

Manuales para educación agropecuaria

# Elaboración de productos agrícolas



Área: Industrias rurales 26

sep/  trillas

# Elaboración de productos agrícolas

Este manual ha sido elaborado dentro de un proyecto de Cooperación Técnica Internacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA), de la Secretaría de Educación Pública (SEP), del Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con la contribución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de los Gobiernos de Suiza y de los Países Bajos. La presente obra es una coedición producida por la Dirección General de Publicaciones y Bibliotecas de la Secretaría de Educación Pública y Editorial Trillas.

**Basado en el trabajo de :** Ir. Marco R. Meyer  
Dott. Prof. Gaetano Paltrinieri  
Ir. Johan D. Berlijn

**Con la colaboración de :** F.R. Kirchner Salinas  
G. Solís Carbajal  
N. Paulín Torres  
I. De la Rosa Peñaloza  
J. Medina Figueroa  
C. R. Usami Olmos

**Revisión de :** Dott. Prof.  
Gaetano Paltrinieri  
Mtra. F. Orozco Luna



Manuales para educación agropecuaria

# Elaboración de productos agrícolas

Área: Industrias rurales



**EDITORIAL  
TRILLAS**

México, Argentina, España,  
Colombia, Puerto Rico, Venezuela





## Catalogación en la fuente

Elaboración de productos agrícolas / basado  
en el trabajo de Marco R. Meyer, Gaetano  
Paltrinieri, Johan D. Berlijn. -- 2a ed. --  
México : Trillas : SEP, 1990 (reimp. 1991).  
108 p. : il. ; 23 cm. -- (Manuales para educación  
agropecuaria. Industrias rurales ; 26)  
ISBN 968-24-3635-4

I. Productos agrícolas. I. Meyer, Marco R.  
II. Paltrinieri, Gaetano. III. Berlijn, Johan D.  
IV. Ser.

LC- 5496'E5

D- 631'E543

1066

La presentación y disposición en conjunto de  
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS  
son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra  
puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema  
o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado,  
la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento  
de información), sin consentimiento por escrito del editor

### Derechos reservados

© 1981, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,  
Av. Río Churubusco 385, Col. Pedro María Anaya,  
C.P. 03340, México, D. F.

Miembro de la Cámara Nacional de la  
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición, 1981 (ISBN 968-24-1107-6)

Reimpresiones, 1982, 1983, 1984, 1985 y 1987

Segunda edición, 1990 (ISBN 968-24-3635-4)

---

Primera reimpresión, septiembre 1991

---

Impreso en México

Printed in Mexico

## PRÓLOGO

El presente texto pertenece a la serie *Manuales para educación agropecuaria*, la cual consta de los títulos que aparecen en la contraportada.

Esta serie se llevó a cabo bajo la supervisión del Ir. Johan D. Berlijn, oficial técnico de la FAO, y fue realizada por 15 técnicos mexicanos, así como por 20 técnicos internacionales.

Los manuales abarcan, en forma sencilla, los aspectos básicos de la enseñanza práctica y técnica de las escuelas agropecuarias, así como de la extensión y capacitación rurales.

Al tratar principalmente los aspectos básicos, los manuales pueden servir de guía para cubrir los programas de diferentes escuelas, de acuerdo con las especialidades que impartan y con las condiciones particulares de cada región. Por otra parte, los maestros pueden complementar esta información básica con la de otros libros y con sus experiencias en el campo de la docencia.

Con el propósito de que el lector pueda lograr la mayor comprensión de la materia tratada en este texto, los autores procedieron a presentar en las páginas pares la información necesaria y en las páginas impares las ilustraciones correspondientes.

Por otra parte, procurando ceñirse al contenido pedagógico de las obras, los párrafos, siempre que ha sido posible, han sido separados por un espacio que, aun cuando sus dimensiones no siempre son uniformes, facilitan al estudiante la lectura y asimilación de los mismos.

## ADVERTENCIA

Los textos que constituyen la serie *Manuales para educación agropecuaria*, fueron clasificados conforme a las siguientes áreas.

