hojalata y lámina, aceros de medio y alto carbono, así como aceros aleados para plancha, cinta para tubos de alta resistencia, además, aceros para perfiles estructurales, barras especiales y alambrón de acero.

#### Descripción del proceso

El arrabio, se transporta por medio de carros termo, los cuales lo depositan en un mezclador a fin de homogeneizarlo. Posteriormente se vacía del mezclador a una olla montada sobre un carro, de donde es izada por medio de una grúa viajera, que realiza la operación de carga.

En la carga de los hornos, además del arrabio líquido, se agregan porciones variables de chatarra, mineral de hierro y piedra caliza o cal, estos últimos utilizados como fundentes.

Los materiales sólidos son introducidos al horno por las puertas de carga del frente.

La descarga se realiza perforando el tapón que existe en la parte posterior del crisol del horno.

El acero líquido es recibido en una olla especial con revestimiento refractario, precalentada a 950°C. La escoria por ser más liviana, flota y se desvía a una olla de hierro gris.

En la olla de colada, se deja una capa de 7 a 10 cms. de espesor de escoria, para que actúe como aislante térmico.

Finalmente, la olla conteniendo el acero, es llevada por una grúa viajera, a la zona de llenado de lingoteras.

Los lingotes una vez extraídos de las lingoteras, operación conocida como descoquillado, son transportados al departamento de laminación en caliente o a los patios de almacenamiento.

Se requieren de 5 a 8 horas con oxígeno y de 8 a 12 hrs. sin oxígeno para producir una colada de aproximadamente 200 toneladas de acero. El tiempo que se requiere entre sangrados de una operación normal es de 9 hrs. La cantidad de escoria por tonelada de acero es de 227 Kgs.

#### b.2 Descripción del convertidor de oxígeno básico (Box Out Furnace).

La refinación del arrabio o hierro de primera fusión por el proceso B. O. F. se lleva a cabo en un recipiente semejante a una pera, llamado convertidor, revestido interiormente con refractarios básicos.

El recipiente es cerrado en su parte inferior y tiene una boca en la parte superior que puede ser concéntrica o excéntrica y cuyo diámetro es considerablemente menor que el diámetro máximo del convertidor.

La carga de arrabio líquido y chatarra, se realiza por la boca y ocupa sólo una pequeña parte del volumen total. La carga se refina por medio de un chorro de oxígeno inyectado a alta presión. (6 a 15 Atms.) mediante un tubo refrigerado con agua, que se encuentra instalado directamente arriba de la boca del convertidor.

Este tubo llamado lanza, está accionado por un mecanismo que le permite subir o bajar de manera que pueda situarse a corta distancia de la superficie del metal (1 a 2m.), a fin de que el oxígeno penetre en la carga metálica durante la inyección.

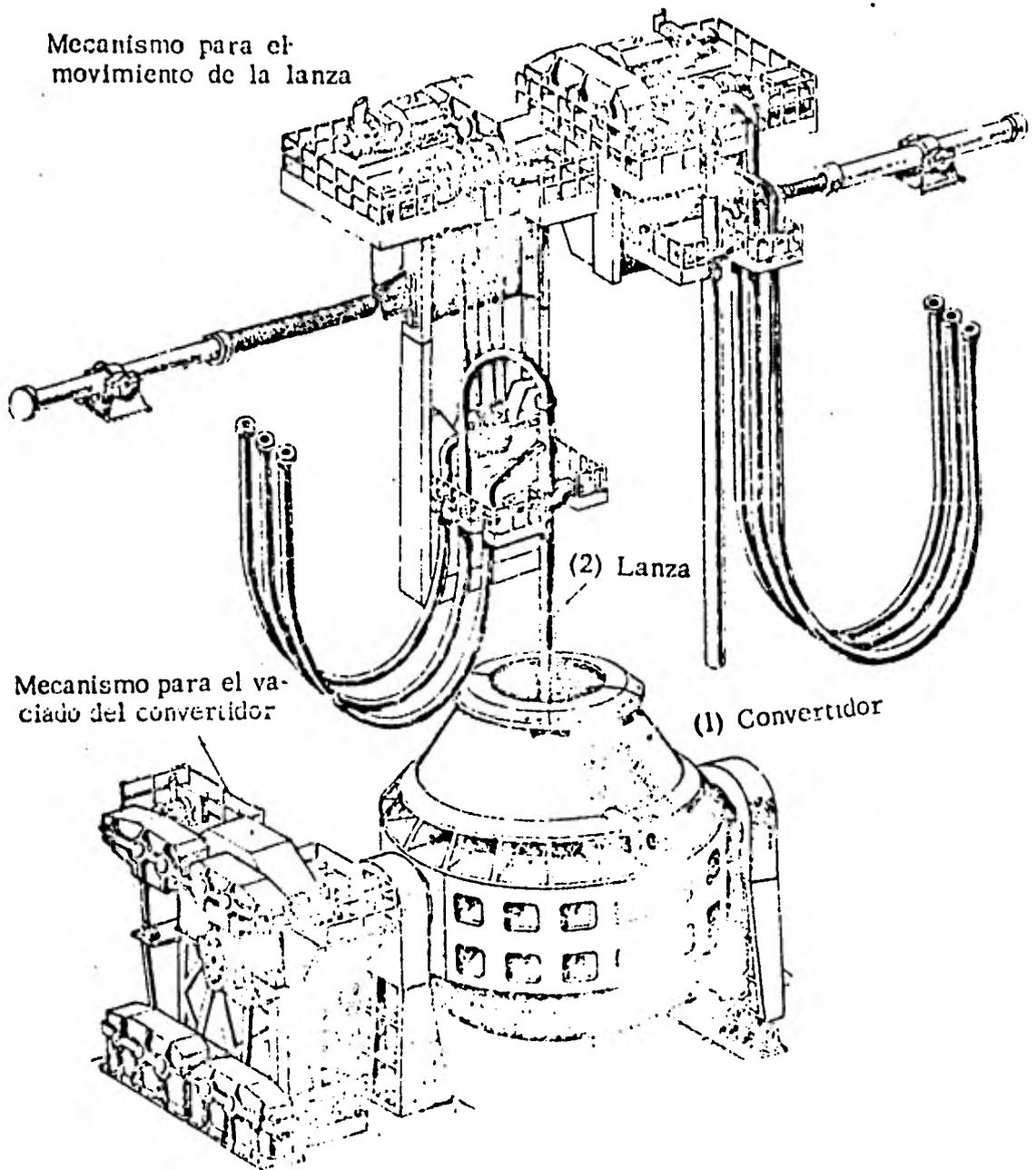


Fig. 3.3 Convertidor B.O.F.

El oxígeno inyectado forma un cráter y por las reacciones que ahí se originan, alcanza una temperatura de aproximadamente (4000°C). Las variaciones de la temperatura ocasionan una efervescencia en el metal que conjuntamente con el desprendimiento de monóxido de Carbono (CO) contribuyen a la mezcla de metal-escoria, ocasionando con ésto una aceleración en la refinación.

### Descripción del proceso

El proceso se inicia con la carga del convertidor, se carga la chatarra, en cajas especiales que alimentarán al convertidor. Estas cajas son pesadas en una báscula y colocadas en fila, para luego ser vaciadas.

Los fundentes que se adicionan son llevados a unas tolvas subterráneas, de donde son transportadas por bandas y vibrocanaletas a las tolvas de consumo diario. Luego los fundentes descargados en las tolvas dosificadoras, las que llegado el momento descargarán su contenido en el convertidor. Estas tolvas tienen un sistema eléctrico que pesa la carga e imprime el peso.

El arrabio es transportado a la acería por medio de carro termo, los que descargan el metal caliente en una olla colocada sobre una báscula, con objeto de controlar la carga de metal caliente. La olla una vez pesada, se lleva al convertidor y se vacía. En seguida se carga parte de la chatarra que se encuentra en las cajas previamente pesadas y se adiciona también un tercio de fundentes estimados, con todo esto se da por terminada la operación de carga. Ahora se coloca en posición la lanza de oxígeno y se inicia la primera parte del proceso que toma alrededor de 15 min. La segunda fase se inicia con la adición de la chatarra restante, en cuanto se terminan de hacer estas adiciones, se reanuda el soplado de oxígeno y simultáneamente se agregan fundentes hasta el final de la operación.

Esta fase dura de 3 a 5 min. por lo tanto la duración total del proceso es de 16 a 20 min. y el tiempo entre colada y colada, oscila entre 40 y 45 min.

El acero procesado en el convertidor, se vacía en una olla, en la que se adicionan las ferroaleaciones necesarias, según el tipo de acero a obtener.

El convertidor se inclina hasta vaciar todo el acero y en otra olla se recoge la escoria que se formó durante el proceso.

El vaciado de la olla se realiza por el fondo. El acero así colado, solidifica en la fosa o bien en vías de tránsito adyacente al taller, de donde una vez alcanzado su tiempo de reposo se lleva a la descoquilladora.

### b.3 Descripción del horno eléctrico

Los hornos eléctricos, tienen forma de un tazón o tetera provisto de un techo abovedado, en el cual se tienen tres perforaciones, para dar paso a los electrodos. El techo está abisagrado a fin de que pueda moverse hacia a un lado para permitir las operaciones de carga del horno. Además tiene una pequeña puerta de carga opuesta al vertedor y los mecanismos necesarios para subir y bajar los electrodos y accionar el mecanismo basculante que permite la descarga del acero a través del vertedor. Los hornos eléctricos de arco directo, son aquellos en los cuales se forma el arco eléctrico entre los electrodos de grafito y la carga, alcanzando temperaturas de aproximadamente 3500°C.

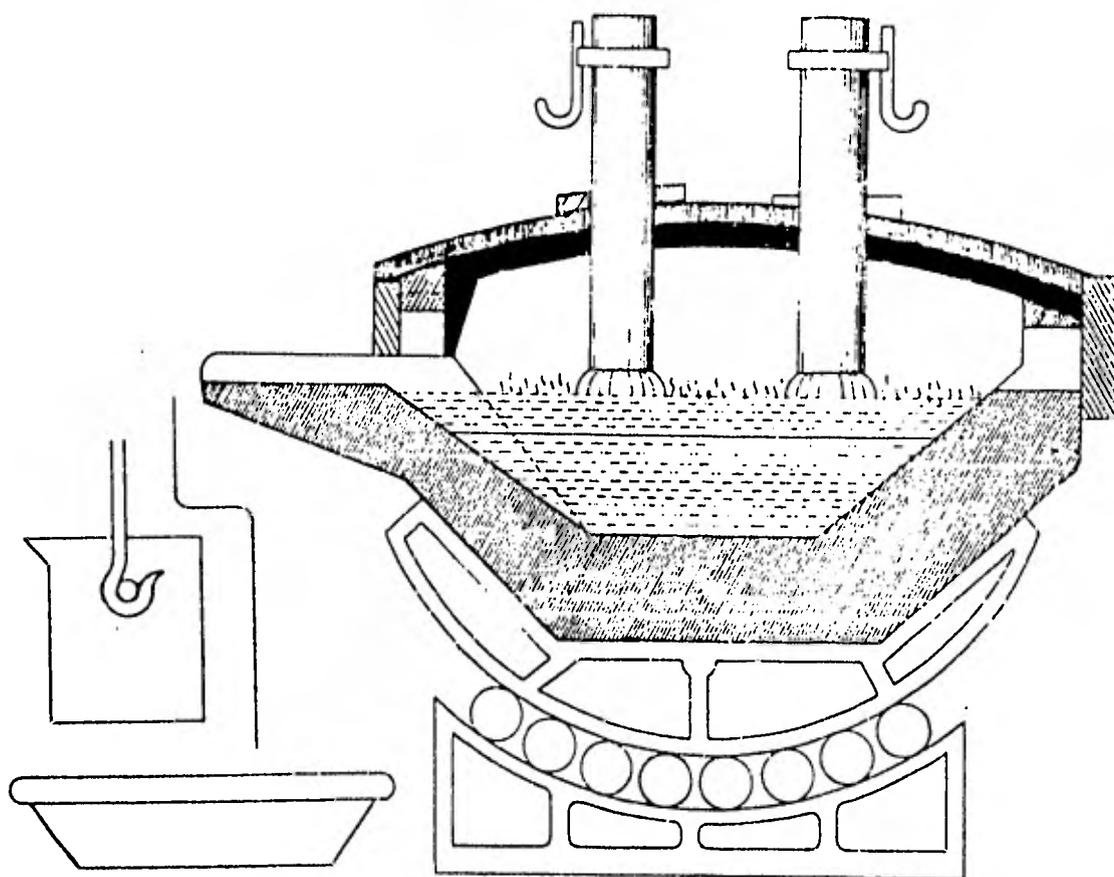


Fig. 3.4 Corte seccional de un horno

#### Descripción del proceso

Una vez que ha sido descargado el horno y vuelto a su posición de operación, se acciona el mecanismo que mueve a un lado el techo y se inicia la operación de carga mediante una tolva de fondo móvil.

La carga se compone de chatarra, hierro esponja y los fundentes necesarios.

Una vez cargada la chatarra, se bajan los electrodos - hasta establecerse el arco eléctrico entre éstos y la carga con lo cual se inicia el proceso de fusión.

La carga total del horno se completa en tres etapas - sucesivas, las cuales se van depositando a medida que se van - fundiendo los materiales de carga anterior.

La primera etapa de la carga se realiza en la forma - convencional y una vez fundida esta parte, se continua alimentando hierro esponja, a la misma velocidad de fusión, simultáneamente en forma gradual, se agregan los fundentes necesarios.

El óxido ferroso ( $FeO$ ) del hierro esponja, reacciona - con el carbono realizando la metalización adicional equivalente, y al mismo tiempo se elimina el fósforo y la disminución del - carbono al nivel deseado, por medio del baño de acción continua, por lo que en realidad la mayor parte de la refinación se efectúa al mismo tiempo que la fusión y sin requerir casi nunca la - insuflación de oxígeno.

Una vez terminado el proceso de aceración, se toman - dos muestras de aceración que son enviadas al laboratorio, en - menos de un minuto se hacen las correcciones necesarias en el - análisis del acero a fabricar, se procede a eliminar la escoria, que está en la superficie del baño y es la primera en derramarse. A continuación el acero líquido se recibe en una olla de colada (previamente calentada a  $950^{\circ}C$ . aprox.) la cual mediante - una grúa viajera es llevada a la zona de lingoteo o a la máquina de colada continua.

En un horno de 100 tons. de capacidad, los tiempos de - operación y los consumos son aproximadamente los siguientes:

Tiempo de fusión	153 minutos
Tiempo de refinación	15 minutos
Tiempo de vaciado, reparación y I/a carga	30 minutos
Tiempo de colada a colada	198 minutos. Para 92.2 TAL.

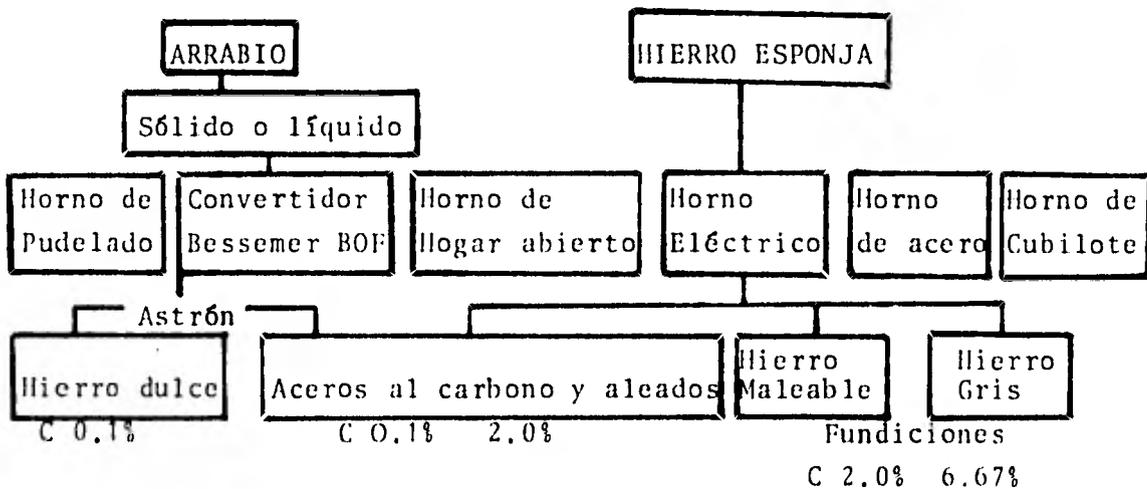
(tons. acero líquido)

#### Consumos

a) Merma	6.0 %
b) Electrodo	5.0 Kgs./TAL.
c) Energía	642 KWH/TAL.
d) Magnesita	2.4 Kgs./TAL.
e) Dolomita	9.0 Kgs./TAL.
f) Cal.	5.7 Kgs./TAL.

#### Refractarios

Revestimiento	162 Kgs./colada.
Tapas	70 Kgs./colada.
Mano de obra	0.9 HH/TAL.



Tipo de Horno	Combustible	Tipo de refractario	Atmósfera Disponible	Aplicaciones
(1) Alto Horno	Coke			Obtención de Arrabio
(2) Hogar Abierto Siemens Martin	Gas natural, coke gas A.H.	Acido o Básico		Aceración
(3) Convertidor BOF carbón, aceite	Oxígeno Aire	Básico		Aceración
(4) Eléctrico de electrodos	Electricidad	Acido o Básico	Vacío o gas inerte	Aceración Fusión de aceros
(5) De aire o de reverbero	Aceite gas natural	Acido		Hierro fundido Metales no férreos
(6) Eléctrico de arco indirecto	Electricidad			Hierro fundido Metales no férreos
(7) Eléctrico de - inducción, al- ta y baja fre- cuencia.	Electricidad	Acido o Básico	Vacío o gas inerte	Aleaciones Esp., me- tales de alta pure- za, hierro, fundido metales no férreos.
(8) Cubilote	Coke	Básico		Fundición gris.
(9) De crisol	Gas, coke electricidad	Grafito, carburo - de si. hie rro gris.		Metales no férreos.

#### b.4 Colada. Contínua:

El acero líquido se cuela del horno a una olla de colado que tiene forma de cubeta y está construída de placa de acero y revestida en su interior con material refractario. Esta olla tiene en la parte de abajo una boquilla también refractaria con un orificio en el cual ajusta un tapón de grafito accionado por un mecanismo externo.

En esta forma abre y cierra para ir haciendo el vaciado.

Cuando se usa el sistema de lingoteo, el vaciado puede efectuarse con acero calmado o sea completamente desoxidado en el horno o en la olla o con acero efervescente que hierve en las lingoteras al completarse en ellas la desoxidación, pero acaba por solidificar quietamente. También puede ser acero semicalmado y acero matado o tapado.

La olla que contiene el acero se lleva a la fosa de colada, por una grúa que la coloca por encima de las lingoteras y por medio de un mecanismo manual, el acero es descargado hasta llenar la lingotera o coquilla. El acero así colocado, solidifica dentro de las lingoteras en la fosa o bien en vías de tránsito adyacentes al taller, de donde una vez alcanzado su tiempo de reposo, es transportado hasta la descoquilladora.

Por la forma del vaciado en las lingoteras, se distingue el vaciado por arriba y el vaciado por abajo o en fuentes.

Cuando se utilizan varias lingoteras y se vacía por el centro, se llama vaciado en estrella.

Las lingoteras son de hierro gris y se utilizan un gran número de veces.

Las lingoteras por su forma, pueden ser de conicidad normal en "A" o de conicidad invertida en "V" teniendo las primeras el extremo más ancho abajo y las segundas arriba. Esta conicidad (salida) permite una extracción fácil del lingote. En los lingotes de acero calmado, se forma durante su solidificación un rechupe o cono de contracción, que sólo puede evitarse mediante el uso de "cabezas calientes" o mazarotas como es usual en el vaciado de lingotes de aceros especiales.

Suelen usarse materiales exotérmicos para el molde de las cabezas calientes.

Los lingotes se marcan para identificarlos con su análisis químico y se procesan para obtener los productos semiacabados, o acabados.

Colada continua. Este sistema empezó a utilizarse comercialmente en la década de 1930 a 1940, y con él pueden obtenerse directamente secciones menores que las de los lingotes, equivalentes a materiales semiacabados, como son palanquilla, planchón, tocho, redondos y secciones especiales.

El proceso es el siguiente: El acero líquido de la olla se va vaciando sobre un "distribuidor" el cual consiste en una caja revestida con refractario, y que sirve para regular el volumen, la presión y la velocidad del acero a la entrada de los moldes.

Del distribuidor cae el acero líquido a uno o varios moldes de cobre, abiertos por arriba y por abajo, los cuales están oscilando en sentido vertical.

El acero va solidificando a lo largo del molde ayudándole las oscilaciones a ir saliendo por la parte de abajo. Los-

moldes son enfriados con agua.

Abajo de cada molde se encuentran varios juegos de rodillos motrices que extraen la palanquilla, o planchón a una velocidad determinada.

La salida de los productos de la colada continua puede ser vertical u horizontal. En el segundo caso, el material aún caliente se dobla por medio de otros rodillos y ya horizontal se endereza. En ambos casos los productos se cortan a longitudes predeterminadas (generalmente de 6 a 10 mts.) por medio de sopletes a la salida de la máquina.

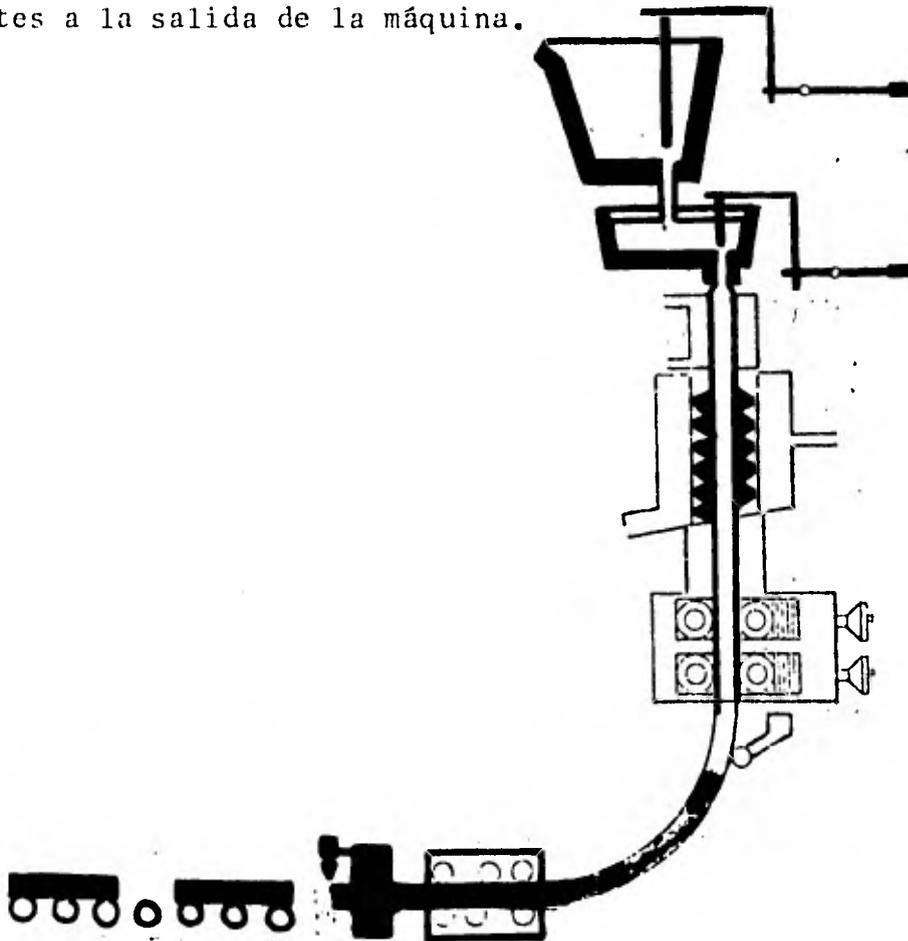
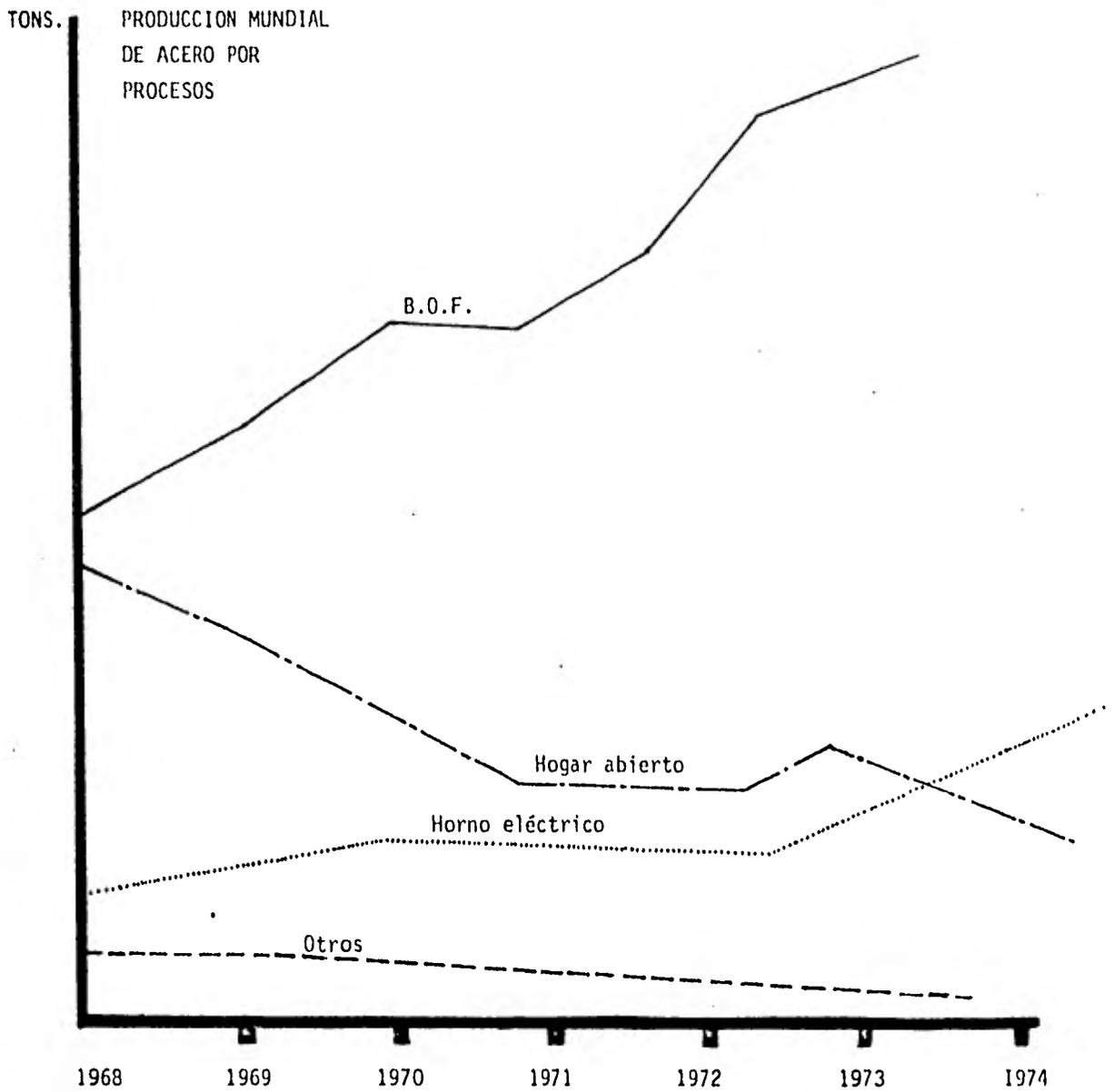


Fig. 3.5 Diagrama de una colada continua



Grafica 3.1 Tendencias Generales de los diferentes hornos para la aceración.

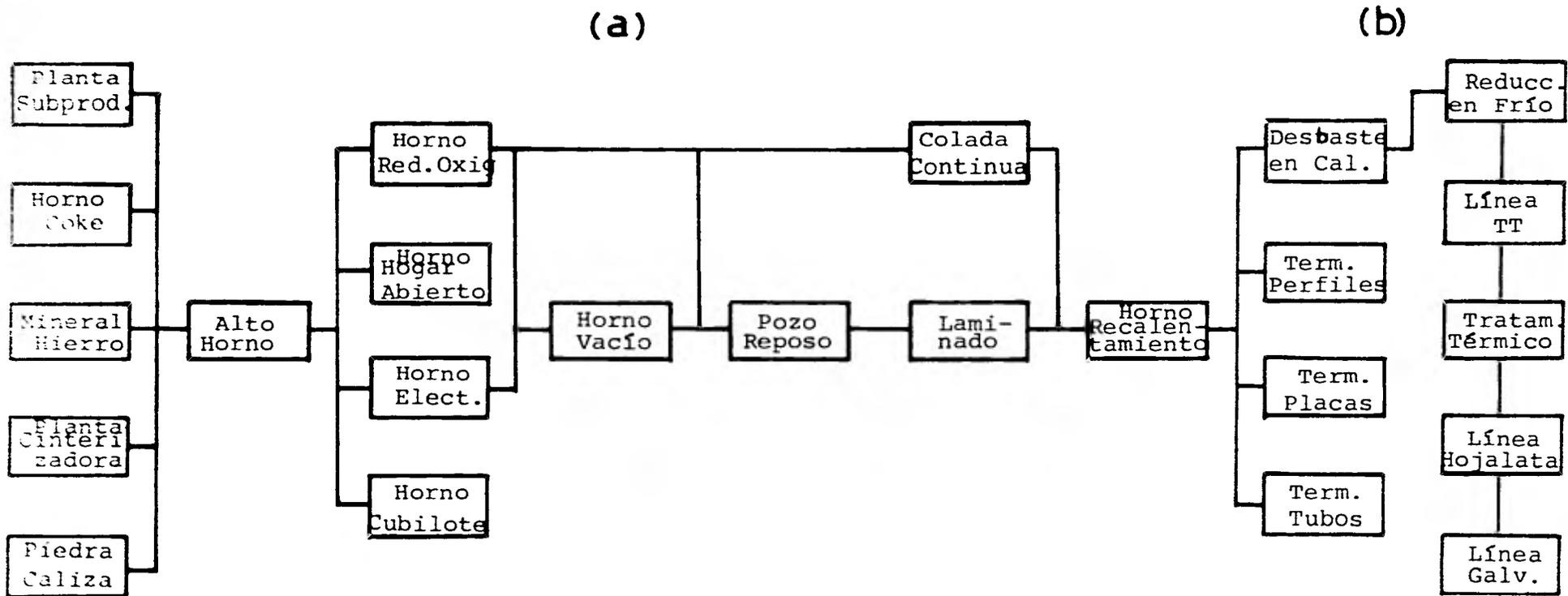


Fig. 5.6 Diagrama del Proceso de asceraci3n.

- a) Metalúrgia Química
- b) Metalúrgia Mecánico

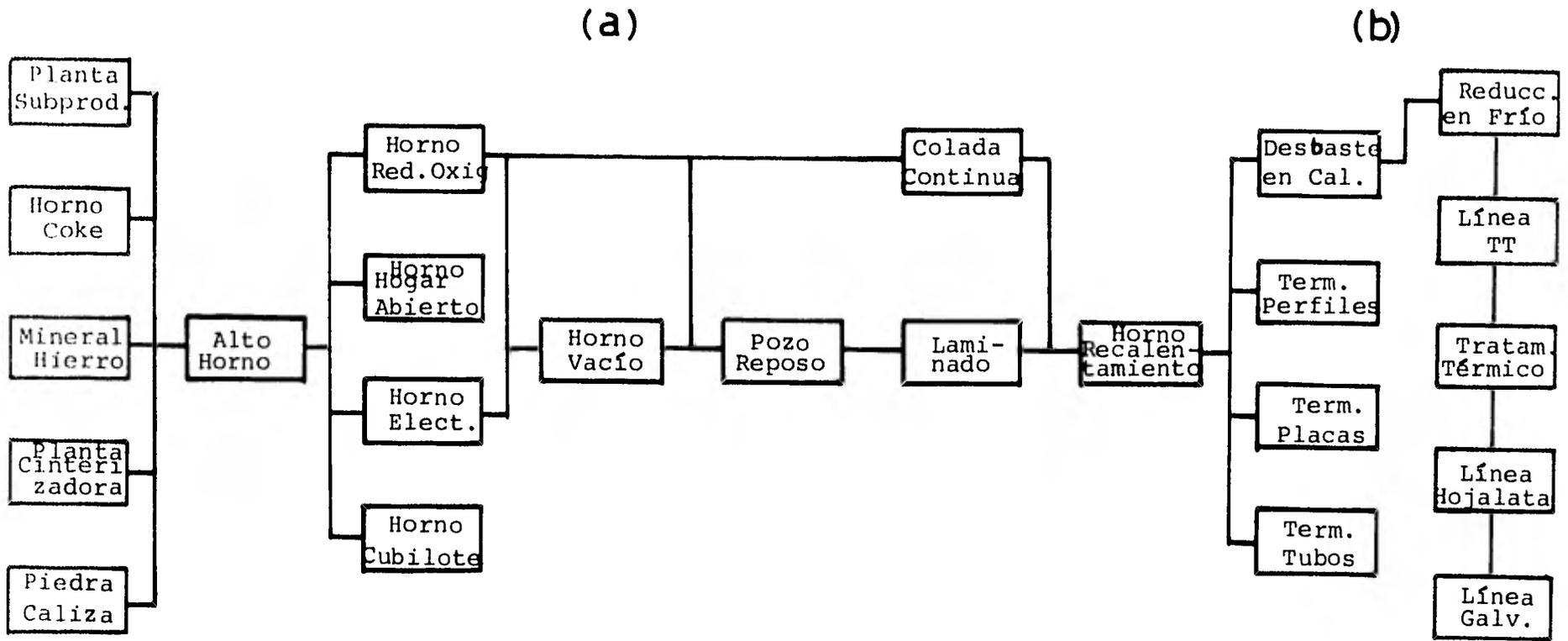
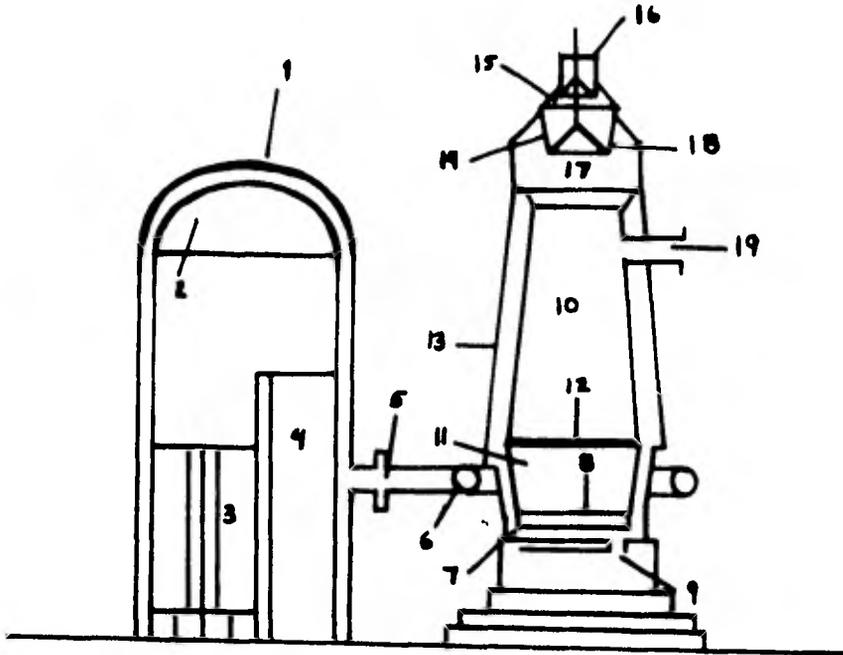


Fig. 3.C Diagrama del Proceso de aceración.

a) Metalúrgia Química

b) Metalúrgia Mecánico



- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1.- Recuperador           | 11.- Etalaje                   |
| 2.- Cúpula                | 12.- Caja de Vaciado           |
| 3.- Empilado de Ladrillo  | 13.- Revestimiento Refractario |
| 4.- Cámara de Combustible | 14.- Tragante                  |
| 5.- Tubo de Viento        | 15.- Tolva de Carga Inf.       |
| 6.- Toberas               | 16.- Tolva de Carga Sup.       |
| 7.- Escoriadero           | 17.- Campana Pequeña           |
| 8.- Boquilla de Tobera    | 18.- Campana Grande            |
| 9.- Orificio de Colada    | 19.- Toma de Gases             |
| 10.- Cuba                 |                                |

Fig. 3.7 Corte Seccional de un Horno.

## b) Reducción Directa

### Definiciones

Todo proceso de reducción de los óxidos de hierro, diferente del aplicado en el alto horno, es llamado Reducción Directa. Esta definición, hasta cierto punto de una manera convencional, se basa en la constante evolución de la producción siderúrgica, pues con los primitivos procesos se obtenía un hierro muy pastoso, mezclado con escoria, muy poco carburado y susceptible de trabajarse directamente para así convertirse en varios productos (hierro pudelado); mientras que por otro lado al aparecer el alto horno, cuyo producto es el arrabio, fué necesario un proceso ulterior de afino para reducirle el carbono al hierro y convertirlo en un metal trabajable (acero). En este último caso, el proceso de reducción, por no conducir directamente al producto buscado, fué considerado indirecto.

### Hierro Esponja

Cuando la eliminación del oxígeno de los óxidos de hierro se efectúa sin llegar a la fusión, el producto conserva la forma original del mineral, pero con una notable mayor porosidad. Por esta última condición recibe el nombre de "Hierro Esponja" o "Esponja de Hierro". La Dirección General de Normas (D.G.N.) lo ha definido como el hierro producido por reducción directa de los minerales de alta concentración, mediante calentamiento en contacto con un gas, en presencia de un catalizador.

No todos los productos sólidos obtenidos por reducción directa son hierro esponja. En algunos procesos utilizan mineral de hierro en pequeñas partículas, estas son briquetas luego de ser reducidas, con lo cual el producto final resulta muy compacto y denso. Se habla en este caso de briquetas "metalizadas".

Al hierro esponja, que procederá del mineral en trozos o en forma de "pélets" se aplican también las denominaciones de mineral o "pélets" prereducidos. Las briquetas metalizadas son llamadas, briquetas prereducidas.

Hasta ahora los procesos comerciales de Hierro Esponja requieren preferentemente minares de alta ley, cuando menos con un contenido metálico de 65% y con una ganga inferior al 3%, - por lo que se ha limitado a minerales de ciertos tipos.

#### Grado de Reducción:

Este parámetro es en sí una relación existente entre el oxígeno de hierro  $O_r$  y el oxígeno total en éstos, antes de la reducción. Para obtener esta relación en un grado de porcentaje solo bastará multiplicar esta relación por 100.

De lo anterior  $O_r$  es el oxígeno removido y  $O_t$  el oxígeno total original, el grado de reducción en cuestión viene a ser:

$$\frac{O_r}{O_t} = 100$$

#### Grado de Metalización

Es la relación entre el hierro metálico ( $Fe_m$ ) del producto reducido y el hierro total ( $Fe_t$ ) del mineral empleado. - Expresado en %, sería:

$$\frac{Fe_m}{Fe_t} = 100$$

En el contenido de hierro metálico se incluye el Fe de la cementita ( $Fe_3 C$ ) que se puede formar.

En la mayoría de los procesos que nos ocupan, la metalización se presenta luego de haberse efectuado alguna reducción, porque los óxidos superiores  $Fe_2O_3$  y  $Fe_3O_4$ , se deben reducir a  $FeO$  antes de liberar al hierro. Como en los grados de metalización que se obtienen en la práctica, el hierro residual no metálico se encuentra en su mayoría o totalmente en forma de  $FeO$ , es decir, menos oxidados que originalmente, resulta que el grado de reducción es siempre mayor que el metalización.

### Clasificación de los Procesos de Reducción

#### Directa

Los procesos se dividen en, procesos a base de reductor sólido (carbono) y procesos a base de reductor gaseoso (gas procedente del craqueo del gas natural o de otros hidrocarburos líquidos o gaseosos, o de la gasificación o destilación del carbón). También se suele dividir, por la clase de reactor que emplean, en procesos de:

Lecho fluidizado

Retorta

Horno de cuba

Horno rotativo

Según lo anterior, los procesos SL-RN y Krupp Hierro - Esponja, son a base de reductor sólido y en horno rotativo, los demás son a base de reductor gaseoso y de éstos, el Midrex, el Armco y el Purofer, emplean horno de cuba, el H y L se conducen en retorta, y el HIB y el FIOR, son de lecho fluidizado.

## Materiales Utilizados en los Procesos de Reducción Directa y sus Características.

### Mineral de Hierro

Puede ser este de muy diversa granulometría, teniendo los finos aplicación a reactores de lecho fluidizado, y los trozos mayores los pélets y las briquetas, en retortas y en hornos de cuba. Los hornos rotativos son más flexibles en cuanto a tamaño, permitiendo no sólo pélets, briquetas y trozos sino también, en ciertas condiciones finos de mineral.

Si el producto se destina a hornos eléctricos de arco, el mineral deberá ser lo más puro posible, es decir se desea que tenga una reducida proporción de ganga, particularmente sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Cuanto más alto es el contenido de ésta, mayor será la cantidad de escoria con que debe operarse y mayor, por lo tanto el consumo de energía.

Cuando el producto se requiere para empleo en altos hornos o en hornos eléctricos de reducción, la exigencia de pureza del mineral de origen puede reducirse sustancialmente, sobre todo porque las cantidades admisibles de escoria en estas aplicaciones son más elevadas.

Otra cualidad muy importante del mineral de hierro es su reductibilidad.

Es también de interés, que el mineral no decrepite ni sufra gran hinchamiento durante el proceso de reducción, particularmente cuando se efectúa éste en retortas o en hornos de cuba, en que los finos que se producen pueden bloquear el flujo normal de los gases a través de la carga.

### Reductor Solido

Las características más importantes que determinan la aplicabilidad de un carbón a la reducción directa de los minerales de hierro son:

- Fusibilidad de las cenizas.
- Composición de las cenizas.
- Reactividad.
- Materias Volátiles.
- Contenido de azufre.
- Contenido de cenizas.

### Reductor Gaseoso

Los gases reductores son el hidrógeno, el monóxido de carbono o una mezcla de ambos, y pueden proceder del craqueo del gas natural o de otros hidrocarburos, líquidos o gaseosos, o de la gasificación o destilación del carbón.

Cualquiera que sea el gas reductor, debe estar libre hasta donde sea posible, de los elementos oxidantes  $H_2O$  y  $CO_2$  que debilitan su poder.

### Proceso a Base de Reductor Sólido

Además del Echeverría y de su derivado, el N.P., que utilizan horno de cuba, los otros procesos nombrados, a base de carbón, son el SR-RN y el Krupp Hierro Esponja que se conducen en horno rotativo. Son éstos casi idénticos y destinados a la reducción del mineral de hierro en trozos de pélets.

El proceso Krup Hierro Esponja ha sido desarrollado por la Fried Krup GmbH de Alemania y el SL-RN debe su nombre a-

las iniciales de las cuatro empresas que han colaborado en su desarrollo, a saber: Steel y National Lead, de los EE.UU.

### Proceso a Base de Reductor Gaseoso

#### Proceso H y L

Según este proceso, desarrollado por Hojalata y Lámina S.A., de Monterrey, México, la reducción del mineral de hierro en trozo o en pélets se efectúa en retortas mediante gas natural reformado con vapor y un catalizador (níquel). El mineral permanece estático en el reactor recibiendo gas secundario caliente en primer término, esto es, gas que ya efectuó una operación de reducción, en otro reactor, luego recibe el gas reductor primario caliente y, finalmente, el gas reductor frío para enfriar el producto antes de descargar la retorta y evitar reoxidación inmediata del hierro esponja al ponerse en contacto con la atmósfera. El grado de metalización suele estar entre 85 y 90%.

#### Proceso Midrex

Este es un proceso continuo según el cual la reducción del mineral de hierro en trozos o en pélets se efectúa en un horno de cuba en el que se carga el mineral por arriba, dividido en varios alimentadores y en el que circula a contracorriente el gas reductor caliente proveniente de un reformador de gas natural en el que el aporte de oxígeno lo hace el  $\text{CO}_2$  contenido en el gas del tragante que se emplea luego de pasar por un lavador. Debajo de la zona de reducción, está la de enfriamiento en la cual el hierro esponja es enfriado hasta aproximadamente  $-35^\circ\text{C}$ .

Este proceso, desarrollado por la Midland-Ross Corp.,-

de los E.U.A., opera a temperaturas máximas de reducción de 900 a 1000°C y metalización de 95% aproximadamente.

### Proceso Purofer

Desarrollado por la firma alemana Huttenwerk Oberhausen AG, emplea también un horno de cuba, mineral en trozos o pélets y gas natural reformado mediante gases del tragante. El sello - en el tope es a base de campanas y el hierro esponja se descarga a unos 800°C en recipientes que se retiran cerrados impidiendo el contacto del producto con el aire hasta su uso en hornos de aceración. El gas reductor es producido empleando el principio regenerativo, el cual permite lograr temperaturas tan altas como 1400°C en que se quema el azufre que haya podido captar el catalizador.

El gas es llevado a la temperatura que el horno de reducción admite y que es del orden de los 1000°C.

El grado de metalización que se busca, es del orden de 95%.

### Proceso Armco

En este proceso, el gas caliente reformado en estufas con trozos de alúmina, es llevado a la temperatura apropiada para su inyección en el horno de cuba, mediante adición de gas frío proveniente del mezclador de gas natural con gas de tragante lavado. Este mismo gas frío es inyectado en la parte baja de la cuba para enfriar el producto antes de su descarga. La presión en el tope del horno es suficiente para eliminar con gas de tragante al hogar del reformador y solamente requiere comprimirse la fracción de este gas que se enfría y lava para aplicarlo a enfriar el hierro esponja y a regular la temperatura del -

gas reformado que se inyecta a la zona de reducción del horno.- El tope de la cuba se sella mediante campanas y la carga es de mineral en trozos y pélets.

Este proceso ha sido desarrollado por la Armco Steel Corporation, de los E. U. A., y pretende también obtener grados de metalización alrededor de 95%.

### Proceso HIB.

Es un proceso continuo de lecho fluidizado, desarrollado por United States Steel Corporation, para tratar finos de mineral de hierro con un gas reductor que, originalmente fué el hidrógeno (Proceso Nu Iron), pero que también ha utilizado una mezcla de CO y H<sub>2</sub> procedente de reformar el gas natural con vapor. La reducción se realiza por medio de dos etapas y el producto es briqueteado en caliente y luego enfriado en atmósfera reductora para evitar su reoxidación.

Su nombre procede de las palabras ingleses High Iron Briquetts (Briquetas de alto contenido de hierro).

Fué concebido para producir briquetas con 75% de reducción, para carga de altos hornos, pero el proceso puede modificarse para los altos grados de reducción que exige la aplicación directa en aceración.

### Proceso FIOR

Previsto para la producción de briquetas altamente metalizadas (90 a 95%), emplea también un lecho fluidizado en varios reactores a elevada presión y gas reductor procedente de la reforma catalítica con vapor, o de la oxidación parcial del gas natural o de otros hidrocarburos.

El proceso ha sido desarrollado por la ESSO de los EE.UU. y su sigla procede de la expresión Fluidixed Iron Ore Reduction (Reducción de Mineral de Hierro Fluidizado).

### Empleo de Prereducidos

El producto de la reducción directa del mineral de hierro constituye una materia prima técnicamente apta para la producción de arrabio de fundición, y acero la preferencia por su empleo frente a las alternativas clásicas, depende de la economía que con él se puede lograr.

En los casos de transporte del prereducido a largas distancias o de almacenamiento, por períodos prolongados, puede presentarse una reoxidación importante dependiendo de las condiciones climatológicas y de manejo.

### En hornos de arco

Para esta aplicación es deseable un contenido de hierro sobre 93%, en vista de su influencia en el consumo de energía eléctrica. Reemplaza con ventaja la chatarra por su pureza, particularmente para la fabricación de aceros finos y especiales.

Una característica muy importante del prereducido, la constituye su adaptabilidad al sistema de carga continua del horno.

La constancia en análisis químico del prereducido, es otra ventaja de éste sobre la chatarra, porque permite simplificar el afino.

### En altos hornos

El empleo de prereducido en el alto Horno produce dos efectos benéficos: incremento de la producción y disminución del consumo específico de coque. Los resultados de numerosas experiencias se alinean en promedios de aproximadamente 0.7% de mayor productividad y 0.5% de menor consumo de coque por cada por ciento de aumento en el grado de metalización de la carga.

Los prereducidos a emplearse en altos hornos, no necesitan satisfacer exigencias tan grandes como las que deben cumplir los destinados a los hornos de aceración.

### En hornos eléctricos de reducción

Puesto que en estos hornos, por ser de cuba baja, no tiene lugar prácticamente la preredución que se efectúa en la cuba del alto horno, el efecto del empleo de preredución es más notable aún. Puede llegarse a 0.5% en la reducción del consumo de energía eléctrica y entre 0.8 y 1.0% la reducción del consumo de coque por cada por ciento de aumento en el grado de metalización de la carga. Esto significa que, con prereducidos de 70% de metalización, por ejemplo, podría incrementarse en 50% la productividad de los hornos eléctricos de reducción.

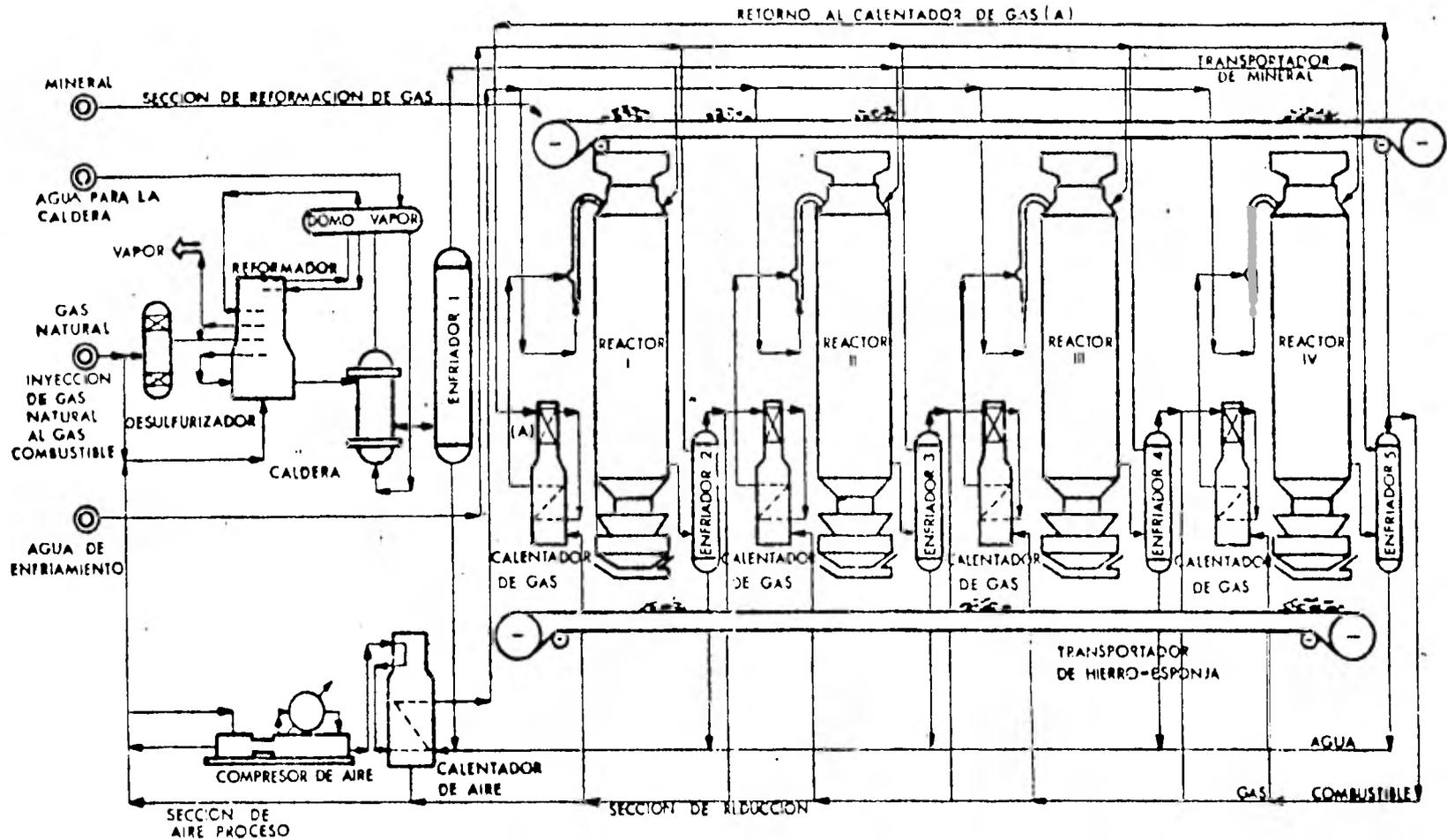


Fig. 3-8 Diagrama de Obtención del Hierro Esponja (Hyl)

Tratamiento Mineral de Hierro.