Áreas	Abreviaturas
Producción animal	PA
Producción vegetal	PV
Industrias rurales	IR
Suelos y aguas	SA
Mecánica agrícola	MA
Producción forestal	PF
Extensión y capacitación	EC
Administración rural	AR

A su vez, cada área se ha subdividido en diversas materias. Por ejemplo, Producción animal (PA):

- Aves de corral
- Conejos
- Ovinos
- Cabras
- Porcinos
- Bovinos de carne
- Bovinos de leche

Para un conocimiento completo de la serie, véase en el interior de la contraportada la lista total, y en el exterior, los títulos que integran el área a que corresponde el presente manual.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b>	<b>5</b>
<b>ADVERTENCIA</b>	<b>6</b>
<b>1. CONSERVACIÓN DE GRANOS</b>	<b>9</b>
1.1. Manejo del producto	10
1.2. Limpieza y clasificación	12
1.3. Dsecación	16
1.4. Control de plagas	20
1.5. Almacenes	22
1.6. Inspecciones periódicas	30
<b>2. PROCESAMIENTO DE HARINAS DE TRIGO</b>	<b>31</b>
2.1. Materia prima	31
2.2. Molienda	32
2.3. Flujo de operaciones de molienda	36
2.4. Tratamiento de la harina	36
2.5. Clasificación de la harina	38
2.6. Elaboración de harina	39
<b>3. PROCESAMIENTO DE OTROS CEREALES</b>	<b>43</b>
3.1. Procesamiento del arroz	43
3.2. Procesamiento del maíz	46
3.3. Procesamiento de la cebada y el centeno	47
3.4. Procesamiento de la avena	48
<b>4. PRODUCCIÓN DE ACEITES VEGETALES</b>	<b>49</b>
4.1. Materia prima	49
4.2. Composición de aceites vegetales	50
4.3. Identificación de aceites vegetales	51
4.4. Tratamientos previos a la extracción	51



4.5. Extracción del aceite	54
4.6. Filtración y purificación	58
4.7. Refinación del aceite	60
4.8. Flujo de producción de aceite	62
4.9. Conservación del aceite	64
4.10. Residuos	64
<b>5. PRODUCCIÓN DE PROTEÍNAS VEGETALES</b>	<b>65</b>
5.1. Características de las proteínas vegetales	65
5.2. Clases de proteínas vegetales	66
5.3. Elaboración de proteínas vegetales	67
<b>6. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR</b>	<b>71</b>
6.1. Operaciones preliminares	71
6.2. Trituración de la materia prima	72
6.3. Difusión	73
6.4. Purificación, clarificación	74
6.5. Concentración	76
6.6. Refinación del azúcar cruda	82
6.7. Clases de azúcar	84
6.8. Subproductos	85
6.9. Almacenamiento	85
<b>7. PRODUCCIÓN DE FIBRAS VEGETALES</b>	<b>87</b>
7.1. Fibras de semillas	87
7.2. Fibras de hojas	93
7.3. Fibras de tallos	95
<b>8. BENEFICIO DEL CAFÉ</b>	<b>97</b>
8.1. Proceso húmedo	97
8.2. Proceso seco	103
8.3. Tostado	103
<b>9. BENEFICIO DEL CACAO</b>	<b>105</b>
9.1. Recolección de granos	105
9.2. Fermentación, descascarado y clasificación	106
<b>8</b> <b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	

## 1. CONSERVACIÓN DE GRANOS

La conservación de granos y semillas tiene como objetivo reducir al máximo las pérdidas cualitativas y cuantitativas del producto. Por eso, se necesita someter el producto a un número de operaciones que se determinan al momento de la recepción de los granos.

Al recibir los granos, se pesa la partida por medio de una báscula-puente si llega a granel, y mediante una báscula de piso, si el producto se encuentra ensacado. Además, se toma una muestra representativa para determinar las operaciones, o sea, el flujo de las que se requieren para obtener una adecuada conservación. El flujo incluye algunas de las siguientes operaciones:

- Manejo del producto.
- Limpieza y clasificación.
- Desección de los granos.
- Control de plagas.
- Almacenamiento del producto.

Para el manejo del producto se dispone de varios tipos de equipo, tanto para el traslado de granos ensacados, como de granos a granel.

Con base en los resultados del examen de la muestra de la partida, se determinan las necesidades. Éstas pueden ser de limpieza y clasificación, de desecación y de control de plagas.

Los cereales cosechados mediante máquinas cosechadoras modernas no siempre necesitan de una limpieza y clasificación adicional. Sin embargo, productos como el palay, normalmente requieren tal operación para separar las impurezas, el polvo y demás cuerpos extraños, para asegurar así una desecación y un almacenamiento de granos de alta calidad.

Durante la conservación, los granos pierden peso y valor nutritivo, principalmente por respiración y evaporación, pero también por la acción de insectos, roedores, hongos y bacterias. Para reducir la respiración y para obstaculizar la acción de hongos y bacterias, es necesario que el producto tenga una humedad de 15% o menos. En el caso que la humedad del producto cosechado sea mayor, se le debe secar antes o durante el almacenamiento.

Los ataques de insectos, ratas y ratones se reducen mediante insecticidas y cebos envenenados. Es importante no aplastar, agrietar o partir los granos, ya que estos daños favorecen la penetración de insectos y hongos.

Durante el almacenamiento mismo, la temperatura y la humedad del producto aumentan debido a la respiración y evaporación. Cuando la temperatura aumenta, el aire húmedo se mueve a través de la masa de granos. Donde la temperatura es menor, la humedad se condensa y se concentra en ciertas zonas del almacén. La acumulación de humedad y calor se evita mediante una adecuada ventilación.

### **1.1. Manejo del producto**

Los granos ensacados se trasladan a hombro o mecánicamente por medio de los siguientes transportadores;

- (1) *Transportador de rodillos.* La banda es ligeramente inclinada y los sacos se desplazan por gravedad.
- (2) *Transportador de cadenas.*
- (3) *Elevador de banda plana.* En caso que la banda esté soportada por medio de rodillos inclinados, ésta tendrá una sección acanalada que permita el traslado, no sólo de sacos, sino también de granos sueltos o a granel.

Los granos a granel se transportan por medio de los siguientes equipos:

- (4) *Transportador de gusano.*
- (5) *Elevador de cangilones.*
- (6) *Transportador neumático.* Consta de un ventilador, una entrada con válvula giratoria y un ciclón.

El transportador de gusano se emplea principalmente para el transporte horizontal, o ligeramente inclinado. El elevador de cangilones es adecuado para el transporte vertical. El transportador neumático se puede utilizar para el transporte en cualquier dirección



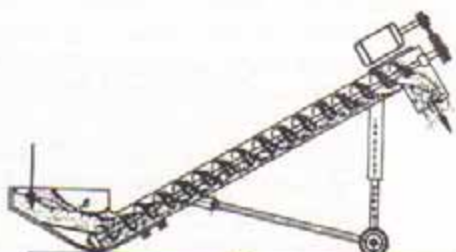
①



②



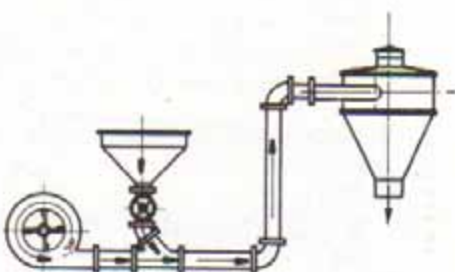
③



④



⑤



⑥



El aire es el medio de transporte neumático. El producto entra en la corriente de aire por medio de una tolva con válvula giratoria. Al girar, la válvula hace entrar el producto sin dejar escapar el aire. Una vez mezclado con el aire, el producto se desplaza hacia un ciclón. Al entrar en el ciclón, la velocidad del aire disminuye y los granos caen. El aire escapa por la salida del ciclón. Los granos salen del ciclón a través de una válvula.

## **1.2. Limpieza y clasificación**

La separación del producto, de otras materias de diferentes especies, por ejemplo, piedrecillas y granos de otros cereales, se llama limpieza. La separación por clases de la misma especie, se llama clasificación. Ambas operaciones se efectúan con la misma máquina, según diferencias en tamaño, forma, peso específico o elasticidad de los materiales.