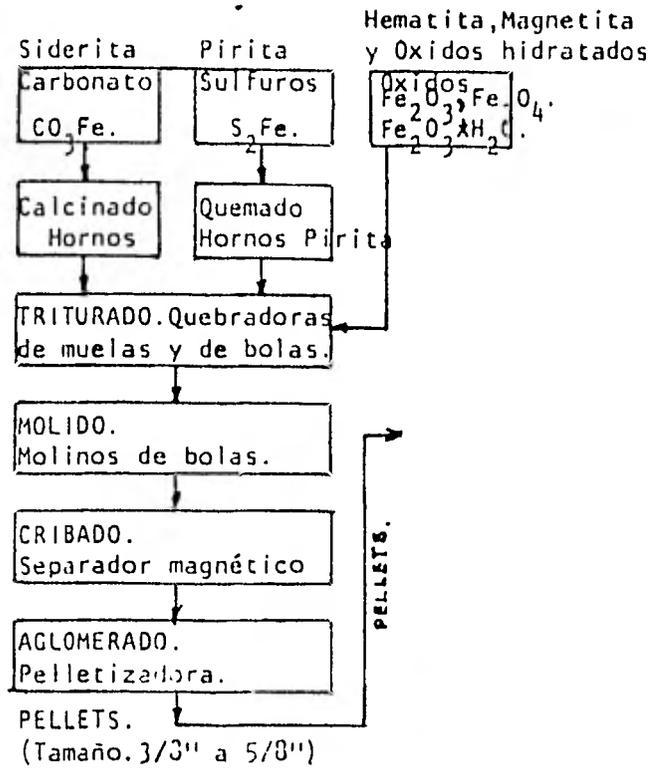


Fig. 3.9 Tratamiento del Mineral del Hierro

### III.4 METALURGIA MECANICA

#### Procesos de transformación

Se llaman procesos de transformación los que tienen - por objeto dar forma final o semifinal a los productos siderúrgicos primarios, esto es el hierro o acero líquidos, o en lingotes.

Los más importantes entre los procesos primarios son:

1. Laminación.
2. Forja.
3. Fundición.

Los procesos secundarios son:

1. Estirado.
2. Trefilado.
3. Embutido.
4. Troquelado.
5. Recubrimientos superficiales.
6. Tratamientos térmicos.
7. Maquinado o mecanizado.
8. Sinterizado o aglomerado por prensado.

Procesos de transformación primarios.

Laminación. Tiene por objeto adelgazar y estirar el - acero caliente o frío, pasándolo entre rodillos que giran en - sentidos opuestos y pueden tener o no, acanaladuras denominados calibres.

Los rodillos de laminación van montados en bastidores-

llamados castillos. Un conjunto de castillos se llama un tren de laminación.

Los castillos pueden tener:

Dos rodillos y se llaman dúos  
Tres rodillos y se llaman tríos.  
Cuatro rodillos y se llaman tetra o doble dúos.  
Más de cuatro rodillos se llaman múltiples.  
Clasificación de los trenes de laminación:

1. Trenes de desbaste.
2. Trenes de semiacabados o preparadores.
3. Trenes de acabado o terminadores.

Por la forma en que trabajan son:

1. Reversibles en donde el material pasa en ambos sentidos alternativamente.
2. Irreversibles en donde sólo pasa en un sentido.

Por su disposición pueden ser:

1. Alternativos.
2. Contínuos o en Tandem.
3. Semicontínuos.
4. Universales.

Por la forma de sus productos se les denomina:

1. Laminadores de barras.
2. Laminadores de perfiles.
3. Laminadores de planos.
4. Laminadores de alambrón.

5. Laminadores de tubos.
6. Laminadores de ruedas.
7. Laminadores de llantas o aros.
8. Laminadores de formas especiales, etc.
9. Molino de palanquilla.

Por la temperatura del material puede ser:

1. Laminación en caliente.
2. Laminación en frío.

Partes de los trenes de laminación:

Los bastidores que contienen los engranes para transmi  
tir el movimiento a los rodillos son llamados:

Castillos de engranes o cajas de piñones.

Los apoyos de los rodillos y engranes están formados -  
por:

Los portachumaceras. Las chumaceras o cojinetes pueden  
ser de baleros, de bronce, o de plástico.

Rodillos de Laminación, parte de los mismos:

- a. Tabla o cara.
- b. Muñón o cuello.
- c. Trébol.

Los calibres pueden ser: alargadoras o de estirado, de  
canto, de recalado, o ciegas. Y su forma:

- Ojivales.
- Ovales.
- Cuadrangulares.

Perfiladas.  
 Con muescas.  
 Excéntricas, etc.  
 Engranés (piñones).

Por la forma de sus dientes pueden ser:

Rectos.  
 Angulares.  
 Heliocoidales.

Los rodillos y engranes se acoplan mediante los manguitos de acoplamiento. Coples o uniones; dentro de ellos entran - los machos o árboles de acoplamiento.

Otros aditamentos de los trenes laminadores:

Gufas, que facilitan la entrada del material a los rodillos y cinceles que lo gufan a la salida.

Mesas o tableros que pueden ser rodillos, de parrilla- o de viga oscilante.

Repartidores, gufan el material que se está laminando- para volver a entrar entre los rodillos.

Elevadores.  
 Volteadores o volcadores.

Los Hornos de Recalentamiento de lingotes, o semiacabados pueden ser:

Hornos de reverbero intermitentes, de solera fija, - contínuos con rieles o tubos refrigerados, de solera móvil giratoria y de fosa.

Pueden ser calentados mediante gas natural o artificial con petróleo u otros combustibles líquidos que son introducidos por medio de inyectores o quemadores en los que se usa aire o vapor como medio de arrastre. De acuerdo con la presión de este se les clasifica en:

a) De baja presión, del orden de hasta de un metro de columna de agua.

b) De presión media, hasta una atmósfera ó sea 1 kg. por cm. cuadrado.

c) De alta presión, más de una atmósfera. El aire para la combustión puede ser frío o recalentado, aprovechando los gases de combustión que salen del horno.

El control de temperatura y de la combustión se hace mediante pirómetros termoeléctricos, de radiación calorífica y fotoeléctricos o de radiación luminosa.

Para introducir los lingotes al horno se usan:

1. Grúas con tenazas.
2. Empujadores mecánicos o manuales.

Laminación de tira en caliente. Uno de los productos planos más importantes es la tira laminada en caliente.

El planchón inspeccionado y cuya superficie ha sido reacondicionada, se calienta descascara y desbasta en un tren doble dúo. Puede después cortarse en varios tramos y desbastarse en varios castillos, pasando inmediatamente al molino continuo ó tandem de tira consistente de 5 a 7 castillos doble dúo. La tira se enrolla automáticamente a la salida.

Es normal obtener velocidades en el enrollado superiores a 600 m. por min.

En las descascaradoras mecánicas se utilizan chorros de agua a alta presión para desprender la cáscara.

Un volumen importante de tira en caliente se produce de acero bajo carbono para ser utilizada en hojalata y lámina para embutido medio y profundo y tubería.

#### Laminación en frío o reducción en frío.

La laminación en frío de lámina, proveniente de la laminación en caliente, tiene por objeto obtener una superficie lisa y densa, reducir el espesor (de 25 a 99%) y lograr propiedades físicas controladas por tratamiento térmico posterior.

El producto terminado, lámina laminada en frío es utilizado para producir hojalata, carrocería de automóviles y una gran variedad de artículos industriales y domésticos.

#### Proceso de laminación en frío.

El rollo de lámina laminada en caliente es decapada, aceitada y enrollada nuevamente. Existen varios tipos de molinos, consistiendo de uno o cinco castillos en línea, generalmente tipo dño. El tren tipo Sendzimir que llega a utilizar hasta 20 rodillos (se utiliza para reducir aceros duros, con gran precisión).

Los trenes de un solo castillo son generalmente reversibles.

Al ir reduciendo el espesor se requiere mayores presiones y potencias, debido al endurecimiento por el trabajo en frío, generándose también calor (entre 60° y 200°C) por lo que es necesario enfriar el acero y los rodillos por medio de agua y aceite soluble. El espesor final se determina con un dispositivo que ajusta automáticamente la presión y separación entre los rodillos.

El producto laminado en frío es frágil, duro y poco dúctil por lo que es necesario tratarlo térmicamente para obtener las propiedades físicas deseadas.

Para ciertos productos se requiere un buen acabado, mayor dureza y una lámina plana (como es el caso de la hojalata) por lo que después del tratamiento térmico se hace una cierta reducción en frío, llamada "temple en frío" en trenes de laminación llamados laminadores de temple.

Tanto en los alambres como en las láminas de acero, suele denominarse el espesor por un número, llamado calibre.

Productos laminados:

1. Desbastes o semiacabados.
2. Acabados.

Los desbastes o semielaborados son:

a) Tocho: Producto semiacabado de sección cuadrada o rectangular, cuyo espesor y ancho es de 130 milímetros o mayor; se utiliza para producir palanquilla, barras, perfiles y forjas.

b) Llantón o planchón: Producto semielaborado de sección rectangular de poco espesor en proporción a su ancho, teniendo como mínimo 10 milímetros por 200 milímetros respectivamente; se utiliza para producir lámina.

Los semiacabados son:

a) Palanquilla o bilet: Barra de sección cuadrada y aristas redondeadas cuyo lado está comprendido entre 40 y 125 mm.

b) Barra redonda para relaminación, por ejemplo para tubos sin costura.

Para condicionar la superficie de los productos semi-acabados, se hace utilizando esmeriles, por proyección de perdigón o utilizando sopletes oxiacetilénicos en cuyo caso se llama escarfeo.

Los laminados acabados son clasificados:

a. Planos.

b. No planos.

1. Barras y varillas.

2. Perfiles estructurales cuando son de más de 76 mm. o mayores.

3. Perfiles comerciales cuando son de 76 mm. o menores.

4. Rieles.

5. Alambión.

6. Formas especiales.

Los planos más importantes son los siguientes:

Placa, plano ancho, o plancha: Producto de sección rectangular, cuyo espesor está comprendido entre 4 y 10 mm. y el ancho entre 200 y 600 mm.

Cinta o llanta: Producto de sección rectangular cuyo espesor está comprendido entre 10 mm. y 130 mm. y cuyo ancho es entre 10 y 200 mm.

Pletina o solera ancha: Producto de sección rectangular cuyo espesor está comprendido entre 4 y 10 mm. y la anchura entre 10 y 200 mm.

Pletinilla o solera angosta: Producto de sección rectangular cuyo espesor está comprendido entre 4 y 10 mm. y cuyo ancho es inferior a 10 mm.

Fleje: Producto laminado de sección rectangular cuyo espesor es inferior a 4 mm. y cuya anchura no pasa de 200 mm.

Chapa o lámina: Producto laminado de ancho superior a 600 mm. y con espesor inferior a 4 mm.

Los no-planos más importantes son:

Las barras o varillas pueden ser de sección circular, entonces se les denomina redondas o poligonales denominándose según el número de lados del polígono, por ejemplo: cuadradas, exagonales, octagonales, etc.

Perfiles estructurales y comerciales: Laminados con sección de formas variadas, por ejemplo: Estos productos se deben enderezar después de laminados.

Vigas I

Vigas H

Angulos de lados iguales y desiguales

Canales

Tes

Zetas

Soleras

Rieles o carriles: Laminados de sección especial para vías de ferrocarriles, tres, etc.

Alambrón: Laminado redondo de diámetro generalmente menor a 10 mm. que se obtiene en rollos.

Fabricación de tubos: Laminación de tubos sin costura o sin soldadura.

Se suele hacer por el proceso Mannesmann o derivados, - conocido como el "paso de peregrino".

En este procedimiento se perfora el lingote al rojo - mediante un mandril de acero y con éste dentro, se lamina entre rodillos excéntricos especiales. Antes del laminado, el lingote es forjado dentro de una matriz y mediante un punzón.

Otros procedimientos son: El Ehrhardy o de comprensión con mandril.

Fabricación de tubo soldado: se hace a partir de una - tira o cinta laminada (skelp) que es curvada en máquinas especiales y soldada autógena o eléctricamente a tope o por traslape, también se suele emplear la soldadura en espiral para usos especiales.

Forja: Acción mecánica por golpe o presión para producir piezas metálicas acabadas, mediante deformación plástica - permanente.

Cabe distinguir:

a) Forja en caliente: Se hace con el metal a alta temperatura, cuya magnitud depende de la clase de éste.

b) Forja en frío: En la que la deformación se obtiene - estando el metal a la temperatura ambiente. Ambas pueden realizarse a mano o máquina.

A mano. Se hace siempre en caliente y se logra la de--formación del metal empleando herramientas de mano; yunque, -

martillos, marros, tenazas, tajaderas (o corta fríos), cinceles punzones, mandriles, buriles, etc.

A máquina. Se hace en frío o en caliente y se realiza mediante máquinas accionadas mecánica, hidráulica o neumática-mente. Los principales tipos de máquinas de forja son:

a) Martinetes, cuyo tipos principales son: De caída libre, de resortes o pedal, de fricción, de vapor, mecánico accionado por banda, neumático, etc.

b) Prensas, que pueden ser mecánicas hidráulicas o neumáticas.

c) Máquinas forjadoras especiales, que se emplean para la fabricación de tuercas, tornillos, remaches, pernos, bolas, etc.

Además es de mencionar el estampado o forja en estampa cuya operación consiste en el forjado dentro de matrices o dados.

Para el forjado en caliente se emplean distintos tipos de hornos: Fraguas fijas y portátiles, alimentadas con carbón mineral o coke, hornos calentados por gas, combustibles líquidos, que pueden ser de solera fija o giratoria.

Los materiales de partida para la forja son: Lingotes, tochos barras, biletts o palanquillas, discos, placas, alambrón-soleras, láminas, etc.

Los productos de la forja se conocen como piezas forjadas que pueden ser de una gran variedad de formas y tamaños, - ejemplos: Ejes para carros de ferrocarril, cigueñales, bielas,

herramientas de mano, (martillos, hachas, llaves de tuercas, -  
cincales, tejos para engranes, etc.).

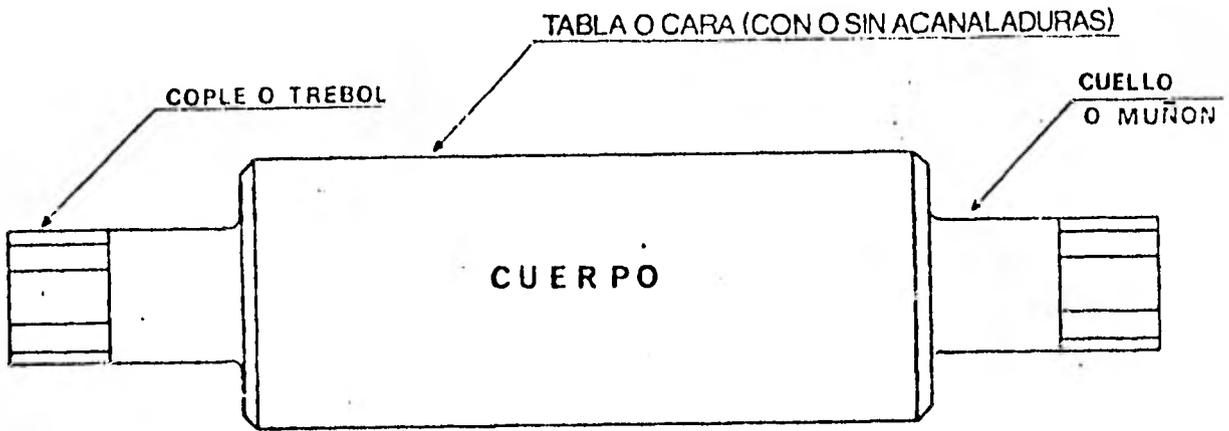


Fig. 3.9 Cuerpo de un Cilindro de Laminación

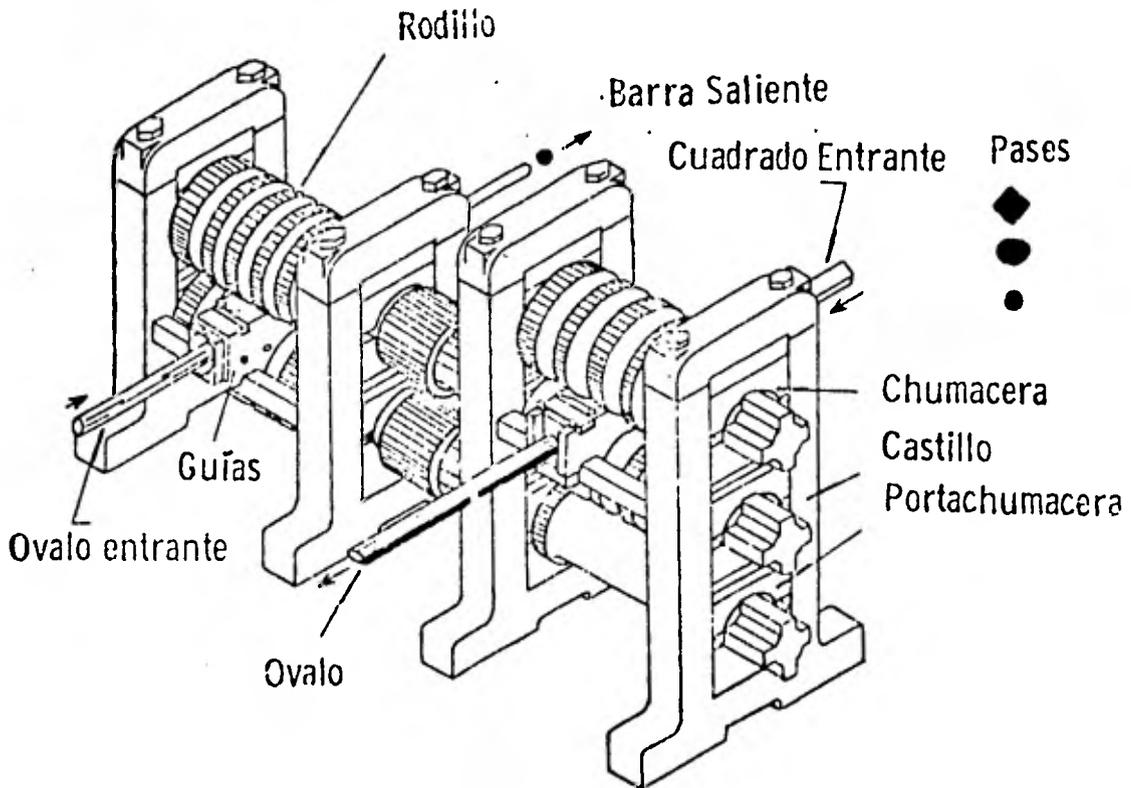


Fig. 3.10 Castillo de Laminación de 3 Pasos

### III.5 ACEROS AL CARBONO

Tabla III.1

Tipo de Acero	SAE 1015	SAE 1025	SAE 1045	SAE 1095 (tenaz-duro)
Composición química aproximada				
C	0.10-0.20	0.20-0.30	0.40-0.50	0.90-1.05
Si	0.15-0.30	0.15-0.30	0.15-0.30	0.15-0.30
Mn	0.60-0.90	0.30-0.60	0.60-0.90	0.30-0.50
P	0.040 máx.	0.040 máx.	0.040 máx.	0.040 máx.
S	0.050 máx.	0.050 máx.	0.050 máx.	0.050 máx.
<hr/>				
<u>Tratamiento</u>				
Normalizado (N) o recocido (R)	900° 940° (N)	875° - 925° (N)	870° 920° (N)	760° 810° (R)
Temple	760 - 790 (Cem) (agua)	--	800° 840° (agua o aceite)	760 - 780° (agua o aceite)
Revenido	120 - 200 (Cem)	--	550 - 650°	200°
<hr/>				
Resistencia a la tracción en Kg/mm <sup>2</sup>	35-40 (N)	40-45 (N)	55-60 (N)	85-90 (N)
Alargamiento de rotura %	28-30 (N)	25-30 (N)	16-20 (N)	10-14 (N)
<hr/>				

#### APLICACIONES.

SAE 1015: Piezas cementadas, piezas soldables, Chapas, perfiles, tubos, etc. Para usos generales donde la resistencia no es importante.

SAE 1025: Piezas soldables, chapas, perfiles, tubos, etc. Para usos generales que requieran resistencia media.

SAE 1045: Elementos de maquinarias en general; resortes.

SAE 1095: Estampas, herramientas, matrices en general, cuchillos, instrumental quirúrgico.

Tabla III.2

Aceros aleados para elementos de máquinas.

Tipo de acero	SAE 3140 (Cr - Ni)	SAE 4340 (Cr-Ni-Mo)	SAE 4130 (Cr-Mo)	SAE 6150 (Cr-V)	SAE 9260 (Si-Mn)
<u>Composición química</u>					
C	0.38-0.43	0.38-0.43	0.28-0.33	0.48-0.53	0.55-0.65
Mn	0.70-0.90	0.60-0.80	0.40-0.60	0.70-0.90	0.70-1.00
Si	0.20-0.35	0.20-0.35	0.20-0.35	0.20-0.35	1.80-2.20
Cr	0.55-0.75	0.70-0.90	0.80-1.10	0.80-1.10	--
Ni	1.10-1.40	1.65-2.00	--	--	--
Mo	--	0.20-0.30	0.15-0.25	V 0.15	--
P	0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.04
S	"	"	"	"	"

Tratamiento

Normalizado			870-900°		
Temple	810-850°	800-830°	--	870-900°	870-900°
Revenido	620-630°	620-630°	--	400-500°	450-500°

Resistencia a la tracción

Kg/mm <sup>2</sup>	90	100	60	150	150
Alargamiento de rotura %	20	20	20	10	10

Aplicaciones.

- SAE 3140: Bulones, cigueñales, bielas, ejes y piezas similares de no muy grandes dimensiones.
- SAE 4340: Cigueñales, bielas, ejes y piezas similares, aún de gran tamaño por tener elevada penetración de temple.
- SAE 4130: Especial aplicación en piezas resistentes que deben ser soldadas.
- SAE 6150: Resortes de alta resistencia y duración (especialmente helicoidales).
- SAE 9260: Muelles de ballesta y resortes de grandes dimensiones.

Tabla III.3

Acero aleados para cementación y nitruración.

Tipo de acero

De cementación SAE 2515	De cementación SAE 3120	De cementación SAE 3316	De nitruración
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------

Composición  
Química

C	0.12-0.17	0.17-0.22	0.14-0.19	
Mn	0.40-0.60	0.60-0.80	0.45-0.60	
Si	0.20-0.35	0.20-0.35	0.20-0.35	0.20-0.45
Cr	--	0.55-0.75	1.40-1.75	1.40-1.60
Ni	4.75-5.25	1.10-1.40	3.25-3.75	--
Mo	--	--	--	0.15-0.30
Al	--	--	--	0.90-1.20
P	<0.04	<0.04	<0.025	<0.04
S	"	"	"	"

Cementación	925°	925°	925°	--
Primer temple	815°	925°	815°	--
Segundo temple	730°	--	760°	--
Nitruración	--	--	--	500° a 515°
Temple previo	--	--	--	900° (aceite)
Revenido	150°	150°	150°	650°
Resistencia tracción Kg/mm <sup>2</sup>	100	100	125	95
Alargamiento de rotura %	14	14	8	9

## APLICACIONES

SAE 2515: Piezas cementadas, poco cargadas.

SAE 3120: Piezas cementadas de alta sollicitación.

SAE 3316: Piezas cementadas que exigen gran resistencia en el núcleo.

De nitruración: Piezas que exigen una extrema dureza superficial.

Tabla III.4

ACEROS INOXIDABLES				
Tipo de acero	AISI 302	AISI 316	AISI 310	AISI 420
<u>Composición química</u>				
C	0.08-0.15	0.08 máx	0.25 máx.	0.30-0.40
Si	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.
Mn	2 máx.	2 máx.	2 máx.	1 máx.
Cr	17 - 19	16 - 18	24 - 26	12 - 14
Ni	7 - 10	10 - 14	19 - 22	--
Mo		2 - 3		--
Temple	980° - 1150	980° - 1150	980° - 1150°	980° - 1010°
Revenido	--	--	--	700°
Resistencia a la tracción				
Kg/mm <sup>2</sup>	63	63	80	90
Alargamiento de rotura %	55	55	15	12

-----

APLICACIONES.

- AISI 302: Toda pieza que requiera alta resistencia a la corrosión y no muy alta resistencia mecánica.
- AISI 316: Reemplaza al anterior presentando menor resistencia a la corrosión en casi todos los ambientes.
- AISI 310: Válvulas de escape de motores de explosión. Piezas que trabajan a altas temperaturas.
- AISI 420: Alabes de turbinas, ejes de bombas, cuchillería, piezas de máquinas.

Tabla III.5

## Aceros para Herramientas y Matrices.

Tipo de acero	SAE T-2 Acero extra rápido - - 18-4-2-W- - Cr-V	SAE A-2 Acero para trabajos - en frío - (indeforma ble al - - Cr-Mo)	SAE H-11 Acero para trabajos - en calien- te (al Cr-Mo)	SAE S-1 Acero resis tente al - choque Cr-W. (acero pla- ta).
---------------	---	--	---	---

Composición  
química

C	0.75-0.85	0.95-1.05	0.30-0.40	0.45-0.55
Si	0.20-0.40	0.20-0.40	0.80-1.20	0.25-0.45
Mn	0.20-0.40	0.45-0.75	0.20-0.40	0.20-0.40
Cr	3.75-4.50	4.75-5.00	4.75-5.50	1.25-1.75
V	1.80-2.40	--	0.30-0.50	0.15-0.30
Mo	0.70-1.00	0.90-1.40	1.25-1.75	--
W	17.5-19.0	--	--	1.00-3.00

Temp. de pre-  
calentamiento  
°C

815-840	650-700	790-820	650-700
---------	---------	---------	---------

Temp. de tem-  
ple °C

1260-1300	940-970	995-1025	900-980
-----------	---------	----------	---------

Dureza templada  
Rc

63-65	61-63	53-55	57-59
-------	-------	-------	-------

Temp. reveni-  
do °C

550-590	200-370	540-590	150-535
---------	---------	---------	---------

Dureza reveni-  
do Rc

65-63	60-57	51-43	57-45
-------	-------	-------	-------

Temp. inic. -  
forja

1130°	1040°	1090°	1010°
-------	-------	-------	-------

Temp. final -  
forja.

995°	990°	900°	870°
------	------	------	------

Temp. recocido °C

870-900	840-870	840-870	790-815
---------	---------	---------	---------

Dureza recocido Rb

97-102	94-98	92-98	92-99
--------	-------	-------	-------

## APLICACIONES.

- SAE T-2: Herramientas de torno, cepillos, mortajadoras, taladros. Fresas, machos, escariadores. Hojas de sierra para metales. Tarrajas.
- SAE A-2: Herramientas y matrices que exijan mínima deformación en el temple. Herramientas para tallar roscas. Brochas. Calibres de medidas. Cuchillas. Punzones. Anillos de estirar.
- SAE H-11: Moldes para fundir a presión. Matrices, punzones y estampas para prensar en caliente. Matrices y herramientas de forja. Cuchillas de tijeras para trabajar en caliente y frío.
- SAE S-1: En forma de varillas pulidas y calibradas para fabricar punzones, pernos, fresas chicas, calisulares, rodillos. En forma de barras comerciales para fabricar herramientas que trabajan por choque, matrices corrientes y trabajos generales de matricería.

Tabla III-6

## Aceros para aplicaciones especiales

Tipo de acero	SAE 52100 Para cojinetes de bolillas (Al-Cr-V)	Para imanes (al cobalto)	Chapa-si- licio.	SAE 1120 De fácil mecaniza- ción.
<u>Composición química</u>				
C	0.95-1.10	1.00-1.15	0.1 mín.	0.18-0.23
Si	0.10-0.35	0.15-0.30	1.00-3.50	0.10-0.20
Mn	0.40	0.40-0.60	0.20-0.50	0.70-1.00
Cr	1.40-1.80	9.00-10.00		
V	0.20-0.30	--	--	--
Mo		1.40-1.60	--	--
Co		8.50-9.50	--	--
S	0.04	0.03	0.04 máx.	0.08-0.13
P	0.04	0.03	0.04 máx.	0.04 máx.
<u>Temple °C</u>				
	875	860	--	--
<u>Revenido °C</u>				
	200	--	--	--
<u>Resistencia a la tracción</u>				
Kg/mm <sup>2</sup>	210	--	--	42
<u>Dureza Brinell</u>				
	550	--	--	121
<u>Alargamiento %</u>				
				23

## APLICACIONES.

SAE 52100: Rodamientos a rodillos y a bolillas. Herramientas, matrices y otras piezas resistentes al desgaste.

Al cobalto: Para imanes permanentes.

Chapa-silicio: Chapas para inducidos de motores, alternadores y transformadores.

SAE 1120: Tornillería, bulonería y piezas a fabricar en tornos automáticos.

CAPITULO IV  
LABRADO Y DINAMICA DE LA TIERRA

- IV.1 INTRODUCCION
- IV.2 OBJETIVOS DE LA LABRANZA
- IV.3 METODOS PARA LA LABRANZA
- IV.4 SISTEMAS DE LABRANZA MINIMA
- IV.5 LABRADO DEL RASTROJO PROTECTOR
- IV.6 DEFINICION DE FUERZA, ENERGIA Y TERMINOS DE POTENCIA
- IV.7 MECANICA DE LA LABRANZA
- IV.8 RESISTENCIA DEL SUELO, CARACTERIZADA POR LA RESISTENCIA A LA PENETRACION
- IV.9 ABRASION DE LOS SUELOS
- IV.10 FACTORES DE DISEÑO EN LA HERRAMIENTA DE LABRANZA
- IV.11 MEDICION Y EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO
- VI.12 MEDICION DE LAS FUERZAS DEL SUELO EN LAS HERRAMIENTAS DE LABRANZA
- VI.13 MEDICION DE LA TRACCION DE LOS IMPLEMENTOS DE TIRO
- VI.14 MEDICION DE LAS FUERZAS DE ENGANCHE EN IMPLEMENTO DE MONTAJE Y SEMIMONTAJE
- IV.15 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA PARA EL ROTURADO DE LA TIERRA
- IV.16 EFECTO DE LA VELOCIDAD EN LA TRACCION
- IV.17 ESTUDIO CON MODELOS A ESCALA
- IV.18 INVESTIGACION CON HERRAMIENTAS SIMPLES PARA LABRANZA

#### IV.1 INTRODUCCION

Consideraremos algunos de los aspectos generales de la labranza y de los métodos para labrado, incluyendo una cobertura breve de los principios de la dinámica (movimiento) de la tierra, aplicado al labrar. En general no se ha hecho ningún intento para describir una falla en la tierra.

Fueron hechos algunos estudios en 1920, resultando un marcado resurgimiento en esta área, desde aproximadamente 1950, Gill y Vanden Berg han analizado, coordinado y resumido, estudios de dinámica de la tierra, resultantes de reportes durante 1964.

Uno de los objetivos principales es el proveer condiciones ambientales propicias para el cultivo de las plantas, -- para poder especificar o identificar las condiciones deseadas del suelo. No obstante la labranza está muy lejana de ser una ciencia exacta. Las fuerzas que se aplican a una herramienta de la labranza, para producir un efecto dado en el suelo, pueden ser medidas exactamente pero no podemos predecir confiable mente los efectos de cambios en el diseño del herramental.

La importancia de la optimización de las operaciones de labranza y el mejoramiento del diseño de la herramienta para labrar, se hace aparente, cuando se considera que en Estados Unidos más de  $225 \times 10^9$  Mg. (250 billones de toneladas) de tierra, se estima que se mueven o voltean cada año. Para labrar esta tierra, una vez, se requieren 20 litros (5.28 millones de galones) de gasolina o combustible diesel.

A lo largo de este estudio, se hace referencia a la herramienta para arar y de los implementos para la labranza. Una herramienta para labrar, se define como un elemento indivi

dual para el trabajo de la tierra, como pueden ser una pala, -cuchilla, etc. Un implemento para labrado consiste en una herramienta o en un grupo de herramientas. Junto con el marco, -ruedas, aditamentos de control y protección, cualquier otro --componente estructural, o transmisión de poder.

#### IV.2 OBJETIVOS DE LA LABRANZA

Se puede definir como la manipulación mecánica de la tierra, para cualquier propósito. En la agricultura algunos -de los objetos de la labranza, son los siguientes:

1) Desarrollar una estructura en el suelo adecuada -para formar una cama de semillas o raíces. Una buena cama de semillas por ejemplo, generalmente se considera que implica --partículas más pequeñas y una mayor firmeza en la vecindad de las semillas. Una estructura granular es deseable para permitir una infiltración rápida y una buena retención del agua de lluvia, para proveer una adecuada capacidad de aire y el inter\_cambio del mismo, y para minimizar la resistencia a la penetra\_ción de la raíz.

2) Para controlar hierbas, o para remover plantas no deseadas (limpieza).

3) Para manejar residuos de plantas. Desde el punto de vista de la descomposición y el arado, es conveniente hacer una mezcla concienzuda de la basura, aunque sabemos que conser\_var la basura en las capas de la superficie, reduce la erosión. Por otro lado, una cobertura completa es necesaria para contro\_lar insectos, o para evitar interferencia con las operaciones-de precisión, como son el plantado y cultivo de algunas cose-chas.

4) Siguiendo algunos métodos, como el de establecer los contornos del campo, hacer zurcos y poner la basura en su lugar, nos sirven para minimizar la erosión de la tierra.

5) Establecer configuraciones específicas en la superficie, para el plantado, regado, drenaje, operaciones de cosecha, etc.

6) Para mezclar fertilizantes e incorporar, pesticidas al suelo.

7) Para realizar una segregación. Esto puede involucrar, mover la tierra de un lado a otro, remoción de rocas y otros objetos extraños, o bien eliminarlos.

#### IV. 3 METODOS PARA LA LABRANZA

Las operaciones para la preparación de camas de semillas se clasifican frecuentemente, como primarias y secundarias, aunque no se encuentre siempre una diferencia muy clara entre ellas.

Operación de labranza primaria: Constituye la operación mayor e inicial en la tierra, normalmente se usa para reducir la dureza de la tierra, cubrir los materiales de las plantas o distribución de los agregados.

Operación de labranza secundaria: Se usan para crear condiciones refinadas en el suelo, que vienen a continuación de las operaciones primarias.

El arado de tipo de vertedera, se usa comunmente para las operaciones de labranzas primarias, también se utilizan las siguientes herramientas; arados de discos, escariado-

res de trabajo pesado, herramientas de tipo cincel, arados de subsuperficie, arados de superficie de hojas y arados de tipo rotatorio.

Los arados y los implementos de discos, cortan quiebran y también invierten la tierra aunque sea parcialmente. Las herramientas de tipo cincel y las de hojas para la subsuperficie, labran la superficie sin invertirla. Una gran variedad de implementos, incluyendo algunos de los mencionados anteriormente, se utilizan para las labores secundarias.

Se ha dado considerable atención a la potencialidad de la herramienta multiaccionada para labrar (herramientas -- que obtienen su energía en más de una forma).

Estas herramientas obtienen su energía de una fuente rotatoria, normalmente esta fuente rotatoria es adquirida en la TDF del tractor, o toma de fuerza.

Existen dos razones para considerar equipos complejos. Estas razones son: Los requerimientos reducidos de tiro y una mayor versatilidad en el manejo del suelo, para obtener un resultado esperado. Si los requerimientos de tiro se pueden reducir, utilizando aunque sea parte de la salida que tiene el tractor, a través de medios diferentes de la tracción puede construirse con menos masa, lo cual reduciría su costo y también la compactación del suelo.

Los arados rotatorios tienen requerimientos de tiro muy bajos, o bien negativos, pero su energía total es alta y la pulverización puede ser excesiva. Las vibraciones forzadas o de oscilación de una labranza, pueden reducir substancialmente los requerimientos de tiro pero la energía total -- que recibe normalmente, no disminuye sino que puede aumentar.

Las palas desarrolladas en Europa, tienen azadones articulados o excavadores que levantan e invierten la tierra. Aunque los requerimientos de energía son razonables, los modelos actuales son mecánicamente complejos y les falta durabilidad.

#### IV.4 SISTEMA DE LABRANZA MINIMA

Los ingenieros y productores, así como científicos de suelos, han acordado que se está haciendo más labrado del necesario, para asegurar un máximo de entradas netas, debidas a la producción de la cosecha. En algunos casos la compactación de la tierra por parte del tractor y los implementos, es una secuencia de las operaciones de labranza secundarias, y pueden virtualmente eliminar los efectos de las operaciones de labranza primarias. Las operaciones de arado con un ancho continuo, usualmente se diseñan para producir una buena cama de semillas, aunque el grado de pulverización de la tierra puede ser excesivo, al igual que la firmeza de la tierra para el crecimiento de las raíces.

En años recientes, ha habido un interés en los sistemas de labranza mínima, como una forma de reducir los costos de producción de las cosechas y para el mejoramiento de las condiciones del suelo. La labranza mínima, es un concepto muy amplio, que puede ser utilizado en muchas formas.

Los principales objetivos son:

1. Reducir la energía mecánica y los requerimientos de mano de obra.
2. Conservar la humedad y reducir la erosión del suelo.

3. Realizar tan solo las operaciones necesarias para optimizar las condiciones para cada tipo de área, dentro de un campo.

4. Minimizar el número de viajes en el campo.

En algunos sistemas de labranza mínima, las unidades combinadas de arado y plantado, siguen a las de abertura de la tierra, ruptura u otras operaciones primarias con franjas delgadas, recibiendo terreno acarreado de la sembradora en terreno no trabajado o bien en terreno que fué arado en la vez anterior.

Varios arreglos de unidades combinadas que realizan operaciones de acarreo mínimo, ya son adquiribles comercialmente.

La principal aplicación de los sistemas de labranza mínima, ha sido en el maíz, aunque se ha aplicado satisfactoriamente en el algodón y una serie de cosechas, también en hileras. El maíz de mínima labranza, con frecuencia se planta sobre césped. En los sistemas sin labranza una herramienta adecuada corta y acarrea una franja de 6 a 8 cms (2-3 in) de ancho sobre la cubierta retenedora de la humedad y la sembradora.

Entre los primeros acercamientos a la labranza mínima en el maíz, figuran: (a) combinación del arado y plantado, (b) sembrado en pastos inmediatamente después del arado. Por varias razones, ninguno de los dos métodos ha tenido aceptación.

El sembrado con rebajado de surcos en campos sin labrado, es una forma de labranza mínima que se practica con el

maíz y otras cosechas en hileras en algunas áreas. Cada fila se planta en el fondo de un surco o en una franja elevada en el surco, en una operación combinada.

La experiencia ha indicado que una labranza mínima, bajo condiciones apropiadas y con algunas cosechas en hileras, es una buena forma de conservar recursos y bajos costos de producción, normalmente sin reducir los rendimientos. Los sistemas de acarreo mínimo pueden introducir nuevos problemas de administración, particularmente cuando los residuos de plantas superficiales están involucradas. Los problemas de insectos se incrementarán y se requiere de un adecuado control de la hierba por la vía química.

#### IV.5 LABRADO DEL RASTROJO PROTECTOR

El objetivo, es el reducir la erosión proveniente del aire y del agua y conservar el agua reduciendo su desperdicio. Esta práctica es muy aceptada en regiones áridas y semiáridas. Este tipo de labranza consta de, cortar la raíz de las hierbas y otras plantas y dejar el residuo de la cosecha en la superficie o bien revuelto con las capas de tierra de la superficie.

La disposición adecuada de los residuos, dependerá de la cantidad presente y de las operaciones subsecuentes involucradas. Las grandes cantidades de residuos en la superficie protegen la tierra, pero presentan problemas de siembra (ya que la sembradora debe penetrar esta capa) e inclusive, si las cosechas en filas están incluidas en la rotación de cultivos.

Los labradores subsuperficiales del tipo de hoja, han sido desarrolladas para realizar, ya sea las operaciones-

iniciales o bien las subsecuentes sin voltear ni remover la tierra ya labrada.

Las barredoras en forma de V, diseñadas con este propósito pueden tener anchos constantes en un rango que va de 0.6 a 2.4 mts. (2 a 8 ft.). A veces se usan hojas rectas operadas a ángulos rectos en dirección del viaje en la fase inicial de labranza. A veces se utilizan desmoronadores. En los casos en que la capa es muy gruesa y donde algunos de los residuos se van a mezclar con las capas superiores de tierra, los arados de discos verticales y escariadores de disco se pueden utilizar. Los cultivadores de campo, arados de cincel, azadones rotatorios, se emplean en algunas situaciones. En el labrado de los residuos de la cosecha de trigo, cuatro operaciones de labrado en un mes de intervalo, pueden ser necesarias para controlar la maleza.

#### IV.6 DEFINICION DE FUERZA, ENERGIA Y TERMINOS DE POTENCIA

Considerando las fuerzas de labranza y sus relaciones de energía, es importante saber las definiciones fundamentales y relaciones de mecánica. Términos pertinentes, junto con conceptos adicionales utilizados específicamente en conexión con la máquina agrícola.

Fuerza: Es cualquier acción que cambia o trata de cambiar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. Una fuerza está ampliamente especificada por su magnitud, dirección y sentido. Las unidades comunes son el Newton en unidades SI y la libra en unidades normales.

Kilowatt/hora: Es la cantidad de trabajo desarrollado cuando se utiliza un kilowatt durante una hora. Es el mismo concepto para un caballo por hora.

Par o torque. Es el momento de una fuerza tendiente a producir una rotación con respecto a un punto. Es el producto de la fuerza por un brazo de palanca y comunmente se expresa en Newton metro (lb. fuerza pulg.). Un par consiste de dos fuerzas iguales y opuestas que son paralelas, pero no concurrentes. La magnitud o momento de un par, es igual al producto de una de las fuerzas por la distancia perpendicular entre una y otra. Un par puede tender a producir rotación en cualquier punto en el plano de las dos fuerzas. Entonces el torque, es un par especial en que el centro de rotación, se encuentra en la línea de una de las fuerzas.

Potencia: Es la relación en que se realiza el trabajo. Unidades comunes, son el kilowatt en el sistema SI y los caballos de potencia en el sistema común. Un caballo de potencia es 550 ft-lbf de trabajo por segundo.

Potencia en la barra de tracción: (dbp) En relación con un implemento de montaje o de tiro, es la fuerza requerida para jalar o mover un implemento, a una velocidad uniforme.

Trabajo: Es el producto de la fuerza (en la dirección de su movimiento), por la distancia en que la fuerza actúa. Las unidades comunes son el Joule en el SI y en ft-lb-- fuerza en el sistema común.

Tiro: En un implemento, es la fuerza total ejercida por una unidad de potencia. En los implementos de labranza, está generalmente a un ángulo superior a la horizontal, y puede estar o nó, en un plano vertical, paralelo a la línea de movimiento.

Tracción: Es la componente horizontal del tiro, paralela a la línea de movimiento.

Tracción específica: Es la tracción por unidad de área, de su sección transversal ya labrada, normalmente expresada como Newton por centímetro cuadrado (kg. fuerza por centímetro cuadrado): (lbs.fuerza por centímetro cuadrado).

Tracción lateral: Es la componente horizontal del tiro, perpendicular a la línea de movimiento.

Fuerzas que actúan en un implemento o en una herramienta de labranza. El enfoque son las fuerzas que actúan sobre un implemento de labranza, desde los puntos de vista de requerimientos totales de fuerza, enganche apropiado o la aplicación de la fuerza del tiro, diseñado para dureza y rigidez adecuadas, y determinación de los mejores ajustes y formas de las herramientas.

Un implemento (o herramienta) de labranza moviéndose a una velocidad constante, está sujeto a tres fuerzas principales o sistemas de fuerzas, que deben estar en equilibrio, estas son:

1. Fuerza de gravedad actuando sobre el implemento.
2. Fuerzas del suelo actuando sobre el implemento.
3. Las fuerzas actuando entre el implemento y lo que produce el movimiento. Si el par de una transmisión rotatoria de poder no está involucrada, la resultante de estas fuerzas, es el tiro de la unidad de poder sobre el implemento.

Glayde, define a las reacciones del suelo en:

- a) Fuerzas útiles.
- b) Fuerzas parásitas.

a) Fuerzas útiles: son aquellas que la herramienta debe vencer en el corte o movimiento de la tierra.

b) Fuerzas parásitas: son aquellas (incluyendo las fuerzas de fricción o resistencia al rodamiento), que actúan sobre superficies estabilizantes, como son los lados de un arado. Bajo una serie de condiciones operantes con un implemento específico, el operador tiene poco control sobre las fuerzas útiles de resistencia del suelo. Pero tanto el diseñador y el operador, tienen algo de control de las fuerzas parásitas.

Cuando una herramienta no es simétrica con respecto a la vertical, el plano longitudinal que pasa por su línea central, y las fuerzas útiles del suelo, introducen un efecto rotacional.

Hay dos formas de mostrar la reacción total de la tierra en un implemento de labranza, para el caso general en el que un efecto rotacional existe, se verán en la siguiente figura. Otros métodos incluyen:

1. Una fuerza y un par en el plano perpendicular a la fuerza. Método de la llave inglesa.

2. Tres fuerzas en ejes mutuamente perpendiculares y tres pares en los planos de intersección de los ejes.

3. Tres fuerzas en tres planos mayores.

Los resultados de cualquiera de los cinco métodos, pueden ser representados exactamente y los resultados expresados en una forma, pueden ser transportados a otra, por medio de la estática. Un método puede ser más eficaz que - -

otros en una situación específica, dependiendo de los datos.

Vandenberg señala, que la línea única de acción de una fuerza resultante, puede ser mostrada por el método de la llave, ya que este representa el mínimo par.

Símbolos usados en el análisis de las fuerzas de la-  
branza

Los símbolos más comunes, se indicarán en la siguiente lista:

R = Resultante de las fuerzas útiles del suelo, actuando sobre una herramienta implementado (figura b). Donde las fuerzas útiles y parásitas no pueden determinarse separadamente. R incluye a las dos.

L = Componente longitudinal o direccional de R

S = Componente lateral de R.

V = Componente vertical de R.

Rh = Resultante de L y S (figura a)

Rv = Resultante de L y S (componente de R en el plano longitudinal vertical)

a = Distancia lateral entre B y Rh, para herramienta con un efecto rotacional (fig. a)

Q = Resultante de todas las fuerzas parásitas actuando sobre un implemento.

Qh = Componente de Q en el plano horizontal. Incluye fuerzas estabilizadoras laterales y las fuerzas longitudinales de fricción.

- $Q_v$  = Componente de  $Q$  en vertical. Incluye fuerzas de soporte vertical y las fuerzas longitudinales de fricción o de resistencia al rodamiento.
- $P$  = Resultante del tiro forzado en el implemento por la unidad de poder.
- $P_h$  = Componente de  $P$  en el plano horizontal
- $P_v$  = Componente de  $P$  en la vertical, del plano longitudinal.
- $W$  = Fuerza de gravedad actuando en el implemento, a través del centro de gravedad.
- $H$  = Centro de resistencia horizontal del implemento, el cual es el punto de concurrencia de  $R_h$  y  $Q_h$  o bien de las dos  $R_h$ , como en el caso de un escariador de disco.
- $G$  = Punto de concurrencia de  $Q_v$  y el resultante de  $W$  y  $R_v$ . Puede ser llamado el centro de resistencia vertical.

Los índices  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , aplicados a  $P$  y  $Q$ , se refieren a los componentes longitudinales, laterales y verticales de las fuerzas respectivamente.

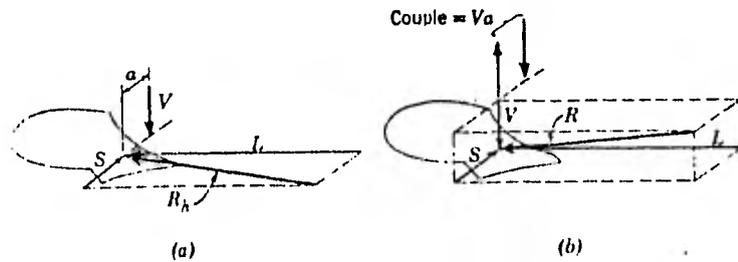


Fig. 4.1 Dos formas de mostrar el total de las reacciones - que presenta el suelo en un implemento cuando existe un efecto rotacional (a) fuerzas  $R_h$  y  $V$  que no se intersectan (b) una fuerza  $R$  y un par  $Va$  en un plano perpendicular a la línea de tiro.

Dos formas de expresar la rotación total del suelo, - cuando un efecto rotacional existe.

#### IV.7 MECANICA DE LA LABRANZA.

Las reacciones de la tierra a las fuerzas aplicadas - por las herramientas de labranza está afectadas por la resistencia del suelo a la comprensión, adhesión (fuerzas atractivas entre la tierra y algunos otros materiales). Estas son - propiedades dinámicas, en tanto se hacen manifiestas tan solo con el movimiento de la tierra. Las fuerzas de aceleración - no son propiedades de la tierra, pero también se encuentran - presentes. Nichols ha mostrado que las fuerzas reactivas de - toda clase de suelo, están dominadas por una capa de humedad - en las partículas coloides y por lo tanto, están relacionadas con la humedad de la tierra y su contenido coloidal.

La tierra se puede clasificar: como plástica y no - plástica.

a) Tierras plásticas: Implica que el suelo es mol-

deable en un rango de contenido de humedad y que retendrá su forma moldeada después de que se seque.

b) Tierras no plásticas: Generalmente se consideran las arenas y otros suelos conteniendo menos de un 15 ó 20% de barro o coloides.

Si un suelo plástico se satura con agua y entonces se deja secar, pasa por las siguientes etapas en orden: pegajoso, plástico, desmenuzable, duro (cementado).

La etapa desmenuzable representa las condiciones óptimas para la labranza. La compactación del suelo por los implementos de labranza y las unidades de poder, es un problema serio en algunas áreas y se produce cuando se trabaja la tierra húmeda.

Prácticamente todas las herramientas de labranza consisten de dispositivos para aplicar presión al suelo, a menudo a través de planos inclinados o cuñas. Conforme la herramienta avanza, la tierra a su paso está sujeta a esfuerzos comprensivos, los cuales en un terreno desmenuzable, resulta en una acción de corte. El corte del suelo es considerablemente diferente del corte de la mayoría de los sólidos, en tanto que la reacción se puede extender a una distancia considerable en cualquiera de los lados del plano de corte, debida a la fricción interna y la acción cohesiva de las capas de humedad.

La cohesión se puede definir como la fuerza que sujeta o mantiene a dos partículas del mismo tipo juntas.

Se produce una fricción interna, debida al entrelazamiento de las partículas dentro de la masa del suelo.

La fricción interna y la cohesión a veces son referidas como las propiedades físicas reales del suelo. En la realidad, son tan solo parámetros de corte, como se vé en la siguiente ecuación:

$$r = C + \sigma \tan \phi$$

Donde:

$r$  = Esfuerzo cortante en una falla de la tierra.

$C$  = Cohesión.

$\sigma$  = Esfuerzo normal al plano de la falla de corte.

$\phi$  = Angulo de fricción interna

Basado en esta ecuación, la cohesión puede ser referida como el esfuerzo cortante, con una carga normal cero. -- Los valores de  $C$  y  $\phi$  pueden ser determinados midiendo el esfuerzo de corte para varios valores de esfuerzo normal. El esfuerzo cortante tiene una influencia importante en la tracción de una herramienta de labranza.

Una falla en el suelo debida a una compresión, siempre se asocia con una reducción en volumen. Una falla por corte, es un fenómeno independiente de una falla por compresión. Una falla de un suelo, puede ser evidenciado como un flujo plástico, sin el desarrollo de superficies de falla de corte. Un ejemplo podría ser el flujo de un terreno húmedo de barro alrededor de un subsoleador, conforme la herramienta avanza a través del suelo. Los cortes en la tierra, pueden definirse como una acción rebanadora que no resulta en ninguna otra falla mayor como el corte.

Las condiciones en las cuales el corte puro puede ocurrir, están determinadas por las características y humedad

contenida y hasta cierto punto por el grado de confinamiento. En muchas operaciones de labranza, el corte no está claramente definido, como acción independiente.

### Fricción y adhesión.

Todas las operaciones de labranza involucran una acción deslizante de la tierra sobre algunas superficies de la herramienta. La fricción de la tierra contra una herramienta que tiene grandes áreas de contacto, se traduce en una componente significativa de la tracción requerida. La fricción -- también está involucrada cuando dos cuerpos rígidos se mueven uno con respecto del otro, este fenómeno es diferente de la fricción interna. A menos que se involucren velocidades o -- grandes cargas normales, la fricción de cuerpo rígido de tierra con tierra, se asume que obedece a la ley de simple fricción, en la cual:

$$\mu = F/N = \text{tang } \psi$$

$\mu$  = Coeficiente de fricción (tierra con tierra).

$F$  = Fuerza de fricción tangente a la superficie.

$N$  = Fuerza normal (perpendicular a la superficie)

$\psi$  = Angulo de fricción

Es independiente de la carga normal, el área de contacto y la velocidad de derrape, o de deslizamiento.

La fricción del suelo en una herramienta de labranza, es normalmente de suelo con acero, pero en algunos casos es, suelo con plástico (en algunos arados se cubren las partes con plástico). Cuando la tierra resbala en el acero, las fuerzas adhesivas entre el suelo y el metal, tienen una marca

da influencia en las fuerzas de fricción. Las fuerzas adhesivas son debidas principalmente a las capas de humedad y su magnitud varía con el contenido de humedad.

La fuerza adhesiva tiene el efecto de incrementar la carga normal (perpendicular) en la superficie, aumentando la fuerza de fricción tangencial.

Ya que es impráctico separar los efectos de estos dos componentes, la práctica usual en las pruebas de laboratorio, es el representar su efecto combinado con "un coeficiente de fricción aparente" que se define como  $\mu'$  (para diferenciarlo de  $\mu$  en la ecuación anterior).

La relación general de la fricción entre tierra y metal y el contenido de humedad de la tierra, fué descrito por Nichols. "En la fase de fricción, las fuerzas adhesivas son pequeñas y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente del contenido de humedad".

Los suelos en condiciones desmenuzables, normalmente tienen contenido de humedad en este rango. En la fase de adhesión, las capas de humedad se desarrollan entre el metal y las partículas del suelo, creando fuerzas adhesivas que causan el aparente coeficiente de fricción. Cuando el suelo tiene suficiente humedad, como para actuar como lubricante, el coeficiente de fricción decrece conforme se va añadiendo agua.

Los contenidos transitorios de humedad entre fases, se incrementan con el contenido de barro, siendo más alto para suelos con barro que para los arenosos. Los rangos típicos de suelo en acero pulido normalmente son de 0.2 a 0.5 para arena, 0.3 a 0.65 para arcilla y 0.35 a 8 para barro.

La cantidad menor en cada caso, representa valores en la fase de fricción.

El tipo y lo pulido del material en el cual la tierra resbala, afecta el coeficiente aparente de fricción. Los materiales que como el teflón resisten la humedad, no desarrollan grandes fuerzas adhesivas con el suelo, por lo tanto tienen coeficientes de fricción aparentes, substancialmente más bajos.

Los coeficientes aparentes de fricción entre tierra y metal bajan, conforme la carga normal se hace más grande, especialmente en barro húmedo y en barro con arcilla.

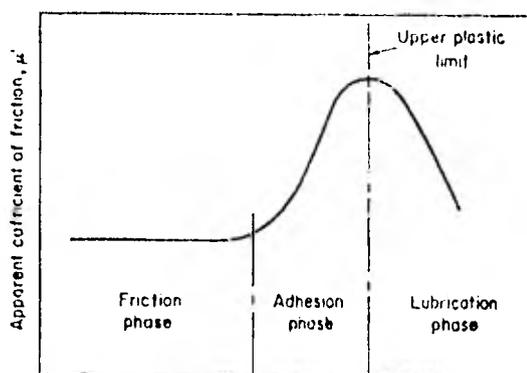


Fig. 4.2 Contenido de humedad en el suelo.

Curva característica mostrando el efecto de contenido de humedad, sobre un coeficiente aparente de fricción entre acero y tierra.

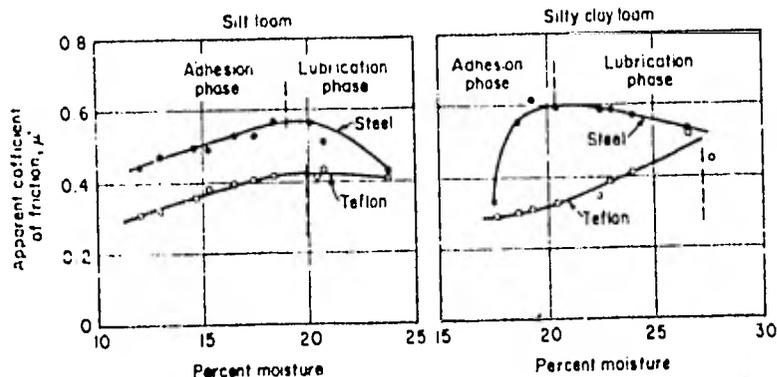


Fig. 4.3 Comparación de coeficientes aparentes de fricción para acero y teflón en relación con el contenido de humedad.

#### IV. 8 RESISTENCIA DEL SUELO, CARACTERIZADA POR LA RESISTENCIA A LA PENETRACION

La resistencia del suelo, es la habilidad o capacidad de un terreno en particular, para resistir una fuerza aplicada. La resistencia a la penetración, es un parámetro compuesto que involucra varias propiedades independientes del suelo, se considera generalmente como un reflejo de la resistencia del terreno.

Para medir la resistencia a la penetración, se utiliza un tornillo instrumentado, conocido como tornillo penetrómetro, que se empuja adentro del terreno y la fuerza es observada de acuerdo a la probabilidad de penetración. La lectura del penetrómetro que da la fuerza por unidad de área, es la base de la sección transversal y provee indicadores de la dureza relativa de los diferentes suelos de uniformidad contra profundidad, en condiciones del suelo específicas.

La recomendación que la ASAE (R313), adoptó en 1968,-

especifica para los tornillos medidores de penetración, de forma cónica, dos tamaños estándares y un método de procedimiento para la obtención de lecturas.

#### IV. 9 ABRASION DE LOS SUELOS

La abrasión es una propiedad dinámica de los suelos - que tiene un efecto acumulativo, más que un efecto inmediato.- Cuando una gran cantidad de tierra resbala por la superficie - de una herramienta de labranza, el desgaste abrasivo puede cambiar el tamaño, forma o dureza de la herramienta, lo suficiente para volverla inefectiva, especialmente si las presiones -- contra la herramienta, son elevadas. Las características que afectan la abrasividad, incluyen la dureza, forma y tamaño de las partículas de la tierra, la firmeza con la que las partículas se detienen en la masa del suelo y el contenido de humedad del suelo. La resistencia de los metales a la abrasión, depende de la composición del material y de su dureza, resistencia y tenacidad.

Una capa de una aleación especial contra la abrasión, se utiliza aplicada en las orillas cortantes de la herramienta, para reducir su grado de desgaste, especialmente para terrenos arenosos o de arcilla. Este proceso se conoce como revestimiento.

Los materiales para recubrimiento de distinta composición, se encuentran para condiciones específicas de abrasión o de impacto.

Generalmente estos materiales son aleaciones no ferrosas como cromo, cobalto, tungsteno o acero al alto carbono con teniendo elementos como cromo, tungsteno, manganeso, silicio, molibdeno. Se aplica a las herramientas de labranza a base de

soldadura por arco, o bien, soplete de oxiacetileno.

#### IV.10 FACTORES DE DISEÑO EN LA HERRAMIENTA DE LABRANZA

El fin básico de una herramienta de labranza es el de implantar (cambiar, mover o formar) un terreno, según sea requerido, para obtener una condición deseada del mismo. Existen tres factores de diseño que controlan o definen la manipulación del suelo, estos son:

- a) Condiciones iniciales del suelo.
- b) Forma de la herramienta.
- c) Forma de movimiento de la herramienta.

Los resultados de estas condiciones independientes, se encuentran evidenciados por dos factores externos:

- a) Las condiciones finales del suelo.
- b) Las fuerzas requeridas para manipular el terreno.

El conjunto de estos dos grupos, es un resultado que es de interés para el diseñador de implementos agrícolas. De los tres primeros factores, el diseñador tiene control tan solo de la forma de la herramienta. El usuario puede variar la profundidad o la velocidad de operación y puede utilizar la herramienta en una gran gama de condiciones iniciales del terreno. Pero, la forma de la herramienta no puede ser considerada independiente de la forma del movimiento o de las condiciones iniciales del terreno. La orientación de la forma de la herramienta, con respecto a la dirección del viraje, debe estar previamente definida.

Las diferentes condiciones iniciales del terreno, a menudo presentan formas diferentes. Por ejemplo, se han desarrollado muchas formas de arado de vertedera para diferentes tipos de condiciones en el terreno.

La forma de la que se ocupa el diseño, es la superficie por la cual se mueve la tierra, cuando se opera una herramienta de labranza, Gil y Vandenberg clasificaron tres formas características; macroforma, microforma y forma de arista. El término macroforma, designa la forma de la superficie gruesa, mientras que la forma arista se refiere a las formas perimetrales y seccionales de los límites de la superficie que trabaja en el suelo. Las navajas en forma de disco, lisas o con muescas, tienen diferentes formas en la arista, pero las macroformas pueden ser iguales. Las microformas se refieren a la dureza de la superficie.

La mayoría de las formas de las herramientas de labranza han sido desarrolladas por los métodos de corte y prueba, o bien con análisis cualitativo. La relación de forma y manipulación, ha recibido su más grande énfasis, en el desarrollo de los arados de vertederas, así como las relaciones de forma y fuerza, se han tomado en cuenta en las herramientas de tipo cincel. Las descripciones matemáticas de las formas, son lo medios más versátiles de representación, pero la herramienta como los arados de vertedera, tienen formas complejas de representar matemáticamente. La representación gráfica se utiliza a menudo para los fondos de los arados, aunque se han intentado los análisis matemáticos, lo mismo que existe un incremento en el análisis por computador para dichos fondos.

La forma de orilla cortante, puede materialmente afectar la tracción, lo mismo que a los componentes vertical y horizontal de las fuerzas de la tierra. Por ejemplo, las nava--

jas afiladas por la cara cóncava, penetraron más fácilmente - que las que son afiladas por la cara convexa. Las rejas gastadas producen efectos nocivos para el trabajo de la tierra como, la compactación de la tierra, reducen la fuerza vertical y a veces, incrementan sustancialmente la fuerza de tracción. El área por la cual resbalan las partículas de tierra (microforma), tiene una gran influencia sobre las fuerzas de fricción. Lo áspero de una superficie o área, está relacionado con la pulida inicial y el efecto del desgaste por abrasión, y puede darse locamente por efectos de oxidación, raspones o pequeñas depresiones. Es tan importante este detalle, que puede contar hasta un 30% de la tracción total en el arado de vertedera. La microforma, puede tener un efecto importante en otros aspectos del terreno, como socavación.

La forma del movimiento, involucra la orientación de la herramienta, su paso por el suelo y la velocidad a su paso. Para herramientas que viajan en línea recta (no rotatorias, ni oscilantes), el paso queda definido solamente, con dar el ancho y la profundidad del corte. La orientación de una herramienta puede significar una tendencia de operación de la tierra y de las fuerzas. Un factor que afecta a la profundidad y a la orientación del trabajo, es el sistema de enganche utilizado. En ciertos casos cuando existe potencia disponible, un factor de diseño más fácil de variar, es la velocidad de operación. El incrementar la velocidad gradualmente, incrementa en partes proporcionales según el diseño, la tracción, pero también afecta los movimientos del suelo y su desmenuzamiento.

#### IV.11 MEDICION Y EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO

Se ha dicho que hay dos principales factores que afectan el comportamiento de las herramientas para la labranza y son: las fuerzas de la herramienta y las condiciones del suelo.

Al término de la labranza las condiciones del suelo deben ser aceptables, compradas con las condiciones deseadas, mientras que durante la actividad se debe efectuar ésta con las condiciones de una correcta manipulación de la tierra y con un mínimo de energía.

Los sistemas de fuerzas que actúan en las herramientas de la labranza, pueden ser representados en forma matemática y las fuerzas pueden ser medidas.

Pero una evaluación cuantitativa de comportamiento es difícil, ya que no se ha desarrollado un método adecuado que describa las condiciones del suelo, o que especifique las condiciones necesarias para un uso determinado.

Tres conceptos en cuanto a la condición final se refiere, pueden ser de gran interés dependiendo de la operación de labranza determinada, estos son:

- a) El grado de desmenuzamiento de la tierra
- b) La segregación de los terrenos, en relación a la profundidad.
- c) Uniformidad de la mezcla, a través de la profundidad labrada.

El desmenuzamiento puede ser medido cerniendo una mezcla representativa de la profundidad labrada. Esto puede realizarse por medio de una cernidora rotatoria, los resultados de dicha prueba pueden expresarse en términos del tamaño real de los terrones, un módulo de pulverización o un diámetro medio de masa.

La segregación de los tamaños de los terrenos, quizás con un terrón más grande en o cerca de la superficie, algunas veces se desea, pero no es así en otros casos. Muchos tipos de herramientas de labranza, tienen este efecto, variación del grado. Cerniendo distintas capas del perfil del suelo, proporciona medios para medir el comportamiento de las herramientas de labranza.

A menudo el objetivo de la labranza, es el de mezclar la tierra trabajada para tener una distribución uniforme de terrenos o humedad. Es decir, los materiales aplicados como pesticidas o fertilizantes, necesitan ser mezclados uniformemente con el suelo. La uniformidad de la mezcla, puede ser medida aplicando materiales de comparación al suelo y activos, materiales fluorescentes, sodio y potasio, además de otros que han sido empleados.

La evaluación del desarrollo involucra el comparar las condiciones tanto actuales y finales, con las condiciones deseadas. Esta última es determinada por el uso que se le dará a la tierra labrada.

El nivel aceptable de desenvolvimiento funcional, asumiendo que está por debajo del nivel deseado, puede ser mezclado con consideraciones económicas y otros factores. El comportamiento también incluye la capacidad de campo y la eficiencia de la utilización de la energía que debe ser considerada, cuando se comparan dos o más implementos. La colocación y grado de reducción del tamaño de los residuos vegetales, son otros factores que algunas veces tienen que ser incluidos para determinar la eficiencia de la utilización de la energía de un implemento de labranza, cuando el principal objetivo es el desmenuzamiento de la tierra, la energía que se "representa" por una reducción en el tamaño de los terrones, deberá ser determi

nada experimentalmente. Esto se ha efectuado aplicando energía al suelo, de tal forma que esta sea controlada y por otra parte, midiendo los efectos en términos del tamaño de los terrones. Gil y McCreery desarrollaron un método, en el cual las muestras de tierra, se dejan caer desde una altura determinada a una superficie rígida y la energía cinética gastada en la caída, está relacionada con el diámetro de la masa media resultante.

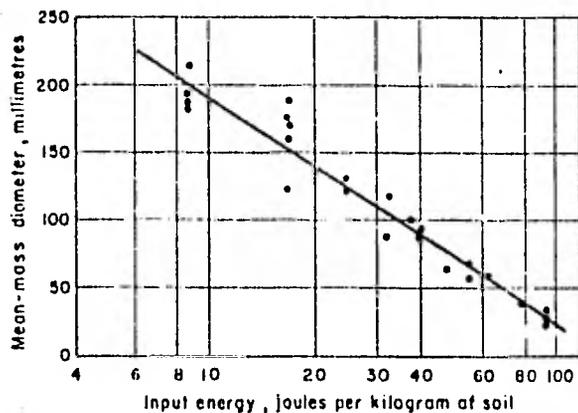


Fig. 4.4 Relación entre la energía de entrada y el tamaño de los terrones, en una prueba con terrenos fangosos, con un porcentaje de humedad de 12 a 16%.

Las caídas sucesivas de los terrones, muestran por otro lado una relación directa entre el diámetro de la masa media y el total de la energía cinética entregada.

Existen otros métodos para determinar en una forma experimental la energía equivalente de entrada, algunos de ellos son los siguientes: las fuerzas que rompen el suelo han sido aplicadas por compresión lenta, por golpeo en el suelo por un péndulo, o por la rotación de una navaja similar a la de un arado rotatorio. Ninguno de los métodos mide la energía

necesaria para alcanzar a pulverizar, ya que los mecanismos de falla pueden variar de aquellos, en el sistema de labranza actual. Las respuestas de los diferentes sistemas, no necesariamente son iguales. Para cada nueva condición de suelo es necesario realizar una nueva prueba, por lo que así, dichos métodos proporcionan un medio útil para comparar resultados de las diferentes operaciones de labranza.

Para evaluar una operación de labranza en términos de utilización de energía, es necesario cuantificar la energía real para la labranza real por unidad de volumen, calculada a partir de la tracción media, ancho de corte, y profundidad de corte. La energía de entrada equivalente, determinada por alguno de los métodos enunciados anteriormente, se divide entre la energía para la labranza de entrada real, para obtener la relación dimensional que puede ser llamada, factor de utilización de energía. Dicho factor, no representa eficiencia de labrado en sentido estricto, porque la energía equivalente de entrada de referencia, no es un mínimo absoluto.

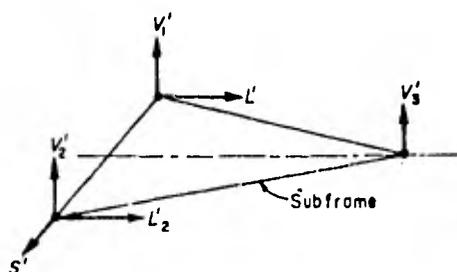


Fig. 4.5 Un arreglo para fijar completamente a un bastidor auxiliar con sus fuerzas transductoras.

#### IV.12 MEDICION DE LAS FUERZAS DEL SUELO EN LAS HERRAMIENTAS DE LABRANZA

Si una herramienta es fijada en un bastidor auxiliar que está fijado completamente a un marco de carga, a través de los seis transductores de fuerza apropiadamente orientados, la reacción resultante del suelo puede ser determinada completamente. El soporte o sostén, normalmente jalado por una unidad de poder separada, mueve la herramienta por el suelo a velocidades, profundidades y orientaciones laterales controladas, mientras que se miden las fuerzas resultantes. Para mejores resultados es conveniente tener una pista de prueba o sistema-guía, para que el conductor pueda mantener un ancho y una profundidad de corte constantes en la zona de pruebas.

Con un adecuado arreglo, se podrán probar en este, cualquier combinación de reacciones en diferentes herramientas. Las fuerzas parásitas pueden ser eliminadas o en su caso minimizadas por ajuste en la herramienta, o quitando las superficies de soporte o estabilizadoras.

El efecto de la gravedad existente se verá nulificado, si se toman lecturas iniciales de carga con la herramienta suspendida y luego tratando solo con los cambios en la carga causados por la reacción del suelo.

Las cinco formas de combinación indicadas anteriormente, nos servirán para representar los resultados de las respuestas de los seis transductores.

Las mediciones de fuerza en herramientas de tamaño completo, pueden ser efectuadas con unidades móviles para pruebas en el campo o mediante artificios en el laboratorio, teniendo tierra en grandes depósitos. Estos depósitos nos servirán-

para representar condiciones reales de operación, pero está influenciada por una variabilidad de condiciones del suelo, -- aún en un solo campo. Los resultados realizados en campo proporcionan una mejor base, para diseño estructural, que los resultados en dichos depósitos de tierra.

Cuantitativamente, los resultados no necesariamente representan las condiciones de campo. Pero el estudio en laboratorio nos proporciona una base y nos sirve más que nada, para pruebas repetitivas.

Clyde hizo mucho del trabajo, en el principio del análisis de las fuerzas de labranza y su medición, en la Universidad de Pennsylvania State. El desarrolló una unidad móvil para pruebas del campo en el año de 1935 y la usó por mucho tiempo. El control lateral de dicha unidad, a la cual bautizó con el nombre de "medidor de labranza", se obtiene mediante ruedas metálicas corriendo en guías de acero móviles. La profundidad a su vez era controlada por dos llantas de hule que corren en terreno plano. Para una base de diseño y operación se recalcó en determinar las resistencias del suelo, bajo condiciones de campo reales con suelos típicos, fáciles y difíciles de labrar para dos rangos de condiciones.

Gil y Vandenberg describen dos dinamómetros móviles de campo, que son utilizados en Europa para investigaciones. Cabe mencionar que ninguno de los dos usa vías guías. La unidad NIAE está montada en un tractor y tiene pequeñas pistas voladas para controlar la profundidad. La otra unidad, en Alemania está montada en un carrito de ruedas.

Cuando el ancho de corte deba de ser controlado, como en el caso de los arados o herramientas de disco, se colocan en el carrito dos herramientas similares, en la misma relación

que tendrían en un implemento completo, y la herramienta posterior, se encuentra instrumentada. Algunas firmas fabricantes de implementos agrícolas, tienen también unidades móviles de prueba.

El Laboratorio Nacional de Maquinaria para Labranza en Auburn, Alabama, es una instalación reconocida que opera desde 1936 y en sí es un centro de investigación del movimiento del suelo. Este centro tiene 9 depósitos exteriores y dos interiores, en los cuales se puede experimentar con herramientas para labranza a tamaño natural. Cada depósito tiene 6.1 mts. (20ft) de ancho, 1.5 mts. (5 ft.) ó 0.6 mts. (2 ft.) de profundidad y 58 mts. ó 76 mts (190 ó 250 ft.) de largo. Los suelos de estas tierras varían en su composición mecánica de arena o barro predominantemente. Fueron seleccionados para proporcionar un amplio rango de características de los suelos. Unas vías en las paredes entre los depósitos, soportan las ruedas de las unidades de prueba.

Se puede obtener equipo para compactar, pulverizar, revolver, nivelar y rociar el suelo, lo mismo que para protegerlo del medio ambiente. Una unidad motriz, jala el carrito de la herramienta y puede trabajar a velocidades que van de 0.3 a 16 km./hr (0.2 a 10 mph).

Algunos fabricantes de equipo agrícola, varias dependencias oficiales y experimentales agrícolas en Estados Unidos y el Laboratorio Nacional de Maquinaria para Labranza, tienen pequeños depósitos de tierra interiores, para en ellos efectuar investigaciones con modelos a escala, o bien, con simples firmas de herramientas de labranza. El número de ellas está aumentando constantemente. En algunos casos las dimensiones de dicho depósito van de 6.1 a 18.3 mts. (20 a 60 ft.) de largo. En algunos casos de arreglos interiores, es-

tos son estáticos o giran.

La mayoría, si no es que todas las unidades actuales- utilizan transductores de fuerza, con medidores de deformación. La velocidad es medida normalmente por un tacómetro generador- que manda una señal eléctrica, que puede ser colocada en un -- canal del mismo instrumento usado para los transductores de -- fuerza. Se usan normalmente oscilógrafos grabadores de ocho - canales, grabadoras de ocho canales de cinta magnética y graba- doras X Y.

En la gran mayoría de los casos las señales generadas son enviadas a un computador analógico, donde la información - es procesada durante la prueba.

Cuando se analiza o estudia una parte o componente en particular de la herramienta, es deseable comunmente el aislar la componente y medir las fuerzas que actúan sobre ella. Por- ejemplo, un arado de tipo vertedera puede ser sujetado desde - atrás por dos vigas de tipo volado, que en sí lo aíslan estruc- turalmente del resto del arado, pero que aún así, lo colocan - en posición correcta de funcionamiento. Los medidores de de-- formación pueden ser aplicados a las vigas de soporte, para me- dir una o más componentes de la fuerza, o para medir el siste- ma en el arado.

Para determinar el sistema completo, se necesitan -- seis condiciones de fuerza en este ejemplo, la fuerza axial y- la flexión en dos direcciones transversales, para cada viga. - Algunas ocasiones, los transductores de fuerza se pueden incor- porar directamente a los miembros estructurales, que normalmen- te soportan a la herramienta o componente.

Cuando han de ser determinadas las fuerzas por medio-

de mediciones del momento de flexión, los momentos deben ser medidos, en dos secciones de la viga, para así determinar la fuerza aplicada exactamente. Para una máxima respuesta deben estar tan separadas como sea posible, y las secciones que crucen deben ser idénticas. Para que sea cuantificada la diferencia de momentos, se conecta el circuito puente. Cualquier momento resultante de las componentes excéntricas de las fuerzas paralelas al eje de la viga, se cancelan en las lecturas del transductor, ya que afectan a todos los medidores de deformación igualmente.

#### IV.13 MEDICION DE LA TRACCION DE LOS IMPLEMENTOS DE TIRO

La tracción es una componente del tiro en la dirección del trabajo. Un mecanismo, quizá el más sencillo, que consta de un resorte con escala, llamado dinamómetro, es utilizado para medir la tracción, este se conecta entre el tractor y el implemento y se lee directamente. Debido a las fluctuaciones rápidas de carga, tal dinamómetro solo proporciona resultados aproximados. Uno de tipo hidráulico, transmitiendo presión a un manómetro calibrado en unidades de fuerza, es más fácil de leer que uno de resorte, ya que las fluctuaciones de fuerza, pueden ser controladas considerablemente, si se usa un fluido viscoso o teniendo una restricción en la línea al manómetro. En algunos dinamómetros se lleva un record de la tracción en una gráfica movida por una rueda.

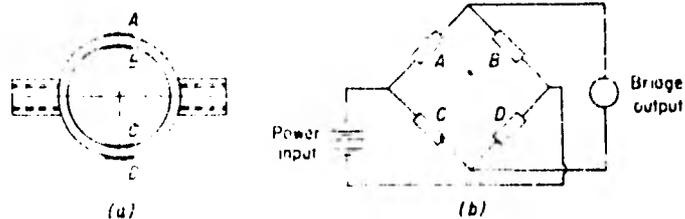


Fig. 4.6 (a) Transductor de fuerza de tipo anillo, para medir fuerzas axiales, mostrando el arreglo para los medidores de deformación o galgas extensométricas. (b) Circuito puente para los medidores de deformación.

Los medidores de deformación, se utilizan para medir la fuerza en la barra de tracción. Por otra parte son utilizadas varias configuraciones, pero normalmente el esfuerzo es medido en los miembros que están sujetos a flexión. Teniendo calibradores opuestos en tensión y compresión, proporciona una respuesta máxima y simplifica la compensación de la temperatura. Un transductor como el mostrado en la figura 4.7 tiene gran sensibilidad a las fuerzas de tensión axial o compresión y la respuesta, no es afectada por cargas de flexión.

Para encontrar un correcto cuadro de la tracción del implemento y de los requerimientos de energía, es necesario medir la velocidad, el ancho y la profundidad de corte, además de determinar la tracción, aún en una carrera corta, es recomendable por lo menos, tener el record del tiro, en relación a la distancia del viaje. Integrando el área bajo la curva se puede obtener el promedio del tiro y el trabajo total. La velocidad se puede determinar, tomando el tiempo a una distancia de viaje medida, o bien, contabilizada automáticamente, también se puede hacer con un tacómetro generador, acoplado a una rueda que toque el suelo.

Si se conecta un dinamómetro de tipo convencional, se dará como resultado la tracción total y no una componente de la tracción. Por lo que la inclinación de la línea de tracción, con respecto a la horizontal, y el ángulo horizontal de la dirección del viaje, deben de ser medidos para que la tracción pueda ser calculada a partir del tiro. Zoerb, describe un dinamómetro medidor de deformaciones conectado directamente, que tiene los medidores de deformación en el tiro vertical sujetos por dos baleros de bolas en el eje vertical, de tal manera que los calibradores registran solo la componente de tracción del tiro. Excitando el dicho circuito puente de los medidores de deformación, con la salida de voltaje del tacómetro -

generador, fué capáz de obtener lecturas directas de la energía.

La tracción de los arados se expresa comunmente en Newtons por centímetro cuadrado, conocida como tracción específica. En algunas maquinarias agrícolas, se especifican kilonewtons (libras fuerza) por hilera, en específico, en las sembradoras. Para el resto de los implementos agrícolas, la tracción se expresa en Kilonewtons por metro de ancho (lbs. fuerza por ft. de ancho), indicando algunas veces la profundidad.

#### IV.14 MEDICION DE LAS FUERZAS DE ENGANCHE EN IMPLEMENTOS DE MONTAJE Y SEMIMONTAJE.

La tracción se puede cuantificar, colocando medidores de deformaciones, en los lados frontal y trasero de los pasadores que sujetan la parte frontal y posterior de los pasadores que sujetan la parte frontal de las conexiones, en un gancho de tres posiciones. Una viga simple puede ser usada para el punto de adhesión superior.

Cuatro calibradores se colocan adecuadamente en cada soporte para que reaccionen tan solo a momento de flexión en el plano horizontal. Se puede obtener una sola lectura conectando las salidas de los tres circuitos puente, uno por cada soporte, en paralelo o conectando todos los calibradores a un solo circuito puente. Midiendo la diferencia entre dos momentos de flexión en dos secciones de cada viga de soporte, se nullifican los efectos de los momentos, provocados por fricción en las juntas de las rótulas. Schultz minimizó los efectos de la fricción en las rótulas, haciendo las vigas voladas inferiores a 165 mm. (6 1/2 in) de largo (al centro de la rótula).

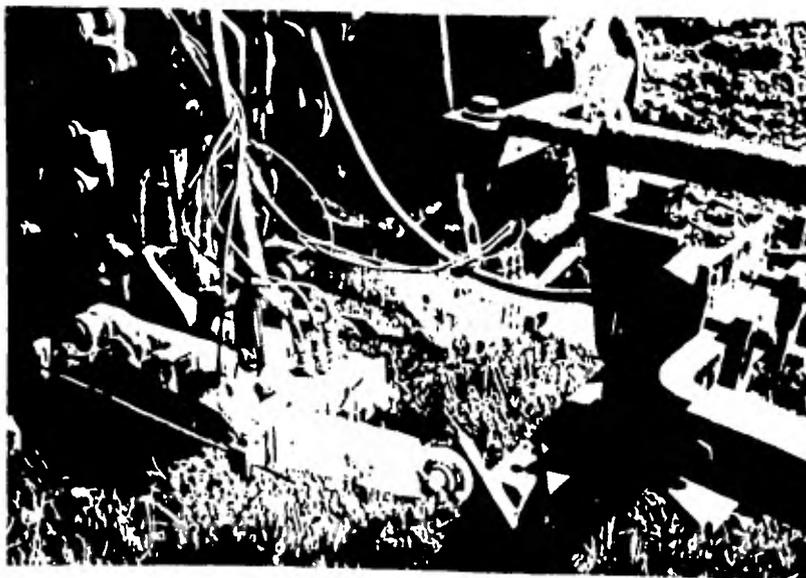


Fig. 4.7 Sistema de Transductores de Fuerza

El sistema del pasador de enganche para medir la tracción, es correcto cuando el implemento no recibe apoyo a través de las uniones de enganches elevadores, o si las fuerzas del enganche elevador y los ángulos son medidos.

Debido a que las uniones elevadoras no son verticales, cualquier fuerza en ellas tendría una componente longitudinal, que efectuaría la respuesta de una viga transductora de enganche inferior. Las fuerzas en las uniones elevadoras, pueden ser medidas con transductores de tipo anular y combinadas en una sola lectura. Los ángulos de las uniones elevadoras en un plano vertical longitudinal, deben de ser conocidas de igual forma, para determinar la corrección, en las lecturas de tracción.

Si los componentes longitudinales, verticales y laterales de las fuerzas que actúan sobre el implemento deben de ser determinada, se deben realizar mediciones simultáneas de (a) - fuerzas axiales y momentos de flexión, en dos direcciones de -

las dos uniones inferiores (medidas atrás de las uniones elevadas), (b) fuerzas axiales en la unión superior, y (c) las direcciones de las tres uniones. Se pueden colocar medidores de deformación directamente en las uniones inferiores o en las uniones rectas modificadas, y se obtendrá entonces, una respuesta adecuada en las tres direcciones.

Un arreglo más sensible consiste de uniones especiales que transmiten fuerzas axiales y momento de flexión, a través de un brazo volado perpendicular al eje de unión, empleando el principio sustractivo de doble momento de flexión, para cada una de las tres componentes direccionales.

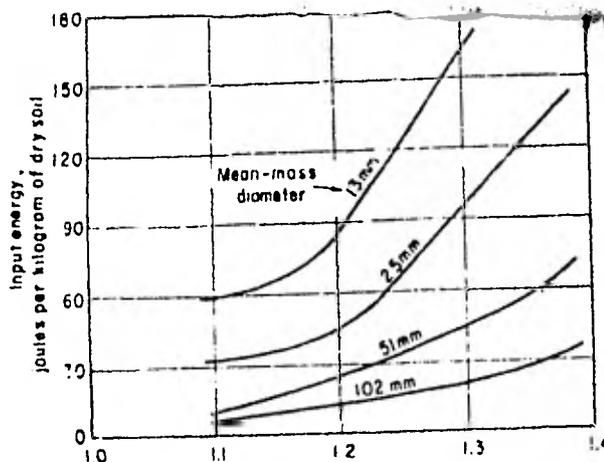


Fig. 4.8 Influencia de la densidad bruta y el tamaño de los terrones en la energía de entrada de un péndulo, en un terreno fangoso con un 28% de humedad.

#### IV.15 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA PARA EL ROTURADO DE LA TIERRA

La energía requerida por el roturado del suelo, está relacionada al grado de pulverización deseado. La cantidad de energía requerida para producir un grado de pulverización determinado, está en función principalmente de la dureza de sue-

las dos uniones inferiores (medidas atrás de las uniones elevadas), (b) fuerzas axiales en la unión superior, y (c) las direcciones de las tres uniones. Se pueden colocar medidores de deformación directamente en las uniones inferiores o en las uniones rectas modificadas, y se obtendrá entonces, una respuesta adecuada en las tres direcciones.

Un arreglo más sensible consiste de uniones especiales que transmiten fuerzas axiales y momento de flexión, a través de un brazo volado perpendicular al eje de unión, empleando el principio sustractivo de doble momento de flexión, para cada una de las tres componentes direccionales.

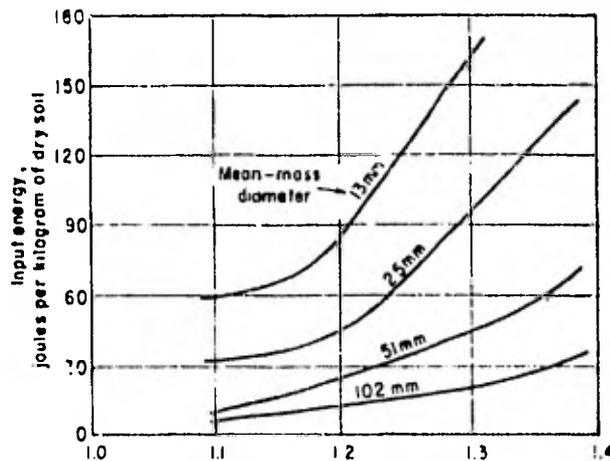


Fig. 4.8 Influencia de la densidad bruta y el tamaño de los terrones en la energía de entrada de un péndulo, en un terreno fangoso con un 28% de humedad.

#### IV.15 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA PARA EL ROTURADO DE LA TIERRA

La energía requerida por el roturado del suelo, está relacionada al grado de pulverización deseado. La cantidad de energía requerida para producir un grado de pulverización determinado, está en función principalmente de la dureza de sue-

lo y la eficiencia de utilización de energía, del implemento utilizado.

La dureza del suelo está relacionada con la naturaleza del mismo y sus características o condiciones físicas. Los suelos con contenido de barro, tienen por lógica mayor demanda de energía para roturar, que los que contienen arena o tierra negra. El medio ambiente, las prácticas de cultivo, y otros factores influyen la condición física del suelo. Para un suelo dado, los requerimientos de energía se incrementan con relación a la densidad bruta.

La dureza de un suelo inicialmente húmedo, crece considerablemente conforme se seca el mismo, particularmente con arcilla y arcilla con tierra negra, por lo que se incrementan proporcionalmente los requerimientos de energía para la pulverización. Cuando los implementos tienen grandes superficies de enganche con el suelo, la fricción aumentada en la etapa de adhesión, aumenta los requerimientos de energía, si el suelo está muy húmedo. Por lo que, si se programan las operaciones de labranza, para que se efectúen con contenidos óptimos de humedad, puede ser importante en relación con la minimización de requerimientos de energía. En regiones áridas, el riego previo a la labranza, puede reducir requerimientos de energía y/o incrementar el grado de pulverización. Las operaciones secundarias de labranza, se deben efectuar antes de que los terrenos alcancen a secarse.

Para una condición específica, los factores que pueden afectar a la tracción y a la eficiencia de utilización de energía, son entre otros, la profundidad de corte, ancho de corte, forma de la herramienta (incluyendo las orillas cortantes), arreglo de la herramienta, y a la velocidad. Los resultados de estos efectos, varían de acuerdo con los diferentes tipos de im

plementos y con diferentes condiciones de suelos. Al asignar los efectos en la tracción, cualquier otro efecto acompañante en el grado de pulverización, debe ser considerado. En algunas ocasiones, el roturado incrementado del suelo, debe ser suficiente para evitar una reducción aparente en la eficiencia de la utilización de la energía. Se debe cuestionar entonces, si la pulverización incrementada es ventajosa en una situación en particular.

Con los implementos de tipo cincel, la tracción específica promedio en una operación de labranza, generalmente muestra un ligero incremento con la profundidad, especialmente en suelo más pesado. Las pruebas de campo, en algunas ocasiones muestran un gran incremento la profundidad normal de la labranza, debido a la variación en las condiciones del suelo. El efecto de la profundidad, con respecto a la tracción específica de los arados de vertedera, está influenciada por la forma y el tamaño. Una ubicación inadecuada de las ruedas, correderas o herramientas adyacentes que pueda interferir con el patrón normal de falla del suelo, puede incrementar la tracción. Son factores de relevancia en lo que se refiera a la tracción, la forma y la orientación de las herramientas.

Gill y McCrery efectuaron pruebas con secciones de fondos de arados de vertedera, teniendo valores de 51, 102, 152 y 203 mm. (2, 4, 6 y 8 in.) de ancho, en un terreno fangoso del Laboratorio Nacional de Maquinaria de Labranza. La tracción específica para los cortes de 51 mm. y 25 mm. fueron 40% y 140% respectivamente, mayores que el promedio de los 102 mm. 152 mm. y 203 mm.

Pero el diámetro de la masa media, se redujo de 218 mm a 38 mm. (8.6 a 1.5 in.), conforme se reducía el ancho de corte. Los factores de utilización de energía, se incrementaron-

de 0.14 con un corte de 203 mm. a 0.65 con un corte de 51 mm. y a 0.79 con un corte de 25 mm. Pruebas realizadas con navajas de discos de 66 cm. (26 in.), haciendo cortes de 25 mm. a 203 mm., resultaron con una tracción específica más alta, en cortes de 25 mm. y 51 mm., pero sin mucha variación en el factor de utilización de energía, sobre el rango total de anchos.

Estas pruebas demostraron el principio de usar pequeños cortes en un terreno consolidado, para obtener máxima fragmentación, y sugieren que el método más eficiente para un diámetro de la masa media, de un terreno dado, es el aplicar las fuerzas de tal manera, que el roturado del suelo ocurra en un solo paso. Esto es en sí un enfoque opuesto a la práctica común, que es el desmenuzar una masa de tierra, en una serie de operaciones o pasos de labranza. Los implementos trabajando en tierra floja, tienden a reacomodar los terrones, sin desmenuzarlos gran cosa adicionalmente.

Los efectos de arar, seguidos de cuatro ordenaciones de operación de tipo secundarias en la labranza, fueron analizadas en pruebas de campo, conducidas bajo siete combinaciones de suelos y condiciones previas para cosechar. En cuatro campos, en los que todas las operaciones de labranza fueron efectuadas para un campo en particular, fueron hechas en un período de 3 hr., los diámetros de la masa media de los terrones -- después de arar, osciló entre 33 mm. y 61 mm. (1.3 a 2.4 in.). El primer escarificado después de arar, disminuía el tamaño de los terrones de un 20 a un 35%, pero un escarificado posterior usualmente no tenía ningún efecto notorio en el tamaño promedio de los terrones. El arado redujo la densidad bruta en un 25% y todas las operaciones secundarias de labranza aumentaron.

#### IV.16 EFECTO DE LA VELOCIDAD EN LA TRACCION

La velocidad elevada, aumenta la tracción con la mayoría de los implementos de labranza, fundamentalmente debida a la más rápida aceleración de cualquier terreno, que se desplaza apreciablemente. La variación de la velocidad (aceleración) del suelo incrementa la tracción, debido por lo menos a dos razones: 1º, las fuerzas de aceleración, incrementan las cargas normales en las superficies de acoplamiento con el suelo; por lo que, aumentando la resistencia a la fricción y 2º, debido a la energía de movimiento (cinética) impartida al suelo. Ya que las fuerzas de aceleración varían conforme al cuadrado de la velocidad y ya que la tracción también incluye componentes que son en principio independientes de la velocidad, parece lógico representar la relación entre la velocidad y la tracción por una ecuación de la forma,

$$D_s = D_0 + KS^2$$

Donde:

$D_s$  = Tracción, con la velocidad S.

$D_0$  = Componente estática de la tracción, independiente de la velocidad.

S = Velocidad

K = Una constante, cuyo valor está relacionado al tipo, diseño de implemento y a las condiciones del suelo.

La proporción del efecto de la velocidad sobre la tracción, depende de la magnitud relativa de las componentes que son independientes de la velocidad y de las componentes que in

crementan con la velocidad, lo mismo que influenciados por el tipo y diseño de los implementos y por la condición y el tipo de terreno. Por ejemplo, si se incrementa la velocidad de 4.8 Km/hr a 9.6 Km/hr (3 mph a 6 mph), se incrementó la tracción en un 90% y en un 40% para un arado de disco en dos distintos tipos de suelo, en un 50% como promedio para arados tipo vertedera de formas convencionales en una variedad de suelos, y en 15% para un subsoleador.

#### IV.17 ESTUDIOS CON MODELOS A ESCALA

Las pruebas de campo para las herramientas de labranza, se complican por la variabilidad natural de las condiciones donde estas trabajan. La utilización de grandes depósitos de tierra para la prueba de herramientas de tamaño normal, requiere lógicamente de una instalación muy grande y por ello muy costosa, así mismo de un equipo altamente especializado. Otro enfoque, ofreciendo economía, conveniencia y un buen control de las condiciones, es la aplicación de principios similares en las pruebas de laboratorio de modelos a escala de herramientas de labranza. Los modelos a escala se emplean en muchas áreas de la ingeniería, pero no es sino hasta 1960, que ha habido mucho más atención a este tipo de estudios.

Las metas normalmente en los modelos a escala son, (a) ser capaces de predecir el comportamiento de sistemas prototipo (de tamaño natural), en base a valores medidos en un sistema relativamente más pequeño y más barato, ó (b) para obtener un concepto claro y preciso de la naturaleza, magnitud, y efecto de los parámetros físicos del sistema.

Este tipo de estudios, tienen como premisa básica, el concepto de similaridad entre el sistema prototipo y el modelo, con las mismas leyes físicas existentes en ambos sistemas.

Dos sistemas mostrarán comportamientos similar si se logran similitudes geométricas, cinemáticas y dinámicas. Es relativamente fácil obtener similitud geométrica. Para la similitud dinámica, las relaciones de todas las fuerzas que afectan el sistema, deben ser las mismas en el modelo, que en el prototipo. El problema entonces es determinar e identificar esas fuerzas. La condición faltante se logra normalmente, si las anteriores existen y se cumplen.

El primer paso importante para planear el estudio de un modelo, es la identificación de cada una de las variables físicas medibles, las cuales, cuando están combinadas adecuadamente, describirán completamente el fenómeno físico estudiado. Entonces, los principios del análisis dimensional, se aplican para equipar estas variables, en una serie de términos independientes y dimensionales, que se usan como base para el diseño del modelo.

Si se logra una reducción a escala de cada uno de los factores relevantes, una buena predicción del comportamiento del sistema prototipo se puede obtener, simplemente, multiplicando el comportamiento del modelo, por un factor de escala -- apropiado. Normalmente, existen elementos de los cuales no se puede obtener una escala. Eso es resultado en desigualdades o distorsiones significativas. El reducir a escala las propiedades del terreno, es en sí uno de los mayores problemas.

Una opción para intentar definir y cuantificar todas las propiedades del suelo para poder obtener una escala, es el usar el mismo terreno para el prototipo y el modelo.

Luego entonces, la distorsión es tomada en consideración empíricamente, observando los resultados obtenidos con modelos de varios tamaños (variando el factor de escala) y desa-

rrollando un factor de predicción para compensar la distorsión.

#### IV.18 INVESTIGACION CON HERRAMIENTAS SIMPLES PARA LABRANZA

En años recientes, se han realizado esfuerzos considerables en estudios destinados a probar herramientas de labranza de formas simples, como una forma para analizar los principios fundamentales de las reacciones del terreno, a las fuerzas proporcionadas. Estas herramientas son normalmente platos planos que se mueven por el suelo, en posición vertical (ángulo de 90° de elevación). Los platos con espesor de 25 a 100mm (1 a 4 in.) usualmente se operan como arados de vertedera, como arados de vertedera, con la parte del ancho total, extendiéndose sobre la superficie del suelo.

Los platos anchos algunos de hasta 76 cms. (30 in.), son más sencillos de ser sumergidos y operados a ángulos de elevación con menos de 45°, para analizar la acción de un terreno al ser roturado. Las pruebas con herramientas simples se efectúan en el campo, en depósitos exteriores de tierra, o en depósitos interiores de tierra, de varias dimensiones.

## CAPITULO V

LOS DISCOS PARA LAS RASTRAS AGRICOLAS

## V.1 INTRODUCCION

## V.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS DISCOS

## V.3 REPRESENTACION DE LAS FUERZAS QUE ACTUAN EN LOS DISCOS.

## V.4 ARADO DE DISCOS

- a) arado de discos estandar
- b) arado de discos verticales
- c) reacción del suelo en los arados de disco

## V.5 RASTRAS DE DISCOS

- a) tipos y características
- b) cojinetes
- c) las rastras de discos
- d) reacciones del suelo a los discos en las rastras
- e) las fuerzas que actúan en una rastra de discos
- f) fuerzas horizontales
- g) cantidad obtenible de desplazamientos fuera de centros
- h) pares que actúan en los conjuntos de rastras de disco

## V.6 DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA RASTRAS DE DISCOS

- a) tiro.
- b) soportes y abrazaderas.
- c) timones y armazones
- d) sistemas elevadores y de dirección
- e) ruedas.

## V.7 AJUSTES DEL ANGULO DE CORTE.

- a) movimiento del timón
- b) giro del disco en el soporte.

c) resultados que se obtienen al cambiar el ángulo

V.8 AJUSTE DEL ANCHO DE CORTE

a) ajuste del corte del disco delantero

b) ajuste del ancho de corte

V.9 AJUSTE VERTICAL DE LOS DISCOS

a) método usando la conexión del soporte con el timón.

b) método usando la conexión entre el soporte y el cojinete

V.10 PROBLEMAS DE APLICACION EN LAS RASTRAS AGRICOLAS.

## V.1 INTRODUCCION

Las rastras están en un rango de importancia similar a los arados de vertedera como implementos de labranza. Las rastras para trabajo pesado, se usan para el cultivo primario, para controlar la maleza y para cortar o cubrir la cosecha con tierra. A menudo se usan unidades más ligeras en la preparación de la cama de semilla subsecuente al arado.

La popularidad de los arados de discos ha decrecido - - drásticamente desde principio de los años cincuentas. Los embarques promediaron sobre 30,000 discos de arado estandar y 13,000-discos de arado vertical por año, de 1950 a 1954, pero los embarques anuales de 1971 a 1975, promediaron sólo 1,000 discos estandar y 1,500 verticales. En comparación con los embarques de rastras durante 1971 a 1975, éstos promediaron 100,000 unidades por año y las cuchillas de arado de vertedera cerca de 50,000 por - - año.

Las cuchillas en las rastras y discos de arado son cóncavas, usualmente representando secciones de esferas huecas. La acción de las cuchillas cóncavas, es algo similar a la acción del fondo de una cuchilla de arado en la que la tierra es levantada, pulverizada, parcialmente invertida y desplazada a un lado.

Los implementos de discos múltiples, dejan un perfil de surco ondulado en el fondo. La altura teórica de las crestas por encima del punto más bajo en el fondo del surco, está directamente relacionada al espaciamiento entre discos, e inversamente relacionada al diámetro del disco y al ángulo entre la cara del disco y la dirección del viaje. En la práctica actual, las porciones superiores de las ondas, se pueden romper a medida que se remueve tierra adyacente.

Los discos de los implementos pueden cortar a través de residuos de cosecha, sobre raíces y otras obstrucciones y se pueden operar en suelos no limpios usando rasquetas de arrastre. No tienen cobertura completa de la basura, la cual puede ser una ventaja o desventaja, dependiendo de los objetivos de cultivo.

## V.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS DISCOS

Clasificación: Las dimensiones 26"X 3/16" son standar para describir los discos; el 26 es el diámetro del disco en pulgadas y 3/16 es el grueso en pulgadas de la lámina. Algunas veces se dá el calibre de la lámina en vez del espesor en pulgadas.

Variación de diámetros: Los diámetros de los discos utilizados por diez diferentes fabricantes varían de 24 a 32 pulgadas. Por otra parte, un fabricante (Towner) utiliza 44 pulgadas de diámetro, calibre 8, con concavidad de 9 pulgadas. En su arado especial utiliza discos de 50 pulgadas de 3/4 de pulgada, con una concavidad, de 10 1/2 pulgadas.

Concavidad: A la concavidad del disco se le llama "fondo" (Fig. 5.1). Se mide en pulgadas y varía mucho. Las concavidades menores permiten formar un ángulo mayor con la línea de viaje. Algunas medidas ordinarias son: disco de 24 pulgadas de 3 3/8 a 4 pulgadas, 6 discos de 26 pulgadas con concavidad de 3 3/4 a 4 1/2 pulgadas.

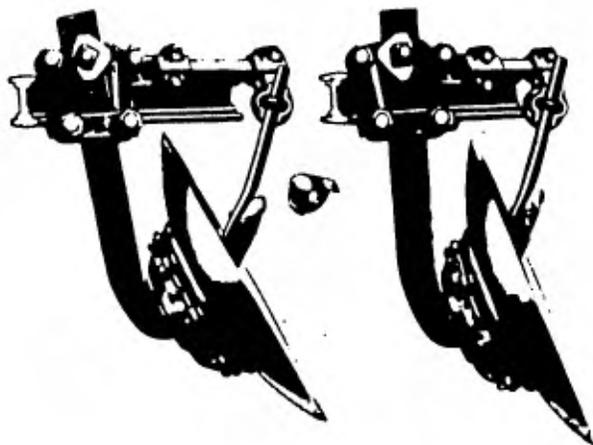


Fig. 5.1 Muestra de cómo se pueden inclinar los soportes para obtener varios ángulos de corte: nótese la concavidad y los -- limpiadores.

Profundidad de corte: La profundidad de los cortes varía de 4 a 14 pulgadas, de 3 a 14 pulgadas y de 4 a 15 pulgadas. La profundidad depende del diámetro del disco, siendo el límite de la profundidad, la tercera parte del diámetro del disco.

Anchura del corte: Son ejemplos del ancho de corte de los discos, de 7 a 10 pulgadas, de 7 a 19 pulgadas, que depende del ángulo que haga el disco con la dirección del movimiento, - la profundidad del corte y el diámetro del disco. Un disco ordinario de 26 pulgadas hará un surco de 10 pulgadas de ancho -- y de 8 a 9 pulgadas de profundidad. La mayor parte de los discos se forjan de acero con alto contenido de carbono. Cuanto -- más carbono contengan, más duros son; pero resistirán mejor el desgaste. Cuando las condiciones de la labranza son especialmente rudas, resultará mejor el acero de aleación.

### V.3 REPRESENTACION DE LAS FUERZAS PARA LAS CUCHILLAS DE DISCOS.

El efecto neto de todas las fuerzas del suelo que actúan en una cuchilla de disco como resultado de las operaciones de corte, pulverizado, elevado e inversión del surco, además de las fuerzas parásitas que actúan en el disco, se puede expresar en una de muchas formas. En la figura 5.2, el efecto resultante se expresa como dos fuerzas que no se intersectan, siendo una de ellas la fuerza de empuje  $T$ , paralela al eje del disco y la otra la fuerza radial  $U$ . Este método es particularmente ventajoso en el cálculo de cargas, sobre los cojinetes de soporte del disco.

El empuje está siempre abajo de la línea de centros del disco, porque el suelo actúa en contra de la parte baja de la cara del disco. La fuerza radial, la cual incluye la fuerza soporte vertical de la cuchilla del disco, debe pasar ligeramente atrás de la línea de centros del disco, para tener el par necesario, sobrepasar la fricción del cojinete y causar la rotación del disco.