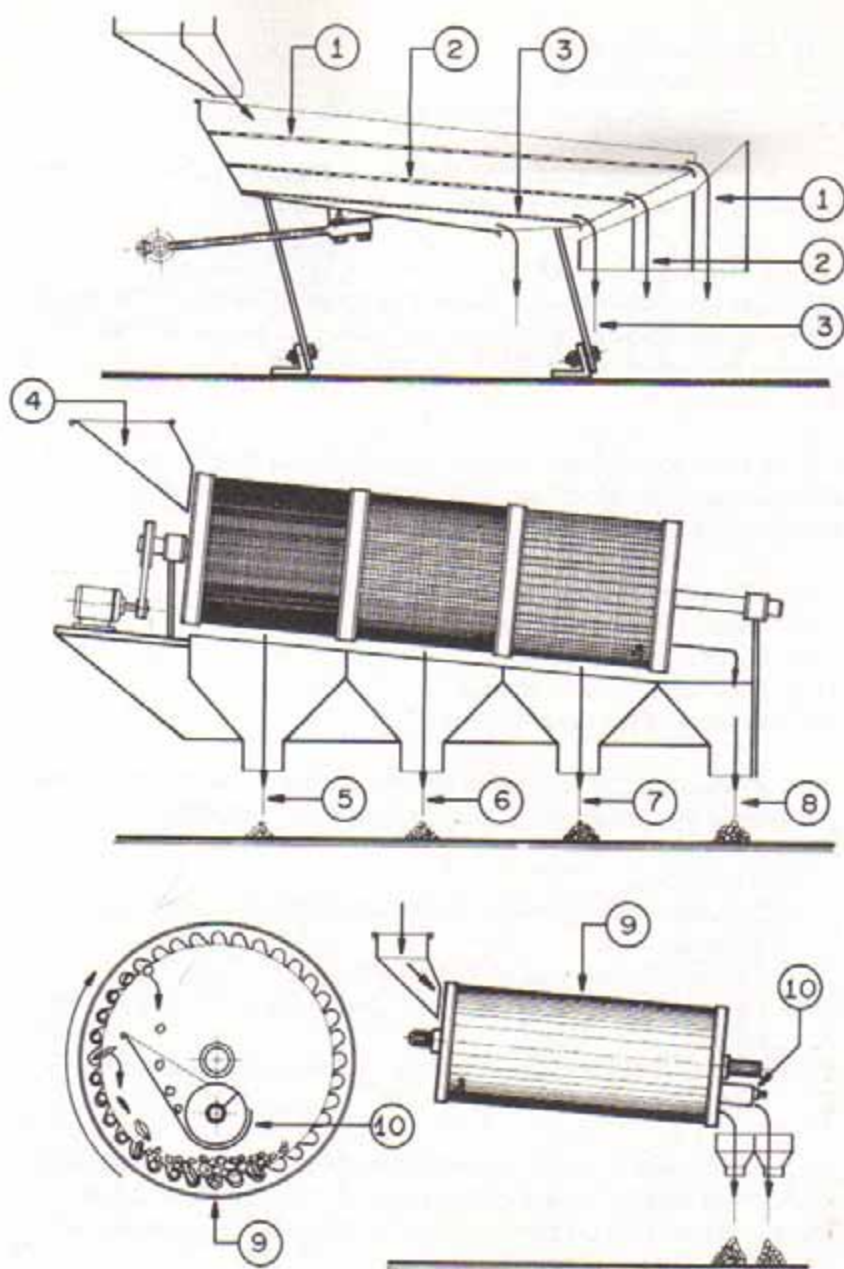
La separación, según el tamaño, se efectúa mediante máquinas con cribas planas en movimiento oscilante o con máquinas con cribas cilíndricas en rotación.

- (1) Criba plana con orificios grandes. Salen los granos más grandes. Los otros pasan, a través de ésta, a la otra con orificios intermedios.
- (2) Criba con orificios intermedios. Salen los granos de tamaño intermedio.
- (3) Criba con orificios chicos. Salen los granos de tamaño chico. El polvo atraviesa la criba.
- (4) Entrada del material al cilindro giratorio de cribas.
- (5) Salen los granos chicos y el polvo.
- (6) Salen los granos de tamaño mediano.
- (7) Salen los granos de tamaño grande.
- (8) Salen los granos de tamaño más grande.

La máquina separadora, según la forma de los productos, consta de lo siguiente:

- (9) Cilindro rotativo con tazas en el interior.
- (10) Canal de separación con conductor de gusano.

Al girar, el cilindro lleva las semillas más redondas a las tazas, a una altura mayor que la de las semillas más alargadas. Por esto, las semillas más redondas caen dentro del canal de separación y el conductor las lleva fuera de la máquina.



Para separar los productos redondos de los alargados, se usan también bandas inclinadas.

- (1) Entrada de la mezcla.
- (2) Semillas redondas.
- (3) Semillas alargadas, terrones y piedras.

La criba angular separa las semillas con base en diferencias en longitud. La criba tiene un movimiento oscilante.

- (4) Entrada del producto.
- (5) Las semillas redondas pasan a la garganta, a través del ángulo.
- (6) Las semillas alargadas son retenidas y se desplazan hacia la descarga de la criba por el movimiento oscilante de la misma.