El efecto resultante también se puede expresar por cualquiera de los métodos ilustrados en la figura 5.1, los cuales están basados en los componentes longitudinal, lateral y vertical ( $L$ ,  $S$  y  $V$ ), y las resultantes de esas fuerzas. El tipo de representación de fuerzas, ilustrado en la figura, 5.2 (b) es más útil que el otro cuando consideramos los efectos de las fuerzas del suelo contra el implemento como una unidad. En la figura 5.2 (b) los componentes  $L$  y  $S$  se combinan en una resultante horizontal  $R_h$ , de tal manera que el efecto completo se presenta por las dos fuerzas no intersectantes  $V$  y  $R_h$ . Debido a que estas dos fuerzas no se intersectan, producen un par  $V_a$  que tiende a rotar el implemento alrededor del eje para el movimiento hacia adelante (la distancia " $a$ " se identifica en la fi-

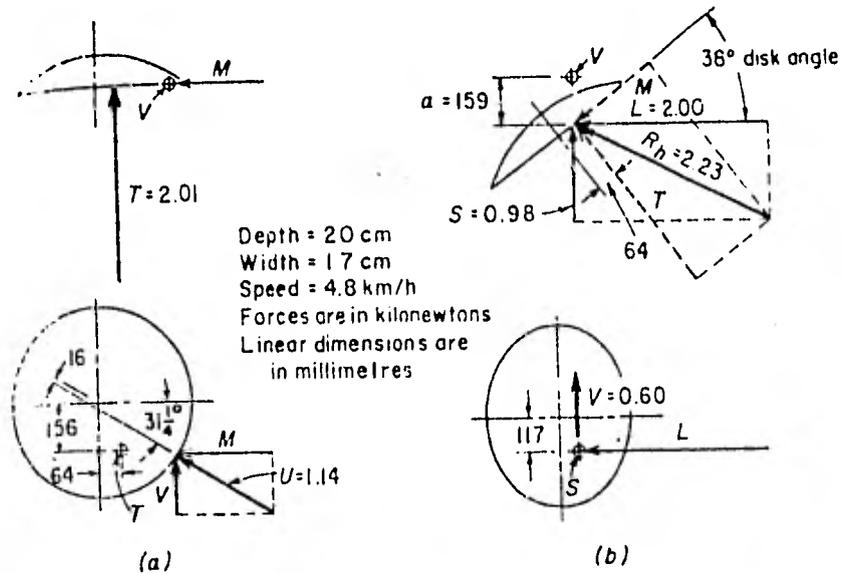


Fig. 5.2 Ejemplo de la resultante de las fuerzas del suelo - actuando en una cuchilla de 61 cms. (24 in.) bajo un suelo ar- cilloso de tierra negra, representándose el efecto total por- las dos fuerzas radial  $V$ , y b) Fuerza horizontal  $R_h$ , más fuer- za vertical  $V$ .

gura) 5.2 (b) Este par, es siempre en el sentido de las manecillas del reloj para discos de arado derechos, visto por atrás, el cual - es opuesto al efecto en un arado de cuchillas sin una reja de arado.

Las fuerzas indicadas en la figura (5.2) (a) se pueden ob- tener directamente de aquellas en la figura 5.2 (b) (ó viceversa) - aplicando los métodos de estática. Aunque los valores numéricos en la figura 5.2 son para un disco de arado vertical, los mismos méto- dos de representación se pueden aplicar a un disco inclinado como - en un disco de arado, o los discos de una rastra.

#### V.4 ARADO DE DISCOS.

##### a) Arado de discos estándar

Un arado de discos estándar consiste en una serie de cuchillas de discos inclinados, montados individualmente en un marco y soportado por ruedas. Un arado montado a un tractor, tiene solamente una rueda de surco montada en la parte trasera. Los discos del arado son más adecuados para condiciones bajo las cuales las cuchillas de arado no trabajan satisfactoriamente, como lo es en suelos duros y secos, suelos pegajosos en donde un arado de cuchillas no arrastra y en suelos flojos como las tierras de turba. Un arado de cuchillas, en condiciones de tierra y humedad en los que trabaja bien, hace un trabajo mejor que un arado de discos y tiene un tiro específico más bajo.

Los arados de discos estándar generalmente tienen de 3 a 6 cuchillas especiales de 18 a 30 cms. (7-12 in) por disco. Los discos están inclinados hacia atrás a un ángulo de 15 a 25 grados de la vertical (ángulo de inclinación en la Fig. 5.3) y generalmente operados con el diámetro horizontal de la cara del disco a 42-45 grados de la dirección del viaje (ángulo de disco en la Fig. 5.3). Los diámetros de los discos son de 61-71 cms. (24-28 in.).

Los cuerpos de arrastre se construyen como equipo regular en la mayoría de los arados. Esto ayuda a cubrir la basura y evitar que el suelo se amontone en los discos en suelos pegajosos.

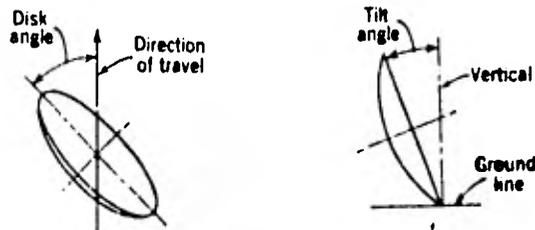


Fig. 5.3 Identificación del ángulo de disco y ángulo de inclinación para un disco de arado.

Debido a las grandes fuerzas encontradas, fuera de centro, los discos se soportan mediante cojinetes de rodamiento, usualmente del tipo cónico.

b) Arados de discos verticales.

Estos arados también se conocen con otros varios nombres, como discos de una sola dirección, disco de timón, grada de arados ó arado triguero. Es similar a los arados de tipo de tiro con respecto al marco, ruedas y control de profundidad, pero los discos están espaciados uniformemente a lo largo de un eje común y sujetos a través de carretes espaciadores, para que todo gire como una unidad (en una rastra). Este implemento se utiliza en grandes planos o en regiones de crecimiento de grano, donde hay que arar poco profundo (a menudo 8-10 cms. 3-4 in. ), y hay mezcla de rastrojo con el suelo.

El disco en un arado de discos verticales, es algo más pequeño que el de un arado convencional, los diámetros más comunes, son de 51-61 cms.(20-24 in.).

Generalmente están espaciados 20-25 cms.(8-10 in.) a lo largo del perno de unión. El ancho de corte por disco, depende del espaciamiento y del ángulo (ajustable) entre el eje de la unión y la dirección de viaje. Los ángulos del disco varían de 35 a 55 grados, con 40 a 45 grados siendo lo más común.

Los anchos de corte que se obtienen con varios tamaños de arado verticales, varían de 2 a 6 m.(6- 20Ft.) Algunos de los más grandes tienen varios discos unidos y colocados en línea, seguidos de acoplamientos flexibles. Dado que los arados de discos verticales son para arar relativamente poco profundos, se construyen mucho más ligeros que las rastras standar-

(generalmente 45 a 90 Kg. 100 a 200 Lb.) por disco.

c) Reacción del suelo en los arados de disco

Se ha investigado la influencia de las diferentes -- reacciones del suelo, mediante una serie de pruebas bajo condi-- ciones cuidadosamente controladas. Se utilizaron dos tipos de suelos diferentes, uno suelo arcilloso con un contenido de hu-- medad de 14.9—17.6% y el otro un suelo arenoso con 8.5 a 10.7% de humedad. La mayoría de las pruebas fueron hechas con dis-- cos de 66 cms.(26 in.) con 56.9 cms.(22.4 in.) de radio de curva-- tura. Los resultados reportados para estas pruebas incluyen -- los valores de L, S, V y el empuje calculado T, pero no indica los valores de "a" ó de las magnitudes de los acomplamientos -- involucrados. Los reportes de campo a través de la Universi-- dad de Pensilvania y su medidor de cultivos, reportan que la -- magnitud del acomplamiento "Va" para los discos, tiene un ran-- go de 125 N-m(110 lbf-in)(siempre en el sentido de las maneci-- llas del reloj, para un disco derecho).

Los efectos de la velocidad se determinaron para un -- ángulo de disco de 45 grados, ángulo de inclinación de 18-20 -- grados, profundidad de 15 cms.(6 in.) y ancho de corte de 8 cms. y 23 cms.(17 in y 19 in). Cuando la velocidad se incrementó de 4.8 Km/hr a 9.6 Km/hr(3-6 mph), el empuje "L" se incrementó 40% en el suelo de arcilla y 90% en el suelo arenoso. El incremen-- to para el suelo arcilloso, fué ligeramente menor que el prome-- dio de las rastras de vertedera. La fuerza lateral S, también se incrementó con la velocidad, debido a que la tierra se re-- mueve más lejos hacia los lados.

La fuerza vertical "V" decrece a medida que la veloci-- dad se aumenta. Así, con la cuchilla inclinada, a medida que-- incrementamos la velocidad, se mejora la penetración del suelo

bajo las condiciones ya estudiadas. Otras investigaciones, reflejan que si la cuchilla está vertical, el efecto es al revés y la penetración disminuye a mayores velocidades.

El efecto del ángulo de disco para dos tipos de suelo y los dos ángulos de inclinación, se muestra en las gráficas -- 5.1 a y b. Nótese que en estas pruebas, el empuje fué un mínimo en cada caso, a aproximadamente 45 grados de ángulo de disco. El empuje a mayores ángulos, es debido, probablemente en parte, al mayor desplazamiento del suelo. A menores ángulos de disco, el empuje tiende a incrementarse por la mayor área de contacto entre la pared del surco y la parte convexa (trase<sup>ra</sup>) del disco. Este incremento de contacto, también se indica por la reducción en la fuerza lateral medida a ángulos pequeños, particularmente en el suelo arenoso. La penetración se mejora aumentando el ángulo del disco, ya que la fuerza vertical "V" decrece considerablemente.

Incrementando el ángulo de inclinación, dentro de 15- a 25 grados, aumenta el tiro y la componente vertical de fuerza, pero decrece la fuerza lateral medida.

Así que la penetración es mejor a los menores ángulos de inclinación.

También se encontró en las pruebas de la USDA, que aumentando la concavidad del disco, es decir menor radio de -- curvatura, se incrementó la componente vertical de la fuerza, especialmente en suelos pesados, y se incrementó el tiro. Estudios comparativos con discos de 51 y 66 cms. (20 y 26 in.) -- a 45 grados de ángulo de disco, mostraron ligeras mejoras en los discos grandes con respecto al tiro y a la penetración, -- cuando los discos eran verticales, pero favoreció al disco pequeño cuando la inclinación fué de 19 grados.

Las pruebas de la USDA indicaron que el tipo de suelo y las condiciones del mismo, tienen el mayor efecto pronunciado en las reacciones del suelo, como se apreció en los resultados comparativos de los dos tipos de suelos en la gráfica 5.1- debemos tener en mente, que estos resultados se obtuvieron de suelos cuidadosamente preparados, que no habían estado sujetos a los efectos del crecimiento de plantas y otras condiciones ambientales de los campos.

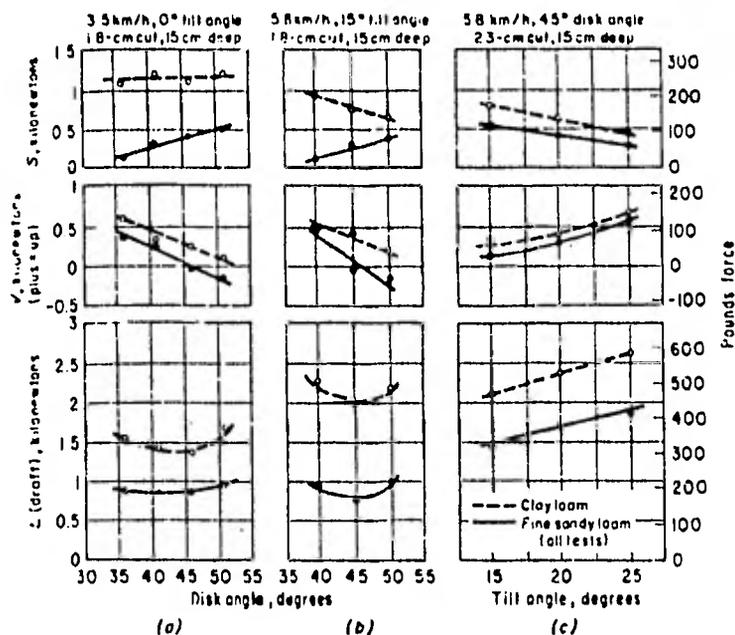
Las pruebas de campo con arado de discos de 61 cms. (24 in.) y dos tipos de suelos en Australia, mostraron la relación para V y S contra el ángulo de disco y para S contra el ángulo de inclinación, que era similar a aquellos mostrados en la gráfica 5.1 Operando a una profundidad de 9 cms. (3 1/2 in.) en suelo arenoso de arcilla, L se incrementó linealmente entre ángulos de disco de 32 1/2 y 55 grados. En pruebas a una profundidad de 13 cms. (15 in.) en un suelo sedimentario, L se incrementó con el ángulo del disco, cuando el ancho de corte fué de 20 cms. (18 in.); decreció para anchos de corte de 10 cms. (4 in.) y permaneció constante cuando el corte fué de 15 cms. (16 in.).

## V.5 RASTRAS DE DISCOS

### a) Tipos y características

Los tres tipos principales de rastras están ilustrados en la figura 5.4. Una rastra de accionamiento simple, -- consta de dos conjuntos opuestos de cuchillas, ambas tirando la tierra hacia afuera del centro de los discos inclinados. Este tipo se usa rara vez, excepto cuando tienen que dividir una loma en dos. Una rastra en tendem, tiene conjuntos adicionales los cuales tiran la tierra hacia atrás del centro, como una segunda operación, arando a la tierra dos veces y dejando el cam

po mas cerca del nivel, pero con surcos sin llenar en ambos extremos por cada pasada.



Gráfica 5.1 Reacciones del suelo contra el ángulo de disco y ángulo de inclinación para discos de 66 cm. [26 in.] con 59 cms. [24 in.] de radio esférico de curvatura

Una rastra fuera de centro, tiene un conjunto a la derecha (es decir un conjunto que mueve la tierra a la derecha) y un conjunto izquierdo, operando en tendón. Las fuerzas actuando en una rastra fuera de centro son tales, que cuando se opera sin tirón lateral, el centro de la franja arada, estará considerablemente hacia un lado de la línea de empuje. Eso hace que este tipo de rastra quede bien, para trabajos con implementos poco suspendidos, en una huerta. Este tipo de rastras generalmente está diseñado para mano derecha.

Cuando los conjuntos delanteros de una rastra tandem o dos conjuntos de rastras, de simple acción, se ponen como se

muestra en la figura 5.4, se queda una franja estrecha sin arar y queda entre los centros de las cuchillas. Este problema se puede resolver, teniendo un arreglo alternado de los dos conjuntos delanteros con la cuchilla interior de uno de ellos, operando directamente detrás de la cuchilla interior del otro conjunto delantero.

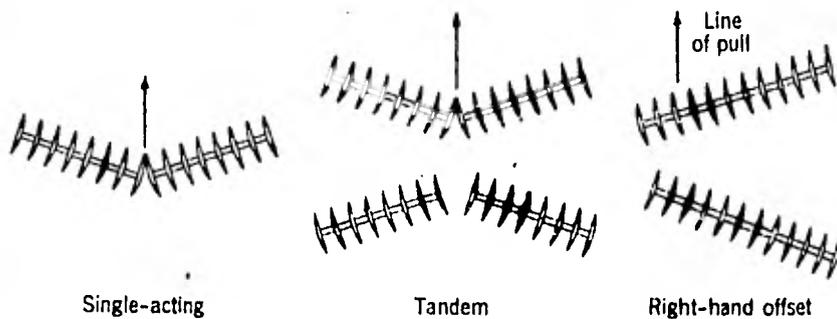


Fig. 5.4 Conjunto de arreglos para los tres tipos generales de rastras.

Tradicionalmente las rastras en tandem se han construido de manera más ligera que las rastras fuera de centro y se han usado extensivamente para operaciones secundarias de cultivo. El uso principal para rastras fuera de centro, ha sido y aún lo es, para cultivo primario. En años recientes, sin embargo, los modelos de rastras en tandem con tamaños de cuchilla, espaciadores y masas por unidad de ancho, comparables a las rastras fuera de centro, se encuentran ahora disponibles. Estos modelos tandem para trabajo pesado, tienen las mismas capacidades de cultivo primario como las rastras fuera de centro.

Algunas rastras pequeñas para trabajo ligero, son para montarse al tractor. La mayoría de los modelos comunes de rastras en tandem del tipo de tiro, tienen ruedas entre el frente y atrás de los conjuntos, los cuales se usan para nivelar y controlar la profundidad, para levantar el implemento, para girarlo, y para transportarlo. Las unidades más anchas tienen secciones exteriores articuladas, las cuales nos proveen de flexibilidad para campos disparejos y pueden desplazarse hidráulicamente hacia arriba, para reducir el ancho y poder transportarlos. Aunque algunos modelos comunes no tienen ruedas, la tendencia en años recientes es hacia los modelos con ruedas. Los modelos fuera de centro de más de 6m. [20 ft.] de ancho, tienen usualmente uniones articuladas entre los extremos de los conjuntos de rastras

TABLA 5.1  
TAMAÑOS Y MASAS TÍPICAS DE RASTRAS DE DISCOS

Tipo	Diámetro de la Hoja cm. (in.)	Espaciamiento de las hojas. cm. (in.)	Anchos disponibles m (ft.)	Masa por Unidad de Ancho Kg./m. (lb./ft.)
Tandem, montado	41,46,51,56 (16,18,20,22)	18-23 (7-9)	1.5-4.0 (5-13)	150-270 (100-180)
Tandem, de ruedas trabajo ligero	46,51,56 (18,20,22)	18-24 (7 1/4-9 1/4)	2.4-6.4 (8-21)	270-370 (180-250)
Trabajo medio	46,51-56 (18,20,22)	19-24 (7 1/2-9 1/4)	3.4-9.5 (11-31)	370-480 (250-320)
Trabajo pesado	56-61-66 (22,24,26)	23-28 (9-11)	3.4-13.7 (11-45)	480-700 (320-470)
Sin ruedas	61,66,71 (24,26,28)	23-28 (9-11)	2.7-9.1 (9-30)	390-650 (260-440)
Descentrado de tiro con ruedas	56,61,66,71 (22,24,26,28)	23-28 (9-11)	2.1-7.3 (7-24)	400-750 (270-500)

Las rastras de tipo de fuera de centro sin ruedas, - tienen ángulos ajustables motorizados, para el control de la profundidad, para los giros y el transporte mismo. Los dispositivos de angularidad, están generalmente operados con un cilindro hidráulico a control remoto. Los ángulos del conjunto, pueden ser ajustados manualmente en la mayoría de las rastras montadas de rueda mientras éstas se elevan, algunas veces por simple movimiento de un perno, pero la mayoría por medio de aflojar o remover tornillos. El control de la profundidad en las unidades con ruedas, se obtiene usualmente levantando o bajando el implemento a través de sus ruedas.

Cuando una rastra tiene ruedas, el miembro de tiro o enganche entre el marco y la barra de tracción del tractor, debe ser rígido o semi-rígido en dirección vertical y proveer control de profundidad uniforme para los conjuntos delanteros y traseros.

El miembro de tiro generalmente enganchado al marco, tiene un brazo de articulación de control ajustable, para levantar el mecanismo en el cilindro o eje para dar una acción de levantamiento paralela. Algunas veces se incorpora un resorte en esta articulación, para darle más flexibilidad en superficie de tierras irregulares.

#### b) Cojinetes.

Una fuerza radial empuja contra un eje en ángulo recto. Una fuerza axial, empuja a lo largo del eje mismo. Debido a que el disco del arado forma un ángulo con la dirección del movimiento, están presentes tanto fuerzas radiales como fuerzas transversales. Estas fuerzas son tremendas, y se necesitan buenos cojinetes. Un buen cojinete de disco debe ser grande, fuerte y tener pocos rozamientos. Deberán estar bien

tapados, porque están cerca del suelo, y a veces incluso dentro de la misma tierra. Los cojinetes de bolas y de rodillos son a prueba de rozamientos, porque las fuerzas de rozamiento que se producen en ellos son muy pequeñas.

Los cojinetes de bolas pueden ser sencillos o dobles. Por lo general debería de preferirse el tipo doble, cuando son del mismo tamaño y calidad. Los cojinetes de bolas giran sobre superficies templadas. Una pequeña cantidad de arena podría echar a perder un cojinete muy rápidamente.

Los cojinetes de rodillos generalmente se montan en pares. Los cojinetes cónicos de rodillos absorben fuerzas en todas direcciones y pueden ajustarse fácilmente.

Los cojinetes llamados de fricción no tienen rodillos ni bolas. Generalmente en los arados de disco, un mango de hierro colado templado, gira dentro de otro mando. Un perno grande mantiene unido el cojinete. Aproximadamente se necesita una cuarta parte de fuerza más, para arrastrar un arado equipado con estos cojinetes que otro equipado con cojinetes de rodillos. Generalmente los cojinetes de rozamiento -- son el equipo normal, los de bolas y rodillos son opcionales.

Se utilizan dos tipos de tapas. En algunos modelos, cuando se lubrica el cojinete, la grasa nueva expulsa la grasa vieja llena de suciedad. Este es un cojinete que se limpia con la grasa; puede necesitar engrasado dos veces al día. Algunos cojinetes de bolas o de rodillos se mantienen tan herméticos con retenes de resorte, que el aceite grueso o la grasa permanece en ellos por varios meses; puede necesitar lubricación una vez al año. Se debe preferir cojinetes bien lubricados o los que no se lubrican.

c) Las cuchillas de las rastras de discos.

Aún cuando la mayoría de las cuchillas de rastras son secciones esféricas huecas, algunas también se usan con formas de cono truncado. Los diámetros y espacios típicos de las cuchillas, se indican en la tabla 5.1. Las más grandes y espaciaosas se usan preferentemente para el corte de cosechas densamente cubiertas y para otros cultivos primarios y permiten mayores profundidades de operación que las cuchillas más pequeñas. La profundidad máxima de operación para una rastra, es usualmente alrededor de una cuarta parte del diámetro del disco.

Los discos de diámetros menores, penetran mejor que los de mayor diámetro, es decir, requieren menos fuerza vertical para mantenerlos a una profundidad dada. Reduciendo la concavidad (mayor radio de curvatura) y afilando los discos del lado cóncavo y no del convexo, también se mejora la penetración o se requiere menor fuerza vertical o mayor profundidad, para una fuerza vertical dada. Estos efectos están relacionados con el tamaño del área de los cojinetes en contacto con la tierra, en el lado convexo del disco.

Algunas rastras se equipan con cuchillas con cortes seccionales, generalmente con un corte por cada 2.5 cms. [lin.] de radio. Estos cortes en las cuchillas penetran un poco mejor que las cuchillas planas, dada la reducción área de contacto periférica. Estos cortan basura pesada mucho mejor, ya que tienden a jalonarla, en vez de empujar hacia adelante. Son más costosos y se gastan más rápido.

El desgaste y la resistencia al impacto de las cuchillas, así como a la fatiga, son de importancia para los usuarios y fabricantes. En pruebas de laboratorio y campo, se han

usado de rastras hechas de acero SAE 1080 templadas a varias durezas, entre 44-48 Rc. Cuando el mismo acero fué más duro o suave, el desgaste fué mayor. También se probaron con aceros de contenido de carbono de 0.45 a 0.95% y el desgaste para cualquier dureza en particular, decreció a medida que se aumentaba el contenido de carbono. Así, el desgaste con acero al carbono SAE 6160, fué poco mayor que el obtenido para acero SAE 1080, para cualquier dureza.

Los resultados adicionales de pruebas de laboratorio, indicaron que tanto la resistencia al impacto y a la fatiga de cuchillas hechas de SAE 1080, decreció rápidamente cuando la dureza se aumentó de 36 a 52 Rc. En general la experiencia de campo, nos han indicado que las aleaciones de acero, tales como la SAE 6160 con 1% CrV y 60% C tiene mejor resistencia al impacto, que los aceros al carbono y se mantendrán mejor en discos grandes que se encuentran sujetos a cargas de impacto severo, bajo condiciones extremas de operación.

#### d) Reacciones del suelo a los discos de las rastras

Se realizaron varias pruebas para medir los efectos de ajuste y parámetros con discos de rastras solos de 51 cms. (20 in.) en el Laboratorio Nacional de Maquinaria para Cultivo. Las pruebas se hicieron a 4 Km/hr. (2.5 mph) en un suelo arenoso de 8.4% de humedad con las caras de los discos en posición vertical (ángulo de inclinación igual a cero). Los efectos del ángulo de disco sobre las fuerzas L, S y V se muestran en la gráfica 5.2 para una profundidad de 10 cms. (4 in.), el tiro específico (L por unidad de área) disminuyó ligeramente y la componente V por unidad de área seccional de surco, también disminuyó.

Clyde condujo una serie de pruebas de campo en un -

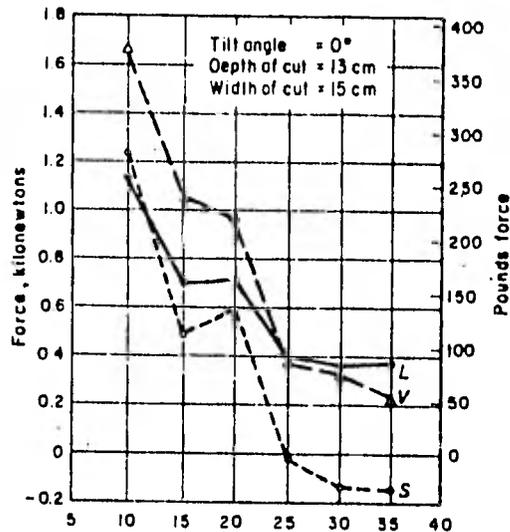
suelo sedimentario, para determinar las reacciones del suelo en grupos de 4 ó 5 cuchillas de rastras de 46 y 56 cms. [18 y 22 in], utilizando el medidor de cultivos de la Universidad de Pensilvania. En estas pruebas, el valor de  $V$  varió al aplicar diferentes masas a los discos, permitiendo a los discos hacer su propia profundidad, durante el movimiento. Los resultados de los discos de 56 cms. [22 in] se muestran en la gráfica 5.2. Los valores promedio de "a" están indicados, y a partir del cual se puede determinar la magnitud del par del suelo  $V_a$  con respecto al eje de movimiento hacia adelante.

El límite superior de 0.45-0.55 KN [100-120 lbf] de  $V$  por disco en la figura 5.7 representa una masa de aproximación 445 Kgs. por metro de ancho, [300 lb por pié de ancho], para una rastra tandem o fuera de centros. Este límite superior, es algo menor que la masa promedio de las rastras fuera de centros actuales o las de tandem para trabajo pesado.

La componente total  $V$  para una rastra tipo de tiro sin ruedas, es aproximadamente igual a la fuerza gravitacional en un implemento y cualquier masa agregada. Si una rastra tiene ruedas ó está montada a un tractor, la masa del implemento establece la máxima  $V$  cuando las ruedas o el tractor, no llevan cargas verticales del implemento. La magnitud de  $V$  cuando las ruedas se usan para el control de profundidad, depende básicamente de las condiciones del suelo, profundidad de penetración y ángulo de disco.

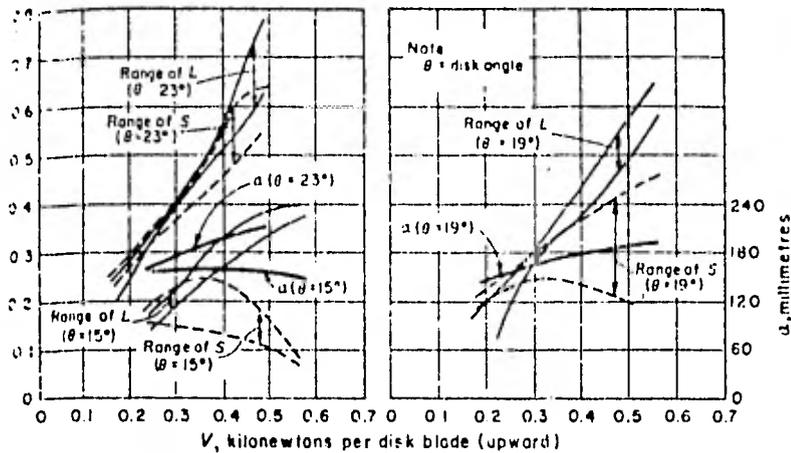
Las pruebas con cuchillas de 46 cms. [18 in.] con concavidad de 44 mm. [1 3/4 in.] y espaciadores de 17 cms. [6 5/8 in.] fueron hechas con valores de  $V$  de 90 a 310 N, [20-70 lbf] por disco. Estos valores de fuerzas representan de 110 a 375 Kgs. de masa, por metro de ancho, [75-250 lb. por pié de ancho] y cubren el rango usual de masa para rastras en tandem de trabajo

ligero. Las relaciones L/V y S/V para ambos tamaños de discos, se resumen en la tabla 5.2



Gráfica 5.2 Reacciones del suelo contra el ángulo para un disco de 51 cms. (20 in.) con 53.8 cms. (21.2 in.) de radio esférico de curvatura, operando a 41 cms. hr (2.5 mph) en tierra con humedad de 8.4%.

Nótese en la tabla 5.2 que en un ángulo de disco de 19 y 15 grados, se observan valores de S que varían ampliamente para una V dada. Cuando el ángulo de disco era de 15 grados S disminuyó a medida que la profundidad aumentó. Estos efectos se deben probablemente a las cantidades variantes del soporte lateral, resultantes del contacto entre la parte trasera de las cuchillas y las paredes del surco. El ángulo de disco de 23 grados aparentemente está suficientemente grande para permitir espacio libre detrás del punto de corte, en todas las profundidades. El ancho expandido de S fué evidenciado en las pruebas con cuchillas de 46 cms. (18 in.), quizá porque tenía menos concavidad, que las cuchillas de 56 cms. (22 in.)



Gráfica 5.3 Reacciones del suelo para cuchillas de 56 cm. -- [22 in.] con concavidad de 63 mm. [2 1/2 in.] y espaciadores de 23 cms. [9 in.] en un suelo sedimentario poco compacto, con un contenido de humedad de 19 a 24% a una velocidad de 4.8 Km/hr [3 mph]. El producto  $V \times a$  nos dá el momento de rotación -- con respecto al eje X.  $R_h$  generalmente está en el plano de la cara del disco cerca de la línea de centros vertical y  $R_v$  se localizará a 13-20 cms. [5-8 in.] arriba del fondo.

TABLA 5.2  
RELACIONES DE FUERZAS CONTRA ANGULOS DE INCLINACION

Angulo Disco	Cuchillas de 46 cms (18 in)		Cuchillas de 56 cm. (22 in)	
	Relación L/V	Relación S/V	Relación L/V	Relación S/V
15 °	0.5 - 0.75	0.6 - 0.9	0.7 - 0.85	0.15 - 0.8
19 °	0.7 - 1.0	1.0 - 1.3	0.95- 1.1	0.4 - 1.1
23 °	0.9 - 1.2	1.25 - 1.55	1.3 - 1.5	1.2 - 1.4

Estas relaciones son para tierra sin arar. Estas pueden ser algo diferentes para los conjuntos traseros de una rastra en tandem o fuera de centros, pues ellos operan en el suelo que ha sido aflojado por los conjuntos delanteros.

c) Las fuerzas que actúan en una rastra de discos

El primer análisis completo de fuerzas en una rastra, fue hecho por A. Mc.Kiben. Sus estudios incluyeron observaciones cualitativas de campo, se iniciaron poco después de la aparición comercial de las rastras fuera de centro, inicialmente para determinar los factores responsables de la habilidad de operar en posición fuera de centro sin tiro lateral.

Las reacciones combinadas del suelo, para un grupo o conjunto de discos, se consideran actuando sobre una sola cuchilla en la posición promedio de todas las cuchillas (es decir al centro del conjunto). Las fuerzas que actúan en una rastra completa son:

- a) La reacción resultante de suelo en cada conjunto
- b) La fuerza de gravedad actuando sobre el implemento y cualquier masa extra agregada.
- c) Cualquier fuerza de soporte del suelo dada por las llantas o como resultado de montarse al tractor.
- d) El tiro de la fuente de poder.

Para un movimiento uniforme, estas fuerzas deben estar en equilibrio. Si no hay tiro lateral, la suma de los componentes laterales y las reacciones del suelo, deben ser iguales a cero.

## f) Fuerzas horizontales.

En la siguiente figura, se muestran las fuerzas horizontales que actúan en una rastra fuera de centros sin ruedas (o con ruedas sin carga de fuerza) cuando opera sin tiro lateral.

La localización del centro horizontal de resistencia  $H$ , se determina por la intersección de  $R_{hf}$  y  $R_{hr}$ . Para la condición en que no hay tiro lateral, la articulación de enganche de la rastra, se debe ajustar para que el punto de enganche  $F_0$  esté directamente enfrente de  $H$ .

Si la articulación de enganche se cambia para mover al implemento a la derecha o a la izquierda desde la posición de no jalón lateral, éste se introduce y las condiciones de operación de la rastra se cambian. Si el punto de enganche mostrado en la figura se mueve de  $F_0$  a  $F_2$ , la fuerza de equilibrio se destruye momentáneamente y la componente lateral del nuevo empuje, actuando en el punto  $H$ , gira el implemento en sentido contrario a las manecillas del reloj, aproximadamente  $F_2$ .

La rotación es continua hasta que los ángulos de disco de los dos conjuntos se hayan reajustado ellos mismos (el delantero aumentado y el trasero disminuyendo, ya que el ángulo total incluido permanece constante), así que la diferencia entre sus componentes laterales de fuerza  $S_f$  y  $S_r$  se vuelven iguales al tiro lateral  $P_y$ . Las magnitudes de  $L_f$  y  $L_s$  y la posición de  $H$  también cambian durante este reajuste. El cambio en los ángulos de disco mostrados en las posiciones (b) y (c) parecen pequeños, pero Clyde afirma que estos resultados fueron consistentes con aquellos obtenidos en otras pruebas con este implemento.

Cambiando de la condición (b) a la condición (a), la cantidad de tierra removida por el conjunto trasero, se reduce. Consecuentemente, en la posición extrema a la derecha, - el conjunto trasero es el que hace la mayor parte del trabajo. Aún sin tiro lateral, el conjunto trasero opera a mayores ángulos y remueve más tierra que el conjunto delantero, porque ya el suelo es más suave.

Las relaciones de fuerzas para una rastra en tandem son simétricas acerca de la línea de centros del implemento, - por que ambos conjuntos frontales operan bajo las mismas condiciones (sin arar), con los componentes laterales iguales y opuestos a cada uno, y los dos traseros operan en el suelo ya arado. Así,  $H$  para los dos conjuntos delanteros y  $H$  para los dos traseros, están ambos en la línea de centros del implemento y éste opera sin tiro lateral y no queda fuera de centros.

g) Cantidad obtenible de desplazamiento fuera de centros.

Sean "e" la cantidad de desplazamiento del punto de enganche al centro del centro del corte,  $\alpha$  = ángulo horizontal del empuje,  $d$  = longitud entre los centros de los dos conjuntos, y  $b$  = longitud del centro de conjunto delantero, al punto de enganche; tomando momentos con respecto a FI, llegamos a la siguiente relación, suponiendo que  $R_{hf}$  y  $R_{hr}$  pasan por los centros de los conjuntos.

$$eL_f + eL_r + bS_f - (b + d) S_r = 0$$

de donde:

$$e = \frac{b (S_r - S_f) + dS_r}{L_f + L_r} = b \tan\alpha + \frac{dS_r}{L_f + L_r}$$

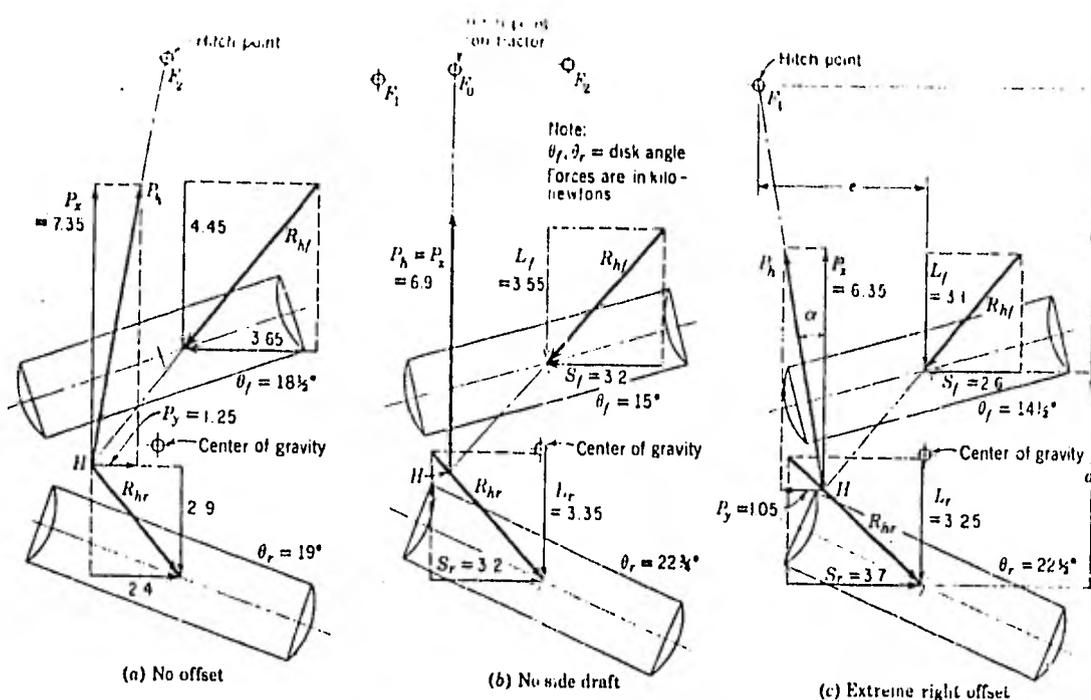


Fig. 5.5 Relación de fuerzas horizontales en una rastra de tipo de tiro fuera de centros al lado derecho y sin ruedas. Los ángulos de disco y empuje mostrados en estos ejemplos, se midieron en un suelo arcilloso de tierra negra. Cada conjunto tenía discos de 56-cms. (22 in.) con 63 mm. (2 1/2 in.) de concavidad y espaciadores de 23 cms. (19in.).

De las condición de que no hay tirón lateral,  $S_f = -S_r = S$  y  $\alpha = 0$ . Entonces, la ecuación de desplazamiento hacia afuera de centros sin tirón lateral, es:

$$e_o = \frac{dS}{L_f - L_r}$$

La ecuación establece, que la cantidad de desplazamiento fuera de centros que se obtiene sin tiro lateral, solamente es una función de la distancia entre conjuntos y las magnitudes relativas de las reacciones del suelo lateral y

longitudes. Las relaciones de fuerzas del suelo, sin embargo, se afectan por las condiciones del suelo, ángulos de disco tamaño de la cuchilla y concavidad, y otros factores.

S/l. aumenta a medida que el ángulo de disco aumenta, de acuerdo con Clyde, es mayor en suelos firmes, que en suelos blandos.

#### h) Pares que actúan en los conjuntos de rastras de discos

Se sabe que el extremo cóncavo de un conjunto de rastra, tiende a penetrar más profundo que el extremo convexo. Esta condición existe porque la componente T del suelo perpendicular a las cuchillas, se aplica demasiado abajo del eje (a través de los cojinetes), formando así el par T.

Con una penetración uniforme, V actuará aproximadamente al centro del conjunto. Para obtener penetración uniforme con un solo conjunto, la fuerza resultante hacia abajo  $W'$  (fuerza de gravedad en el conjunto más cualquier otra masa adicionada, menos cualquier fuerza hacia arriba de empuje) debe actuar a una distancia  $h$  del centro del conjunto (hacia el extremo convexo) de tal manera que:

$$W'h = fT$$

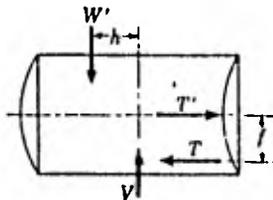


Fig. 5.6 Fuerzas verticales y de empuje actuando sobre un conjunto de rastras.

Es relativamente simple obtener una penetración uniforme con rastras de simple efecto y en tandem, teniendo los pares de los conjuntos lateralmente opuestos, contrarrestándose se uno al otro a través del marco.

El problema de diseño es más complejo en el caso de una rastra fuera de centro, porque los pares opuestos sujetos al marco entre los conjuntos, causan torsión. Una adecuada rigidez torsional y ajustes apropiados para la nivelación lateral de un conjunto respecto al otro, es importante.

Otro factor de complicación de una rastra fuera de centros, es que el par en el conjunto delantero es considerablemente mayor que el del conjunto trasero, ya que el trasero opera con suelo flojo. En las pruebas representadas, el par delantero era 723 N-m (6400 Lbf-in.). El mayor par delantero, resulta en una tendencia de la parte derecha de la rastra y, particularmente, el extremo derecho del conjunto delantero, a irse más profundo, que el resto de la rastra (considerando a una rastra fuera de centros al lado derecho). Las ruedas de transporte, si se usan para el control de la profundidad, tienen a minimizar los problemas de penetración no uniforme.

#### V.6 DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA RASTRAS DE DISCO.

##### a) Tiro

El tiro de los arados de disco es igual al de un arado ordinario de vertedera. Los discos cortan el suelo con -- más facilidad y se mueve menos tierra. Los fondos o suelos de los surcos no quedan volteados después de que el arado de discos ha pasado por ellos. Así en realidad no se mueve mucha tierra. A menudo, el arado de discos es más pesado, y -- esto puede aumentar la fuerza necesaria para el tiro. Tam --

bién, el arado de discos se usa más a menudo en las condiciones más adversas que el de vertedera, su tiro puede ser algo mayor. En cambio, el arado de vertedera empuja la arena y -- arrastra lodo pegajoso, lo que aumenta el tiro.

Aumentando la velocidad se aumenta el tiro. Doblando la velocidad de 4 a 8 kph aumenta el tiro de 20 a 25%. Sin embargo, se desea caminar aprisa en muchos casos, un arado de discos con inclinación correcta, tiende a penetrar mejor en -- muchos suelos cuando la velocidad es elevada.

El empuje lateral del tiro es en una dirección, porque el corte se mantiene también en la misma dirección. El -- empuje lateral se contrarresta de varias maneras. El arado -- ligero montado usa la barra de tiro del tractor y, en algunos modelos, están equipados con una cuchilla circular lisa o -- escotada que se introduce en el suelo y mantiene el arado en -- línea recta. El tipo semimontado usa las mismas tres partes -- (barra de tiro, rueda y cuchilla) para absorber el movimiento lateral o la fuerza. El arado ligero de arrastre utiliza las -- ruedas delanteras y traseras del surco, para mantener el movi -- miento del arado en línea recta, a pesar de que las fuerzas -- transversales son considerables.

#### b) Soportes y abrazaderas.

Los brazos unen el cojinete del disco y el timón del arado. Sin embargo en algunos modelos no lleva soportes; el -- timón se dobla para acoplar el disco. Algunos soportes se -- pueden cambiar de lugar en el timón, para cambiar la separa -- ción entre los discos y su ángulo. Otros soportes tienen una -- abrazadera giratoria en su extremo inferior.

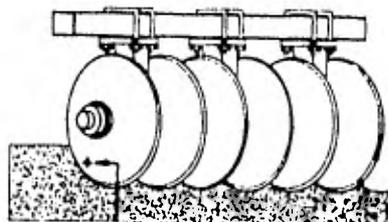


Fig. 5.7 Conexiones de los soportes del eje común de una rastra de discos.

Algunos soportes son de sección cuadrada con una placa en su parte superior. La placa está atornillada al timón. El soporte puede hacerse girar para variar el ángulo de los discos, con la dirección del movimiento del tractor. Otros soportes tienen la forma de una L aplanada que gira dentro o entre dos ángulos de acero o vigas en I. Los ajustes se hacen cambiando el perno a otro agujero en la parte superior del soporte.

Los soportes son generalmente de acero con alto porcentaje de carbono.

### c) Timones y armazones

Se usan dos tipos de mandos: el de timón superior y el de timón lateral. El timón superior es el más común. Deja un espacio amplio para la basura, pero requiere soportes largos. El lado más bajo del timón deja un espacio libre menor, pero proporciona un método más sencillo para elevar los-

discos que trabajan la tierra.

Muchos de los arados de discos del tipo que se levantan, usan timones hechos de barras sencillas con sección de 1 ó con material especial para timones. Estos timones se pueden doblar, de manera que puedan servir también de soportes.- Algunos usan timones dobles en I, otros usan los de ángulos dobles, otros usan timones de sección cuadrada huecos. Los arados grandes llevan una armadura para darles rigidez.

#### d) Sistemas elevadores y de dirección

d.1 El arado de arrastre: Se levanta con la potencia que se toma de la rueda de arrastre o con cilindro hidráulico. Tiene tres ruedas que ayudan a levantar los discos del suelo. Las ruedas traseras, y delanteras del arado van al eje de la rueda guía por medio de barras, de manera que todas las ruedas levantan al mismo tiempo.

Este tipo de arado tiene un tirante unido al enganche de la barra de tiro. Este tirante es el que hace dar vuelta o dirige las ruedas delanteras y traseras cuando se da vuelta en las esquinas.

d.2 El arado de semiarrastre: Dispone de una palanca con la que se puede levantar tanto la parte delantera como la trasera del arado. la rueda trasera tiene un eje vertical u horquilla que se desliza en un mango, cuando el arado sube.- Este tipo también tiene una varilla de dirección para hacer girar la rueda trasera para que puedan seguir al arado al dar vueltas.

#### e) Ruedas:

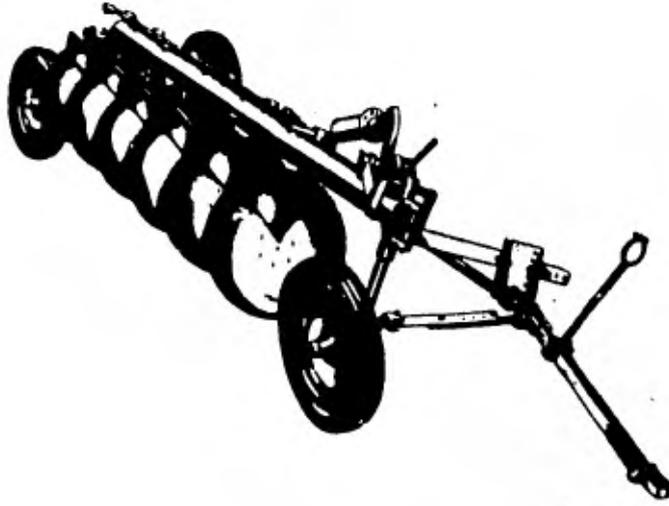


Fig. 5.8 Un arado de discos de tres ruedas, seis discos, con barras de enganche ajustables, el arado se levanta-hidráulicamente.

e.1 Rueda guía. La rueda delantera es la que marca la dirección del arado. Generalmente camina en línea recta - hacia adelante. Se coloca con cierto ángulo para que absorba los esfuerzos laterales. Gira en un eje vertical.

La rueda guía de la izquierda, camina en terreno sin arar. Generalmente está hecha de hierro fundido y tiene agujeros para colocarle garras si es necesario. Por lo común -- está conectada al embrague que eleva el arado; siempre corre en línea recta hacia adelante.

La rueda trasera está inclinada con relación al suelo, para absorber esfuerzos laterales. Su llanta tiene costillas para que no patine en el fondo del surco. En los terrenos arenosos son convenientes las llantas especiales para la arena.

Se ajusta la rueda de manera que quede un poquito re tirada del terreno. Se adapta al eje delantero con una barra de conexión, para que el extremo delantero del bastidor, suba en el eje delantero cuando se eleva el arado.

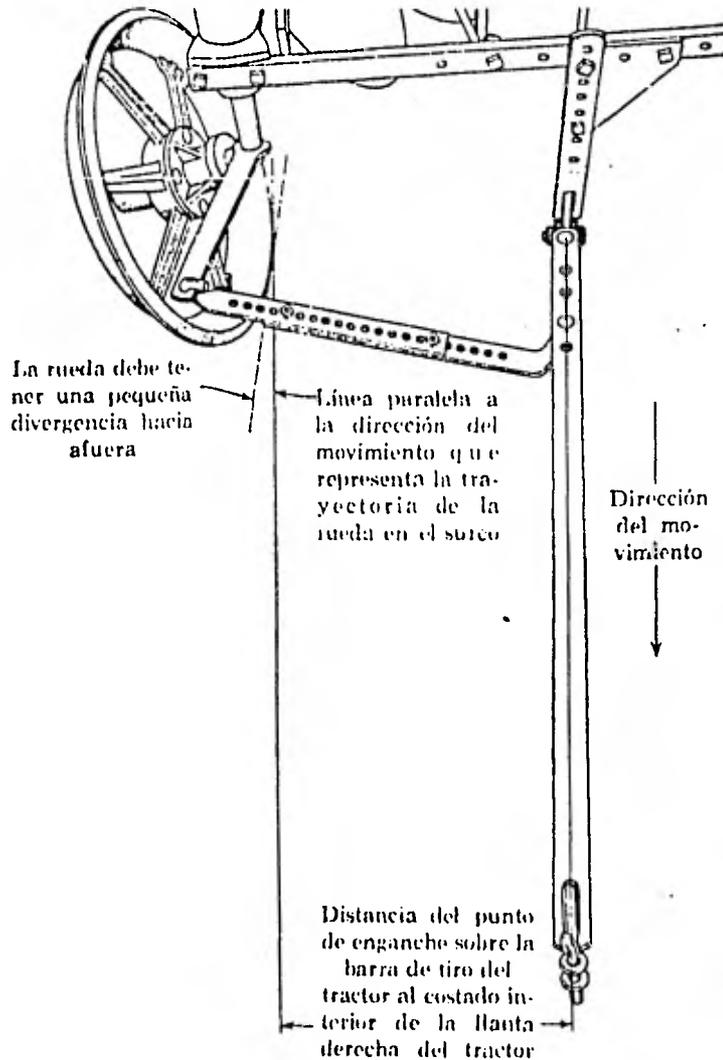


Fig. 5.9 La rueda delantera del arado se puede ajustar a la posición del arado correctamente; también se pueden hacer ajustes verticales.

e.2 Rueda de los arados semimontados. Este tipo no tiene más que una rueda que gira atrás en un eje vertical, -- cuando se opera la palanca del sector oscilante. En este tipo se puede ajustar la profundidad del disco de atrás. Deberá estar un poquito más profundo que el delantero para lograr los mejores resultados. Esta rueda guía trasera, es la que dirige el arado en una dirección opuesta a la de las ruedas delanteras en las curvas. En esta forma el arado corta el ancho correcto cuando se ara en líneas de nivel.

e.3 Ruedas de los arados montados. Los arados montados normalmente tienen una rueda, la rueda guía trasera absorbe esfuerzos y puede subirse y bajarse. Un resorte la mantiene presionada contra el terreno. En las vueltas puede girar en su pivote con el arado. Si está cargada de tal manera que se apoye con fuerza en el suelo del surco, evitará que el arado cabecee, o que oscile para arriba y para abajo.

En las ruedas se tienen cojinetes de rodillos, de madera y mango de hierro fundido.

Las ruedas de los arados pueden ser de varias clases de llantas, el tipo en V, para arena, de costilla y de hule.- Las llantas de hule son muy útiles para transportar el arado en los pavimentos y para suelos arenosos sueltos, y también se usan en los suelos pegajosos de fango.

#### V.7 AJUSTE DEL ANGULO DE CORTE

Los discos no cortan si se hacen caminar en la dirección del plano de su filo. Deben colocarse formando un ángulo.

Este ángulo se mide entre una perpendicular de la lí

nea de la dirección del movimiento, a la línea del eje de cada disco.

Los dos métodos para modificar este ángulo de corte se tienen haciendo girar el timón de arado y haciendo girar el disco y su soporte.

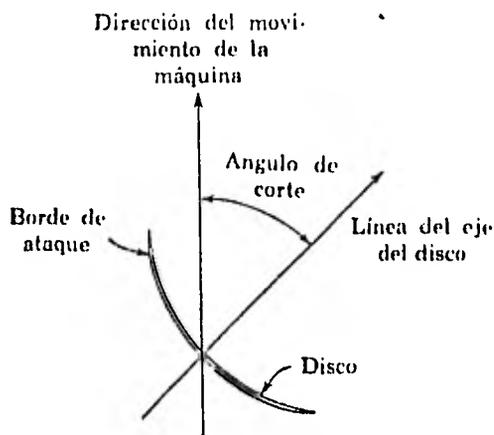


Fig. 5.10 El ángulo de corte es el ángulo formado por la dirección del movimiento del arado de discos y el eje en que gira el disco.

#### a) Moviendo el timón

Se hacen girar las ruedas traseras para que el extremo trasero del arado se pueda mover hacia la izquierda, esto aumenta la anchura del corte, a menos que los soportes de los discos se muevan juntándolos.

También con esto se logra que cada disco camine casi paralelo a la línea de movimiento, con lo que el arado corta menos.

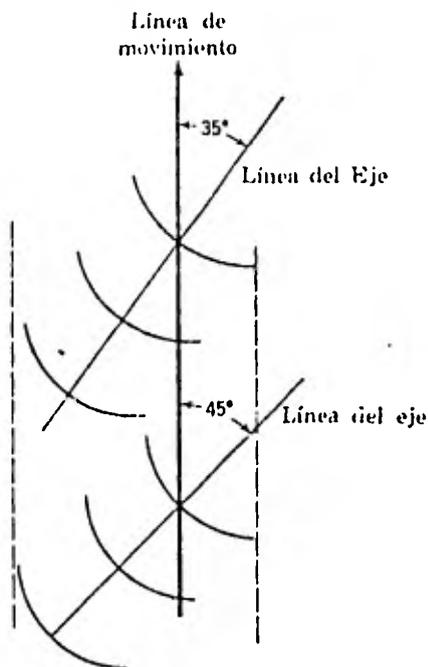


Fig. 5.11 Obsérvese el corte más ancho, se obtiene cuando se cambia el ángulo del disco, ajustando el enganche y la rueda trasera.

#### b) Giro de disco en el soporte

En algunos modelos se puede hacer girar el soporte - alrededor de un pivote en el timón. Esta operación cambia el ángulo de corte de cada disco, sin ampliar el corte total. -- Se han hecho pruebas de un disco que ha estado cortando una - faja de 25.4 cm de ancho, puede hacerse que corte solamente - 22.9 cm. haciendo girar su soporte debajo del timón.

El cabezal de cada soporte tiene una placa con marcas que indican el ángulo que se usa. Collares excéntricos sobre-

dos de los pernos sujetadores, hacen que el soporte se desplace cuando se hace girar la tuerca. En un modelo todos los soportes y discos se mueven como una sola unidad por medio de una palanca.

c) Resultados que se obtienen al cambiar el ángulo

Un corte más derecho puede trabajar mejor en los sue

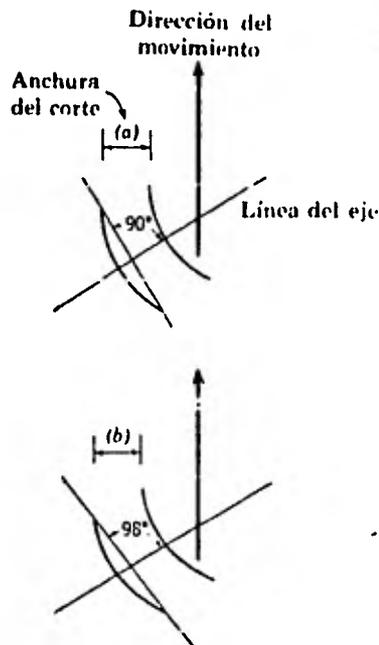


Fig. 5.12 Las hojas en (b) se han hecho girar S grados para que tengan un ángulo de corte más ancho que en (a)

los compactos o duros, pero puede dejar algunas fajas sin voltear. El ángulo de corte depende de la concavidad de los discos, al ángulo usual para concavidades moderadas es de 42 a 45 grados, ó aproximadamente la mitad de un ángulo recto. Para los discos de mayor concavidad, el ángulo es mayor de 45 grados. Si el respaldo del disco roza contra la pared del surco debido a lo pequeño del ángulo, el tiro aumentará.

El tiro disminuye y la penetración aumenta, hasta que se alcanza el ángulo de 45 grados, después el tiro aumentará otra vez, especialmente en suelos pesados.

El ángulo correcto produce el mejor piso de arado (suelo) y también hace que el arado se arrastre mejor y corra también mejor. Usando el ángulo de corte correcto, se conservan afilados los discos.

## V.8 AJUSTE DEL ANCHO DE CORTE.

Generalmente tiene dos ajustes: 1. Un ajuste para que el disco delantero corte todo lo que pueda, pero que no sea excesivo.

### a) Ajuste del Corte del Disco Delantero.

Se puede modificar el ancho de corte del disco ajustando el arado o cambiando el ancho de la rodada del tractor.

En los tipos montados o semimontados, el arado se cambia de posición a la derecha o a la izquierda en la barra de tiro del tractor. Si al hacerlo, el arado queda tan lejos del centro que se dificulta la dirección, se deberán ajustar las ruedas del tractor, de manera que el arado de discos quede tan cerca del centro del tractor, cuanto sea posible.

En los arados de arrastre se puede ajustar la rueda delantera para mover el arado a la derecha o a la izquierda.

### b) Ajuste del Ancho de Corte.

Se puede ajustar el extremo trasero (cola) del timón del arado para que de un ancho total mayor. Este es el método comúnmente usado. Moviendo la cola del arado a la izquierda, aumenta el ancho total de corte del arado. Pero al hacer esto también cambia el ángulo de corte de cada disco. Sin embargo, se puede hacer girar cada disco a su posición original, si se puede hacer girar su soporte en las conexiones con el timón.

Para mover el extremo trasero del arado a la izquierda, se acorta la barra de conexión izquierda del enganche.

Esto cambia el ángulo que forma con la línea de movimiento. Alargando la barra de conexión izquierda del enganche se hace que el arado disminuya el ancho de corte.

En algunos modelos, los soportes de los arados se pueden aflojar y cambiarse de posición a lo largo del timón, juntándolos o separándolos. Se puede colocar a cualquier distancia que se desee y se pueden obtener también todos los anchos de corte, o bien, se puede quitar un disco con todo y su soporte cuando se quiera arar con un tractor más chico; o cuando el arado es difícil, se puede aligerar la carga.

Use un corte angosto en los suelos duros y coloque los discos con un ángulo más bien grande, de 45 grados o más. Conserve los discos en la posición que más se aproxime a la vertical. Se pueden añadir pesos para aumentar la penetración en los suelos duros.

#### V.9 AJUSTE VERTICAL DE LOS DISCOS.

El ajuste de la posición vertical del disco se llama inclinación. Es la relación que el disco está inclinado con respecto a la posición vertical; es un factor importante para obtener una buena penetración.

Hay dos métodos de inclinar los discos, haciéndolos girar alrededor de la conexión de soporte con el timón, o en la conexión del cojinete con el soporte. Estos dos métodos producen efectos diferentes.

##### a) Método Usando la Conexión del Soporte con el Timón.

Si el ajuste se hace en la parte superior del soporte, se mueve la caja del cojinete. Cambiando el cubo del cojinete-

a la ranura superior, se obtiene una inclinación de 22 grados.-- Usando la ranura inferior se tiene una inclinación de 18 grados, o sea una posición que se aproxima más a la vertical.

El ajuste vertical permite hacer cambios que se ajusten a las diferentes condiciones del suelo. En los suelos secos y duros, los discos trabajan mejor en una posición vertical. Lógicamente también se deberán usar un corte angosto y bastante peso. Aumente la inclinación en los suelos pegajosos y plásticos.

Cuando los discos están muy inclinados, aran mejor debajo de la hojarasca. Para evitar los atascamientos, ponga el disco casi vertical.

La inclinación varía de 15 a 25 grados. Los discos -- fijos están ajustados en los arados con una inclinación de 18 a 20 grados.

## V.10 PROBLEMAS DE APLICACION EN LAS RASTRAS AGRICOLAS

### Introducción

Dentro de los problemas de aplicación en Rastras Agrícolas, existe aquel en el cual se está trabajando ya sea con un solo Disco independiente o en dado caso con un grupo de Discos llamados "Borderos" en los cuales se requiere determinar ciertos ajustes necesarios que dependen en sí de la función que se le destine a este tipo de Discos Borderos o independientes.

Las aplicaciones o funciones de este tipo de Discos ya sea dentados o lisos, son principalmente para formar bordos de diferentes altos y anchos, preparación de cementeras, hacer curvas de nivel, formar terrazas en laderas para evitar la erosión y construir canales de riego, y el cultivo de la caña de azúcar.

Los principales ajustes que en la práctica se realizan a este tipo de Discos son:

1. Espaciamiento lateral sobre la barra para bordos de diferentes anchos.
2. Ajuste de ángulo de inclinación.
3. Ajuste del ángulo de ataque.

Durante el presente análisis se denotaran el ángulo de inclinación como  $\alpha$ , y el ángulo de ataque como  $\beta$ .

En el cual se presenta la solución a este problema, - tomando en cuenta todas las variantes existentes.

Método para calcular la ubicación de los Discos Esféricos en un arado de Discos independientes.

Con el presente análisis se pretenden los siguientes objetivos:

- a) La determinación Analítica del ancho de labor.
- b) La determinación Analítica de la ubicación de los Discos en arados montados.
- c) Tabulación de los valores de anchos de labor variando los diferentes factores que intervienen.

Método para calcular la localización de los casquetes esféricos en un arado de discos independientes.

Como es sabido, al estudiar la ubicación de un casquete independiente de arado con respecto a la dirección de avance, se le puede representar por un círculo cuyo límite es su bordocortante; dicho círculo presenta entonces dos ángulos característicos: el horizontal  $\theta$ , Fig.s 5.13 (b) y 5.13 (c), cuyo valor oscila entre  $42^\circ$  y  $45^\circ$  y el vertical  $\alpha$  con valores entre  $15^\circ$  y  $25^\circ$ .

Si en estas condiciones, se proyecta el borde del casquete sobre un plano vertical normal a la dirección de avance, se obtiene una elipse inclinada, Fig. 5.13 (a). Cuando el arado está en operación, esta elipse es cortada por una secante horizontal que representa la superficie del terreno; una tangente también horizontal, representa el fondo del surco y la distancia entre estas dos líneas es la profundidad de labor "p". Fig. 5.13 (a)

En un arado de varios cuerpos, las elipses que representan las proyecciones de los casquetes sobre un plano vertical normal a la dirección de avance, se superponen en una proporción distinta de acuerdo con la distancia A que separa los -

centros de los mismos, medida sobre una normal a la dirección de avance, Fig. 5.13 (a). Como consecuencia de esta superposición, quedan delimitados entre las proyecciones de los bordes de dos casquetes contiguos y el fondo del surco, triángulos mixtilíneos cuya altura es directamente proporcional a la distancia citada. En la práctica, estos triángulos constituyen crestas sin labrar que quedan en el fondo del surco, recibiendo la denominación de "dientes" y cuya altura debe reducirse a un mínimo, para obtener una buena preparación del suelo; pero como para disminuir dicha altura se debe aumentar la superposición de las proyecciones, acortando para ello la distancia "A" entre casquetes, se obtiene como consecuencia una disminución del ancho de labor, o sea, una reducción de la capacidad de labor de la unidad. Se debe hallar entonces, y en la práctica así se procede, una relación proporcional entre estos dos valores.

Al analizar estas elipses se puede observar que si el Disco sólo tuviera el ángulo horizontal  $\beta$  la elipse proyectada sobre el plano normal a la dirección de marcha, presentaría la forma que se vé en la Fig. 5.14 cuyo semi-eje mayor coincidiría con el radio del disco. En estas condiciones se puede obtener el valor del semi-eje menor (horizontal) de la elipse por medio de la siguiente relación trigonométrica:

$$b = r \operatorname{sen} \beta \quad (1)$$

en donde:

b = semi-eje menor de la elipse

r = radio del casquete

$\beta$  = ángulo horizontal del casquete

Allí se fijará entonces el valor de la altura Z de una cuerda dada MM', (fig. 5.14) una coordenada de M' con respecto a los ejes de la elipse se obtendría por medio de la siguiente

te ecuación:

$$x = a - z = r - z \quad [2]$$

en donde:

$x$  = coordenada del punto  $M'$  con respecto a los ejes de la elipse.

$a$  = semi-eje mayor de la elipse =  $r$

$z$  = distancia de  $MM'$  a la tangente inferior de la elipse.

La otra coordenada del punto  $M'$  con respecto a los ejes de la elipse (ecuación de la elipse) es:

$$y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} \quad [3]$$

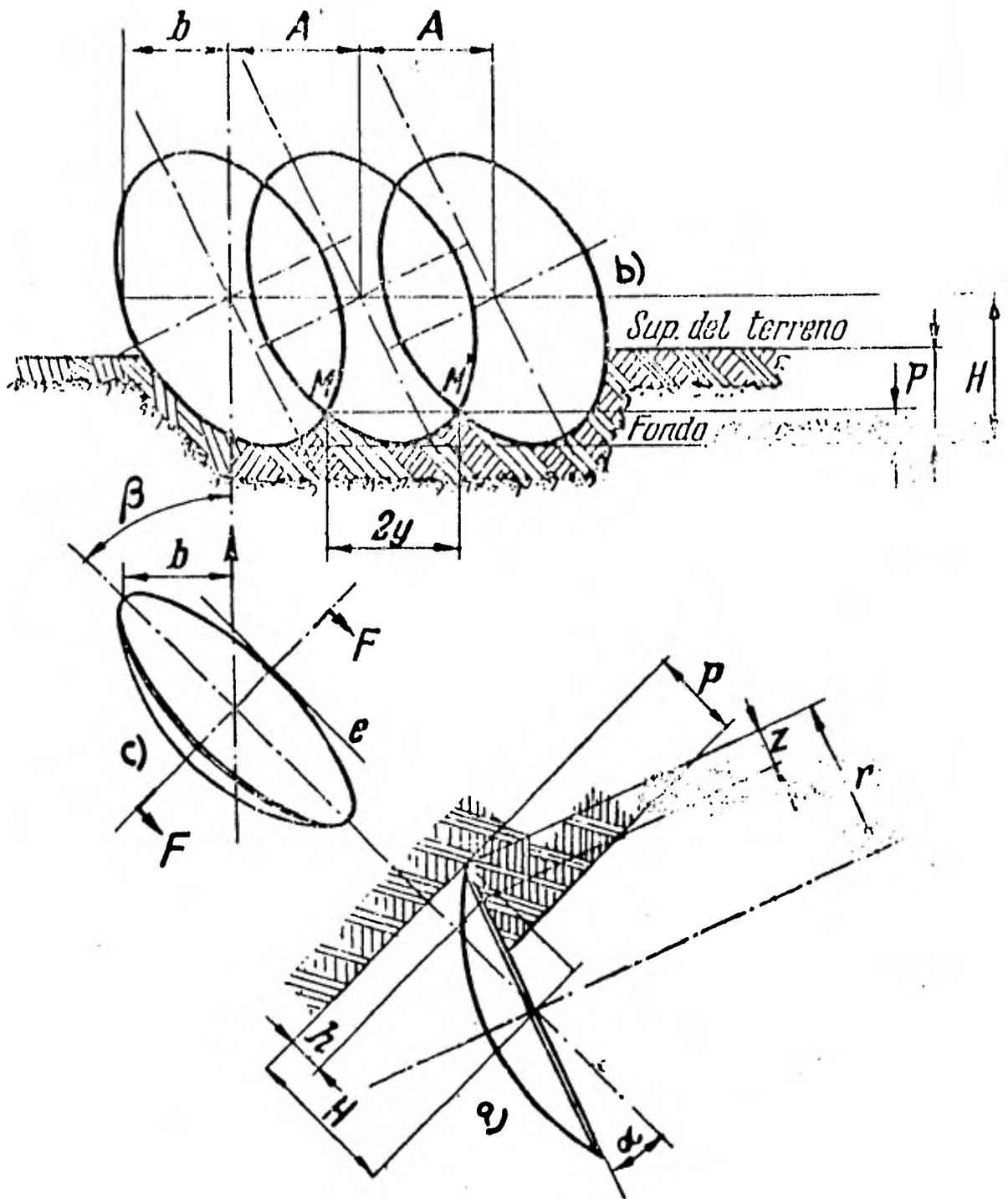


Fig. 5.13 Proyecciones del borde cortante de un casquete con ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  sobre un plano vertical normal a la dirección de avance (a), sobre un plano horizontal (b), y según un corte por un plano vertical medio perpendicular al delimitado por el filo.

Al darle al casquete, simultáneamente al ángulo  $\beta$  ya fijado, un ángulo vertical  $\alpha$ , fig. 5.13 (c), la elipse proyectada sobre el plano normal a la dirección de marcha va a tomar inclinaciones en el sentido de éste último, tanto mayor es cuanto mayor sea éste, y llegará confundirse con una línea horizontal al hacerse igual a  $90^\circ$ . Se puede observar que al darle al casquete las distintas inclinaciones del ángulo  $\beta$ , lo que se hace es imprimirle un movimiento de giro alrededor de un eje horizontal y virtual de rotación 'e' tangente al punto inferior de la elipse e inclinado con un ángulo  $\alpha$  con respecto a la dirección de marcha. En estas condiciones cualquier recta horizontal como "b" ó una cuerda paralela a ella, por ejemplo MM', van a comportarse como la generatriz de un cilindro, por lo tanto, la proyección de esta generatriz sobre el plano normal a la dirección de marcha, será un segmento de recta horizontal de longitud invariable.

Así pues, la distancia  $2y$ , o sea la cuerda MM' en la fig. 5.13 (a) que representa el ancho de labor de un casquete con los dos ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  se trasladará a otra posición MM', fig. 5.14, al hacer que  $\alpha$  sea igual a cero conservando la misma magnitud.

La fig. 5.13 (c) que representa un corte normal al eje "e" mencionado, muestra la siguiente relación:

$$h = z \cos \alpha$$

de donde:

$$z = \frac{h}{\cos \alpha} \text{ ---- [4]}$$

$$Y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 \left(r - \frac{h}{\cos \alpha}\right)^2}$$

$$Y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 - \left(r^2 + \frac{h^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{2 rh}{\cos \alpha}\right)}$$

$$Y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 - r^2 - \frac{h^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 rh}{\cos \alpha}}$$

$$Y = \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{2 rh}{\cos \alpha} - \frac{h^2}{\cos^2 \alpha}}$$

$$Y = \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{h}{\cos \alpha} \left(2r - \frac{h}{\cos \alpha}\right)}$$

$$A = 2 \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{h}{\cos \alpha} \left(2r - \frac{h}{\cos \alpha}\right)}$$

Si en la ecuación 2) se reemplaza "z" por el valor hallado 4), se tiene:

$$x = \frac{r - h}{\cos \alpha} \text{ ----- [5]}$$

En la ecuación 3) se reemplazan a por r, y b y x por los valores obtenidos en 1) y 5), obteniéndose:

$$y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 \left( r - \frac{h}{\cos \alpha} \right)^2}$$

Desarrollando la operación contenida en el paréntesis, resulta:

$$y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 - \left( r^2 + \frac{h^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{2 rh}{\cos \alpha} \right)}$$

o sea:

$$y = \frac{r \operatorname{sen} \beta}{r} \sqrt{r^2 - r^2 - \frac{h^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 rh}{\cos \alpha}}$$

Simplificando se tiene:

$$y = \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{2 rh}{\cos \alpha} - \frac{h^2}{\cos^2 \alpha}}$$

Y sacando factor común en la expresión bajo radical - queda reducido a:

$$y = \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{h}{\cos \alpha} \left( 2r - \frac{h}{\cos \alpha} \right)} \text{ ---- [6]}$$

El valor de "y" resulta ser la mitad del ancho de la bor del casquete, fig. 5.14 por lo tanto:

$$A = 2 \operatorname{sen} \beta \sqrt{\frac{h}{\cos \alpha} \left( 2r - \frac{h}{\cos \alpha} \right)} \text{ ----- [7]}$$

En donde:

A = ancho de labor de un casquete.

El ancho total de labor en un arado de "n" casquetes, - será pues:

$$At = 2n \operatorname{sen} \beta \left[ \frac{h}{\cos \alpha} \left( 2r - \frac{h}{\cos \alpha} \right) \right]^{1/2} \quad [8]$$

Una vez determinado el ancho de labor, se debe estudiar la ubicación relativa de los casquetes para obtener tal ancho. Observando la fig. 5.15 se aprecia que un ancho de corte determinado  $At$  se puede lograr con distintas ubicaciones de los casquetes: las variables son la distancia " $d$ " entre los casquetes consecutivos y el ángulo  $\delta$  que forma la recta que la contiene con el plano de filo de los mismos medido sobre la horizontal. Las variaciones de  $\delta$  y " $d$ " son continuas y las disposiciones indicadas se han elegido solamente a los efectos de la representación gráfica.

Cuando se trabaja en el diseño de un arado y sobre todo cuando se trata de una unidad montada sobre el tractor, interesa que el valor sea el mínimo, compatible con el correcto funcionamiento de la unidad; se consiguen así dos ventajas: en primer lugar, el centro de gravedad del arado se acerca al tractor, lo que mejora el equilibrio del conjunto; en segundo lugar, una máquina más compacta que permite un ahorro de material, con la consiguiente incidencia sobre el costo de la misma.

El valor " $d$ " mínimo compatible con el correcto funcionamiento de la máquina, será aquel en que el terrón se levanta con el arado cortado por cada casquete y puede elevarse y rebajarse.

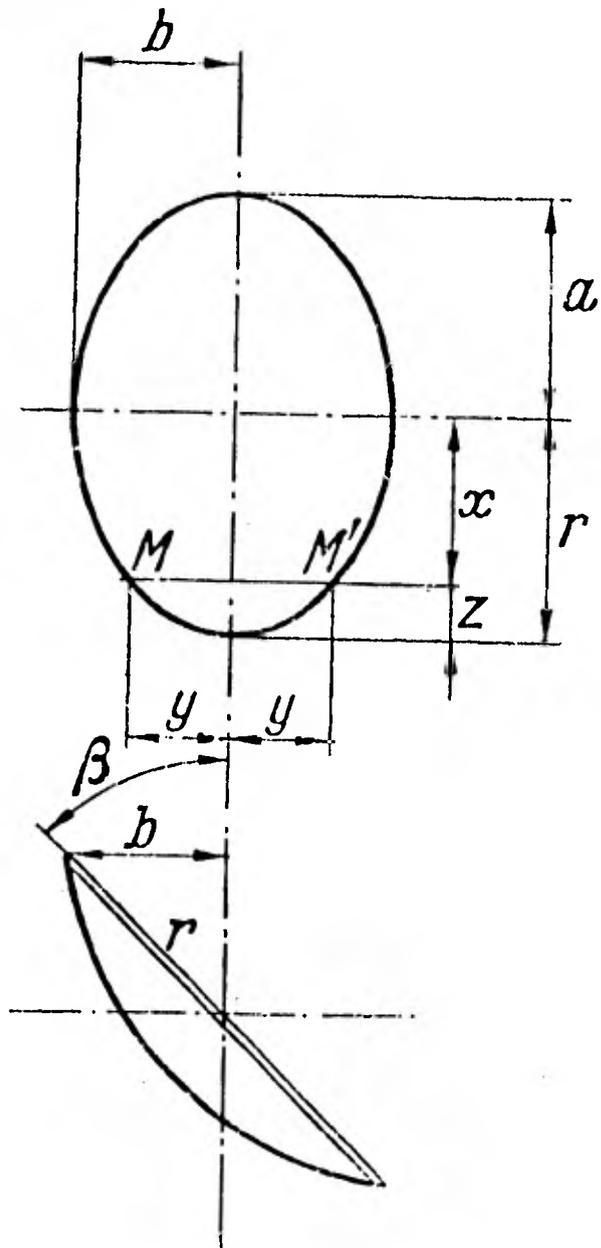


Fig. 5.14 Proyección del borde cortante de un casquete sobre un plano normal a la dirección de avance y sobre un plano horizontal cuando  $\alpha = 0$

tirse sin que su trayectoria se vea obstaculizada por el casquete inmediatamente anterior. Este valor depende de dos factores: tamaño del sistema de montaje del casquete y trayectoria de la gleba durante el corte y el rebatimiento.

Para plantear este cálculo se partirá a las siguientes hipótesis:

a) que el casquete esté montado sobre un sistema de rodamiento a rodillos, y

b) que la gleba se comporte de una manera semejante a la viruta desprendida en el corte efectuado por un cepillo mecánico de codo, trabajando sobre una pieza metálica.

De acuerdo con los datos suministrados por los fabricantes de rodamientos, la longitud de la carcaza que los contiene, oscila entre 120 y 180 mm. Se utilizará el valor citado en último término.

Si se supone que la gleba se comporta como la viruta metálica desprendida por el corte de la herramienta de un cepillo mecánico de codo, dicha gleba, a la altura de carcaza tendrá un espesor igual a la profundidad de labor. Considerando por ejemplo una profundidad de labor de 250 mm se puede estimar la distancia del siguiente modo:

$$d = 180 \text{ mm} + 250 \text{ mm} = 430 \text{ mm}$$

Este valor puede utilizarse como una hipótesis de trabajo confirmada por observaciones someras.

Es evidente la necesidad de realizar una serie de experiencias ya que ciertos factores, como el tipo de suelo, su-

contenido de humedad, la velocidad de avance del arado, etc., - van a influenciar en la trayectoria de la gleba y por lo tanto en el valor "d".

Se puede calcular ahora el valor del ángulo  $\delta$ ; en el triángulo ABC fig. 5.15 se tiene:

$$\text{sen } \delta = \frac{BC}{AB} \text{ ----- [9]}$$

Pero según fig. 5.13 (a)

$$Bc = 2y; AB = d$$

Reemplazando en 9) dichos valores resulta:

$$\text{sen } \delta = \frac{2y}{d} \text{ ----- [10]}$$

Conociendo el valor de  $\text{sen } \delta$  se obtiene el del ángulo  $\gamma$  en tablas de la fig. 4 se desprende que:

$$\gamma = 180^\circ - (\beta + \delta) \text{ ----- [11]}$$

La ecuación 11 proporciona el valor de  $\gamma$  en función - de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ ;  $\beta$  tiene muy poca variación ( $42^\circ$  a  $45^\circ$ )- de modo tal que en la práctica  $\gamma$  resultaría únicamente función del ángulo.

A continuación en la tabla 1 se enumeran los valores- más comunes de los factores que intervienen en estos cálculos, siendo:

$\alpha$ : ángulo vertical del casquete:  $15^\circ$  a  $25^\circ$

$\beta$ : ángulo horizontal del casquete:  $42^\circ$  a  $45^\circ$

- r: radio del casquete.  
p: profundidad de labor.  
d: distancia entre los centros de dos casquetes con  
tiguos.

En base a los datos citados se han calculado los valores de A y que figuran en las tablas de 2 a 5.

#### RESUMEN.

En el presente trabajo se ha tenido en cuenta los factores principales y su vinculación a los efectos de determinar en forma analítica el ancho de labor de arados de casquetes -- independientes.

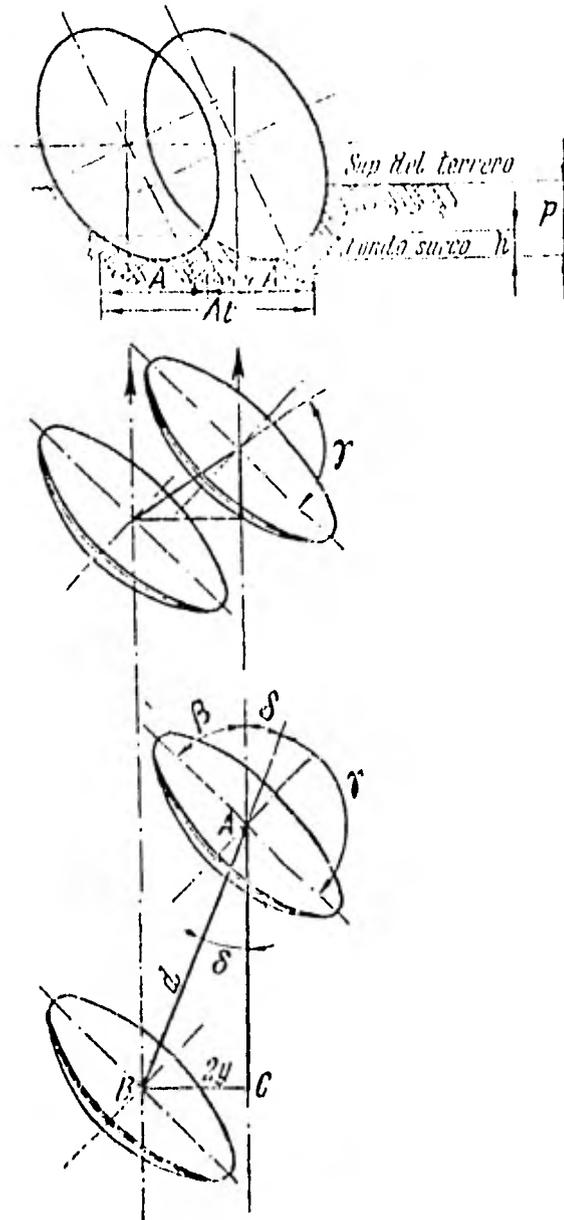


Fig. 5.15 Variación de la distancia entre casquetes para un mismo ancho de labor.

Tabla 1- VALORES MAS COMUNES DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS CALCULOS

Diámetro del casquete		Radio del casquete (r)		Profundidad de labor (p)				Distancia entre los centros de dos casquetes contiguos (d)	
pulgadas	mm	pulgadas	mm	MINIMA		MAXIMA		MINIMA mm	MAXIMA mm
				pulg.	mm	pulg.	mm		
24	609.6	12	304.8	3	80	10	250	260	430
26	660.1	13	330.2	4	100	11	280	280	460
28	711.2	14	355.6	4	100	12	310	280	490
30	762.0	15	381.0	5	130	13	330	310	510
32	812.8	16	406.4	5	130	14	360	310	510

h ( altura del triángulo no labrado ): para suelo arenoso :  $\frac{p}{3}$

para suelo arcilloso:  $\frac{p}{5}$

Tabla 2- VALORES DEL ANCHO DE LABOR DE CADA CASQUETE TRABAJANDO EN " SUELO ARENOSO "

$$h = \frac{p}{3}; \alpha = 25^\circ; \beta = 43^\circ$$

Diámetro del casquete (pulgadas)	Profundidad de labor (p)		Altura del triángulo no labrado (h)		Ancho de labor por casquete (A)	
	MINIMA (mm)	MAXIMA (mm)	MINIMA (mm)	MAXIMA (mm)	MINIMO (mm)	MAXIMO (mm)
24	80	250	27	83	179	296
26	100	280	33	93	206	326
28	100	310	33	103	211	355

Tabla 3- VALORES DEL ANCHO DE LABOR DE CADA CASQUETE  
TRABAJANDO EN " SUELO ARCILLOSO "

$$h = \frac{p}{5}; \alpha = 15^\circ; \beta = 45^\circ$$

Diámetro del casquete (pulgadas)	Profundidad de labor (p)		Altura del triángulo no labrado (h)		Ancho de labor por casquete (A)	
	MINIMA (mm)	MAXIMA (mm)	MINIMA (mm)	MAXIMA (mm)	MINIMO (mm)	MAXIMO (mm)
24	80	250	16	50	140	240
26	100	280	20	56	163	261
28	100	310	20	62	169	288
30	130	330	26	66	199	308
32	130	360	26	72	206	332

Tabla 4- VALORES DEL ANGULO  $\delta$   
PARA SUELO "ARENOSO"

Tabla 5- VALORES DEL ANGULO  $\delta$   
PARA SUELO "ARCILLOSO"

Diámetro del casquete (pulgadas)	Valores de $\delta$ (°)		Diámetro del casquete (pulgadas)	Valores de $\delta$ (°)	
	Ancho mínimo Profundidad mínima	Ancho Máximo Profundidad Máxima		Ancho mínimo Profundidad mínima	Ancho máximo Profundidad máxima
24	93	93	24	102	101
26	90	91	26	99	100
28	88	91	28	98	99
30	83	89	30	95	98
32	80	88	32	93	97

CAPITULO VI  
PROCESOS DE FABRICACION

VI.1 SELECCION DE MATERIAL

VI.2 DIVERSOS METODOS DE CORTE DE MATERIAL

VI.3 FORMADO DEL DISCO

VI.4 DIFERENTES PROCESOS DE FABRICACION

a) Descripción proceso # 1

b) Descripción proceso # 2

c) Descripción proceso # 3

VI.5 TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO

VI.6 FALLAS Y DESGASTES DE LOS DISCOS

VI.7 ORGANIZACION DE LAS RASTRAS.

VI.8 POSIBLE METODOS DE REPARACION

## VI.1 SELECCION DE MATERIAL.

### Características principales de los discos.

Los discos para arado y rastras, tanto redondos como dentados estan fabricados con acero de alto carbono, y estan -- lisos para evitar con ello que los terrones se adhieran a la su perficie del disco. Los discos son templados en aceite y sometidos a un riguroso control y apegado a las más estrictas normas de calidad para darles un temple duradero en el trabajo del campo.

Bajo las anteriores condiciones se logra una resistencia al desgaste, que permite que tanto el diámetro de los discos como su concavidad originales, sean más duraderas proporcionando un buen rendimiento en los implementos en los que se instalen.

Los discos y rejas deben cumplir los siguientes requerimientos:

a) El acero que se utiliza es un acero de alto contenido de carbono Ac. SAE, No. 1085.

b) El acero utilizado deberá ser libre de fallas de laminación, segregaciones, e inclusiones.

c) La cara del disco debera ser libre de costras, huecos y otras imperfecciones.

d) Los cortes no deberán tener costura, inclusiones, borrones y moleduras profundas o grietas.

La composición química de este tipo de aceros es la siguiente:

La composición química depende conforme al diseño de quien lo requiera, los discos deben ser fabricados ya sea de acero al carbono o de aleación.

a) Aceros al carbono

(cantidad de carbono aceptable)

	Cámara abierta	Procesos especiales.
Carbono	0.8-0.95%	0.80-0.95%
Magnesio	0.7-1.30	0.70-1.30
Fósforo máx.	0.040	0.025
Azufre máx.	0.15-0.30	0.015
Silicio máx.	0.15-0.30	0.15-0.30

El fósforo, azufre y silicio nos sirven para compensar el laminado. También se le agrega aluminio para controlar el tamaño de grano, ya que en un proceso de laminación llamado en "cruz", es diferente al del acero 1085. La composición química es:

0.020% Al-Mn.

El tamaño de grano que se tiene es de:

6.5-8 standard AGC

La tolerancia del espesor de la lámina es:

Ac 1085 Espesor 1/4  $\pm$  0.007" plg.  
Laminado cruz Espesor 1/4  $\pm$  0.010" plg.

- b) Aleación de acero.  
(el acero SAE 8660 debe ser utilizado)

	acero 8660
carbono	0.55-0.65
manganesio	0.75-1.0
fósforo máx	0.040
sulfuro máx.	0.040
silicio	0.20-0.35
níquel	0.40-0.70
cromo	0.40-0.60
molibdeno	0.15-0.25

Otras aleaciones de acero deben ser convenidas entre el fabricante y el solicitante.

La dureza del material.

Hasta que no se especifique otra cosa, todos los discos de rastras deben tener un tratamiento térmico y templado - hasta obtener un cierto grado de dureza. Las lecturas de dureza deben de tomarse en una faja, aproximadamente a 1/2" pulg. - atrás del filo.

Dureza	Discos lisos de acero y rejas de arado lisos.		Rejas de arado con cortes.	
	1957	15 de desivación		
Rockwell C	38-45	35-43	34-45	35-43
Brinell No.	352-415	321-401	331-415	
Brinell Dia.mm	3.25-3.00		3.35-3.00	

El proceso de laminación en cruz, consiste en lo si- --  
guiente:

Este proceso lo utilizan algunos fabricantes de discos-  
y el llamado así porque el material es laminado en un sentido, -  
para que las fibras en el material queden en una dirección, lue-  
go o posteriormente es laminado pero en sentido perpendicular al  
anterior, para formar el sentido de las fibras en cruz.

Con este tipo de laminado en cruz, se le da más dureza-  
al material que se va a utilizar para la fabricación de discos.

## VI.2 DIVERSOS METODOS DE CORTE DE MATERIAL.

Existen dos métodos muy comunes para el corte del mate- --  
rial, los cuales son:

- I) Corte en cizalla circular o radial.
- II) Punzonado y corte de la chapa.

### I) Corte en cizalla circular o radial.

Estas máquinas están basadas en el principio de cortar-  
la chapa mediante dos cuchillas circulares de acero especial; -  
estas cuchillas están templadas y las caras de corte rectifica- --  
das. En el caso de ejes paralelos, las cuchillas tienen la dis-

posición representada en la siguiente figura. El ángulo es de  $10^\circ$  a  $15^\circ (\alpha)$

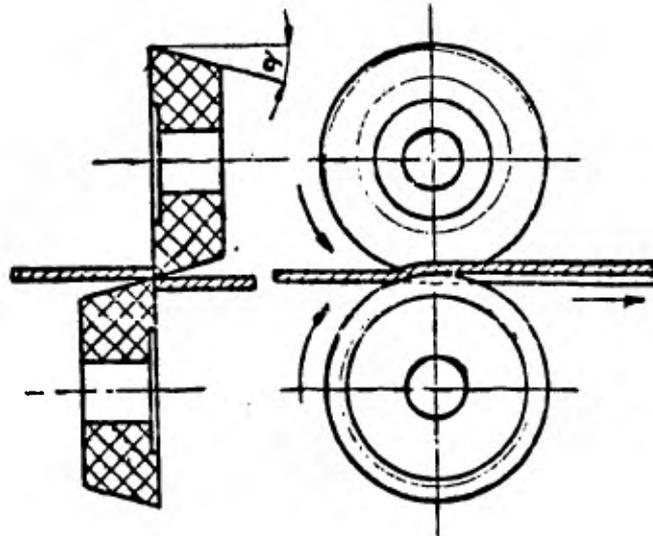


Fig. 6.1 Detalle de una tijera circular de ejes paralelos.

Estas máquinas, sirven para obtener de la chapa, discos o bien anillos concéntricos. En este caso la chapa es apricionada entre los dos platos situados en el extremo de la herradura. Después de haber colocado el carro en una determinada posición - permite a los dos filos de corte de las cuchillas circulares, - poder actuar a una cierta distancia del eje de rotación de la - chapa, se acciona la máquina; las dos cuchillas circulares se - ponen en movimiento y cortan la chapa haciéndola pasar alrededor del eje de los platos de sujeción; una vez obtenido el disco, se pasa entre las dos cuchillas, previamente separadas, hasta obtener el ancho necesario de la corona. Se acciona nuevamente la - máquina y después de haber acercado las cuchillas, se corta el - anillo de la chapa. Estas máquinas existen en varios tamaños -

tipos; pueden ser de ejes inclinados o paralelos.

El primer tipo es el más adecuado para obtener anillos concéntricos.

La velocidad de trabajo varía de 500 a 5,000 mm. rpm - por minuto, tanto para chapas gruesas como para chapas delgadas respectivamente.

En la siguiente figura se muestra la forma de las cuchillas para el caso de que los ejes estén dispuestos formando ángulo; entonces los ángulos son para la cuchilla superior.

$$\alpha = 10 \text{ a } 15^\circ$$

$$\alpha' = 15 \text{ a } 20^\circ$$

$$\beta = 35 \text{ a } 40^\circ$$

El eje de la cuchilla inferior tiene una inclinación -  
 $\gamma = 20 \text{ a } 25^\circ$

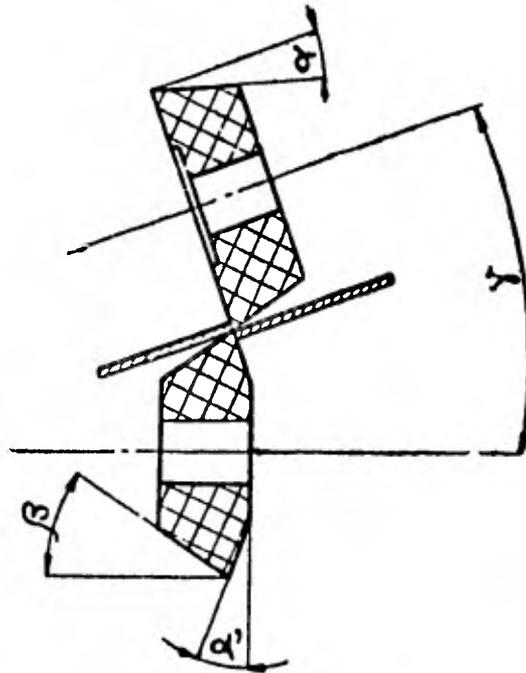


Fig. 6.2 Detalle de una tijera circular de ejes inclinados.

### Tijeras de cuchillas circulares.

Este tipo de cuchillas circulares dispuestas de modo especial, es adecuado para cortar agujeros en la chapa siguiendo trazados irregulares y curvas de radio mínimo. Se realiza un corte perfecto y sin rebabas, con lo cual se evita recurrir a otras operaciones de desbarbar y pulir. Las cuchillas tienen cuatro velocidades de rotación y, por consiguiente de corte, que están en relación con las dificultades que presenta el trazado de corte. El paso de una velocidad a otra, se obtiene rápidamente mediante pulsadores eléctricos situados en lugar cómodo. Estos tipos de máquinas ofrecen la posibilidad de cortar chapas de gran superficie y con entradas acentuadas. Se construyen en varios tamaños y sirven para cortar chapa desde un espesor mínimo de 2 mm. hasta un espesor máximo de 14 mm.

### II) Punzonado y corte de la chapa.

El punzonado es una operación mecánica, con la cual -- mediante herramientas especiales para el corte, se obtiene la separación de material.

El punzón, en el primer tiempo y prosiguiendo la presión que ejerce sobre la plancha, completa su labor, con lo cual da lugar a una deformación plástica del medio interpuesto; se origina en esta primera fase, un vientre cóncavo. El punzón prosigue su acción, ocasionando una expansión lateral del medio plástico sin remontar el material. El esfuerzo de comprensión se convierte en un instante, igual a la resistencia a la cortadura. En estas condiciones, sobreviene un brusco desgarró y -- el trozo de plancha sujeto al punzón, se separa del resto y cae al fondo de la matriz.

Durante el punzonado se ha comprobado que, en la proximidad de los hilos cortantes de las herramientas, las fibras de las chapas se doblan hacia abajo, siguiendo por breves instantes el movimiento del punzón y después, se reaccionan para oponerse a la acción del corte. Pero, siendo la acción superior a la reacción, vence toda resistencia pasiva y origina la escisión de las fibras. Estas fibras quedan deformadas y comprimidas a lo largo de todo el perfil cortado. Debido a la elasticidad del material, tienen lugar reacciones internas que se manifiestan en las fibras cortadas, con lo que se produce un frotamiento dentro de las paredes de deslizamiento; como es natural, tal frotamiento dificulta la salida del disco cortado de la matriz y la extracción del punzón del agujero de la chapa.

Consideramos la relación entre el espesor  $S$  de la chapa y el diámetro  $d$  del punzón. Se ha hallado teórica y prácticamente que tal relación  $S/d$ , para la chapa de hierro y punzones de acero templado, toma el valor de 1, 2; ó sea:

$$S_{\max} = 1, 2 d, \text{ en la condición límite.}$$

Podemos deducir el concepto práctico siguiente: la chapa de hierro, para que pueda ser cortada con punzón de acero templado, debe tener un espesor menor o igual al diámetro del punzón mismo.

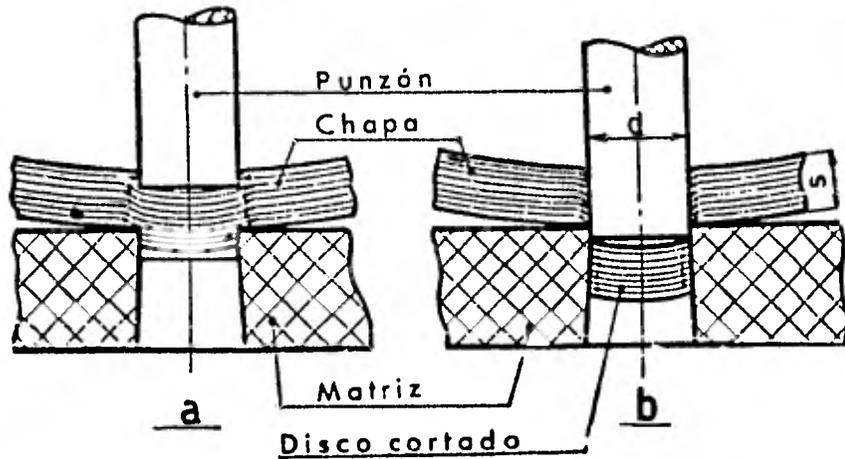


Fig. 6.3 Chapa sometida a la operación de corte.

Descripción de una estampa o matriz de corte.

El corte de la chapa se realiza mediante el empleo de útiles especiales denominados matriz de corte o hierro de cortar. Una matriz sencilla, se compone de dos partes fundamentales; el punzón macho y la hembra propiamente dicha.

El punzón, según su sección, define el contorno de la pieza a cortar. El filo de corte lo constituye el perímetro exterior del punzón y el perímetro interior del agujero de la matriz. Una matriz más completa se compone además de un bloque o mazo, que actúa de guía del punzón; de dos chapas que tienen -- por objeto crear un pasillo por el que se hace deslizar la tira o cinta de chapa a cortar; de un sistema de tope destinado a fijar el paso según el cual debe avanzar la tira de chapa por cada carrera del órgano móvil de la prensa.

Los bordes de la chapa, sirven también para guiar la tira. Por cada carrera vertical del elemento móvil de la prensa y, naturalmente del punzón se realiza la operación de corte. De esto se deduce que este sistema admite la repetición continua del proceso, admitiendo igual destreza y realizándolo con dispositivos mecánicos, obteniendo una eficaz y regular producción continua de piezas iguales.

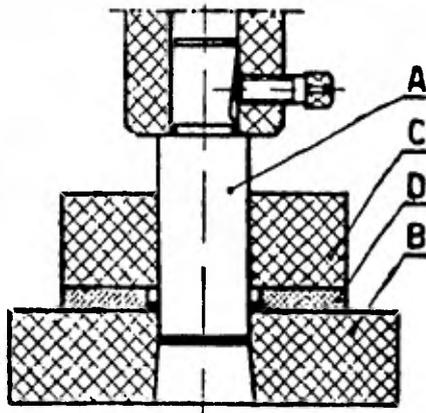


Fig. 6.4 Esquema de una estampa para contar

#### Desgaste de las matrices.

Es el esfuerzo de cortadura, que ha de vencer la resistencia del material, repercute en sus efectos sobre los filos de corte, que pierden su filo inicial después de haber producido una gran cantidad de piezas.

Por necesidades de tipo económico y práctico, se rehabilita la matriz, se repasan con la muela los filos de corte, hasta obtener de nuevo los cantos vivos. Las pérdidas de material provocadas por los esfuerzos dinámicos del corte, pueden ser debidas también a hechos accidentales como astillado, des-

granamientos y resquebrajaduras.

Las causas que pueden dar lugar a estos inconvenientes son múltiples: material de la estampa defectuoso, técnica constructiva deficiente, mal montaje de la estampa, juegos de acomplamiento inadecuados entre punzón y matriz, mal uso de la estampa y emplazamiento incorrecto. En todos estos casos la pérdida de material para la rehabilitación de la estampa es importante (hasta 1 mm.), teniendo presente que la cota total de material a afilar varía de 6 entre 8 mm.

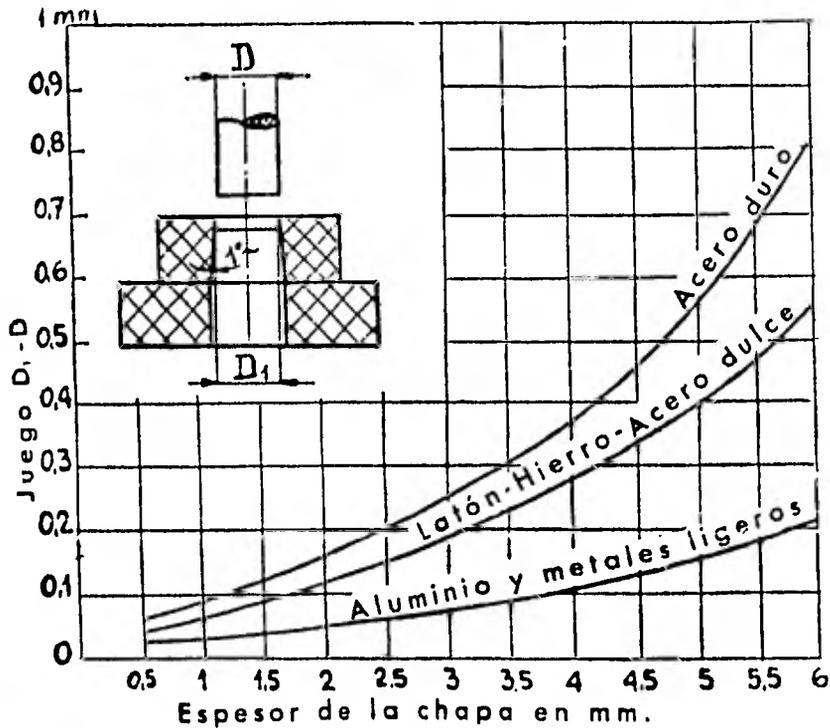
#### Juego Entre Punzón y Matriz.

La exactitud de las piezas depende, en primer lugar, de la precisión con que se hayan construido las matrices. La precisión se consigue con relativa facilidad mediante los instrumentos corrientes de medida. Para la verificación de perfiles complicados, se recurre al sistema óptico de aumentos.

El juego entre el punzón y la matriz depende del grueso de la chapa y de la calidad del material, que podrá ser duro, suave o blando. Para punzones pequeños, agujerando chapa de espesor limitado, el juego no debe existir prácticamente; pero teniendo que trabajar chapas de elevado espesor, el juego debe ser aplicable. Para la chapa metálica, generalmente está subordinado al espesor y varía proporcionalmente con éste. El juego u holgura, tendrá que ser mayor para el acero laminado duro, que para el acero suave, latón y aluminio. Para punzones de grandes dimensiones, tendrá que ser de proporciones ligeramente mayores, mientras que para punzones de tamaño normal, será constante para cada dureza del material.

El valor del juego entre el punzón y la matriz puede variar, según los casos, del 5% al 13% de espesor de la chapa.

En general, se estima el porcentaje para los agujeros pequeños de precisión; en los cortes de mayores dimensiones y para mayores espesores se aumenta el porcentaje hasta alcanzar el valor máximo.



Gráfica 6.1 Gráfica para determinar el juego entre punzón y -- matriz en función de la calidad del material y del espesor de la chapa.

Es evidente que en estos casos, los juegos resultan de 0,8 a 1 mm. El diagrama da directamente el valor del juego o tolerancia que ha de haber entre el punzón y la matriz, según la clase de material y el espesor de la chapa.

Al determinar los diámetros del punzón y de la matriz, es necesario tener en cuenta que el diámetro de la matriz determina las dimensiones de la pieza y por lo tanto, es necesario -

precisar exactamente tales factores; el juego deberá obtenerse reduciendo el diámetro del punzón. El diámetro de éste, por el contrario, determina las dimensiones del agujero y, por ello, se requiere igual exactitud; el juego debe obtenerse aumentando el diámetro de la matriz. Esta norma sirve para todos los perfiles.

#### Disposición de la Figura.

Los factores que determinan las dimensiones de una matriz y la posición de la abertura en la matriz propiamente dicha, son la forma y el tamaño de la pieza. Esta se presenta frecuentemente en forma irregular, tanto que, si viene dispuesta transversal o longitudinalmente en el centro de la matriz, ocasiona una notable pérdida de espacio con el consiguiente desperdicio de material. En este caso, es conveniente estudiar la mejor disposición, de modo que permita a todos los lados de la figura, encontrar cada uno su sitio, reduciendo al mínimo la pérdida de material.

Algunas veces no es posible hacerlo a causa de ciertas irregularidades en los perfiles; pero se ha observado que, modificando oportunamente la silueta de la pieza sin alterar las características, es posible juntar una pieza con otra y obtener de este modo una disposición favorable, para no dejar prácticamente inutilizada ninguna superficie. Si esto no resulta, se dispondrá la figura de modo que pueda seguirse el corte alternado, es decir: la primera serie de cortes se ejecuta sobre una cara de la tira de chapa y la segunda serie sobre la cara opuesta o sea, empezando por la cabeza opuesta de la siguiente pasada.

### Esfuerzos Necesarios Para el Corte.

El punzón en el momento de tomar contacto con la chapa inicia sobre el material su acción de compresión seguida de la corte.

En todo el contorno del punzón y de la matriz, se presenta una presión continua de parte del punzón y una reacción -- por parte del material. El punzón continuando en su descenso, presiona con su cabeza una porción de chapa y la separa completamente del resto; esto se debe a la acción de los filos cortantes de la herramienta, tal como ocurre similarmente durante el corte de tijeras. En esta acción hemos vencido a la chapa con un esfuerzo superior a sus posibilidades de resistencia molecular interior, a pesar de haber habido una reacción en todo el contorno de la figura y en todo el espesor de la chapa.

El esfuerzo cortante necesario puede determinarse fácilmente sean:

- p = perímetro de la figura, en mm.
- s = espesor de la chapa, en mm.
- t = carga de rotura del material por cortadura, en Kg./mm<sup>2</sup>
- Q = esfuerzo cortante total necesario, en Kg.
- R = carga de rotura por tracción, en Kg./mm<sup>2</sup>

El valor de Q viene dado por:

$$Q = p \cdot s \cdot t$$

donde:

$$t = 3/4 \text{ a } 4/5 \text{ de } R$$

En la práctica es bueno tomar en cuenta el razonamiento que el material dilatado genera a lo largo de las paredes de la matriz durante el corte: al elegir la prensa se deberá por consiguiente, tener en cuenta el mayor esfuerzo  $Q'$  debido a dichos rozamientos, multiplicando la presión teórica  $Q$  por un coeficiente que puede variar de 1,1 - 1,2. Por consiguiente se tendrá:

$$Q' = (1,1 - 1,2) Q$$

Determinación del Centro de Presión de los Esfuerzos de Corte.

En el proyecto de las estampas, es necesario tener en cuenta los diversos esfuerzos de corte, a fin de poder establecer, con cierta exactitud, el centro de las presiones (centro de presión). Esta determinación tiene por objeto poder determinar o poder situar la estampa debajo del carro de la prensa de modo que la línea media de las guías, especificada por el eje del agujero para el mango, coincida con el c.d.p. de los esfuerzos de estampado.

Si no se verifica esta condición, surge un momento flector  $Q.1$  que obliga al carro de la prensa, cuando está bajo la carga  $p$ , a tomar una directriz de deslizamiento oblicuo según un ángulo  $\alpha$ , aumentando el juego de deslizamiento por una parte y anulándolo por la otra.