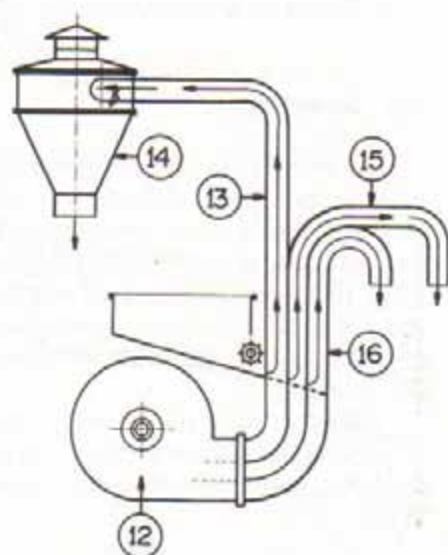
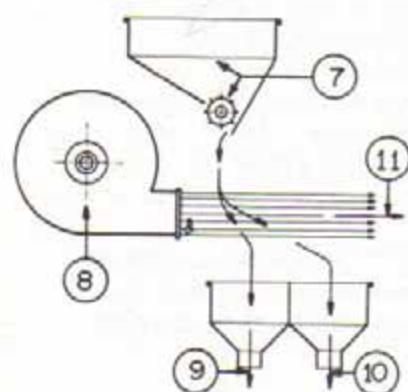
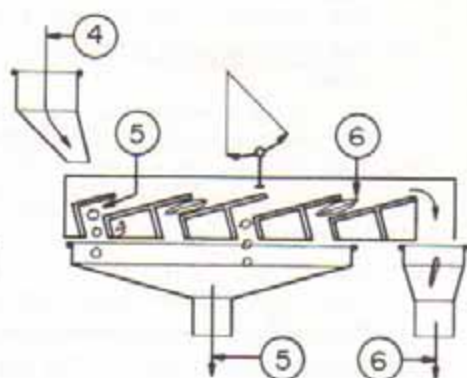
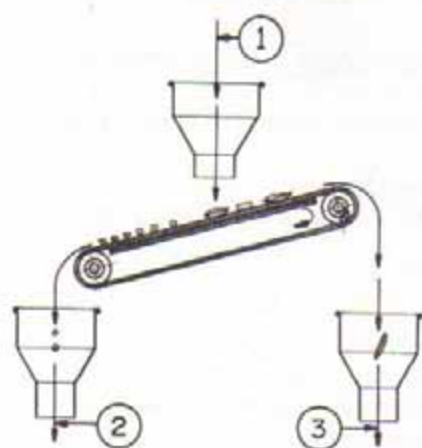
La separación, según el peso específico, se efectúa por diferencias en la velocidad de las partículas de la mezcla en una corriente de aire.

- (7) Tolla con rodillo acanalado dosificador.
- (8) Ventilador y corriente de aire.
- (9) Partículas más pesadas.
- (10) Partículas de peso medio.
- (11) Polvo e impurezas livianas.

La máquina con columnas de aire, separa la mezcla en clases, por medio de corrientes de aire de diferente velocidad.

- (12) Ventilador.
- (13) Columna con corriente lenta. Salen polvo y partículas livianas.
- (14) Trampa de polvo ciclónica o ciclón.
- (15) Columna con corriente media. Salen las partículas de peso medio.
- (16) Columna con corriente fuerte. Salen las partículas más pesadas.

La separación, según la elasticidad, requiere de una máquina que consta de una mesa inclinada vibratoria. La vibración se efectúa en sentido perpendicular a la inclinación. La mesa está provista de partes triangulares.





Este tipo de máquina se utiliza para separar arroz, con o sin cáscara, y las cáscaras mismas.

- (1) Alimentación de la mezcla en el centro de la mesa vibratoria.
- (2) Los granos de mayor elasticidad, como el arroz sin cáscara, van cayendo hacia la parte inferior de la mesa.
- (3) Las cáscaras y los granos con cáscaras suben a lo largo de la mesa.

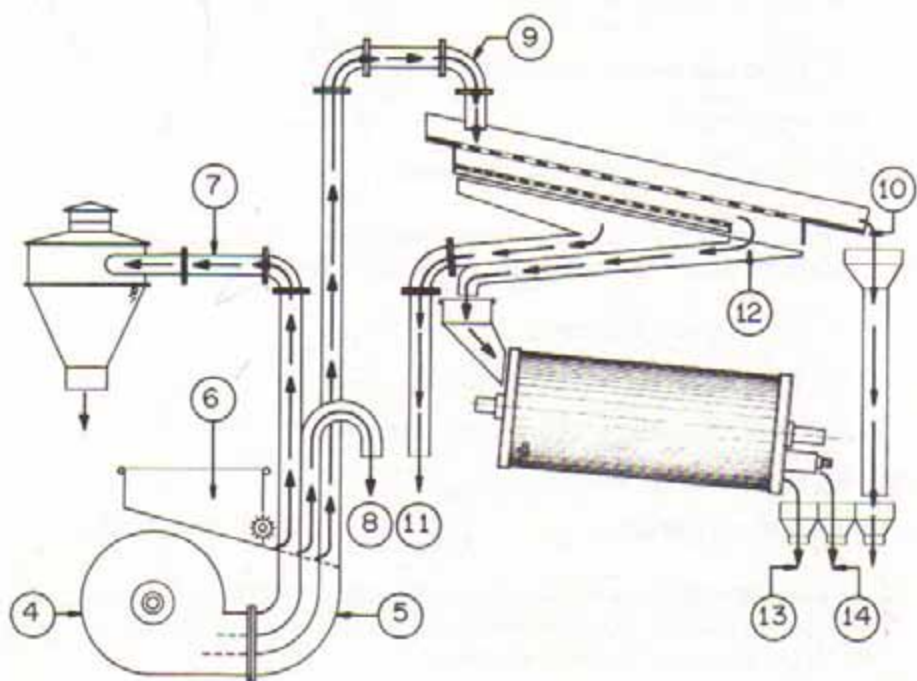
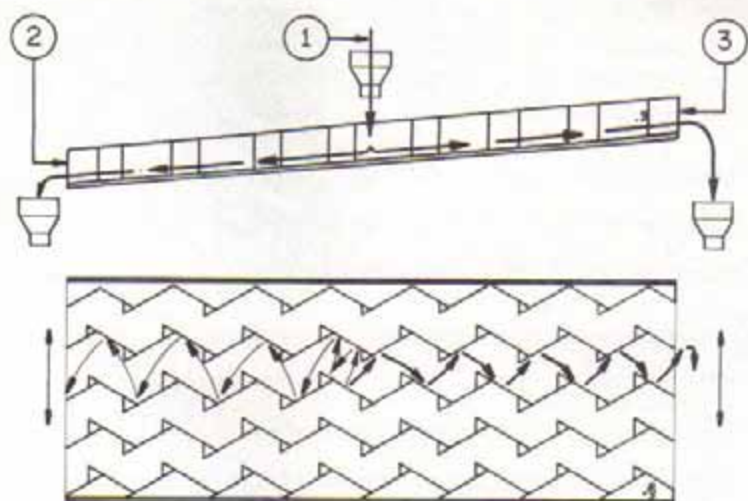
Las máquinas combinadas separan la mezcla de acuerdo con diferentes características.

- (4) Ventilador.
- (5) Columnas de aire.
- (6) Tolva con rodillo de dosificación.
- (7) Salida de partículas livianas y ciclón de polvo.
- (8) Salida de partículas chicas, de peso medio.
- (9) Salida de partículas grandes hacia la unidad de cribas oscilantes.
- (10) Salida de impurezas grandes.
- (11) Salida de granos de tamaño medio.
- (12) Salida de granos hacia el cilindro de tazas.
- (13) Salida de granos alargados.
- (14) Salida de granos redondos.

### 1.3. Deseccación

La desecación consiste en la absorción de la humedad del material por medio de aire, y el transporte del aire saturado hacia afuera, a través de los espacios entre los granos. Al respecto, el aire caliente tiene una mayor capacidad de absorción que el aire frío. En climas secos, el sol mismo calienta el aire. En este caso, la desecación natural se puede efectuar al aire libre. Pero, en los climas fríos y en las regiones húmedas es necesario calentar el aire artificialmente.

Para favorecer una rápida extracción del aire saturado en el caso de la desecación natural, los granos se distribuyen en capas delgadas, sobre un piso seco, y se mueven varias veces durante el día.



Para proteger los granos contra la lluvia y contra el rocío nocturno, se amontona el material y se cubre con lonas plásticas.

En el caso del secado artificial se emplea un ventilador para forzar el transporte del aire saturado. El desecador discontinuo para granos ensacados consiste en lo siguiente:

- (1) Unidad de ventilador y calentador eléctrico.
- (2) Cámara de distribución del aire caliente.
- (3) Sacos de granos sobre las rejillas.

El desecador de silo es otro tipo discontinuo para secar granos a granel.

- (4) Unidad de ventilador y calentador de aire.
- (5) Cámara de distribución del aire en el fondo del silo.
- (6) El aire saturado es forzado hacia afuera.