Las consecuencias prácticas son las siguientes: un mayor desgaste de las guías laterales debido al aumento de rozamiento originado por la rotura de la película de aceite, en las zonas donde el juego ha sido anulado; un probable resquebrajamiento de las aristas de los punzones y de las matrices debido a la falta de alineación de estos últimos órganos entre sí.

Por lo tanto, la determinación del c.d.p. queda demostrado que es útil en el estampado.

Dicha determinación se hace gráficamente con el método del polígono funicular o bien analíticamente mediante el método de Varignon.

Naturalmente para buscar el c.d.p. es necesario estudiar las fases de corte y, por tanto, la disposición de los punzones. Luego, se debe descomponer el perfil interior y el exterior en tantas líneas quebradas y arcos elementales de fácil determinación en sus desarrollos de longitud  $l$  y sus baricentros. Cada desarrollo debe multiplicarse por el espesor de la cinta - y por la sollicitación  $t$  al corte, según la cual debe someterse el material para poderlo cortar. Para estas distintas fuerzas de corte, descompuestas, es necesario buscar el c.d.p. con los métodos conocidos.

### VI.3 FORMADO DEL DISCO (ESTAMPADO, RECHAZADO, TORNEADO DE FIBROS).

Existen dos formas, en que se pueden fabricar los discos y estas son:

- a) Discos lisos.
- b) Discos dentados.
- a) Discos lisos. Los discos lisos se pueden fabricar con las siguientes características:

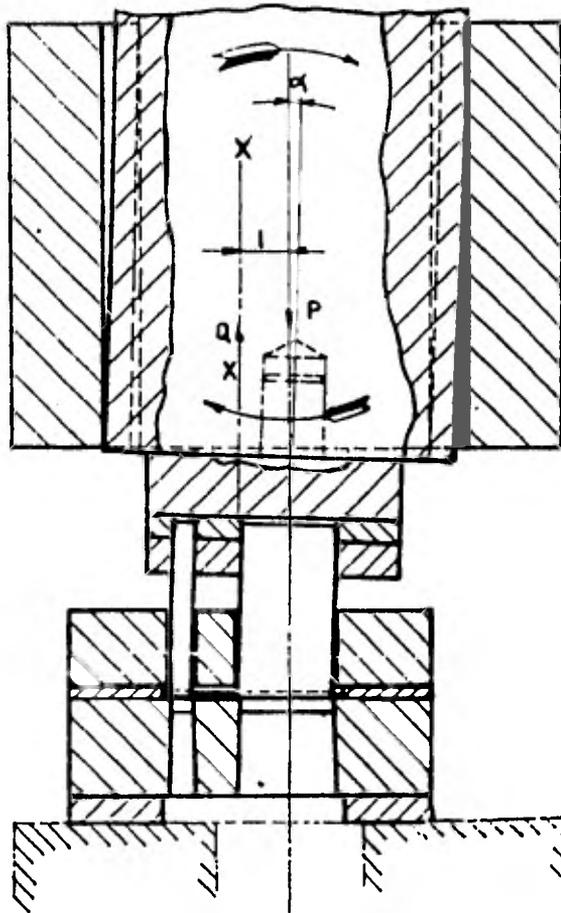


Fig. 6.5 La línea baricentrica XX de la fuerza necesaria Q para cortar una determinada figura de la cinta (o de la tira) si no pasa por el eje del mango (o línea media del carro de la prensa) determina un par  $Q \cdot l$  que provoca el deslizamiento oblicuo del carro y de los punzones según un ángulo  $\alpha$

- I) Con barrenos. Central cuadrado o redondo, en las medidas requeridas por el cliente. Central redondo de acuerdo a especificaciones con 4 ó 5 barrenos adicionales, para el uso de los diferentes

arados del mercado.

- II) Con filos. Interior.
- Exterior.
- Doble.

Es importante tener especificaciones del cliente, respecto al espesor, el tipo de barreno, el filo que se desea y la marca del implemento en que serán utilizados los discos.

b) Discos dentados. Los discos dentados se pueden fabricar con las siguientes características:

- I) Con barrenos. Central redondo o cuadrado en las medidas que se requieran.
- II) Con 9, 10, 11 ó 12 dientes según sea el requerimiento.
- III) Con filos. Interior.
- Exterior.
- Doble.

Es importante que se especifique por el cliente, el espesor, el tipo de barreno, el filo que se desea y la marca del implemento en que serán utilizados los discos.

A continuación se hace mención de las medidas estándares de los tipos de discos lisos y de los discos dentados.

Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Peso aproximado (Kgs) Discos -- lisos.	Peso aproximado (Kgs) Discos dentados.
558 (22")	3.9 (5/32")	8.040	7.640
558 (22")	4.7 (4/16")	9.120	8.660
609 (24")	3.9 (5/32")	10.200	9.690
609 (24")	4.7 (3/16")	11.510	10.940
609 (24")	6.3 (1/4")	15.470	14.700
660 (26")	4.7 (3/16")	13.530	12.850
660 (26")	6.3 (1/4")	18.040	17.140
711 (28")	4.7 (3/16")	16.340	15.520
711 (28")	6.3 (1/4")	21.390	20.320

#### VI.4 DIFERENTES PROCESOS DE FABRICACION

##### a) Descripción del Proceso # 1

###### Paso 1.

Se efectúa el corte del cuadrado, en una máquina cizalla, en donde el ciclo de la máquina es de 3 seg. (tiempo total).

Se tiene una producción por hora 113-116 según std.

###### Paso 2.

El punzonado del centro, se efectúa en una máquina punzonadora en donde el ciclo de máquina es de 2.1 seg. en donde se tiene una producción por hora de 113-143 según std.

## Paso 3.

Se corta la plantilla en una máquina cortadora circular o cizalla radial en donde la fuerza de la máquina es suficiente con un motor de 7.5 H.P. y tiene una velocidad de cuchilla de 0.43 m/seg y se tiene una producción por hora de 97-136-según std.

## Paso 4.

Se van a barrenar los agujeros en una máquina taladradora con un motor de 3 H.P. y la capacidad del taladro es para brocas de 2 1/2" de diámetro y tiene avance automático, la producción por hora es de 15-20 según std.

## Paso 5.

El Proceso de punzonado de los cuadros, se realiza en una prensa mecánica en donde se tiene una producción por hora de 113-143 según std.

## Paso 6.

Se efectúa el avellanado de los agujeros cuadrados en un taladro con una broca de 1" ó 1 15/16" de diámetro y se tiene una producción de piezas por hora de 30-39.

## Paso 7.

Se calienta la pieza para pasar a forjado, el calentamiento se realiza en un horno continuo, en donde la temperatura del horno es de 1000°C ± 20°C y la temperatura de las piezas es aproximadamente 850°C y la duración dentro del horno, depende del espesor del disco y de la velocidad de la cadena.

## Paso 8.

El forjado de la pieza o marcado y formado se hace en una prensa con una capacidad de 150 ton., en donde el ciclo de máquina es de 9 seg. Posteriormente se efectúa un tratamiento térmico, el cual se conoce como normalizado, en donde se deja enfriar la pieza que ha sido forjada a la temperatura de 850°C hasta la temperatura ambiente, que es aproximadamente 24°C, este proceso de enfriamiento tarda 24 horas aproximadamente.

## Paso 9.

Sacar filo a los discos; este proceso se efectúa en tornos automatizados en donde se tiene una producción de piezas por hora de 36-48.

## Paso 10.

El tratamiento térmico es un temple que se realiza en un horno continuo, a una temperatura de 1100°C y la temperatura que alcanza la pieza es de 860°C el proceso dura 45 minutos - - aprox. y según la velocidad de la cadena. Posteriormente la pieza es enfriada en aceite en donde la temperatura del aceite es de 40°C - 80°C.

## Paso 11.

Inmediatamente después del temple se pasa el revenido, el cual se realiza a una temperatura de 550°C en un tipo de horno continuo y la temperatura que alcanza la pieza es de 470°C - 500°C. Posteriormente la pieza es enfriada al aire, hasta alcanzar la temperatura ambiente que es de 24°C aproximadamente.

## Paso 12.

El proceso de pintura se realiza a la temperatura que trae el disco después del revenido de 85°C - 90°C y se hace a esta temperatura, para que la pintura tenga mayor adhesión en el disco. En este paso también se efectúa el control de calidad.

## b). Descripción del proceso. # 2

## Paso 1.

Se recibe el material con el corte ya realizado conforme las especificaciones del diámetro del disco a procesar.

## Paso 2.

Se hace el punzonado del centro y el de los barrenos, se efectúa en una máquina punzonadora en donde el ciclo de máquina es de 2.5 seg. en donde se tiene una producción por hora de 110-140 según std.

## Paso 3.

Se corta la plantilla en una máquina cortadora circular o cizalla radial, en donde la fuerza de la máquina es suficiente con un motor de 7.5 H.P. y tiene una velocidad de cuchillas de 0.43 m/seg y se tiene una producción por hora de 97-136 según std.

## Paso 4.

El proceso de punzonar los cuadros, se realiza en una prensa mecánica en donde se tiene una producción por hora de --

113-143 según std.

Paso 5.

El avellanado de los agujeros cuadrados se hace en un taladro con una broca de 1" ó 1 15/16" de diámetro y se tiene una producción de piezas por hora de 30-39.

Paso 6.

La pieza pasa al forjado, el calentamiento se efectúa en un horno continuo, en donde la temperatura del horno es de  $1000^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$  y la temperatura de las piezas es aproximadamente de  $850^{\circ}\text{C}$  y la duración dentro del horno, depende del espesor -- del disco y de la velocidad de la cadena.

Paso 7.

El forjado de la pieza o marcado y conformado, se hace en una prensa con capacidad de 150 ton. en donde el ciclo de máquina es de 9 seg. Posteriormente se efectúa un tratamiento -- térmico, (normalizado) en donde se deja enfriar la pieza que ha sido forjada a la temperatura de  $850^{\circ}\text{C}$ , hasta la temperatura ambiente que es aproximadamente  $24^{\circ}\text{C}$ , el enfriamiento tarde 24 -- horas aproximadamente.

Paso 8.

Sacar filo a los discos, este proceso se efectúa en tornos automatizados, en donde se tiene una producción de piezas por hora de 36-48.

## Paso 9.

El temple que se realiza en un horno contínuo, a una temperatura de 1100°C y la temperatura que alcanza la pieza es de 860°C: el proceso dura 45 minutos aproximadamente según la velocidad de la cadena. Posteriormente la pieza es enfriada en aceite a la temperatura de 40°C - 80°C.

## Paso 10.

El revenido se realiza a una temperatura de 550°C un horno de tipo contínuo y la temperatura que alcanza la pieza es de 470°C - 500°C. Posteriormente la pieza es enfriada al aire, hasta alcanzar la temperatura ambiente que es de 24°C aproximadamente.

## Paso 11.

Se vevisa la pieza y también se lijan ambas caras del disco. La pintura se aplica cuando el disco trae una temperatura de 85°C - 90°C para que tenga mayor adhesión al disco.

## c) Descripción del proceso. # 3

## Paso 1.

Se hace el corte del material en una máquina cizalla, en donde el ciclo de la máquina es de 3 seg. (tiempo total).

Se tiene una producción por hora 113-116.

## Paso 2.

El punzonado del centro, se efectúa en una máquina punzadora en donde el ciclo de máquina es de 2.1 seg.

Se tiene una producción por hora de 113-143.

## Paso 3.

Se corta la plantilla en una máquina cortadora circular ó cizalla radial en donde la fuerza de la máquina es suficiente con un motor de 7.5 H.P. y tiene una velocidad de cuchilla de - 0.43 m/seg.

Se tiene una producción por hora de 97-136.

## Paso 4.

Se barrenan los agujeros en una máquina taladradora -- con un motor de 3. H.P. y la capacidad del taladro es hasta de 2 1/2" de diámetro y tiene avance automático.

Se tiene una producción por hora de 15-20

## Paso 5.

El proceso de punzonado para los cuadros, se hace en una prensa mecánica en donde se tiene una producción de 113-143.

## Paso 6.

Se efectúa el avellanado de los agujeros cuadrados en una taladro con broca de 1" ó 1 15/16" de diámetro.

Se tiene una producción de piezas por hora de 30-39.

Paso 7.

Se calienta la pieza para pasar el proceso de forjado, el calentamiento se efectúa en un horno, en donde la temperatura del horno es de 1000°C y la duración de la pieza dentro de - horno, depende del espesor del disco y de la velocidad de la - cadena del horno.

Paso 8.

Se efectúa el forjado de la pieza o marcado y conformado, en una prensa con una capacidad de 150 ton. en donde el -- ciclo de máquina es de 9 seg. Posteriormente pasa a tratamiento térmico, (normalizado) en donde se deja enfriar las piezas - desde 850°C hasta la temperatura ambiente que es de 24°C aproximadamente.

Paso 9.

Se procede a darle filo a los discos en torno automatizado.

Se tiene una producción de piezas por hora de 36-48.

Paso 10.

Se realiza el troquelado de dientes, en una máquina -- troqueladora con una capacidad de 250 ton donde el ciclo de la - máquina es de 2.4 seg.

Se tiene una producción por hora de las piezas de -  
58-79.

#### Paso 11.

El temple que se realiza en un horno continuo, donde -  
la temperatura del horno es de 1100°C y la temperatura que al--  
canzan las piezas es de 860°C, el proceso dura 45 minutos apro-  
ximadamente.

Posteriormente las piezas son enfriadas en aceite en -  
donde la temperatura es de 40° c - 80°C.

#### Paso 12.

Después del temple se realiza el tratamiento de reve-  
nido, el cual se realiza a una temperatura de 550°C en un horno  
de tipo continuo, en donde la temperatura que alcanza la pieza-  
es de 470°C - 500°C. Posteriormente las piezas son enfriadas -  
al aire, hasta alcanzar la temperatura ambiente, que es de 24°C-  
aproximadamente.

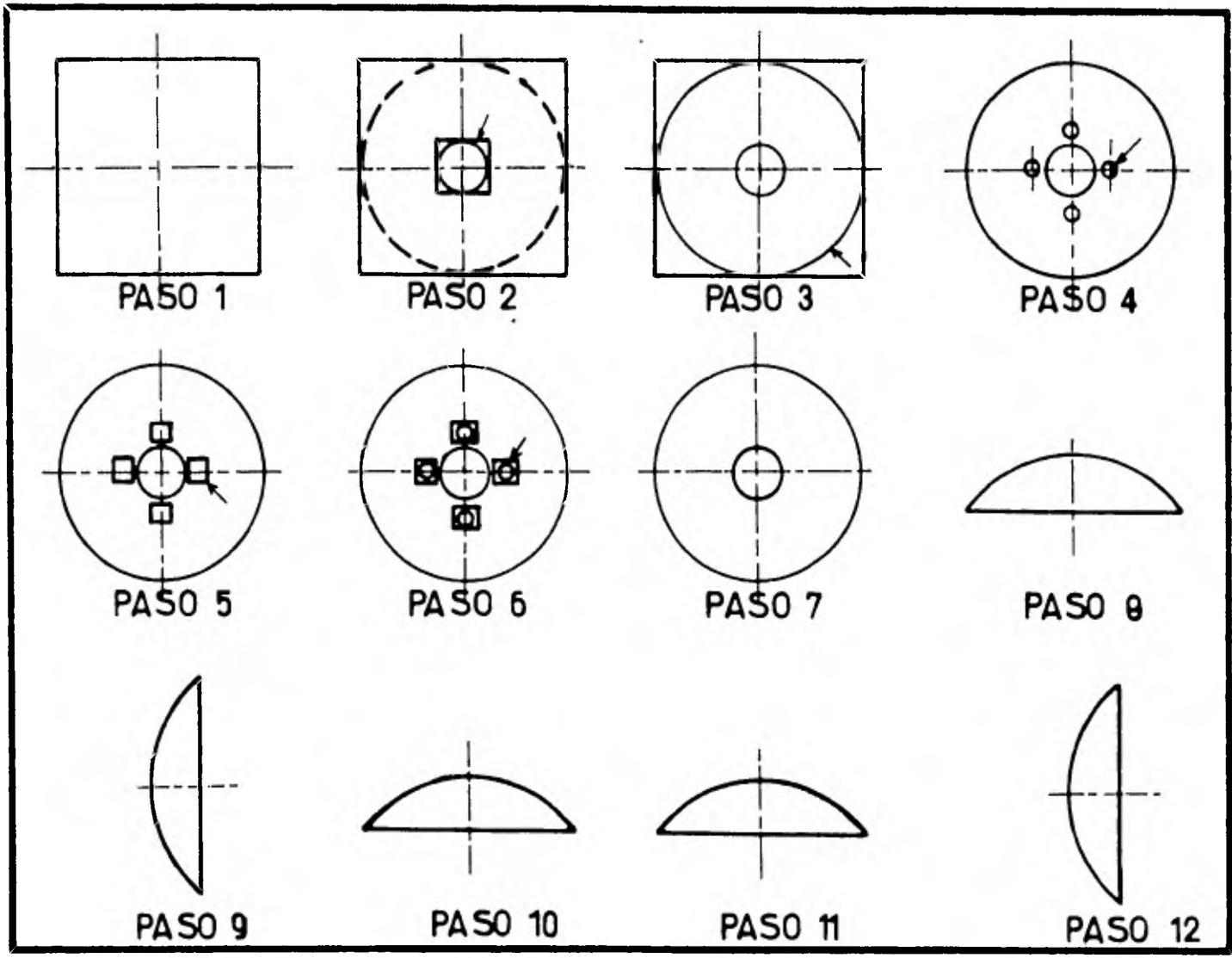
#### Paso 13.

Se lijan los discos por ambos lados y al mismo tiempo-  
se revisan, también se hace el pintado el cuál se efectúa cuan-  
do el disco tiene una temperatura de 85°C - 90°C para que la --  
pintura tenga mayor adherencia al disco.

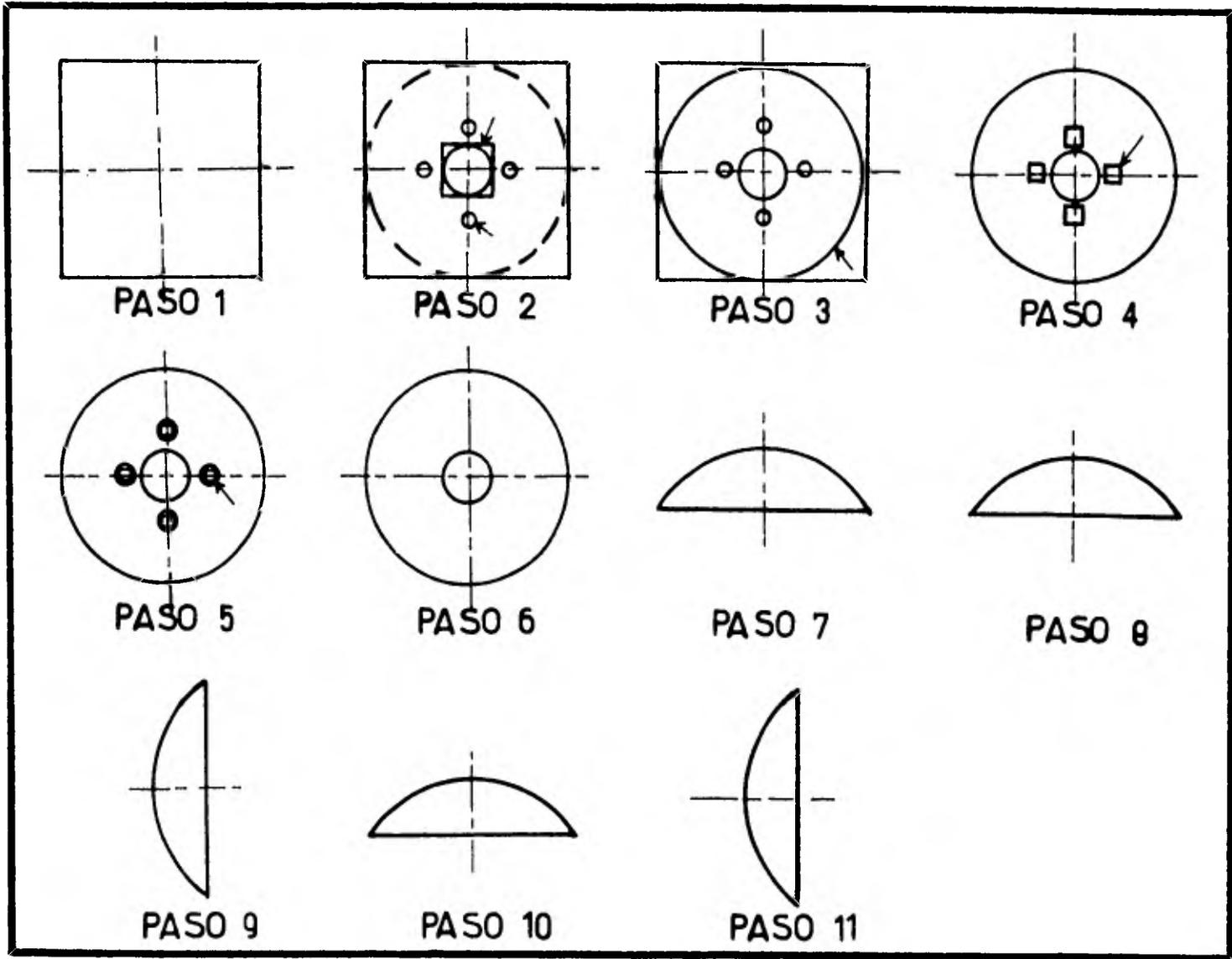
### VI.5 TRATAMIENTO TERMICOS DEL ACERO

#### INTRODUCCION

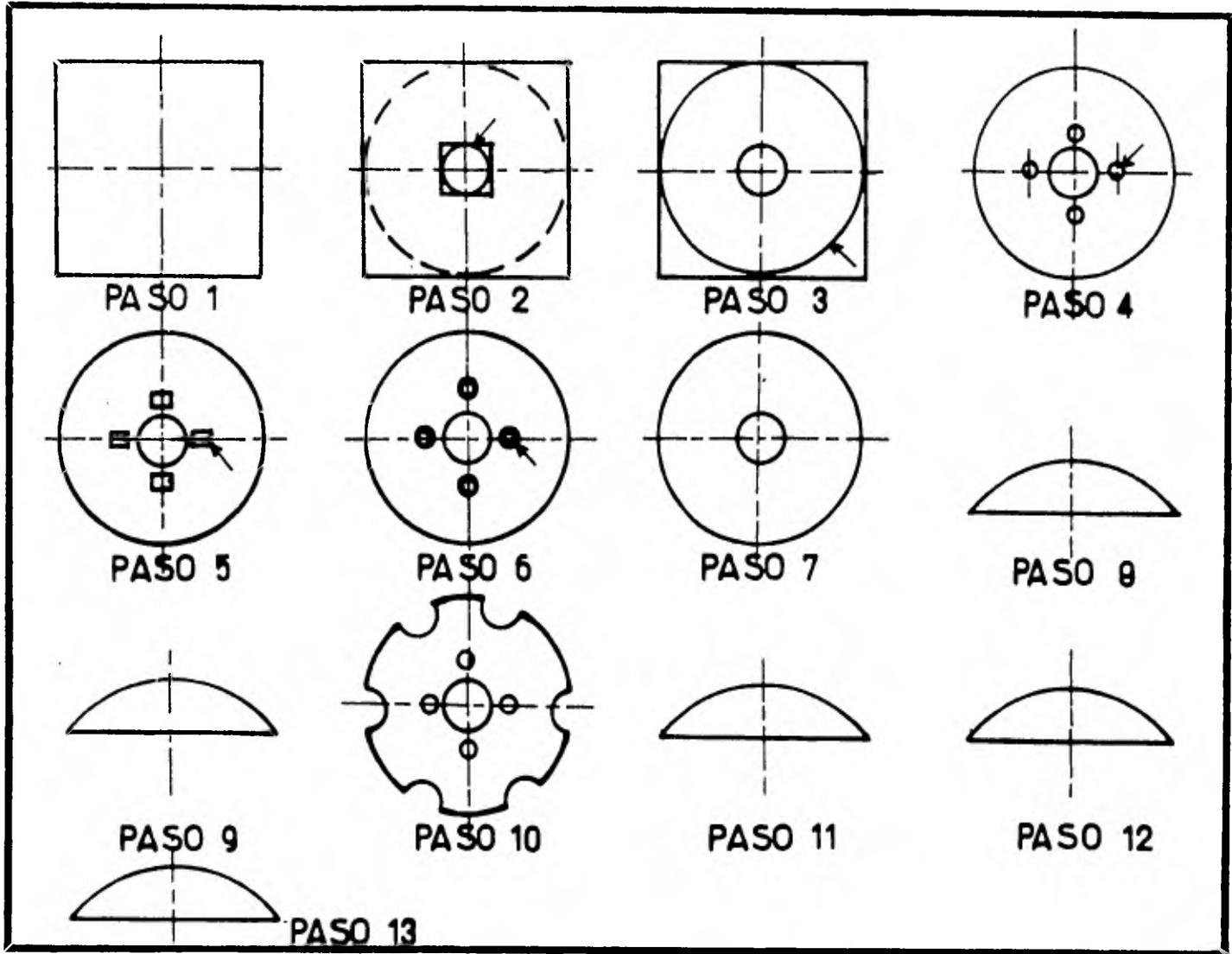
Un punto importante dentro de la fabricación, es el --



PROCESO  
Nº 1



PROCESO  
Nº 2



PROCESO  
Nº 3

tratamiento térmico, que en si, es una serie de procesos a los que se somete un cierto metal, en este caso acero, con un objetivo principal; mejorar una o varias propiedades de dicho material, considerando que se parte de un estado sólido de la pieza y se realizan los diferentes procesos en forma cíclica, incrementando o disminuyendo la temperatura del material y tomando en cuenta el parámetro tiempo, y así finalmente llegar a las propiedades deseadas del material que pueden ser:

- a) Cambios en la estructura cristalina
- b) Cambios en la estructura micrográfica (tamaño de grano).
- c) Cambios de constitución.

Cabe considerar que en cualquier tratamiento térmico - la composición química del material permanece constante. Y por otra parte indican que el tratamiento térmico en cualquiera de sus casos, se consigue exponiendo a la pieza a un calentamiento - hasta una determinada temperatura durante un cierto tiempo y el enfriamiento posterior a una cierta velocidad, como lo indica - la figura 6.6.

Los tratamientos térmicos se pueden dividir en tres -- grandes grupos:

- a) Recocido
- b) Temple
- c) Revenido

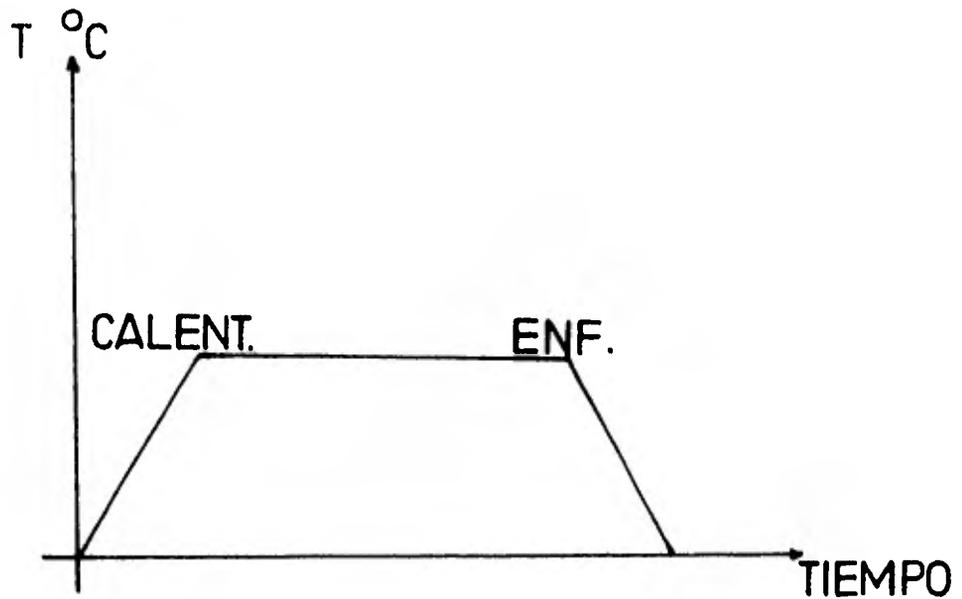


Fig. 6.6 Esquema general del tratamiento térmico de un material donde se aprecia el incremento, estabilización y enfriamiento de la pieza a tratar térmicamente.

a) Recocido.

Se entiende generalmente por recocido el calentamiento realizado por encima de la temperatura de transformación de fase, seguido por un enfriamiento lento.

Los objetivos de dicho proceso son varios y pueden ser:

- a) Afino de Grano.
- b) Ablandamiento del Acero.
- c) Mejorar las propiedades magnéticas y eléctricas.
- d) Aumentar la maquinabilidad.

Lo anterior se consigue debido a que después del recocido, el acero, presenta una baja dureza y resistencia, dichas propiedades dependerán de los tiempos y temperaturas a los que se realiza dicho proceso. Basándonos en el tipo de anomalía a corregir del material, se practican los siguientes tipos de recocidos.

- a.1 De Regeneración.
- a.2 Globular
- a.3 De alivio de tensiones
- a.4 Contra acritud.
- a.5 Normalizado.

#### a.1 Recocido de Regeneración.

Este consiste en un calentamiento del acero a una temperatura adecuada, seguido por un enfriamiento lento hasta la temperatura ambiente, donde el enfriamiento se puede realizar dentro del horno o en un recipiente termicamente aislado. Y tiene por objeto eliminar la dureza anormal producida por un enfriamiento involuntario de la pieza.

### a.2 Recocido Globular.

Este se realiza para mejorar la maquinabilidad del acero y consiste frecuentemente en:

1. Permanencia prolongada a una temperatura inmedia--ta por debajo de la crítica inferior.

2. Utilización de un ciclo oscilante de calentamiento y enfriamiento a temperatura que son unas veces inmediatamente superiores y otras inmediatamente inferiores a las correspon--dientes a la línea crítica inferior.

### a.3 Recocido de Alivio de Tensiones.

También se le conoce como recocido subcrítico, tiene - por objeto la eliminación de las tensiones internas que apare--cen en el material después de haber sufrido un fuerte mecaniza--do o cualquier otro proceso de deformación en frío. Realizado - normalmente a temperaturas inferiores a las correspondientes a - la línea crítica inferior.

### a.4 Recocido Contra Acritud.

Este tratamiento se utiliza en aquellas industrias que trabajan chapa y alambre, y se realizan calentando el acero a - temperaturas por debajo de las críticas inferiores, se aplica - después que los materiales han sufrido una deformación en frío.

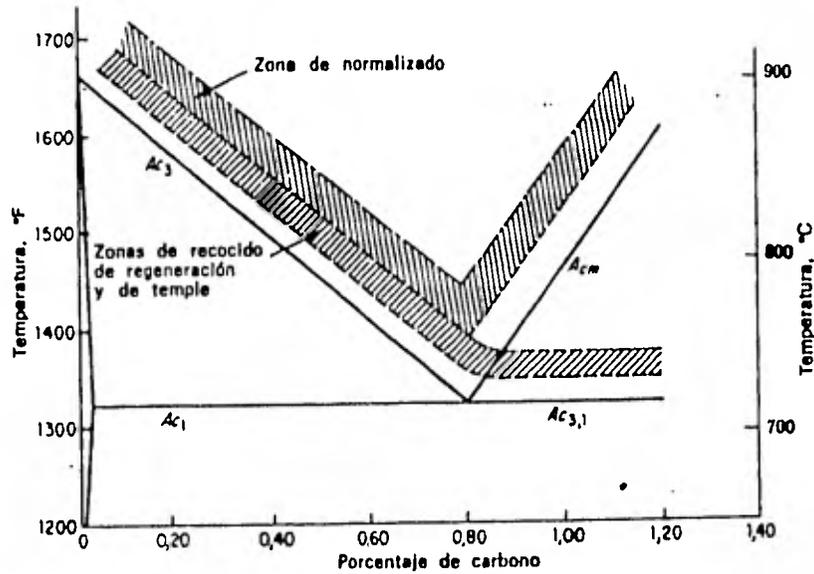


Fig. 6.7 Intervalos de temperaturas de normalizado y recocido de los Aceros al Carbono.

#### a.5 Recocido de Normalización.

Este tratamiento consiste en un calentamiento a temperaturas aproximadamente  $55^{\circ}\text{C}$  por encima de las críticas superiores, seguido por un enfriamiento en aire tranquilo la temperatura ambiente (Fig. No. 6.9) por medio de este proceso se consigue una mayor dureza y resistencia que en el recocido de Regeneración, se afina el grano, se mejora la maquinabilidad particularmente de los aceros al carbono.

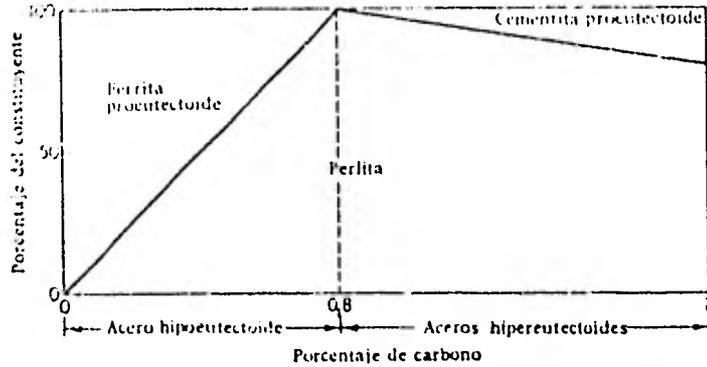


Fig. 6.8 Porción en que se encuentran presentes los constituyentes en la Microestructura de los Aceros Recocidos, en función del contenido de carbono.

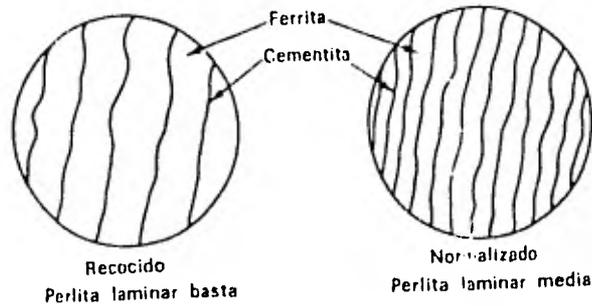


Fig. 6.9 Representación Esquemática de las diferencias que presenta la Estructura Perlítica en los Estados de Recocido y Normalizado.

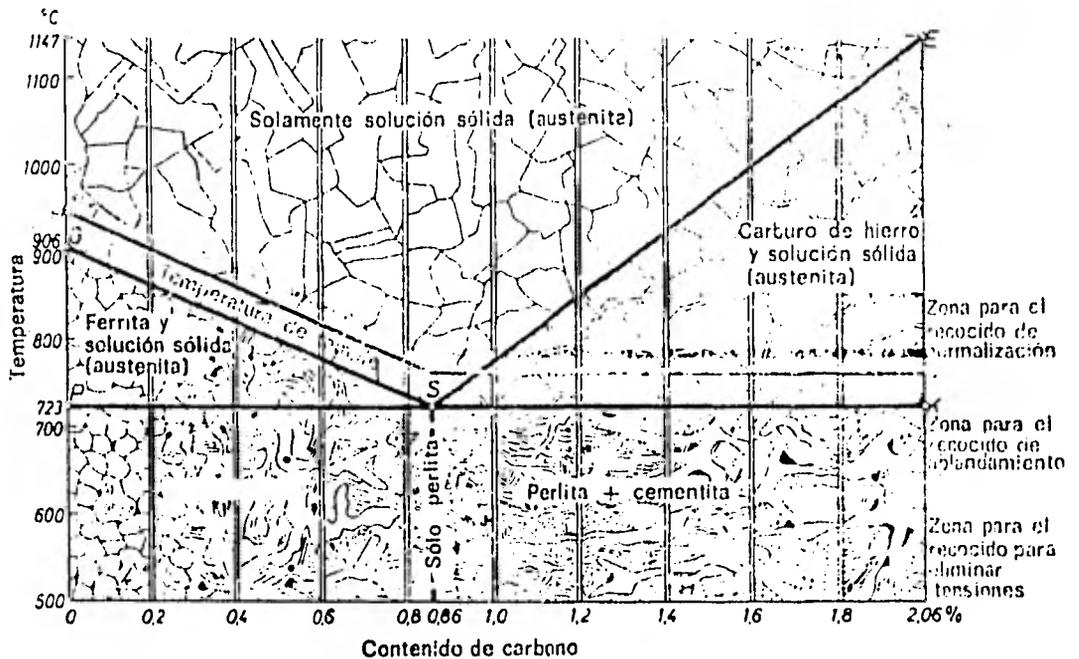


Fig. 6.10 Diagrama, Hierro, Carbono

b) Temple Estructural o Martensítico. (Enfriamiento-Brusco)

Se conoce con este nombre al proceso por medio del cual se logra impedir la transformación normal del constituyente obtenido con el calentamiento (Austenita), es decir no llega a obtener la estructura de cuerpo centrado. Este proceso no es el tratamiento térmico final para ninguna pieza ya que la estructura resultante denominada martensita, es una solución sólida, sobresaturada de Carbono retenido en una estructura tetragonal de cuerpo centrado (Cristalina), la cual posee una alta fragilidad.

En la figura se muestra la estructura martensítica que aparece en forma difusa sin disolver.



Fig. 6.11 Estructura Martensitica x 2,500

En la figura se muestra la estructura martensítica - que aparece en forma difusa sin disolver.

En las aleaciones altas en contenido de Carbono cuyo - fondo está formado por austenita retenida, la estructura acicular de la martensita está definida con mayor claridad como lo - indica la figura.

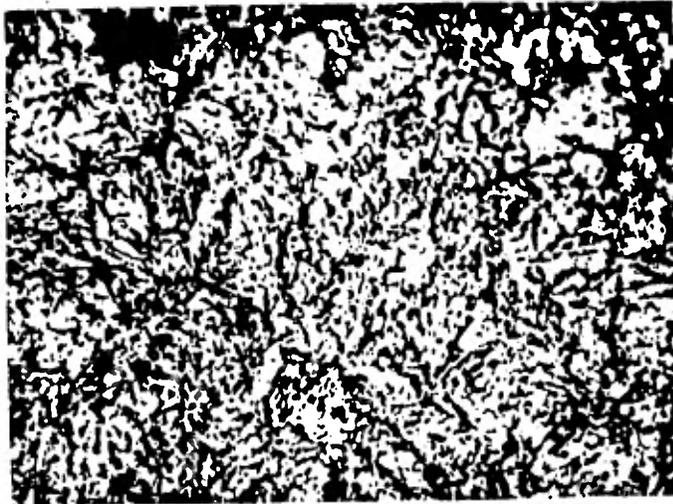


Fig. 6.12 Acero en 1% de Carbono templado en agua. Atacado con Nital al 2% X 750. En la micrografía aparecen las agujas de martensita dentro de la matriz de austenita retenida.

Entre las características más importantes de este proceso destacan:

1.- En esta transformación no se presenta el fenómeno de la difusión, realizándose sin variación en la composición química.

2.- La transformación se realiza solamente mientras dura el enfriamiento, cesando al interrumpirse éste. Por lo que la transformación depende solamente de la disminución de la temperatura y es independiente del tiempo. Y por otro lado la cantidad de martensita que se forma no guarda una relación lineal con el descenso de la temperatura. Como es representado en la figura 6.13

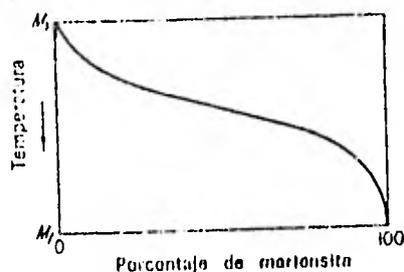


Fig. 6.13 Representación esquemática del porcentaje de martensita Formada en función de la temperatura.

3.- La temperatura  $M_s$  no se modifica ni se interrumpe al variar la velocidad de enfriamiento y dicha temperatura parece ser función unicamente de la composición química, y para su determinación se han propuesto varias fórmulas tal como la proporcionada -- por R.A. Grange y H.M. Stewart (Metals Technology, Junio 1946).

$$M_s (^{\circ}C) = 537 - (361 \times \%C) - (38.8 \times \%Mn) - (19.4 \times \%Ni) - (38.8 \times \%C_r) - (27.7 \times \%Mo).$$

4.- La martensita no está probablemente nunca en equilibrio, aunque su estructura se conserve indefinidamente a la temperatura ambiente. Y se puede considerar como una estructura de -- transición entre la fase de austenita metastable y la ferrita que aparece en el equilibrio final.

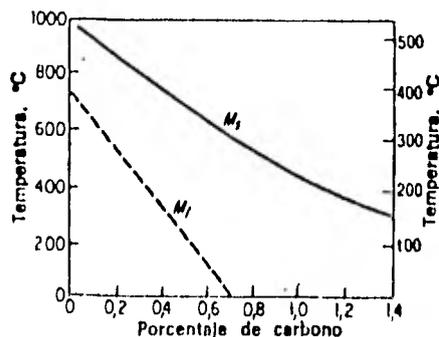


Fig. 6.14 Influencia del contenido de carbono en la zona de formación de martensita.

5.- Aunque la martensita siempre tiene más dureza que la austenita de que procede, las durezas elevadas solo se logran en los aceros con un contenido de Carbono suficiente, - - siendo la dureza máxima que se obtiene en un acero en estado - martensítico, función solamente del contenido de Carbono.

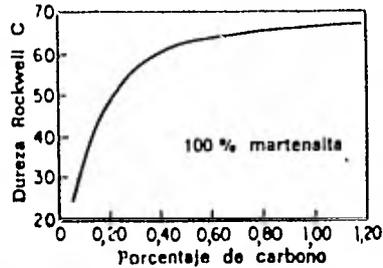


Fig. 6.15 Influencia del contenido de carbono sobre la dureza de un Acero Templado con una estructura totalmente-Martensítica.

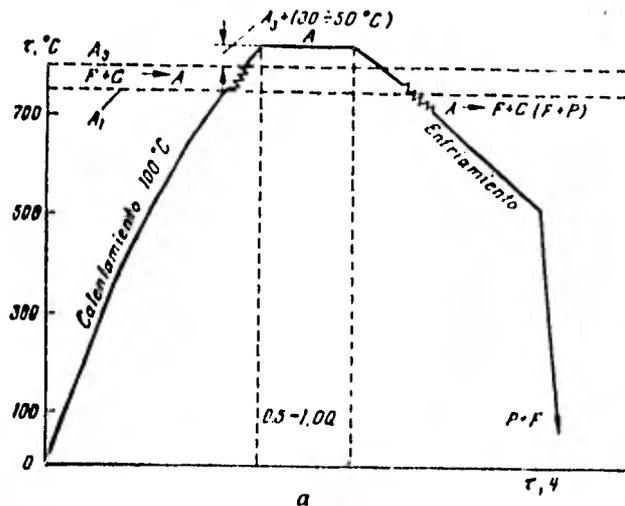


Fig. 6.16 Esquema del recocido completo del Acero hipoeutectoide

Debido a que este proceso no se realiza en condiciones de equilibrio, y por otro lado si tomamos en cuenta la influencia que el tiempo y la temperatura tienen en los productos que se obtienen en la transformación y en las propiedades que adquiere el mismo, es evidente que la utilidad que tiene el diagrama hierro-carbono en este estudio es muy pequeña. Por lo que E.S. Davenport y E.C. Bain fueron los primeros que lograron "madurar" científicamente a las observaciones de tiempo y temperatura, orientadas en una publicación del estudio sobre la transformación isotérmica de la austenita a temperatura sub crítica. De lo anterior se desprende que es necesario conocer lo siguiente:

- a) La temperatura Subcrítica
- b) El tiempo que tarda la austenita en iniciar su transformación.
- c) El tiempo que transcurre hasta que se completa la transformación.
- d) La naturaleza de los productos que se obtienen.

Tomando en cuenta lo siguiente:

1. La martensita se forma unicamente por transformación casi instantánea de la austenita a temperaturas relativamente bajas.
2. Cuando la austenita se transforma a temperaturas más elevadas en estructuras estables a la temperatura ambiente, un posterior enfriamiento rápido no origina ningún cambio en los productos de la transformación.

Tomando en cuenta las variaciones que adquiere el material (acero) dependiendo de la temperatura y tiempo, es necesario tener mayor información en cuanto a las propiedades que adquiere en cuanto al temple se refiere, por lo que una ayuda para este análisis son las llamadas curvas de transformación isotérmicas también conocida como curvas TTT, temperatura, -- tiempo, transformación.

El método para obtener estas curvas, y la obtención e interpretación de este tipo de curvas más sencillo es aquella transformación de la aleación con un contenido de 0.8% de Carbono, ya que su microestructura no posee ningún constituyente proeutectoide.

El método consiste en calentar una serie de probetas de pequeñas dimensiones procedentes de una misma barra de material, las cuales se manejan durante el tratamiento térmico por medio de un alambre que pasa a través de un pequeño orificio - realizado en ellas, tal como se muestra en la figura 6.17, el calentamiento se debe de realizar en un horno a la temperatura de austenización adecuada. Después se pasan a un segundo horno, donde se mantienen a una temperatura de transformación sub crítica, elegida arbitrariamente, a continuación se extrae una a una a intervalos sucesivos del tiempo, de preferencia en una progresión geométrica Vgr. a los 5, 10, 20, 40, 80, etc., min., enfriandolas rápidamente en agua o salmuera, lo más frías posibles. Se examinan cada una de las probetas metalográficamente, midiendo también la dureza de estas.

El proceso se repite tantas veces a diferentes temperaturas subcríticas como sea necesario a fin de obtener mediante un sistema de Ejes Coordinados la representación en 2 dimensiones, que correspondan a dichas mediciones. De lo anterior se obtienen 2 curvas una indicativa del comienzo de la trans--



Fig. 6.17 Probeta Utilizada Normalmente en la Determinación - del Diagrama T-I.

formación y la otra del final de ésta, tomando en cuenta que - en el Eje de las abscisas se representará el tiempo en una esca la logarítmica lo que permitirá obtener en esta los valores mí nimos (segundos), tiempos medios, minutos y horas, y aún en -- tiempos mayores (semanas) lo cual permite una visualización ma yor del comportamiento de la aleación como se muestra en la fi gura 6.18.

#### Temperaturas de Temple o de Austenización.

En el caso de los aceros Alproeutectoides, la tempera tura recomendada es de unos  $30^{\circ}\text{C}$  por encima de su temperatura crítica superior, si el calentamiento se efectúa a temperatu-- ras inferiores a la crítica superior, quedará sin transformar se cierta cantidad de ferrita proeutectoide, la cual dará ori gen a ciertos puntos blandos y a una dureza menor.

En el caso de los aceros ordinarios al Carbono Alpe-- reuctectoides, la temperatura de Austenización recomendada se encuentra normalmente comprendida entre las líneas  $A_{cm}$  y  $A_{3,1}$ .

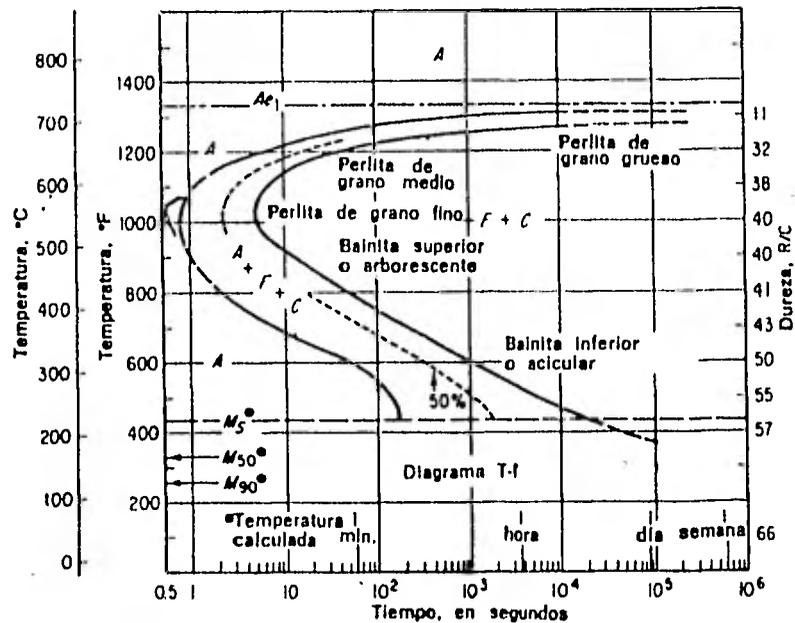


Fig. 6.18 Diagrama T-I de un Acero Euctectoide 1080 de composición, 0.79% de C, 0.76% de Mn. A= Austenita, F= Ferrita, C= Carburo, M= Mariensita.

### Medios de Temple

El medio de temple ideal, como lo hemos hecho notar, sería aquel que fuera capaz de comunicar inicialmente al acero una velocidad de enfriamiento superior a la crítica, de tal forma que no se realice ninguna transformación en la zona del diagrama T-T (TTT) correspondiente a la raíz perlítica y después en la zona de temperaturas inferiores, una velocidad muy pequeña de enfriamiento para que no se produzcan deformaciones. Obviamente no existe un medio que ofrezca estas propiedades. Es importante hacer notar que para realizar un temple adecuado, es necesario realizar un análisis de la transferencia de calor que ocurriría en diferentes medios y por ende los diferentes valores del coeficiente de convección que pueden adquirir los medios.

A continuación se describen los diferentes comportamientos de los principales medios de temple.

<u>MEDIO DE TEMPLE</u>	<u>COMPORTAMIENTO</u>
Agua y Soluciones Acuosas de Sales Inorgánicas	Durante las etapas "A" y "B" - velocidades de enfriamiento elevadas, de igual forma durante el enfriamiento lo cual no es muy recomendable.
Aceite	Durante la etapa "A" o Enfriamiento es más larga, -- mientras que la "B" es más corta siendo la velocidad de enfriamiento menor.

De menor a mayor grado de severidad de temple, los medios de temple pueden ser:

1. Solución Acuosa con 10% de Cloruro de Sodio (Salmuera).
2. Agua Corriente.
3. Sales Líquidas o fundidas.
4. Soluciones acuosas de aceite sulfonado.
5. Aceite.
6. Aire.

En la Figura 6.19 se muestran las curvas de enfriamiento del centro de Cilindros de Acero Inoxidable de  $\frac{1}{2}$  pulgada

da de diámetro obtenida en los diferentes medios de enfriamiento.

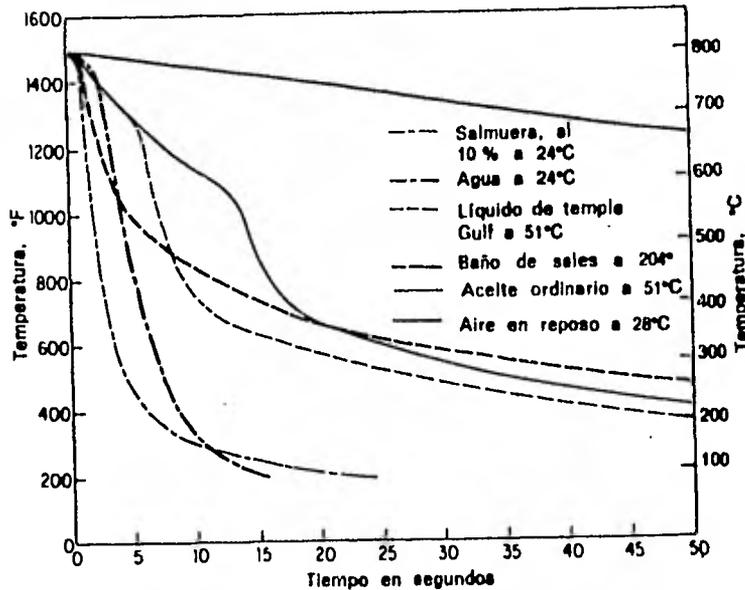


Fig. 6.19 Curvas de enfriamiento del centro de Cilindros de  $\frac{1}{2}$  pulg. de diámetro y 2.5 pulg. de longitud de acero inoxidable, templadas sin agitación.

Los procedimientos normales empleados en la comparación de la velocidad de temple de los distintos medios consisten, en determinar la velocidad de enfriamiento a una determinada temperatura o bien la velocidad media en un intervalo de temperaturas. La tabla 6.1 indica las velocidades de enfriamiento en algunos medios de Temple, la cual nos muestra estas velocidades en un caso específico.

Tabla 6.1 velocidades de enfriamiento en el centro de Cilindros de Acero inoxidable de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro y de 2.5 pulgadas de longitud cuando se templen en distintos medios desde la temperatura de 815 °C.

Método temple	Velocidad a 704°C, °C por seg		Velocidad a 649°C, °C por seg		Velocidad media entre 676—482°C, °C por seg	
	24°	51°	24°	51°	24°	51°
Salmuera (10%)	212	164,4	212	180	292,1	159
Agua	112	25,5	124	65	122	97,7
Líquido de temple Gulf	44,4	47,2	94,5	100	75	76
Aceite	20	17,8	16,7	14,4	21,6	24,4
Solución acuosa con 10% de aceite sulfonado	20	16,7	20	16,7	18,9	15,5
Aire en reposo	2,8	—	2,2	—	1,6	—
Sales fundidas (a 204°C)	90		72,2		36,7	

Tabla 6.1 Velocidades de enfriamiento en el centro de cilindros de acero inoxidable de  $\frac{1}{2}$  pulg. de diámetro y de 2.5 pulg. de longitud cuando se templen en distintos medios desde la temperatura de 815 °C.