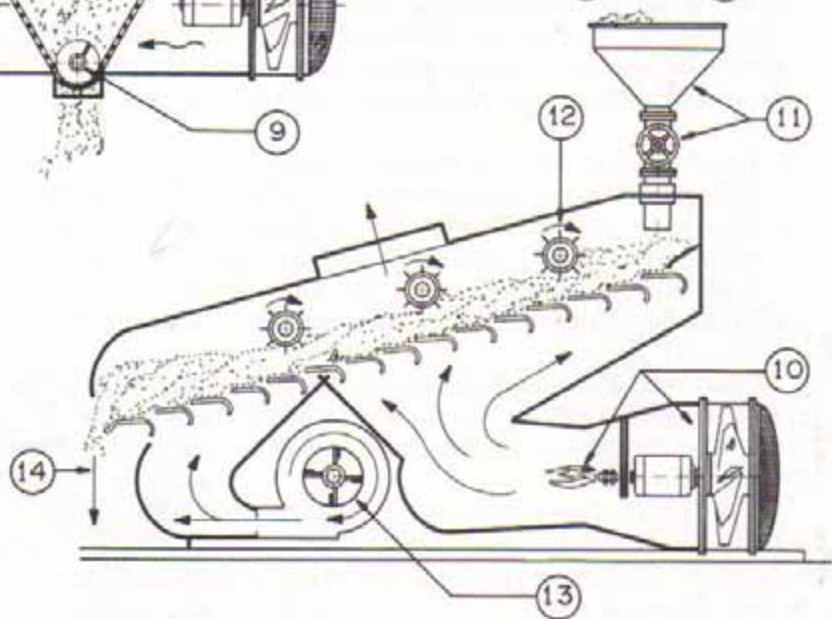
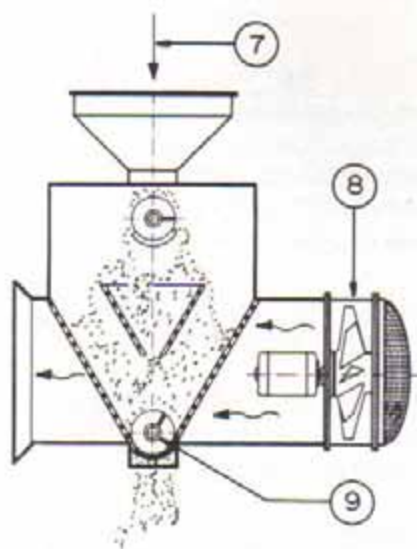
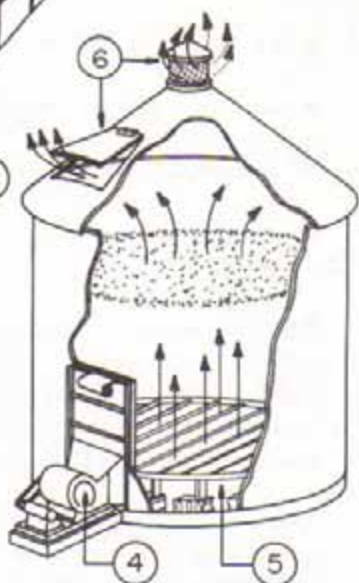
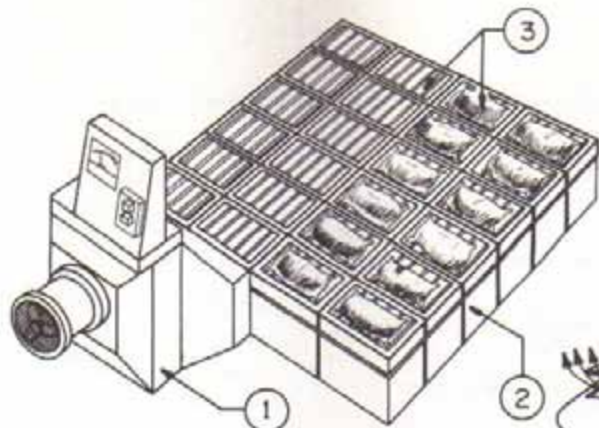
Un desecador continuo con aire a temperatura ambiente, consta de lo siguiente:

- (7) Tolva con gusano para la alimentación.
- (8) Ventilador.
- (9) Descarga por medio de un gusano.

Existen también secadoras que descargan los granos, ya enfriados, hasta una temperatura próxima a la del ambiente.

- (10) Ventilador y quemador.
- (11) Tolva con válvula de dosificación.
- (12) Rodillos de emparejamiento y avance.
- (13) Ventilador de enfriamiento.
- (14) Descarga de los granos.

La temperatura máxima para la desecación artificial depende del tipo de granos. Varía entre 35 °C para frijol de consumo y 74 °C para granos destinados a piensos.





El tiempo de secado depende de varios factores. Será menor cuando:

- La humedad inicial del producto sea menor.
- La humedad final requerida sea mayor.
- La capacidad del ventilador sea mayor.
- La temperatura del aire sea mayor.

#### **1.4. Control de plagas**

Para el control de plagas se emplean plaguicidas por contacto y plaguicidas respiratorios. Los insecticidas por contacto son relativamente persistentes y dan una protección casi duradera. Los más usados son el malathión, el piretro, el lindano y el DDT. Su aplicación puede efectuarse en forma de polvo o diluido en agua.