Aunado a las anteriores características existen otro tipo de factores que intervienen para el estudio de los procesos que son entre otros:

1. La influencia de la temperatura del medio de temple, lo que disminuye la velocidad de enfriamiento en agua y salmuera.

En aceite, debido a las características del mismo la disminución de viscosidad produce un ligero aumento de la velocidad de enfriamiento. Y aunado a que si existe una agitación en el aceite, se consigue un enfriamiento más rápido, ya que el coeficiente de convección es mayor. (Ver figura 6.21)

2. La influencia del estado superficial. Esta es debida a una capa formada por una atmósfera oxidante, debida a la presencia de vapor de agua o de oxígeno en el horno, dicha capa llamada cascarilla tiene influencia directa con la transferencia de calor, que disminuirá ya que esta capa será una --

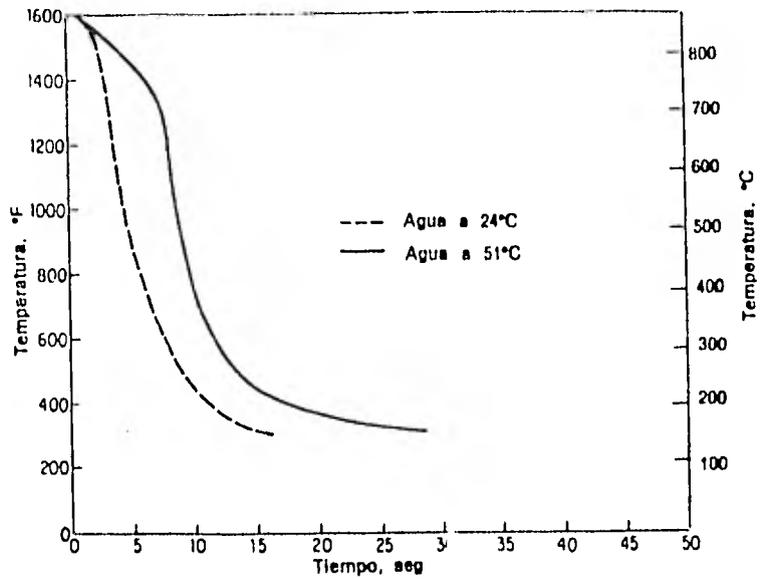


Fig. 6.20 Curvas de enfriamiento del centro de probetas, templadas sin agitación en agua a 24 °C y 51 °C.

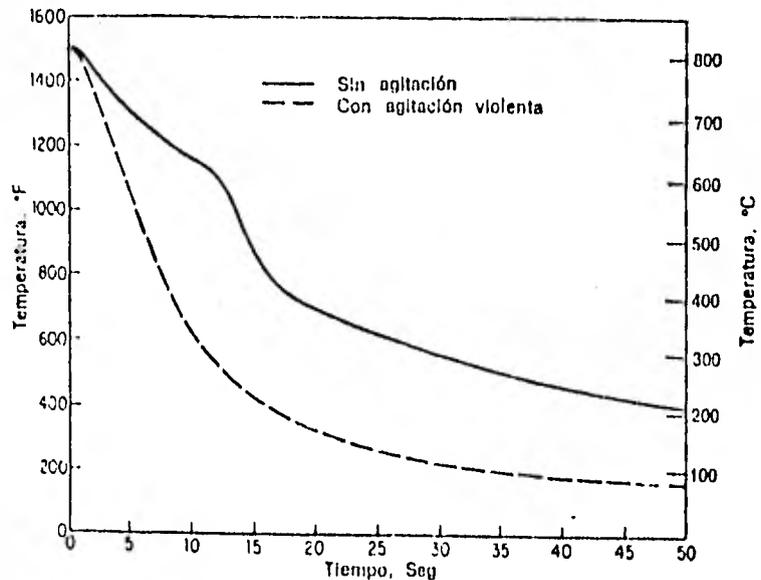


Fig. 6.21 Influencia de la agitación sobre las curvas de enfriamiento del centro de probetas de acero inoxidable, templadas en aceite normal, temperatura del aceite 57 °C.

"resistencia térmica" a vencer por el flujo de calor y cuyos efectos nocivos serán el obtener productos más blandos con dureza menores.

Dentro de la Industria existen los siguientes métodos que evitan que se forme esta "Cascarilla" nociva que son:

a). Cobreado; recubrimiento del acero con una finísima capa de cobre.

b). Atmósferas Protectoras; introducción de un gas inerte a la cámara del horno a una presión adecuada.

c). Hornos de Sales; sales líquidas neutras con relación al acero en las cuales se introducen las piezas y debido a la consistencia de las sales no permiten que las piezas tengan contacto con el medio ambiente.

d). Virutas de Fundición; consiste en introducir al Horno junto con la pieza, virutas de fundición dentro de un recipiente las que reaccionarán primeramente antes de atacar al acero.

#### Templabilidad

La composición química del acero no es la misma rígida y para cada composición química da origen a distintas velocidades críticas de temple lo que hace que el comportamiento de los aceros tratados térmicamente difiera de unos a otros, por lo que es necesario fijar las condiciones técnicas del material en función de su comportamiento, una vez tratado térmicamente o lo que es lo mismo, en función de su templabilidad en vez de hacerlo en función de su composición química por lo que es necesario contar con algún ensayo que nos indique la --

templabilidad de un acero. Dicho procedimiento consiste en la determinación de las curvas de templabilidad, más conocido como ensayo Jominy.

Para realizarlo se calienta una probeta cilíndrica de 25 mm de diámetro y 100 mm., de longitud, aproximadamente a la temperatura de austenización adecuada.

Una vez calentada se saca del horno y se coloca en un dispositivo apropiado, enfriándola mediante un chorro de agua que incide sobre su base inferior como se muestra en la figura 6.22, los datos normalizados son el diámetro del orificio, - su distancia a la base inferior de la probeta y la temperatura y velocidad del agua.

Dicho chorro de agua se mantiene durante un lapso de 10 minutos, después se saca la probeta, y se realizan mediciones de dureza Rockwell C., a lo largo de la muestra con un espaciamiento de 1/16 de pulgada a partir del extremo templado, - se grafican dichos puntos en un plano de ejes cartesianos, don de las abscisas serán las distancias y las ordenadas las durezas.

A cada punto de la probeta Jominy templada, le corresponde una cierta velocidad de enfriamiento, que varia en función de las distancias de la misma. En la figura 6.23 se ve el diagrama de transformación continua correspondiente a un -- acero aleado del tipo 8630, sobre la cual se han dibujado las curvas de enfriamiento de determinados puntos de la probeta.

La templabilidad suele especificarse normalmente mediante dos puntos utilizando alguno de los dos procedimientos siguientes:

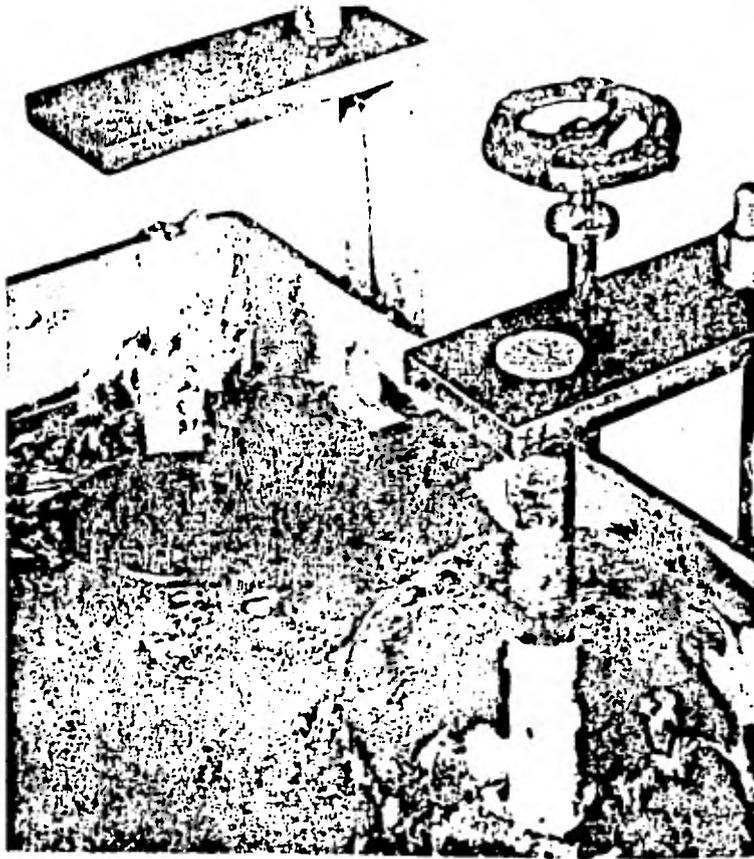


Fig. 6.22 Realización del ensayo Jominy

1. Mediante los valores máximos y mínimos de dureza correspondientes a cualquier distancia deseada. Esta distancia tiene que estar situada en la probeta con relación al extremo templado, de tal forma que corresponda a la sección empleada por el usuario.

2. Señalando las distancias máximas y mínimas que limitan el intervalo, en el que la dureza presenta un valor determinado.

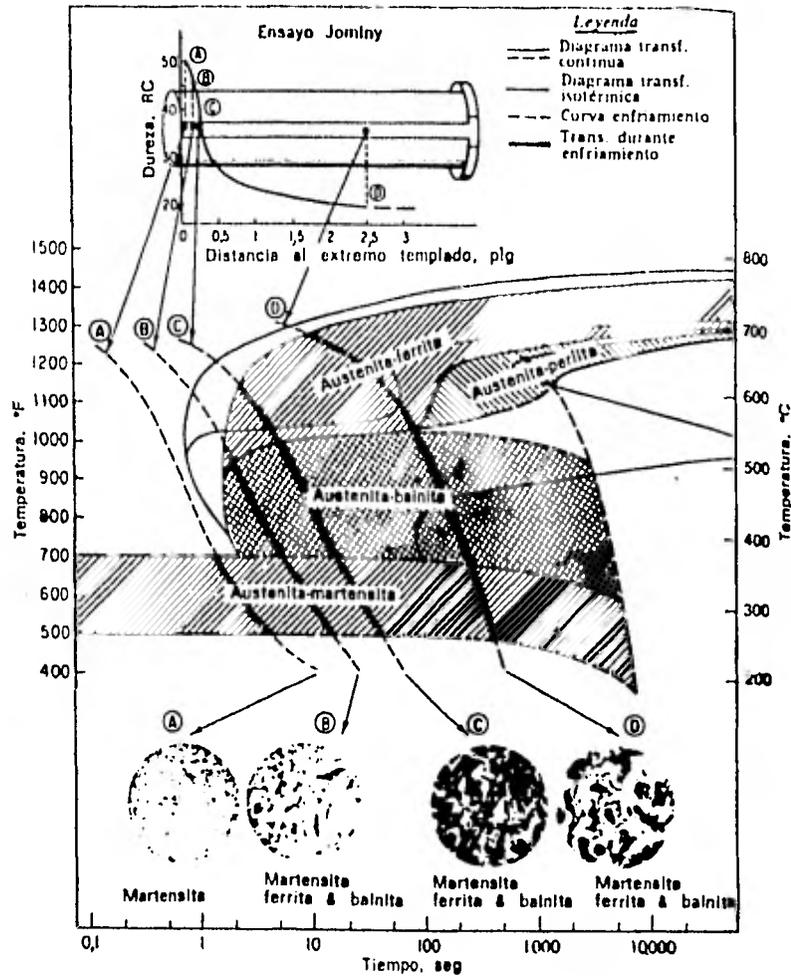


Fig. 6.23 Relación entre los diagramas T-I y de transformación continua y los valores obtenidos en el ensayo-Jominy de un acero del tipo 8630.

### c) Revenido del Acero

Después de templados los aceros adquieren una gran fragilidad la cual no es conveniente para ninguna aplicación y por otro lado las formaciones de martensita dan lugar a considerables tensiones en el acero. Por lo que después del temple, casi siempre se someten a un revenido, el cual consiste en calentar el acero a una temperatura más baja que su temperatura-

crítica inferior. El objeto de este proceso es, pues, eliminar las tensiones internas y aumentar la tenacidad y ductilidad del acero, aunque este aumento de ductilidad se logre normalmente a costa de una disminución de la dureza y la resistencia. En la mayor parte de los aceros, cuando la temperatura de revenido está comprendida entre 204 y 426°C, la resiliencia disminuye, aunque simultáneamente disminuye también la dureza y la resistencia. En la figura 6.24 se observa la influencia de la temperatura de revenido sobre la dureza y resiliencia de los aceros ordinarios al Carbono y de baja aleación.

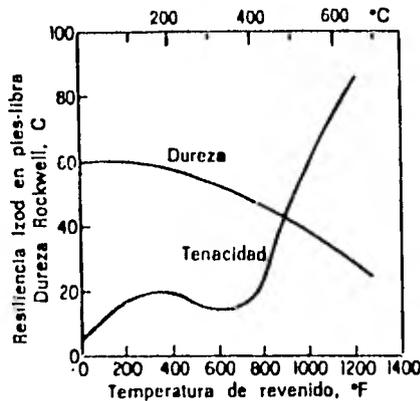


Fig. 6.24 Influencia de un revenido de una hora a distintas temperaturas sobre la dureza y la resiliencia de un acero 4140.

La zona de temperaturas de revenido comprendidas entre 204 y 426°C constituye una línea divisoria entre el revenido que se debe dar al acero cuando se requiere una gran dureza o cuando se le pide una tenacidad elevada. Si lo que se desea conseguir es dureza o resistencia al desgaste, el acero debe revenirse a temperaturas inferiores a 204°C; si lo que se pretende es que tenga tenacidad, entonces la temperatura de revenido del acero debe ser superior a 426°C.

Cuando la pieza no presenta "puntos de concentración de tensiones o entallas", la variación de la ductilidad puede constituir una medida de la tenacidad mejor que la resiliencia, y, aunque el revenido se realice en el intervalo de temperaturas de 204 a 426°C, no ocasiona ningún perjuicio a la pieza.

Cuando la temperatura alcanza los 204°C, las tensiones residuales se han eliminado en gran parte, al llegar a los 482°C se puede decir que han desaparecido en su totalidad.

En algunos aceros aleados debido principalmente a los contenidos elevados de Manganeso, Fósforo y Cromo producen un fenómeno conocido como "Fragilidad de revenido", que consiste en una alta disminución de resiliencia, y en los aceros con un contenido elevado de Molibdeno retrasan este fenómeno.

Debido al contenido de martensita en forma de solución sólida sobresaturada de Carbono, durante el revenido esta reacciona rechazando el exceso de Carbono, el cual se precipita en forma de Carburo, transformándose la estructura del Hierro en cúbica de cuerpo centrado. Al aumentar la temperatura de revenido el Carburo se difundirá y coalescerá.

A temperaturas de revenido comprendidas entre 38 y 204 °C la martensita pierde progresivamente su estructura tetragonal, la cual se transforma en cúbica, precipitándose de ella un primer Carburo. Los rayos X han puesto de manifiesto que este Carburo, conocido como Carburo de transición, es totalmente distinto de la Cementita y que su composición responde de una manera aproximada a la fórmula  $(Fe_3C)$ . Este componente origina un pequeño aumento de dureza, particularmente en los aceros de alto contenido de Carbono.

Durante el calentamiento, el intervalo 232-400°C, con

tínua la precipitación y crecimiento del Carburo de transición, transformándose la austenita retenida que pudiera existir en la microestructura del acero en Bainita inferior. Los carburos formados, debido a su pequeño tamaño, son irresolubles al microscopio óptico, adquiriendo toda la estructura en el ataque un color oscuro intenso.

Antiguamente se decía que esta estructura estaba constituida por Troostita [Ver. Fig. 6.25]. Observando la muestra al microscopio electrónico con una ampliación de 9,000 aumentos.



Fig. 6.25 Acero 1045 templado en agua y revenido a 315°C durante una hora. La Martensita revenida aparece de color oscuro y la Martensita sin revenir de color gris ataque al nital 2% X 500.

El carburo precipitado se ve claramente. Parte del Carburo se ha precipitado en los bordes de las agujas de Martensita originales (Ver Fig. 6.26).

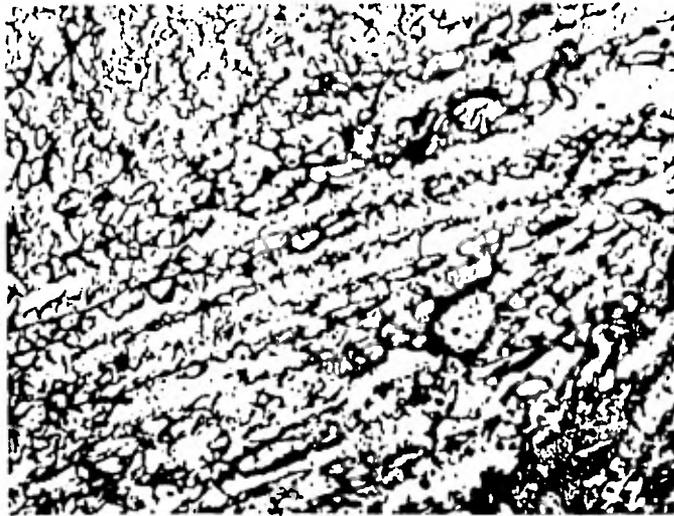


Fig. 6.26 La misma muestra de la Fig. 6.25 Observada con el Microscopio Electrónico X 9,000.

El revenido en el intervalo de 400 a 650°C., se caracteriza por la transformación del Carburo de transición en Cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) al mismo tiempo que continúa el crecimiento de los Carburos, esta coalescencia de las partículas de Carburo permite observar la matriz.

Ataque al nital Ferrítica, presentando la estructura en el ataque una tonalidad más 2% X 500 clara, que en un calentamiento a baja temperatura. En esta estructura, conocida antiguamente como sorbita, los Carburos son visibles al microscopio con unos 500 aumentos, [Ver Figura 6.27], viéndose claramente en la micrografía electrónica [Fig. 6.28].

Al continuar elevándose todavía más la temperatura, y en el intervalo de 650-722°C, se produce la formación de grandes partículas de Cementita globular. Esta estructura es muy blanda y tenaz.

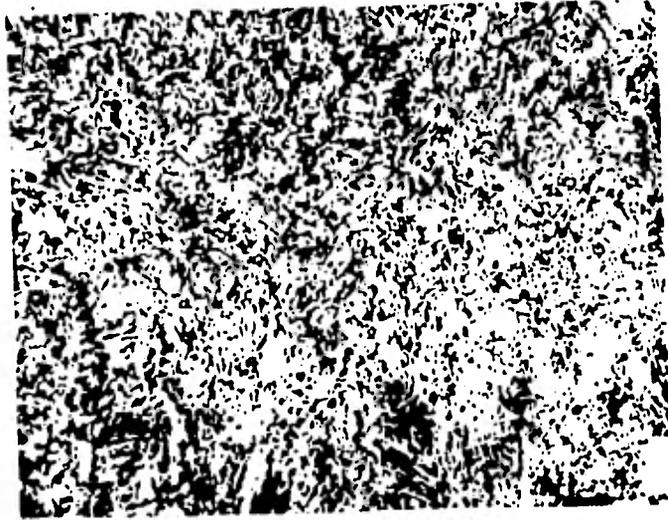


Fig. 6.27 Acero 1045 templado en agua y revenido a  $621^{\circ}\text{C}$  durante una hora. Se observan partículas de carburo-precipitadas en una matriz ferrítica.

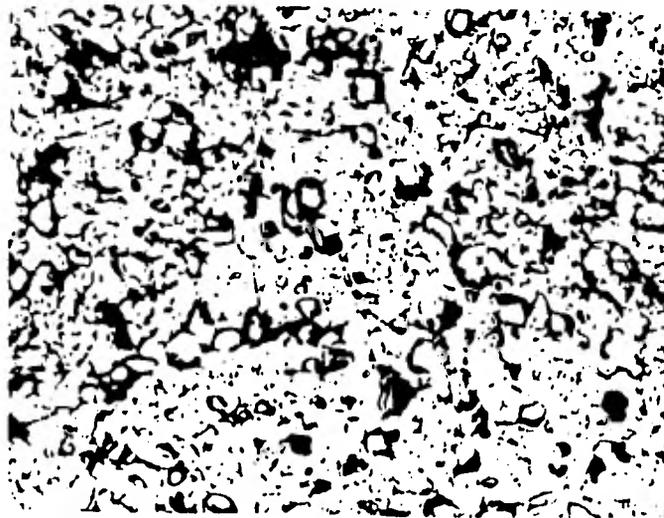


Fig. 6.28 La misma muestra de la Fig. 6,27 Observada con el-Microscopio Electrónico X 9,000

Anteriormente los metalúrgicos dividían el proceso de revenido en etapas perfectamente delimitadas, recibiendo las microestructuras que en ellas se formaban los nombres de Troos

tita y Sorbíta.

Y actualmente se les designa a ambos Martensita revenida.

La energía influye en el proceso de revenido es decir, tiempo y temperatura, así los efectos que se consiguen con un revenido a una determinada temperatura durante un cierto tiempo, son análogos a los que se logran con un revenido a una temperatura inferior durante un tiempo más prolongado. La Figura 6.29 nos dá una visión más amplia de este concepto, donde se puede ver que la mayor parte de la acción de ablandamiento tiene lugar en los primeros minutos y que posterior disminución de dureza que experimenta el material al prolongar la duración del revenido de una a cinco horas, por ejemplo, es pequeña.

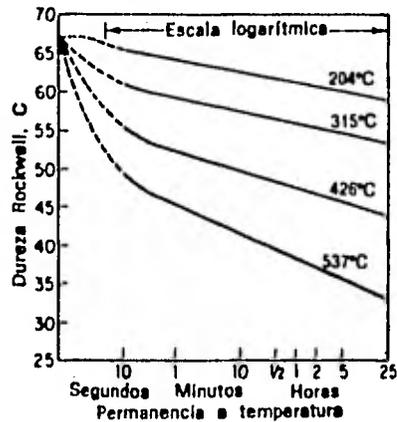


Fig. 6.29 Influencia de la duración del revenido en la dureza de un acero de 0.82% de carbono templado y revenido a cuatro temperaturas distintas.

## VI.6 FALLAS Y DESGASTES DE LOS DISCOS.

### a) Introducción.

Después de realizar el estudio adecuado en cuanto a fabricación se refiere y percatarse de los principales problemas en la misma, consideramos necesario abordar el tema de fallas y desgastes. Debido al apoyo de los principales fabricantes de discos en México, nos permitimos por medio del presente capítulo, agradecer todas las facilidades prestadas para la realización de éste.

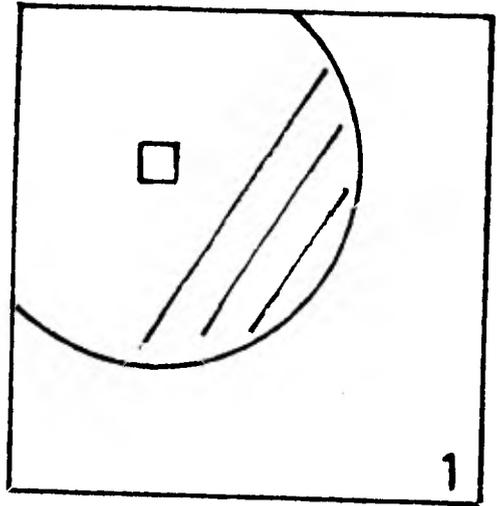
### b) Principales fallas en los discos.

Existen tres principales tipos de fallas dentro de la clasificación de los fabricantes, que son como sigue:

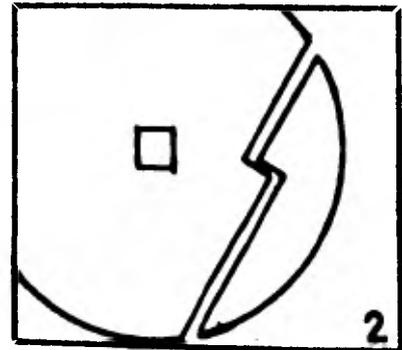
- b1. Las que son 100% acreditables.
- b2. Las que no son cubiertas por garantía.
- b3. Las de procedencia cuestionable.

Después de salida de fábrica, ningún disco requiere reprocesos, por ejemplo: Abrir el barreno principal ó barrenos radiales, reafilados, reconformado, cortado ó soldaduras.

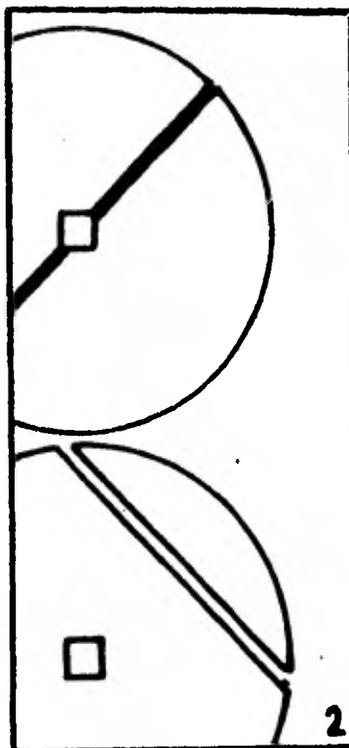
- b1.1. Discos con laminaduras. ó grietas a todo lo largo como resultado de falla en el proceso de -- conformado del material y fuera del control de fabricación.



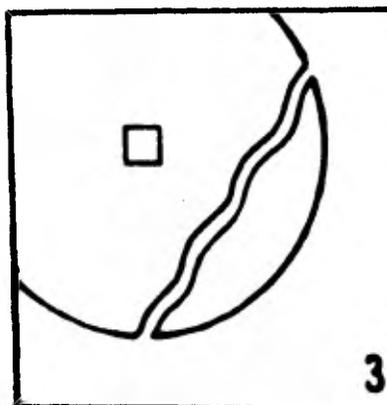
- b1.2. Roturas rectas unidireccionales originadas por tratamiento del mate- - rial, no visible al control de fabricación.

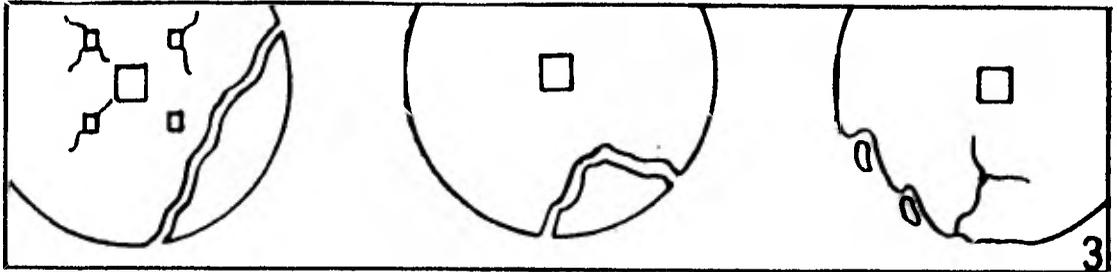


- b2.1. Roturas irregulares (Multi-direccionales). Fallas por el uso en terrenos con grandes piedras, raíces gruesas o tierras muy duras y compactadas sin preparación previa de roturación NO TIENE DERECHO DE AJUSTE DE GARANTIA.



- b2.2. Despostillado ó Dentado. Por las mismas razones que en el punto anterior, NO ES APLICABLE LA GARANTIA.

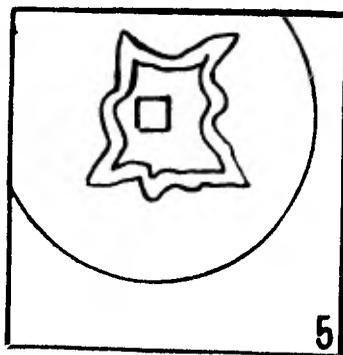
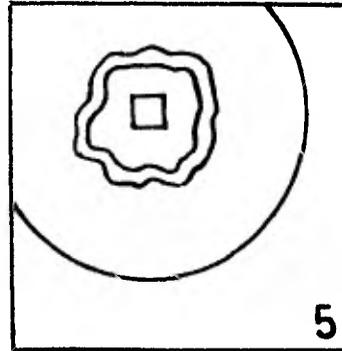




NOTA: Este defecto no es significativo y no afecta al trabajo que el disco hace en el equipo.

b3. CENTROS DESPRENDIDOS.

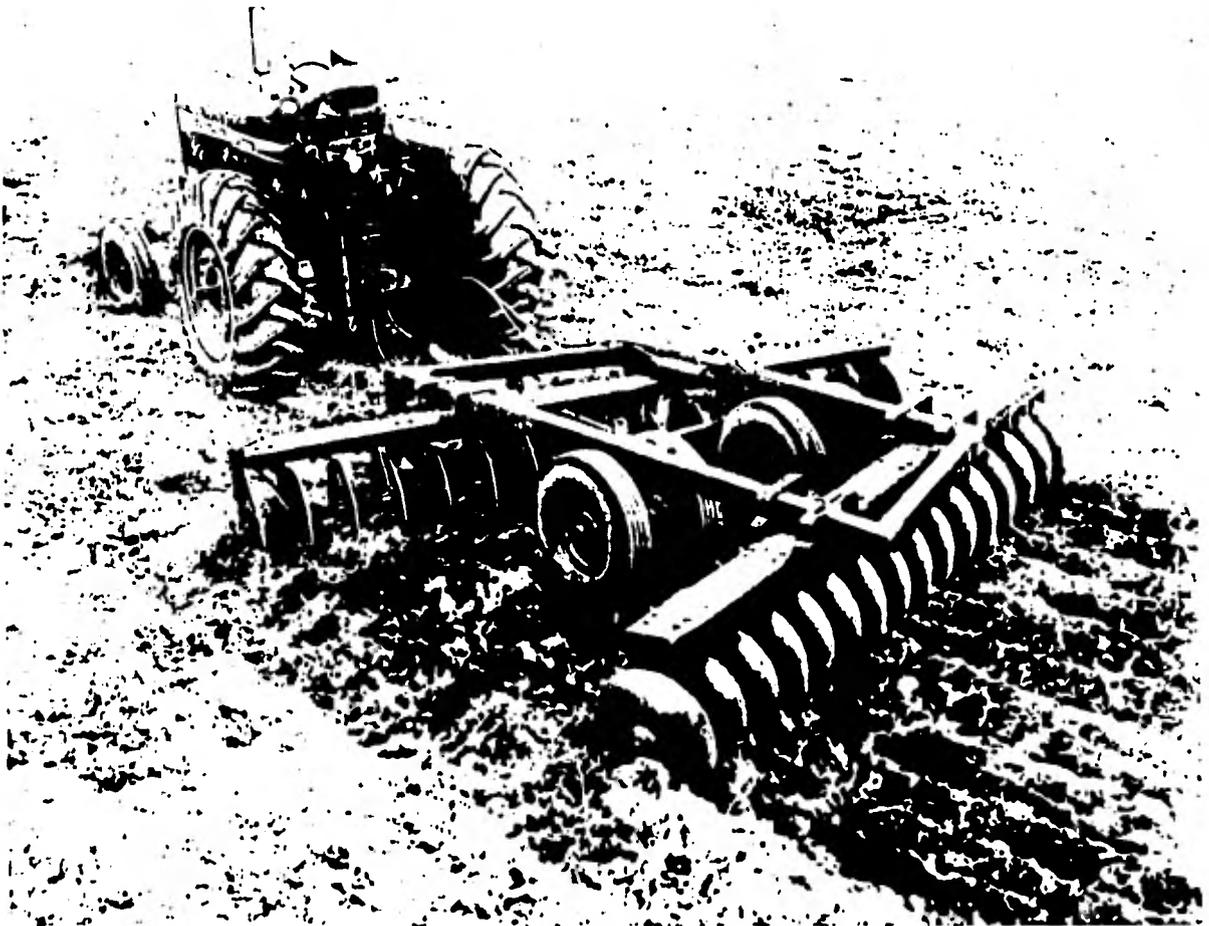
Este defecto puede ser -- originado por el trabajo -- en zonas con grandes piedras ó raíces. Discos su jetos a excesiva flexión -- ó pérdida de sistema de -- fijación. NO ES APLICA-- BLE LA GARANTIA.

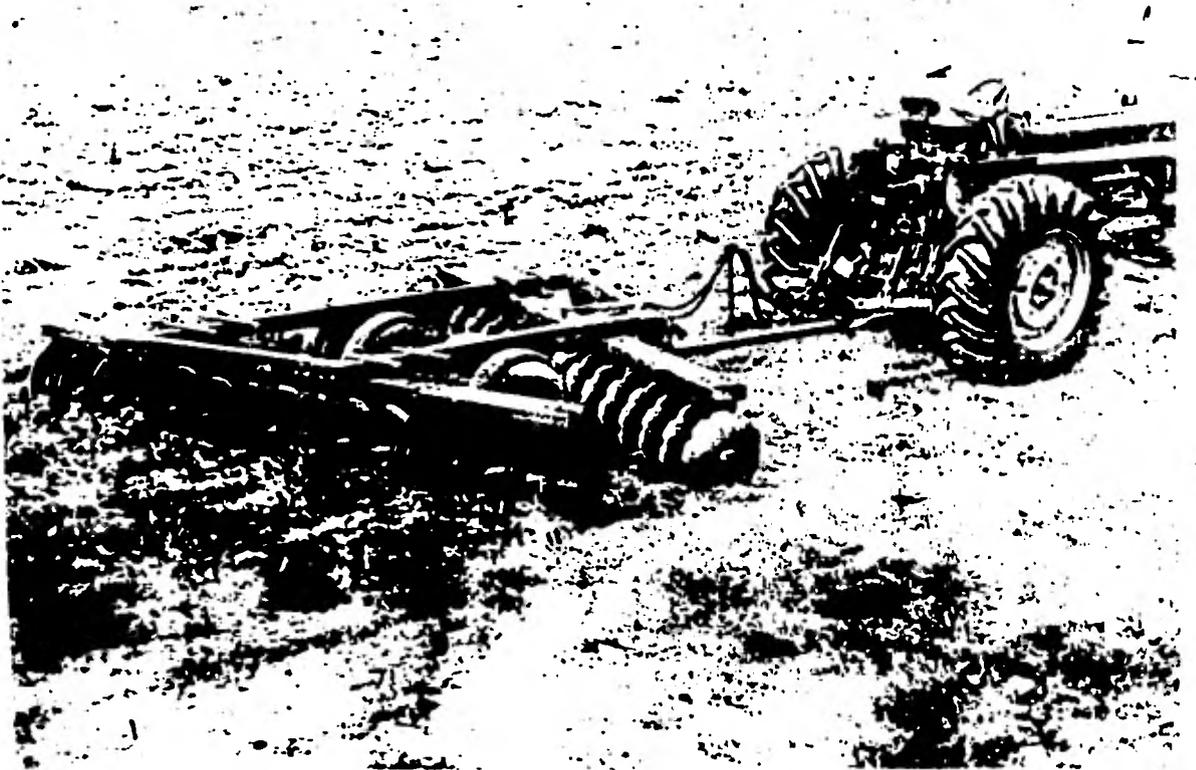


NOTA: Es necesario verificar -- las condiciones de tiro -- en el equipo ya que es-- tas pudieran ser las que en caso de estar mal, -- produjeran este tipo de -- problemas.

VI.7 ORGANIZACION DE LAS RASTRAS

RASTRA DE DISCOS DE TIRO EXCENTRICO 752





Más de 500 Kg. de peso aplicados por metro cuadrado -  
de corte, para acometer los problemas la labranza más difíciles.

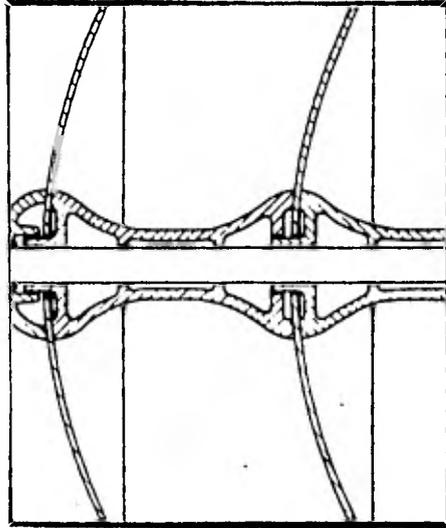
He aquí la RASTRA 752, robusta, del peso y el claro -  
excepcionales, ideal para el desempeño inigualable del trabajo-  
en los terrenos más duros, hojarascocos, etc.

Más de 500 Kg. de peso aplicados por metro cuadrado - puestos en juego para acometer y resolver los problemas de labranza más difíciles.

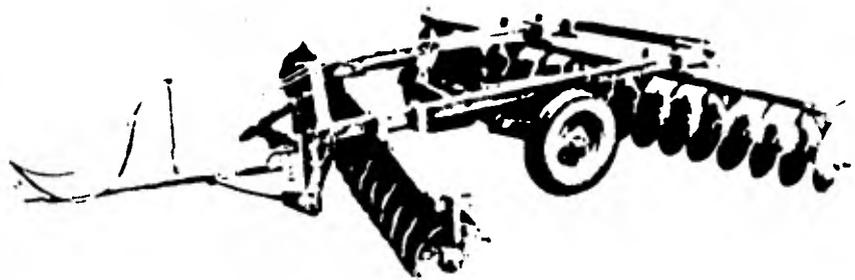
Vea cómo trabaja la RASTRA 752 al desplazarse por los terrenos más duros, labrando y volteando la tierra, recubriendo las plantas y enterrando los residuos más tenaces de cosechas abundantes.

Al ajustar la RASTRA 752 al ángulo máximo de labranza, ésta virtualmente ara la tierra, dejándola emparejada y a nivel manteniendo exacta la profundidad de corte, al mismo tiempo, mediante las ruedas de acción hidráulica. La Rastra puede ser le vantada al mínimo de penetración para trabajos superficiales de labranza eficiente, para el recubrimiento de plantas, sin tocar la tierra a más de 5 cm. (2") de profundidad mientras desmenuza e incorpora la hojarasca en la tierra, evitando así la evaporación de la humedad.

Los discos de la RASTRA 752 están montados sobre una brida cuadrada al extremo del carrete separador, el cual, a su vez, se traba con el carrete contiguo. De este modo, los discos y los carretes trabados, forman una unidad rígida de trabajo, evitando el giro independiente y el desgaste del disco y del carrete sobre el perno eje.



Carretes separadores de los  
discos que se traban ex-  
clusivos.



## E S P E C I F I C A C I O N E S

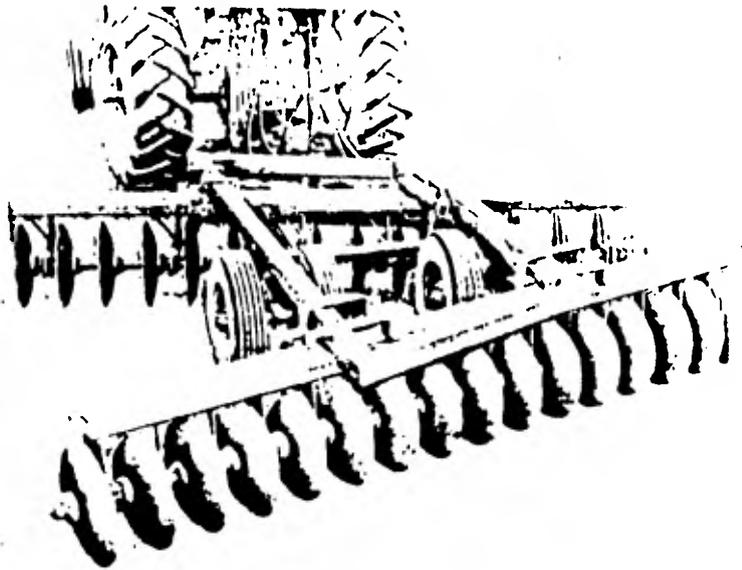
Medida (m)	3.20	3.73	4.27
No. de discos	24	28	32
No. de cojinetes por máquina	8	10	12
Peso (con raspadores) Kg.	2055	2268	2481
Discos	Borde liso, Normal o borde recortado (Especial) - de 61 cm. de día. x 6.3mm de espesor.		
Espacio entre discos (cm.)	26.7		
Angulos de la sección de discos delantera.	16° a 21°		
Angulos de la sección de discos trasera.	13°, 17° , 21° ó 25°		
Profundidad de corte	Más de 19 cm. dependiendo de las condiciones del -- suelo.		
Claro del bastidor (cm)	76		
Claro de transporte (cm)	24		
Llantas, 7.50 x 16" (19 x 41 cm)	6 ú 8 capas		

## EQUIPO NORMAL

Bastidor de soporte tipo pesado hecho de perfiles angulares formando sección de caja. Ajuste sencillo de la angularidad y del desplazamiento lateral de las secciones mediante los pernos de fijación. Ajuste de nivelación por delante y por detrás de las secciones de discos delantera y trasera. Profundidad de corte limitada por las ruedas de transporte montadas en el eje oscilante accionado por cilindro hidráulico de 20 cm. --

(8") de control remoto desde el tractor.

Ruedas con llantas y cámaras de 7.50 x 16 capas (Normales ó de 7.50 x 16 de 8 capas (opcionales). Secciones de discos equipados con cojinetes de bolillas de precisión, prelubricados, sellados y montados con almohadillas de hule. Discos de borde liso de 0.635 x 61 cm. (1/4 x 24").



RASTRA 753 TIRO EXCENTRICO



## ESPECIFICACIONES RASTRA 753

La Rastra INTERNACIONAL 753 trabaja los terrenos rápida y eficazmente, sin dejar surquería, penetra en el terreno efectuado aún los trabajos más pesados.

Rastreo profundo.

Los discos de 61 cm. (24") de diámetro penetran hasta 18 cm. (7") en terrenos más duros, labrando y volteando la tierra, recubriendo las plantas, recortando y reincorporando los residuos más tenaces de cosechas abundantes, evitándose así, la evaporación de la humedad.

Despeje y espacio entre discos, excepcional.

El despeje entre los carretes espaciadores y los batidores de la secciones de discos, así como el espacio entre discos de 22 cm. (9") evitan atascamientos, permitiendo avanzar a la rastra aún en terrenos con rastros abundantes.

Ajuste.

Para asegurar la penetración uniforme y el rastreo nivelado evitando el tiro lateral, la Rastra 753 de INTERNACIONAL permite varios ajustes que alinean el implemento respecto al tractor a través de las placas del enganche.

También se puede ajustar el ángulo entre las secciones de discos hasta 48° para adaptar la rastra a las diversas condiciones de terrenos.

### Enganche autonivelable amortiguado por resortes.

Este sistema protege los discos contra sacudidas bruscas, aligerando el impacto. El mecanismo de autonivelación - asegura la penetración uniforme de la rastra manteniéndola nivelada aún al rastrear los terrenos de perfil variable.

### Bastidor principal.

El bastidor principal de excepcional robustez está hecho de acero estructural de 11 cm (sección cuadrada) y es el soporte de las secciones de discos.

### Bastidores de las secciones.

Los bastidores de las secciones de discos son de acero estructural de 6 x 22 cm (2 1/2 x 8 1/2") sección rectangular. - Los soportes de los cojinetes están soldados a los largueros para aumentar su resistencia y rigidez, manteniendo alineadas - siempre las secciones de discos. Los soportes de los cojinetes son reforzados y permiten desmontar rápidamente las secciones de discos completas para reparar la rastra.

### Discos de centro plano.

Los discos de centro plano asientan perfectamente en las caras de los carretes espaciadores, asegurando la rigidez necesaria al implemento así como prolongando su vida.

### Cojinetes de las secciones de discos autoalineantes.

Los cojinetes son capaces de soportar los esfuerzos más rigurosos a que son sometidas las rastras de tiro excéntrico. - Los cojinetes "flotan" dentro de sus cajas permitiendo que las -

secciones de discos giren libremente aún en los terrenos más duros y rocosos.

Una de las características exclusivas de INTERNACIONAL son las camisas de acero de alta resistencia en el bastidor principal, que permiten soportar mayores caigas. Los cojinetes son tipo cartucho endurecidos, reemplazables y con graseras para mejor lubricación.

Las ruedas reguladoras de profundidad y transporte están montadas en espigas independientes reemplazables. Las ruedas giran libremente en cojinetes de rodillos cónicos.

#### ESPECIFICACIONES

#### ARADO INTERNACIONAL 956.

##### Arado de 5 Discos Reversibles con Cambio Hidráulico.

El Arado 956 consta de un bastidor básico de forma triangular en el que asienta el larguero principal en un punto sobre el cual se puede invertir para arar a la derecha o a la izquierda. Los componentes del Enganche de 3 puntos Categoría 2, van fijos al bastidor básico. Al levantarse al arado al llegar a la cabecera del terreno, el operario simplemente mueve la palanca de control hidráulico del tractor para que el larguero del arado oscile hidráulicamente hacia el lado opuesto.

El magnífico diseño de este arado provisto de una cuchilla de acero y rueda guía de fierro gris, permite que al bajar el implemento a la posición de trabajo, la rueda caiga en posición correcta al principio del surco, lo que permite iniciar el trabajo en una sola operación, evitándose así dispositivos complicados.

ARADO 956 CON CAMBIO HIDRAULICO



Es de levante total para fácil transporte y maniobrabilidad.

Realiza un trabajo excelente bajo cualquier condición de suelo.

De construcción robusta para muchos años de servicio sin problemas.

De fácil acomplamiento al enganche del tractor.

Solamente requiere ajustes sencillos para controlar penetración, evitar "coleo" e igualar cortes ambos lados.

El volteo de los discos se efectúa por medio del cilindro hidráulico utilizando el sistema hidráulico propio del tractor.

Tiene un amplio despeje debajo del larguero para evitar atascamientos.

#### FICHA TECNICA.

Tamaño de los Discos.- El Arado 956 se surte normalmente con discos de bisel interior, de 4.8 mm x 71 cm. - - - (3/16 x 28"). La distancia entre los discos es de 56 cm. - - - (22-11/16").

Ancho de Corte Total.- El corte promedio por disco es de 25.4 cm., o sea, un corte total de 127 cm. con los cinco discos. Si se desea, se pueden efectuar ajustes menores en el ancho de corte mediante los ajustes provistos en la rueda de suerco.

Profundidad de Corte.- Según las condiciones de suelo, es posible obtener una penetración máxima de 41 cm. (16").

Angulo de los Discos.- Cada disco se puede ajustar individualmente a tres ángulos de corte, verticales u horizontales, a una colocación: Máxima, media o mínima. Estos ajustes son necesarios para que los discos sean más o menos agresivos y penetren en suelos duros, húmedos y pegajosos, o para barbechar tierra compacta o arenosa, según sea el caso.

#### RASTRA DE TIRO MF 42-3



#### DESCRIPCION

La rastra de Tiro MF 42-3 es una rastra de gran capacidad, del tipo para trabajo pesado, de Angulo Ajustable de - - vuelta izquierda.

Ha sido diseñada para trabajar con éxito lo mismo en campos planos que en ondulados y en laderas; así como en campos

regados por gravedad por la uniformidad de su trabajo.

Una vez elegida la abertura apropiada de la rastra de acuerdo al tipo de suelo que se vaya a rastrear, la rastra puede nivelarse fácilmente de manera que siga correctamente centrada la línea de tiro del tractor.

Su uso da magníficos resultados; antes del barbecho, - para borrar los surcos e incorporar deshechos de cultivos anteriores; después del barbecho y gracias a su peso, para producir una pulverización efectiva y por consecuencia, una cama perfecta para la semilla.

En la fabricación de la rastra se emplean aceros de la más alta calidad y sus secciones de discos giran sobre baleros de bolas de gran fortaleza, reengrasables.

La rastra se abre muy fácilmente en forma mecánica para trabajar y se cierra con igual facilidad para ser transportada. Se fabrica en tamaños de 16, 18 y 20 discos, va equipada con limpiadores los cuales efectúan un trabajo muy satisfactorio en suelos mojados y pegajosos.

#### RASTRA DE TIRO MF 42-3

#### ESPECIFICACIONES

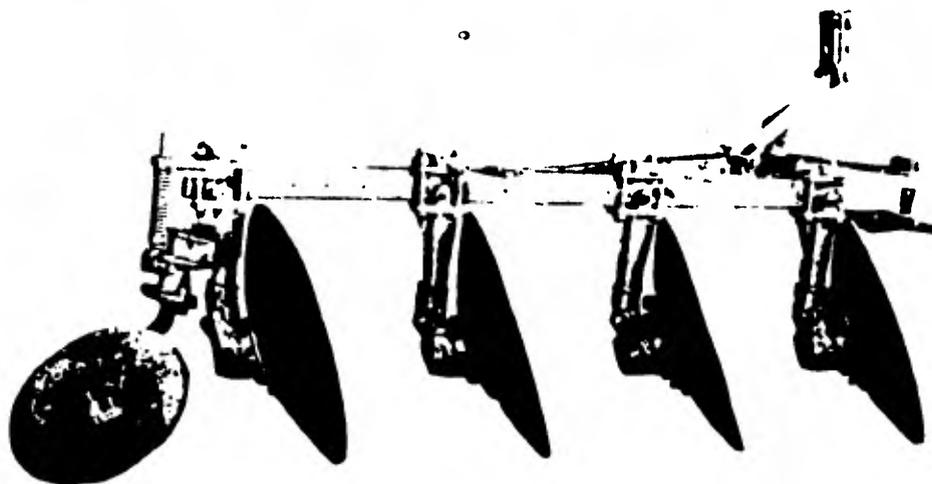
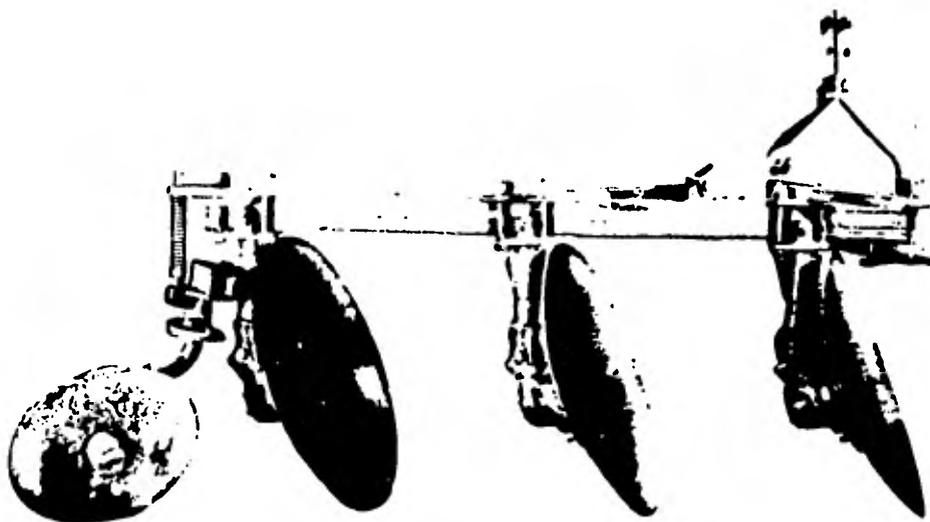
1. Enganche mixto en la barra de tiro, del tipo Hoja y Mariposa.
2. Barra de tiro descentrable.
3. Barra transversal de tiro con tres posiciones de altura.

4. Mecanismo manual para el control de despliegue.

5. Discos de 60.9 cms. (24"), dentados en la sección delantera, lisos en la sección trasera, con espaciado de -- 23 cms. (9")

6.- Peso y corte.

#### ARADO DE DISCOS FIJO MF 17-3



## DESCRIPCION

El arado de discos MF 17-3 es el tipo integral de enganche de 3 puntos y se emplea para las labores de barbecho, --siendo un implemento básico para la roturación, aflojamiento y volteo de la tierra, incorporando abonos verdes y materia orgánica.

Este tipo de arado es especialmente útil en terrenos y secos y duros y aún en difíciles y accidentados.

La principal ventaja de estos arados es que se pueden separar las distancias entre discos, para aumentar o disminuir el corte y para que haya más desahogo de residuos de cosecha. - También se pueden quitar los discos y dejar uno para construir terrazas y canales de riego.

ARADO DE DISCOS FIJO MF 17-3  
CARACTERISTICAS

- 1.- Pernos de enganches Categorías II.
- 2.- Construcción robusta de ángulo de acero estructural formado en caja.
- 3.- Rueda guía ajustable con resorte para máxima penetración.
- 4.- Enganche al sistema de 3 puntos del tractor para fácil transporte.
- 5.- Fácil de adaptar para construcción de terrazas.

6.- Espaciamiento entre discos variable para aumentar el ancho de corte y darle más desahogo a residuos de cosecha.

7.- Barra transversal de enganche ajustable lateralmente para mayor versatilidad.

#### ESPECIFICACIONES

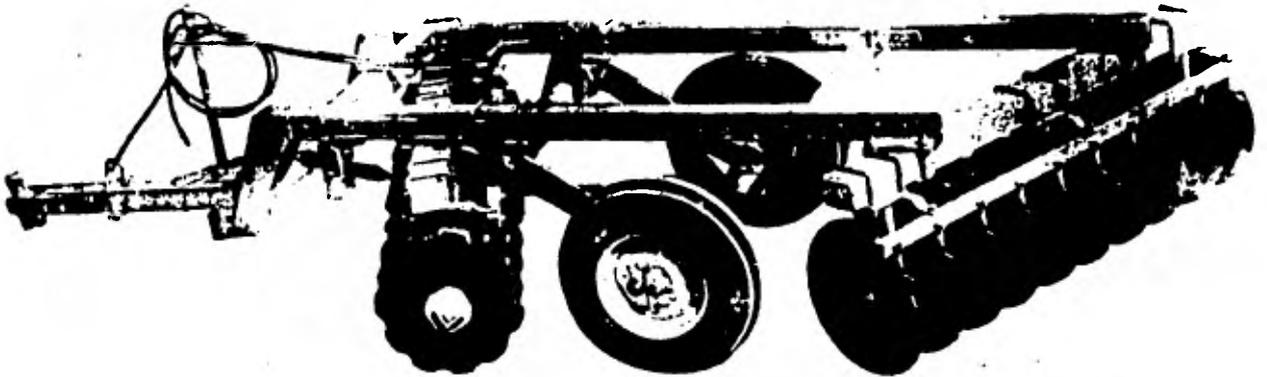
Bastidor:                    Para 3 discos reducible a 2.  
                                 Para 4 discos reducible a 3.

Ancho de Corte por disco para el arado de 3 discos - -  
ajustable de 20 a 30 cms. (8 a 12 pulgadas).

Ancho de Corte por disco para el arado de 4 discos ---  
ajustable de 20 a 26 cms. (8 a 10 pulgadas).

Discos disponibles: (26"x 3/16") 66 cms. x 4.7 mm. liso, filo -  
interior.  
                                 (28" x 3/16") 71 cms. x 4.7 mm. liso, filo-  
interior.  
                                 (28" x 1/4") 71 cms. x 6.3 mm. liso, filo-  
interior.

RASTRA DE DISCOS CON RUEDAS DE CONTROL  
DE PROFUNDIDAD Y DE TRANSPORTE  
MF - 40



La rastra de discos: MF-40 es del tipo para trabajo pesado, de ángulos ajustables y tiene un bastidor alto, diseñado para trabajar con magníficos resultados en campos abiertos de gran extensión.

La rastra MF-40 realiza un excelente trabajo, cuando se usa antes de arar, que incluye cortar e incorporar las materias vegetales, que puedan quedar en la superficie después de la cosecha, tales como maíz, algodón, etc.

Por se la rastra MF-40 una rastra de tiro con reudas es de gran rendimiento en algunas regiones del país, en donde es necesario transportarlas por su propio medio a través de carreteras y caminos de una granja a otra. Dichas ruedas de ----

transporte, también son usadas para controlar la profundidad - de penetración de los discos.

Con la MF-40 se puede usar el ya famoso Contro de Presión MF, lo cual significa que la rastra puede trabajar en magnífica forma aún en codiciones de tierras difíciles.

#### CARACTERISTICAS

- 1.- Engache Misto del Ojal y Mariposa.
- 2.- Barra de tiro descentrable.
- 3.- Enfrentamiento de los discos ajustable en ambas - secciones.
- 4.- Mecanismo nivelador para transferencia de peso a la sección delantera o trasera.
- 5.- Alto despeje para el transporte en sus ruedas y - separación óptima entre discos y bastidor para el paso de tierra y basura.
- 6.- Limpiadores de una sola pieza ajustable individual mente y con conjunto.

## ADITAMENTO DE DISCOS BORDEROS



## DESCRIPCION

Los juegos de discos borderos LAMEX están diseñados para efectuar una gran variedad de trabajos en el campo. Pueden ser montados en barras cuadradas de 5.7 cms. (2 1/4 x 2 1/4 pulgadas) ó de 6.3 x 6.3 cms. (2 1/2 x 2 1/2 pulgadas).

El juego de borderos BOE-6 consta de dos cuerpos para tres discos con baleros sellados.

Puede usarse con discos dentados o lisos, combinados en cada cuerpo de la siguiente manera: un disco de 50 cms. (20") otro de 56 cms. (22") y uno más de 61 cms. (24").

Se utilizan principalmente para formar bordos de diferentes altos y anchos, preparación de cementeras, hacer curvas de nivel, formar terrazas en laderas que para evitar la erosión y construir canales de riego. También son muy útiles en operaciones de cultivo de la caña de azúcar.

Estos borderos están provistos de varios ajustes en sus dos secciones para su mejor aprovechamiento.

- 1.- Espaciamiento lateral sobre la barra para bordos de diferentes anchos.
- 2.- Ajuste del ángulo de inclinación.
- 3.- Ajuste del ángulo de ataque.

RASTRA DE DISCOS

29 - B



Rastra 29-B de 20 discos,  
2.29 M. (7'1/2") de corte  
de Control Manual.

EL IMPLEMENTO IDEAL PARA UNA BUENA LABRANZA.

De control manual, en medidas de 2.06 M y 2.29 M. -  
(6-3/4' y 7-1/2') de corte.

Ajustable a cualquier ángulo de trabajo, gracias a la-  
"libre acción" del gozne que permite variar rápidamente la posi-  
ción de las secciones.

Mayor distancia entre los discos y el bastidor, para -  
reducir la posibilidad de atascamiento.

Cojintes de precisión, lubricados en fábrica, no necesitan nueva lubricación por lo menos mientras dure un juego de discos.

Discos tratados térmicamente, 61 cm. (24") de diámetro, de borde liso o recortado, con un espacio entre sí de 23 cm. (9"). Son biselados por la cara cóncava para lograr mayor penetración y conservar su filo por más tiempo.

#### RASTRA DE DISCOS

29 - B



Rastra 29-B  
de 18 discos, de 2.06 m. (6<sup>3</sup>/<sub>4</sub> ")  
de corte, de Control manual.

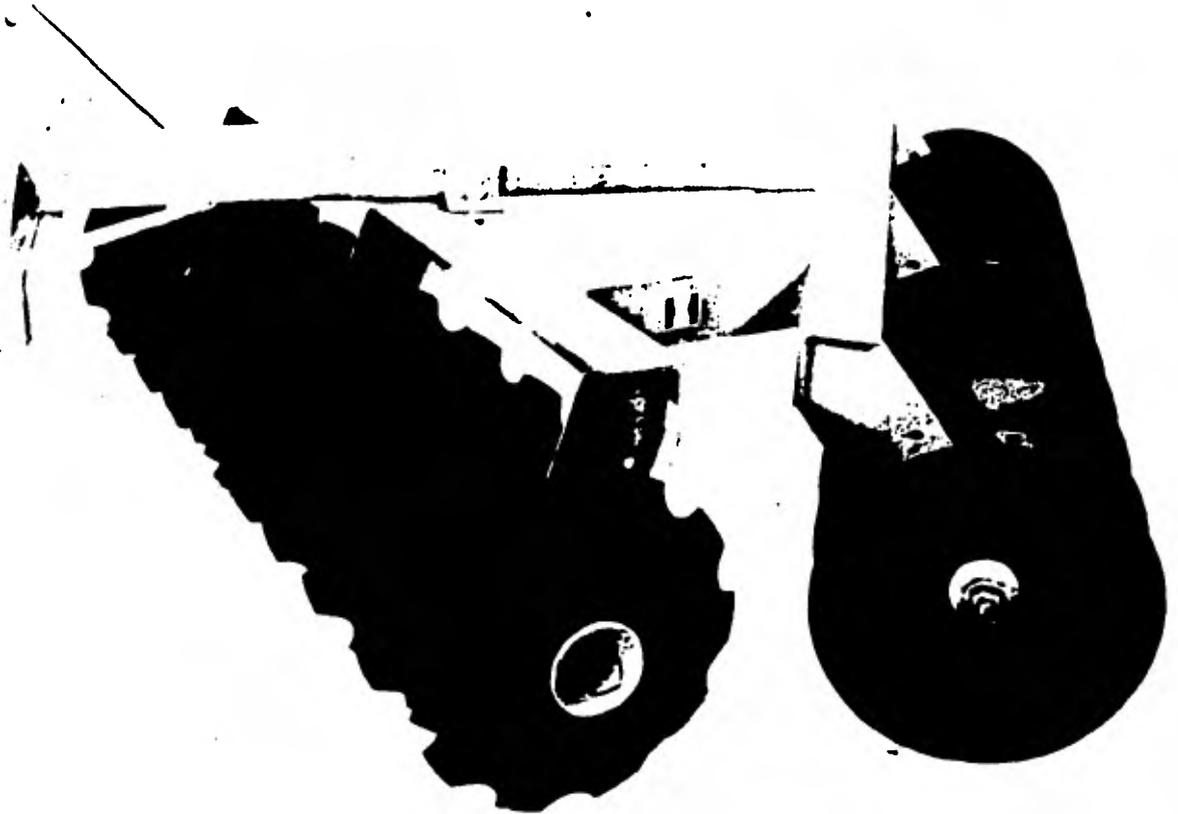
## ESPECIFICACIONES

Tamaño	No. de Discos	Diámetro y tipo	Pesos (aprox.)
2.06 m. (6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " )	18	61 cm. (24") lisos	849Kg. (1,871 Lb.)
2.06 m. (6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " )	18	61 cm. (24") dentados	839Kg. (1,849 Lb.)
2.29 m. (7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " )	20	61 cm. (24") lisos	923Kg. (2,034 Lb.)
2.29 m. (7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " )	20	61 cm. (24") dentados	912Kg. (2,009 Lb.)

## EQUIPO NORMAL PARA LAS RASTRAS

Gozne manual; conjunto para ajustar el ángulo de trabajo; bastidor alto de hierro ángulo soldado; cojinetes de precisión lubricados en fábrica; discos tratados térmicamente y espaciados a - 23 cm. (9"). Raspadores de cuchillas planas montadas en la parte superior del bastidor.

RASTRA 175 CON ENGANCHE DE TRES PUNTOS CAT. II



## ESPECIFICACIONES

Rastra 175 con enganche de tres puntos Categoría II

Bastidor de acero sección cuadrada, 12.7 x 12.7 x 0.64 cm. (5 x 5 x 1/4") de gran rigidez y con enganche integral de 3 puntos.

Perno de acero de alta resistencia sección cuadrada, - 2.8 cm. (1 1/8").

Cojinetes de bolas tipo precisión prelubricados y protegidos con triple sello montados en planchuelas que permiten la autoalineación del cojinete y el giro libre y suave de las secciones de discos.

Carretes espaciadores tipo pesado con rebordes grandes para mayor área de contacto con los discos, evitándose la rotura de los discos y prolongar su duración.

Discos de borde recortado (sección delantera) y discos de borde liso (sección trasera), de acero de alta calidad y grueso calibre; con orificio central cuadrado para afirmar el soporte y evitar roturas en los discos.

Secciones de discos delantero y trasero de gran resistencia y rigidez.

Dos modelos de rastras disponibles:

2.06 m (18 discos)

2.29 m (20 discos)

El bastidor soporta firmemente las secciones de discos, manteniendo perfectamente alineados los cojinetes de bolas

y permite que las secciones de discos giren suave y libremente -  
aun en las condiciones más difíciles.

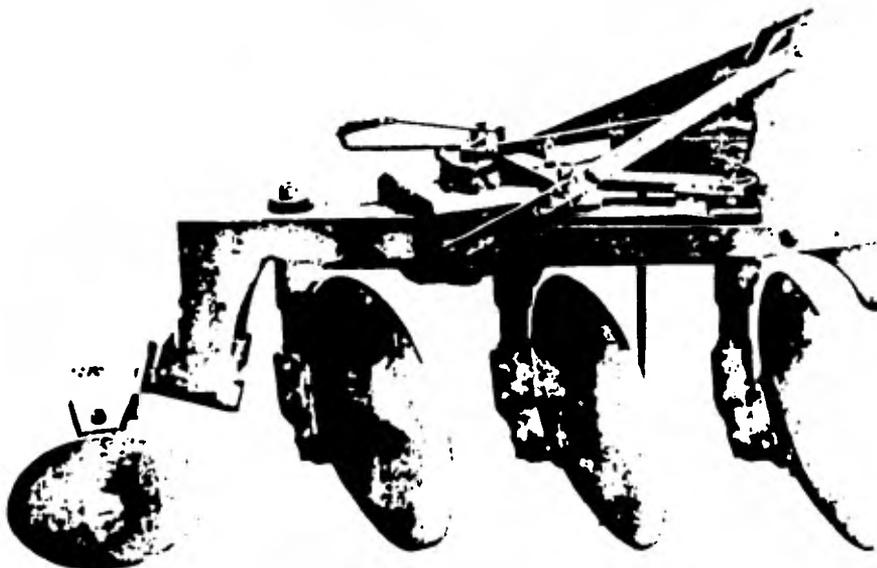
#### FICHA TECNICA

Los cojinetes permiten el giro libre y suave de las -  
secciones de discos, al trabajar en terrenos duros y pedregosos  
donde el esfuerzo flexionante aumenta.

Las secciones de discos están montadas en perno-ejes -  
de acero de alta calidad y resistencia que aseguran el soporte-  
rígido de las secciones, facilita el giro de las mismas y man-  
tiene los cojinetes perfectamente alineados.

El perno - eje y los cojinetes de bolas soportan sóli-  
damente las secciones de discos.

#### ARADO DE DISCOS REVERSIBLE MF - 76-3 3 Y 4 DISCOS



## DESCRIPCION

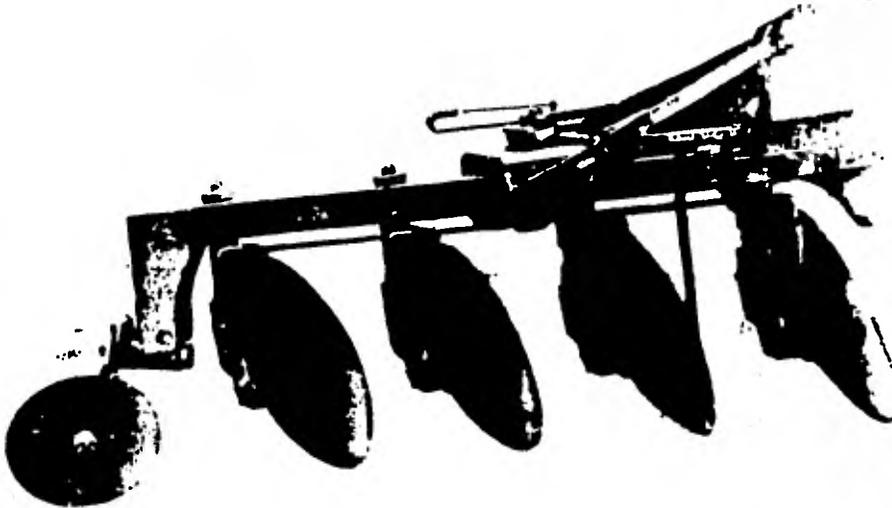
El arado MF-76-3 es un arado de discos del tipo reversible, semiautomático, integral, con enganche de 3 puntos categoría II, de construcción robusta.

Se han empleado en su fabricación aceros de la más alta resistencia; y se le ha dotado de ajustes muy sencillos de efectuar, para obtener un mayor rendimiento de trabajo en cualquier tipo de suelo que se trabaje. Se fábrica en 3 y 4 discos.

Como característica sobresalientes de este arado podemos señalar: la facilidad con que se le efectúan las reversiones; su gran penetración aún en los suelos duros gracias a su diseño y a sus ajustes y, de manera especial, la efectividad de su rueda de surco, que, sin mecanismo alguno posicionador, elige la posición correcta, obligando al arado, a seguir al tractor correctamente centrado sin necesidad de estabilizadores.

Por la uniformidad de su barbecho este arado es muy recomendable para trabajar en campos regados por gravedad, para no desnivelarlos y en campos de ladera, para voltear la tierra siempre hacia arriba.

## ARADO DE DISCOS REVERSIBLE



## ESPECIFICACIONES

- 1.- Ancho de corte ajustable 25 cm. (10") promedio - por disco.
- 2.- Enganche al sistema de tres puntos Categoria II.
- 3.- Penetración del arado hasta 36 cms. (14").
- 4.- Rueda de surco autoalineable, sin mecanismo alguno posicionador; con resorte para permitir al arado controlar - profundidad y seguir el contorno de la tierra; con disco de 56 - cms. (22" pulgadas).
- 5.- Limpiadores autoajustables como equipo opcional.

6.- Peso del arado sin limpiadores.

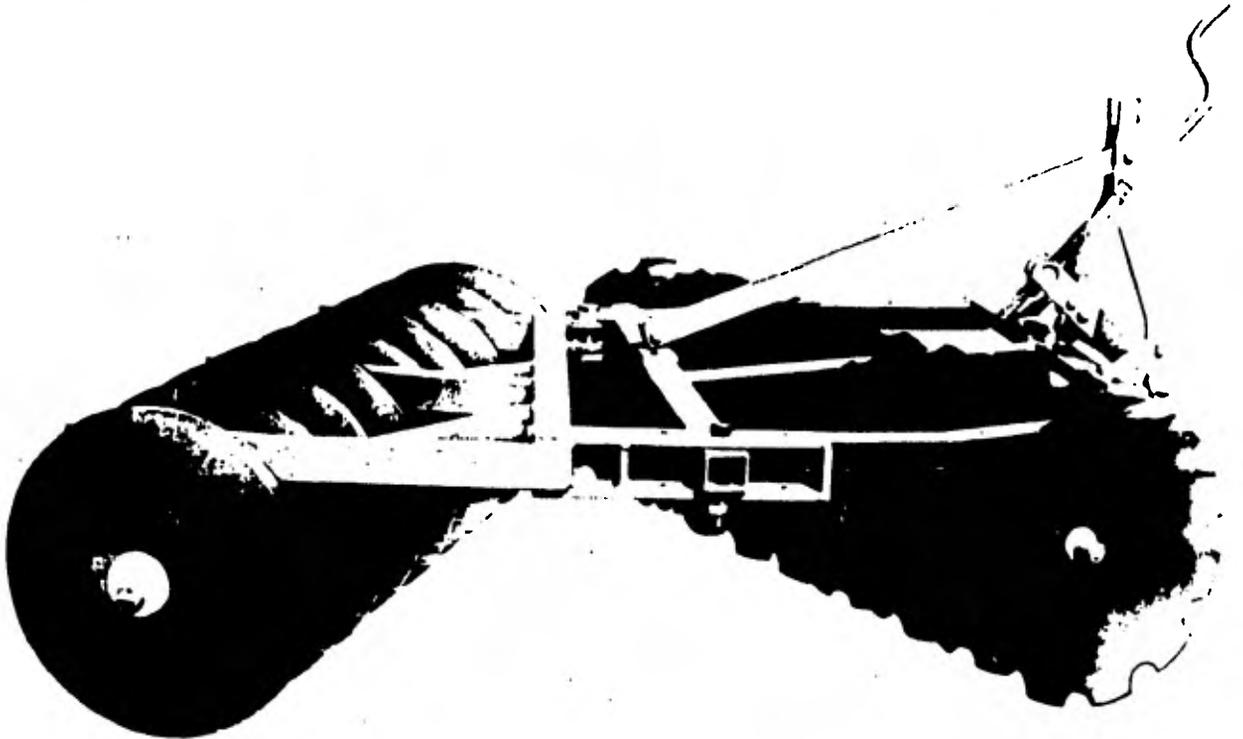
3 Discos 66 cms (26") 545 Kgs.

3 Discos 71 cms (28") 560 Kgs.

4 Discos 66 cms. (26") 625 Kgs.

4 Discos 71 cms (28") 645 Kgs.

RASTRA MF 25 - 3



#### DESCRIPCION

Rastra de discos con ángulo ajustable Balero y Chumaceras en 18 y 20 Discos de 22" y 24" (56 cms. y 61 cms).

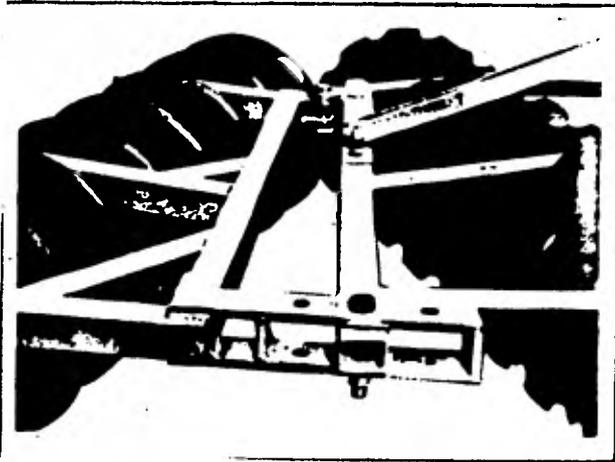
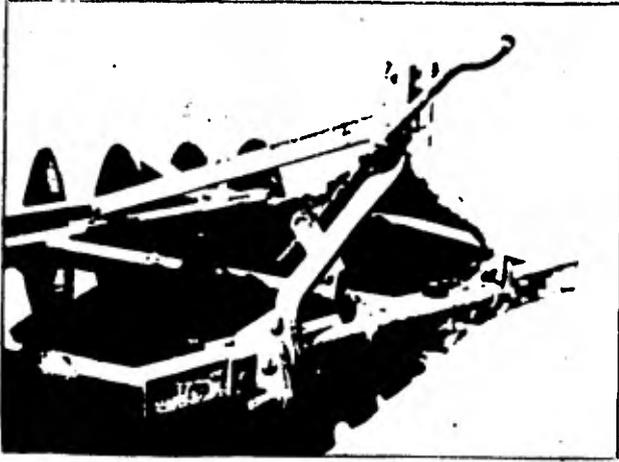
La rastra FM-25-3, de levante, para enganche de tres puntos. Categoría II, de ángulo ajustable, puede cambiar su ángulo de ataque en sus dos secciones, para así adaptarla a las condiciones del terreno que se va a trabajar. La sección trasera se puede abrir o cerrar, quitando sólo un tornillo; esto le permite girar libremente sobre un perno que se encuentra al lado izquierdo.

Para contrarrestar la fuerza lateral por el cambio de ángulo de esta sección; la rastra MF 25-3 tiene en su parte delantera una manivela que varía la posición de la barra transversal de enganche y aumenta o disminuye el ángulo de la sección delantera.

Esta característica de las rastras MF 25-3, aunada a su fuerte construcción y gran durabilidad hace de ellas el implemento ideal para todo tipo de rastreo, ya sea liviano (estando cerrada al máximo) o pesado, completamente abierta.

Está equipada con baleros sellados autoalineables o bien con chumaceras de fierro blanco engrasable y de gran duración. Las flechas de los discos son de acero de alto carbón cuadrado de 28 mm. (1 1/8"). La distancia entre disco es de 23 cm. (9").

## NIVELACION DE LA RASTRA



1. Una vez acoplada la rastra al tractor; utilizando la barra de levante -- del lado derecho del tractor y la barra de compresora al tercer punto póngase horizontales un piso plano (longitudinal y lateralmente) los bastidores de los discos, de manera que éstos descansen en el piso. Rectifíquese por los mismos medios de penetración uniforme de los discos durante el trabajo.

2. Elimínese el tirón lateral de la rastra utilizando la manivela del cabezal; girándola en forma derecha hasta donde precise, cuando la rastra se ha estado jalando hacia el lado izquierdo.

3. Cuando se quiere lograr mayor penetración en la sección trasera, alárguese la barra de compresión un poco más de lo normal.

#### AJUSTE DE ANGULO ENTRE LAS SECCIONES DE LOS DISCOS



El ángulo entre secciones de estas rastras puede variarse a  $35^\circ$ ,  $40^\circ$  y  $45^\circ$ , cambiando la posición del tornillo en el brazo de ajuste del lado derecho (ver fig ) se tomará en cuenta, cuando se --- efectúen estos ajustes; que, para el ángulo de  $45^\circ$ , debemos girar la manivela en forma derecha al máximo o próxima al máximo; que, cuando utilicemos ángulo de  $35^\circ$ , gire--mos la manivela en forma izquierda próxima al máximo; y que, cuando utilicemos ángulo de  $40^\circ$ , el - - tornillo de la manivela se ajustará próximo a su parte media.

abrigadoras que se intercambian al ajustar la penetración. Estas barras pueden utilizarse en cuatro posiciones, aumentando así su duración.

2.- Se puede utilizar con portaherramientas diseñado para trabajo de uso general o semipesado.

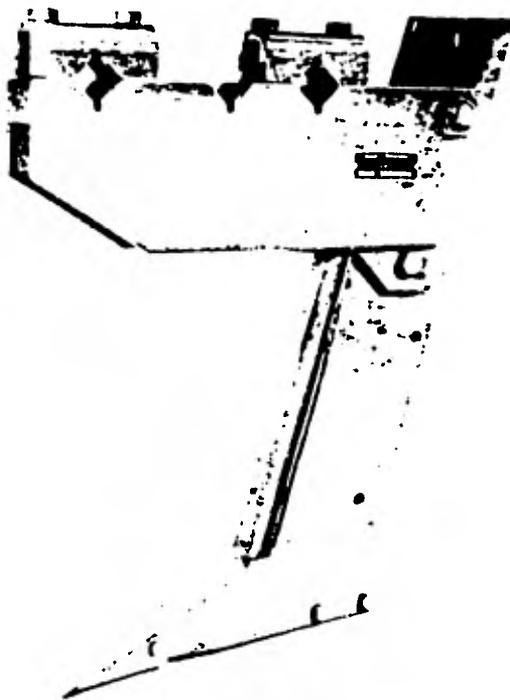
MF-50 ó MF-80

3. Está provisto de un tornillo de seguridad que protege al implemento o al tractor cuando ocurre una condición de sobrecarga.

4. Las partes sujetas a desgaste, como lo son la punta y la barra abridora son reemplazables. Estás fabricadas en acero resistente a la abrasión.

Se puede utilizar en terrenos duros como roturados. Como cincelador en superficies compactas. Como drenador en terrenos irrigados o fangosos.

SUBSOLEADOR PARA TRABAJO  
PESADO 1 1/4



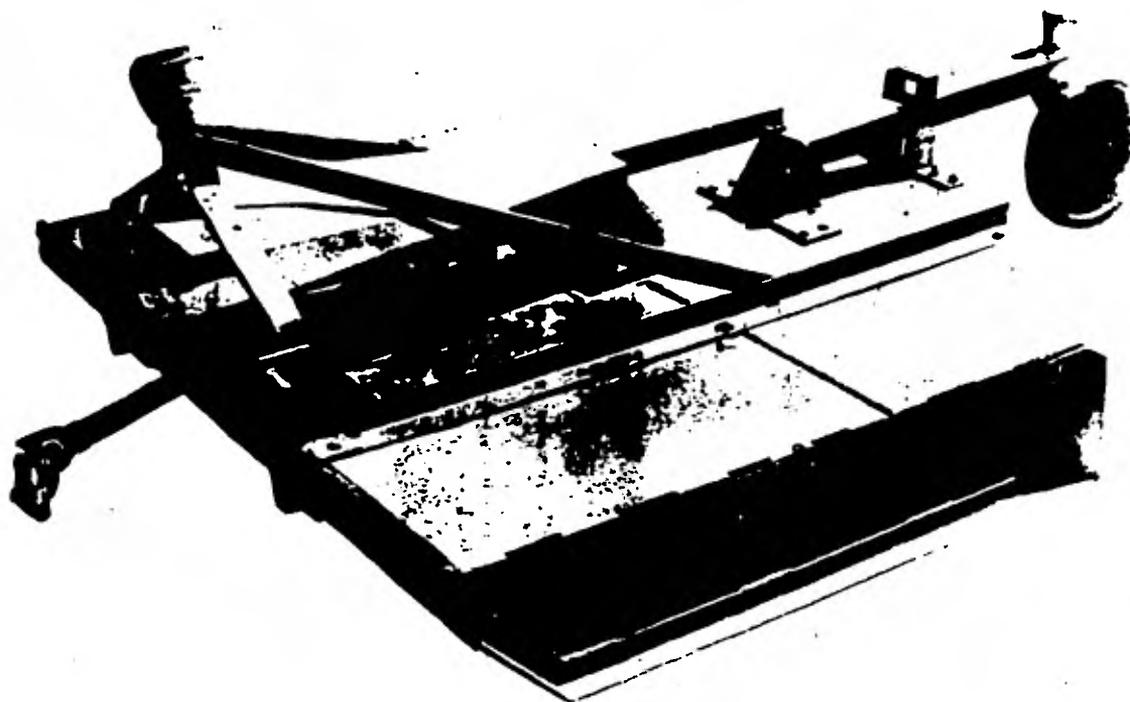
Este subsoleador es un implemento diseñado para trabajo pesado.

Su timón de 3.2 x 15.2 cms. (1 1/4 x 6 pulgadas) está fabricado en acero de alto carbono, permitiéndole trabajar en las condiciones más difíciles.

Como características exclusivas, podemos mencionar las siguientes:

1. Su penetración puede ajustarse de 46 cms. (18 pulgadas) a 61 cms. (24 pulgadas) relocalizando la abrazadera por medio de dos tornillos. Se entrega con dos barras redondas - -

## DESVARADORA MF - 72 - 3



## DESCRIPCION GENERAL

La desvaradora MF-73-3 es de corte rotativo izquierdo, ideal para conservar pastizales, destruir yerbas, cortar maleza, triturar podas de huertas o viñedos, desmenuzar residuos de cosechas de sorgo o de algodón, etc. Su versatilidad es tal, que lo mismo puede usarse para cortar y desmenuzar las plantas de cacahuate y papa antes de su recolección, que utilizarse con éxito en operaciones de desmonte y mantenimiento de praderas (potreros).

La desvaradora es un implemento integral con enganche de tres puntos que puede ser transportada con facilidad de un campo a otro y operada satisfactoriamente aún en campos pequeños.

En su diseño se han tomado en cuenta de manera especial; su funcionamiento y durabilidad, empléndose en su fabricación materiales de la más alta calidad.

La desvaradora está dotada de rueda trasera para control de altura. Sus escudos traseros son ajustables para adaptarla a los diferentes materiales a cortarse y grados de trituración deseados. Las cuchillas cortadoras de acero de alto carbono son reversibles para mayor duración.

La desvaradora es adaptable a tractores con enganche de tres puntos, con toma de fuerza a 540 R.P.M. y hasta de 60 caballos.

#### ESPECIFICACIONES

Enganche de tres puntos, Categoría II

Ancho de corte - 183 cms. (72").

Altura de corte - Ajustable de 0 a 30.5 cm. (de 0" a 12")

Cuchilla reversible con giro libre.

Transmisión para trabajo pesado con engranes de precisión tratados térmicamente y baleros cónicos de alta resistencia.

Tornillo fusible de seguridad.

Su peso es de 490 Kilogramos.

SEBRADORA MF 37



SIEMBRE CON PRECISION, RAPIDEZ Y VERSATILIDAD

Para sembrar algodón, maíz, sorgo o cualquier otra semilla similar.

Gran variedad de platos semilleros.

Disponibile la rueda de mando con llantas de hule.

También disponible una zapata para suelos sueltos o arenosos.

Su montaje en barra paralela permite una gran flexibilidad que mantiene una profundidad de siembra uniforme.

Ajuste del ancho de siembra de 50.8 cms. (20") en adelante.

Bote semillero de 35 litros.

Puede sembrar en 2, 4 o más surcos.

Disponible con abresurco tipo liter o machete.

Aplicación precisa de fertilizantes granulados o pelletizados, con dosificación regulada desde 70 a 360 kilogramos -- por hectáreas (155 - 795 ibs./ha.).

Fertilizante depositado a la profundidad requerida y a la distancia lateral deseada, en el momento de la siembra, durante las labores de cultivo, o en aplicación independiente.

Rpbusta construcción de acero y fibra de vidrio, resistente a la humedad y a la corrosión producida por los fertilizantes.

## UNIDAD FERTILIZADORA



Se puede montar con facilidad y rapidez, en barras portaherramientas cuadradas de 2 1/4" ó 2 1/2".

Se puede utilizar conjunta y simultáneamente con 2 unidades sembradoras, con cuatro, o con ocho, en cultivos como: soya, cártamo, sorgo, algodón, entre otros, en sembrados con separación mínima de 50 centímetros entre surcos al realizar las labores de cultivo.

En todas las aplicaciones pre-emergentes de fertilizante

tes.

## VI.8 POSIBLE METODO DE REPARACION

Tomando como base la información proporcionada por Campos Hermanos, S. A., International Harvester, Byron Jackson, en el presente inciso se propone un método de reparación que abarque la reparación de los discos, en los cuales se presentan problemas debidos a una utilización normal de los mismos; es decir, que el problema que presentan no es debido a un uso inadecuado del disco o de una mala operación en la máquina que proporciona el tiro. Esto es, que no presentan cuarteaduras transversales, - las cuales se consideran debidas al mal trato de los discos.

Paso No 1. Limpieza, inspección y verificación de -- los discos.

Se limpia el disco de residuos de materiales propios - de la labranza que impiden la medición correcta del disco.

Se inspecciona si el disco no posee cuarteaduras trans - versales, adicionales que lo crucen por completo.

Se verifican las dimensiones que presenta el disco en - comparación con las que presentó al salir de fábrica.

Se marca en ambos lados del disco la profundidad que - tendrá el corte periférico (Ver figura 6.30).

Paso No. 2. Corte periférico del disco.

Se realiza un corte periférico del disco a un valor - estandard para "igualar" el acabado del mismo, en un torno, uti - lizando una mesa de apoyo para el disco, el cual deberá sujetar

se para su corte; dicho dispositivo de fijación al torno puede ser una tuerca, que entrase en una rosca contraria al sentido de giro del torno para evitar accidentes. Debido a que este método de reparación se plantea para varios tamaños de discos, el cortador del torno deberá ser capaz de ajustarse de alguna forma a su posición con un movimiento vertical. (Ver fig. 6.31)

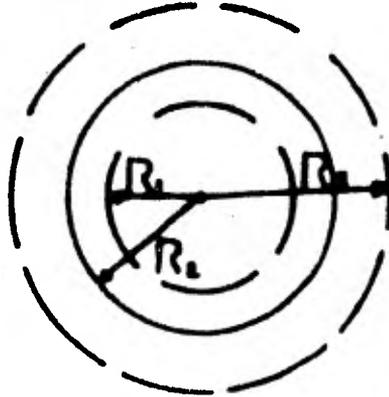


Fig. 6.30 Presentación del disco, radio tamaño original ( $R_3$ ), Radio de desgaste ( $R_2$ ) y radio de corte a realizar ( $R_1$ ).

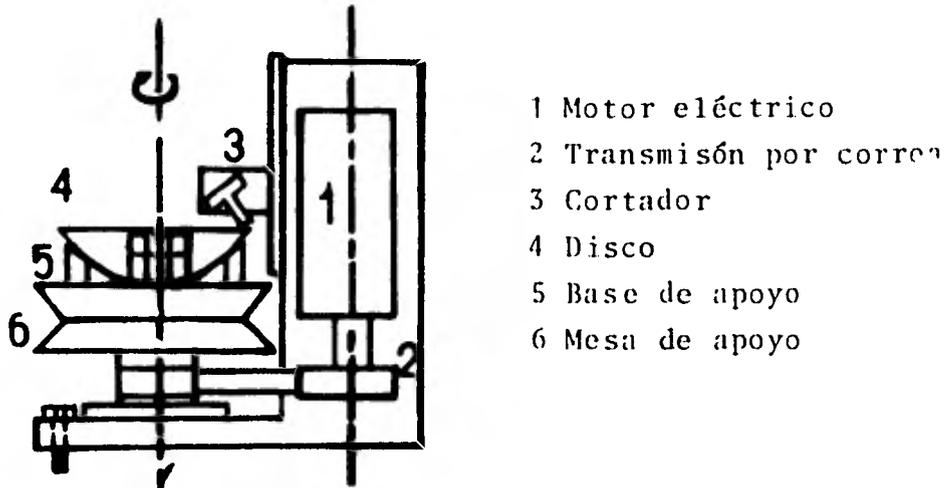


Fig. 6.31 Adaptación especial para el corte estandar de los discos en un torno.

Paso No. 3 Soldado (punteado) del disco en dispositivo posicionador.

Se monta el disco en el dispositivo posicionador presentándose en los tramos trapezoidales-curvados, previamente cortados y curvados que "completaran" por así decirlo el tamaño original del disco. Dicho punteado se realizará con soldadura eléctrica y con electrodos E 7018 con el orden 1, 2, 3 y 4 - como se indica en la figura 6.32.

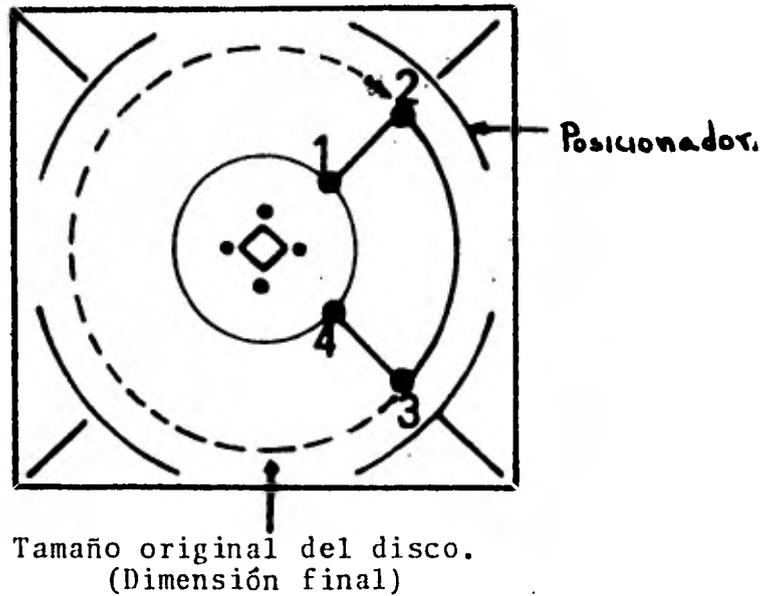


Fig. 6.32 Mesa de posicionar con 4 posicionadores curvados.

La solera a utilizar deberá ser 1080 - 1085.

Paso No. 4. Soldado (Cordón) total en el lado convexo del disco.

Se soldan las soleras totalmente al disco por el lado convexo de tal forma que se termine este en las dimensiones originales del disco, como se muestra en la figura 6.33.

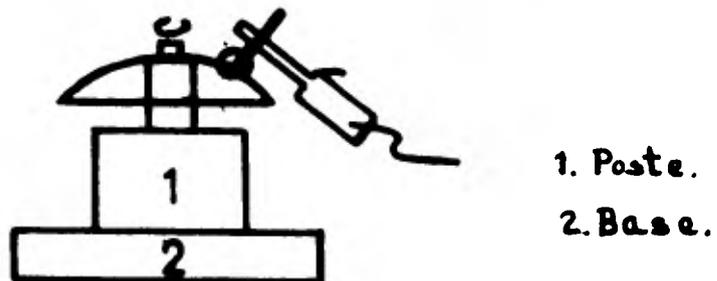


Fig. 6.33. Soldadura con cordón del disco en el lado convexo.

Paso No. 5. Liberado de tensiones en un horno para tratamientos térmicos.

Debido a las tensiones generadas por la soldadura, es necesario realizar un tratamiento térmico que las libere y no -- las presente dicho disco, por lo que se introduce el disco en un horno de 350 a 400°C durante 2 horas.

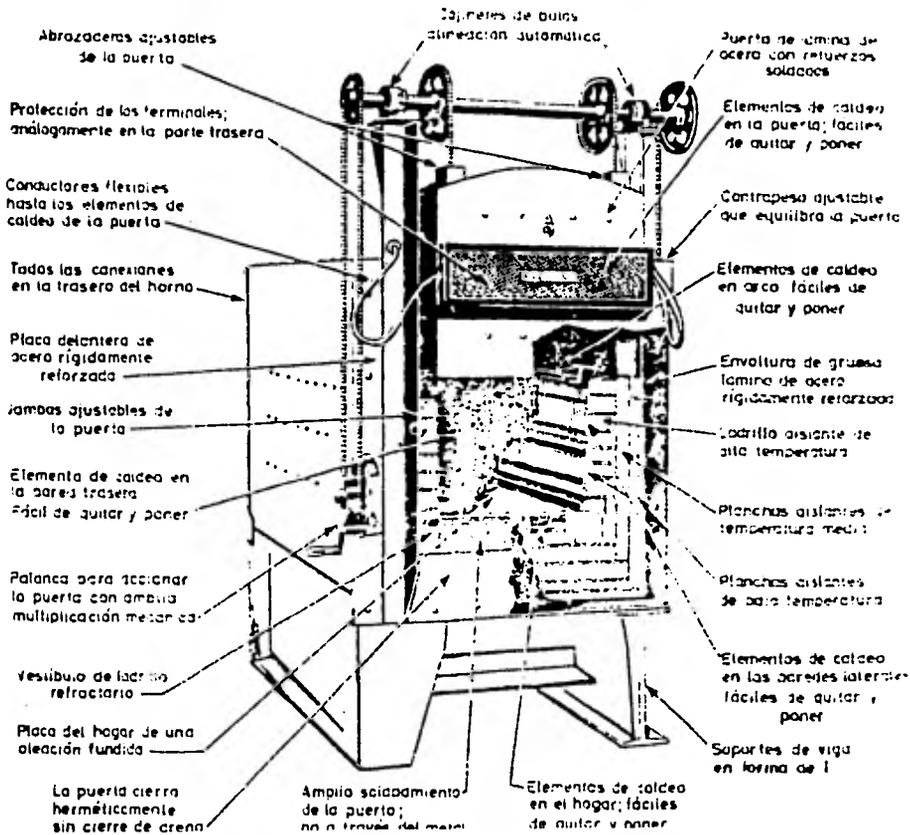


Fig. 6.34 Horno para liberación de tensiones generadas por la soldadura.

Paso No. 6 Afilado limpieza y pintado del disco.

Se monta el disco en donde fué soldado y con dos ruedas abrasivas se procede a realizar el filo del disco.

Se procede a limpiar el disco, se verifican las dimensiones la soldadura y se pinta y se envía al almacén de material terminado.

	1	2	3	4
Almacén de Recepción de Material	Limpieza Inspección y Verificación de los Discos	Corte del Disco en un torno a un valor estandard (cricunferencial <u>mente</u> ).	Soldado (Punteado) del Disco en dispositivo posicionador.	Soldado (cordón) en lado con vexo del -- Disco.
	Almacén de Materiales	a) Solera tramos trapezoidales curvados. acero 1080 - 1085 b) Soldadura E 7018		
5	6	7		
L i b e r a d o de tensiones en - horno de trata- miento termico.	A f i l a d o limpieza y -- pintado del - Disco.	A l m a c é n de Material ter- minado.		

Diagrama de eventos para la reparación de discos.  
Tomando en cuenta el material a soldar previamente cortado  
en base a las medidas obtenidas al momento de inspec-  
cionar y medir los discos recibidos.

## CAPITULO VII

Anteproyecto de proceso para la fabricación de discos.

Descripción del diagrama adjunto, de la fabricación de discos agrícolas.

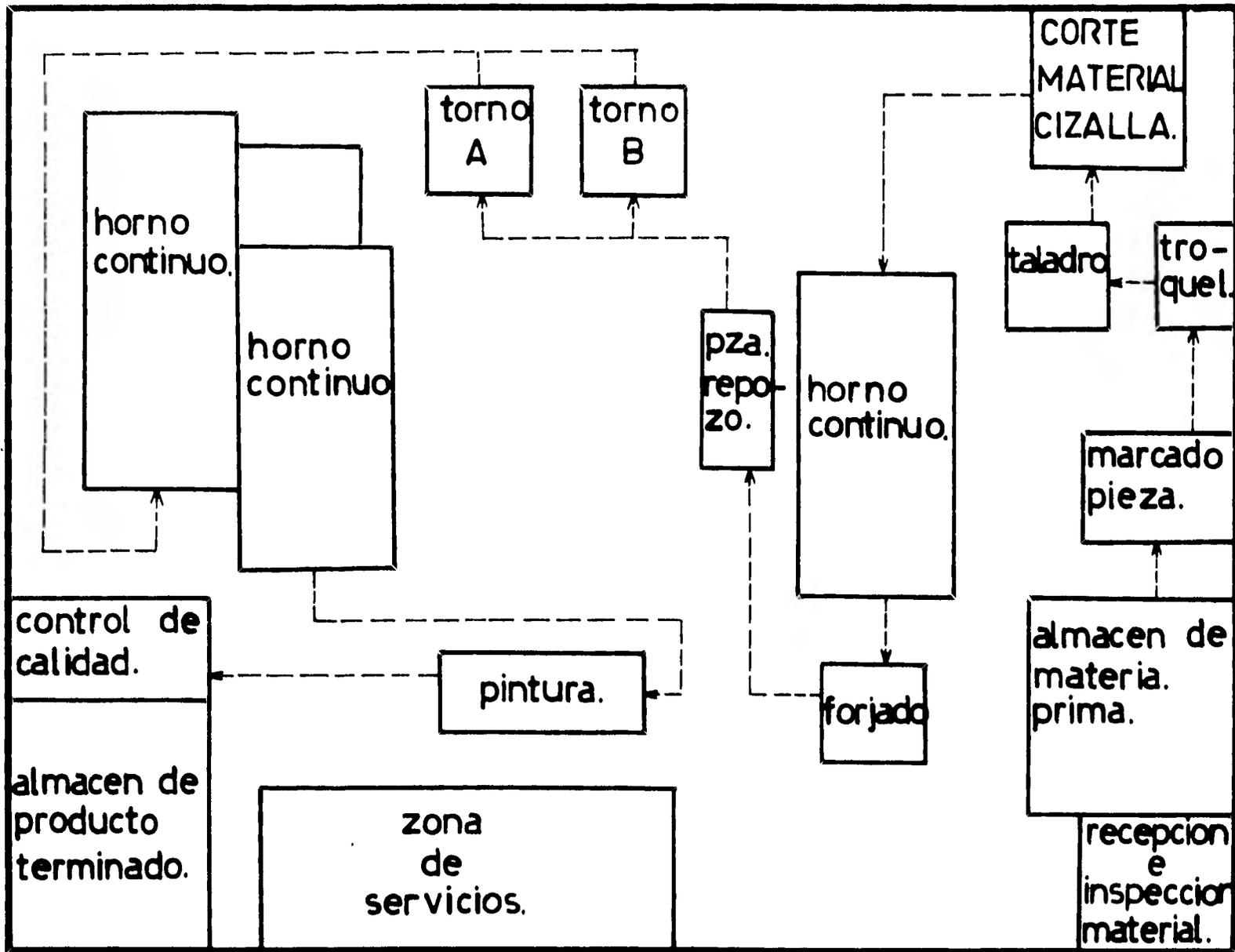
Se recibe el material, ya cortado a la medida necesaria, en la recepción e inspección de material, en donde el material que es aceptado se almacena.

El primer proceso que se tiene es el marcado de la pieza, en donde se marca el centro del disco, y los barrenos. Posteriormente se procede al proceso de troquelado, en donde se hace el perforado del centro del disco e inmediatamente se realiza el proceso de taladro, para los barrenos. Después se realiza el corte de material en cizalla radial, para darle la forma circular, con el diámetro deseado.

Ya obtenido el corte circular del disco, se introducen en un horno continuo, en donde la pieza se calienta a una temperatura aproximada de  $850^{\circ}\text{C}$ , para posteriormente realizar el proceso forjado, para darle la forma curva al disco; después se dejan enfriar las piezas, hasta alcanzar la temperatura ambiente. A este proceso se le llama tratamiento de normalizado. Una vez que las piezas alcanzaron la temperatura ambiental, se va a efectuar o realizar el filo de los discos, el cuál se efectua en tornos.

Ya efectuado el proceso de filo de los discos, procedemos a ejecutar el tratamiento de temple y el tratamiento de revenido, que se efectuan a  $1100^{\circ}$  y a  $550^{\circ}$  consecutivamente. El proceso a seguir es el de pintura, el cuál se realiza a una temperatura del disco de aproximadamente  $98^{\circ}\text{C}$  para que la pintu

ra tenga mayor adherencia al disco. De ahí se procede al proceso de control de calidad del producto terminado, en donde el material que es checado se almacena, ó si no se rechaza.



CONCLUSIONES

A través del presente estudio hemos podido observar - que a lo largo de la historia, todos los cambios importantes - del caminar del hombre por este Planeta, están ligados directa - mente a los avances de los arados agrícolas, y estos dependen - de las innovaciones, en cuanto al diseño, fabricación y aplica - ciones de los mismos, por lo que podemos concluir que "El estu - dio de la historia del género humano nos muestra que sí es po - sible tener cultura careciendo de técnicas, pero no hay cultu - ra posible sin el arado". Por otra parte conociendo la aplica - ción y operación de los principales implementos agrícolas uti - lizados en la labranza y así como su clasificación con respec - to a su operación, (primario y/o secundario) podemos decir que es fundamental estudiar el tipo de implementos a utilizar para llegar a los resultados deseados. Un factor importante para - una adecuada selección de un implemento agrícola, es el mate - rial utilizado para su fabricación, y debido a que la madera - tiende a desaparecer del mercado. El acero ocupa el primer lu - gar, en la fabricación de los aperos agrícolas, habiendo una - gran variedad de estos, por lo que su selección implica un aná - lisis detallado, en lo que se refiere a sus características -- físicas, químicas y sus propiedades.

Un parámetro de interés es el estudio de todas las -- fuerzas dinámicas y estáticas que se requieran y se reaccio - nan, para el movimiento de la tierra, ya que éste es un de los más importantes para la selección de un apero agrícola adecua - do.

También concluimos que es básico el estudio de la ope - ración, el análisis de las fuerzas, las organizaciones y sus - ventajas de aplicación de los discos en las rastras agrícolas, como su fabricación partiendo de la materia prima, hasta el --

producto terminado. Y así como los principales problemas que se presentan, durante la operación como son el ajuste del ángulo de ataque, el desgaste natural, y las roturas. Planteando un método de reparación, acorde a las posibilidades del campesino Mexicano.

Por último presentamos lo que a nuestra forma de ver sería el proceso de fabricación de los discos para las rastras agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- ALTOS HORNOS DE MEXICO,  
S.A., Seminario de los Procesos de Ace-  
ración, México 1979.
- AMSTEAD, B.H., BEGEMAN  
Myron L., Procesos de Fabricación, CECSA  
13a. Impresión, México 1980.
- AVNER, Sidney H., Introducción a la Metalurgia Fí-  
sica, Mc Graw-Hill, 5a. Impre--  
sión, México 1977.
- BAYNER, Roy, Principle of Farm Machinery, 1st.  
Edition, U.S.A.
- BERLIJIN, Johan D., Manuales para Educación Agrícola,  
Arados de Discos, Preparación de  
Tierras Agrícolas, Labranza Secun  
daria, SEP/Trillas, 1a. Impresión,  
México 1982.
- CONSEJO NACIONAL DE CIEN  
CIA Y TECNOLOGIA, Seminario de Inversión y Tecnolo-  
gía para Equipos Agrícolas y Agro  
industriales, 1a. Impresión, Méxi  
co 1979.
- CUYAS, Arturo, Diccionario Revisado de Appleton,  
The Grolier Society, Inc., 4a. -  
Impresión, E.U.A. 1928.

- DE GALIANA, Tomás, Pequeño Larousse de Ciencias y -  
Técnicas, Editorial Larousse, 9a.  
Impresión, Francia 1967.
- EDITORIAL RICHARDS, S.A., Nueva Enciclopedia Temática, Tomo  
5, 2a. Impresión, México 1962.
- ESPINOSA, Islas Raúl, Apuntes para las Asignaturas de  
Procesos de Manufacturas I y Pro  
cesos Industriales Mecánicos, Fa  
cultad de Ingeniería, UNAM, Méxi  
co 1978.
- LAJTIN, Yu M., Metalografía y Tratamiento Térmico  
de los Metales, Editorial Mir  
Moscú, 6a. Impresión, Rusia 1973.
- SIMANTOV, Albert, Biblioteca Salvat de Grandes Te-  
mas, La Nueva Agricultura, 2a.  
Impresión, España 1974.
- STONE, Archie, A., Maquinaria Agrícola, CECSA, 10a.  
Impresión, México 1980.

C A T A L O G O S

INTERNATIONAL HARVESTER DE MEXICO, S.A.

IMPLEMENTOS AGRICOLAS MEXICANOS, S.A.

MASSEY - FERGUSON

J I CASE ( A TENNECO COMPANY )

Agradecemos la colaboración  
prestada por las siguientes  
compañías:

BYRON JACKSON DE MEXICO, S.A.

FORJAS Y HERRAMIENTAS, S.A.

IMPLEMENTOS AGRICOLAS MEXICANOS, S.A.

INDUSTRIAS C.H., S.A.

INTERNATIONAL HARVESTER DE MEXICO, S.A.

J I CASE ( A TENNECO COMPANY )

JOHN DEERE DE MEXICO, S.A.  
(PLANTA EN CULIACAN, SIN.)

MASSEY - FERGUSON

Sin la cual, este estudio  
no hubiera podido tener -  
el enfoque que presenta.