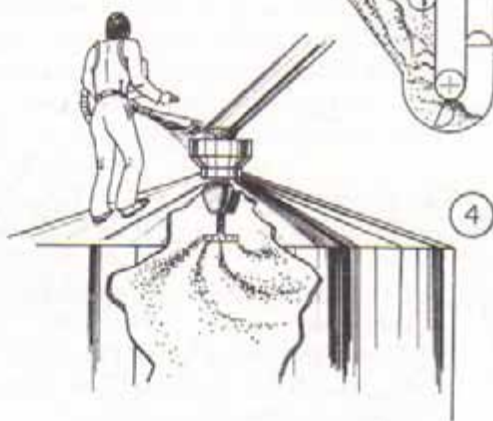
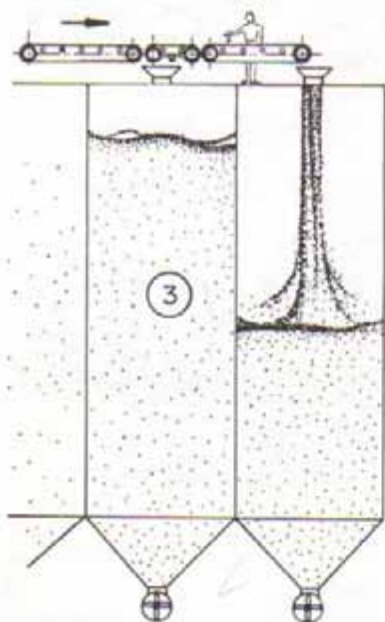
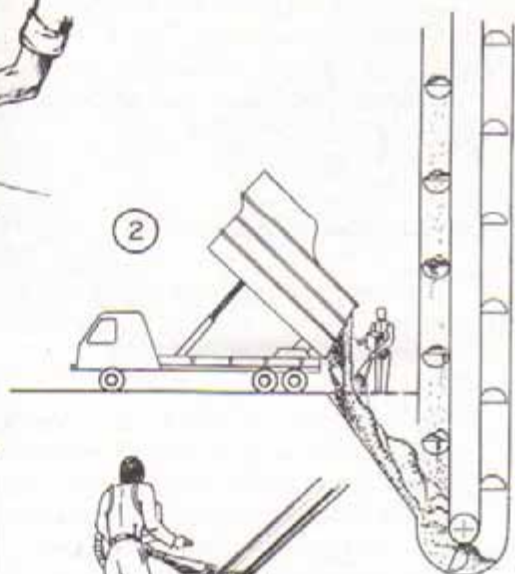
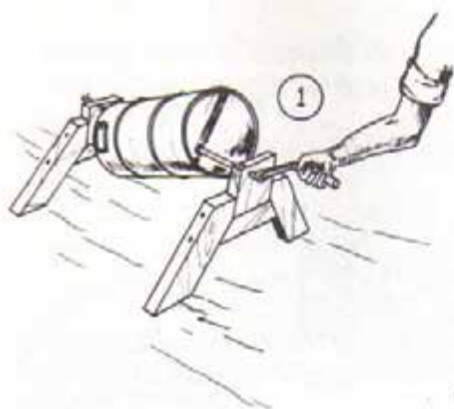
Los polvos en seco se mezclan con el grano, o son aplicados externamente a los sacos con granos y sobre el montón a granel, para evitar la reinfestación del producto.

La mezcla del polvo con el grano es adecuada para el producto a granel que se almacena durante largo tiempo. La incorporación del polvo insecticida se efectúa de la siguiente manera:

- (1) En un tambor giratorio con eje excéntrico.
- (2) Durante la recepción del grano en la tolva de alimentación.
- (3) Durante el traslado del grano en la banda transportadora.
- (4) Al momento de la introducción del grano en el silo.
- (5) Distribuyendo el insecticida en un saco de yute.
- (6) Tratando las paredes del montón con una espolvoreadora.

Los insecticidas diluidos en agua se usan para tratar las paredes, los pisos y los techos del almacén. Se emplean también para desinfectar los medios de transporte. En éstos se aplican mediante aspersoras.

Los insecticidas respiratorios, o fumigantes, son gases que penetran en el montón de los granos a granel o ensacados. Existen fumigantes en forma de pastillas, como las hechas a base de fosforo de aluminio.



Éstos liberan el gas por la reacción de las pastillas y por el calor y la humedad del grano. Para evitar la fuga del gas, se cierra el silo o se tapa con lonas de plástico.

Después de aproximadamente 72 horas, se abre la estiba para ventilar y eliminar el gas.

## **1.5. Almacenes**

El almacenamiento de grano, en sacos y a la intemperie, es un procedimiento utilizado en los centros de acopio ubicados en zonas de climas secos.

- (1) El piso debe ser una plataforma de cemento que impida la absorción de la humedad del suelo.
- (2) Los sacos deben colocarse cruzados, bien asentados y con una ligera pendiente hacia adentro.
- (3) El montón se cubre con una lona de plástico reforzado para protegerlo contra la lluvia y el rocío.

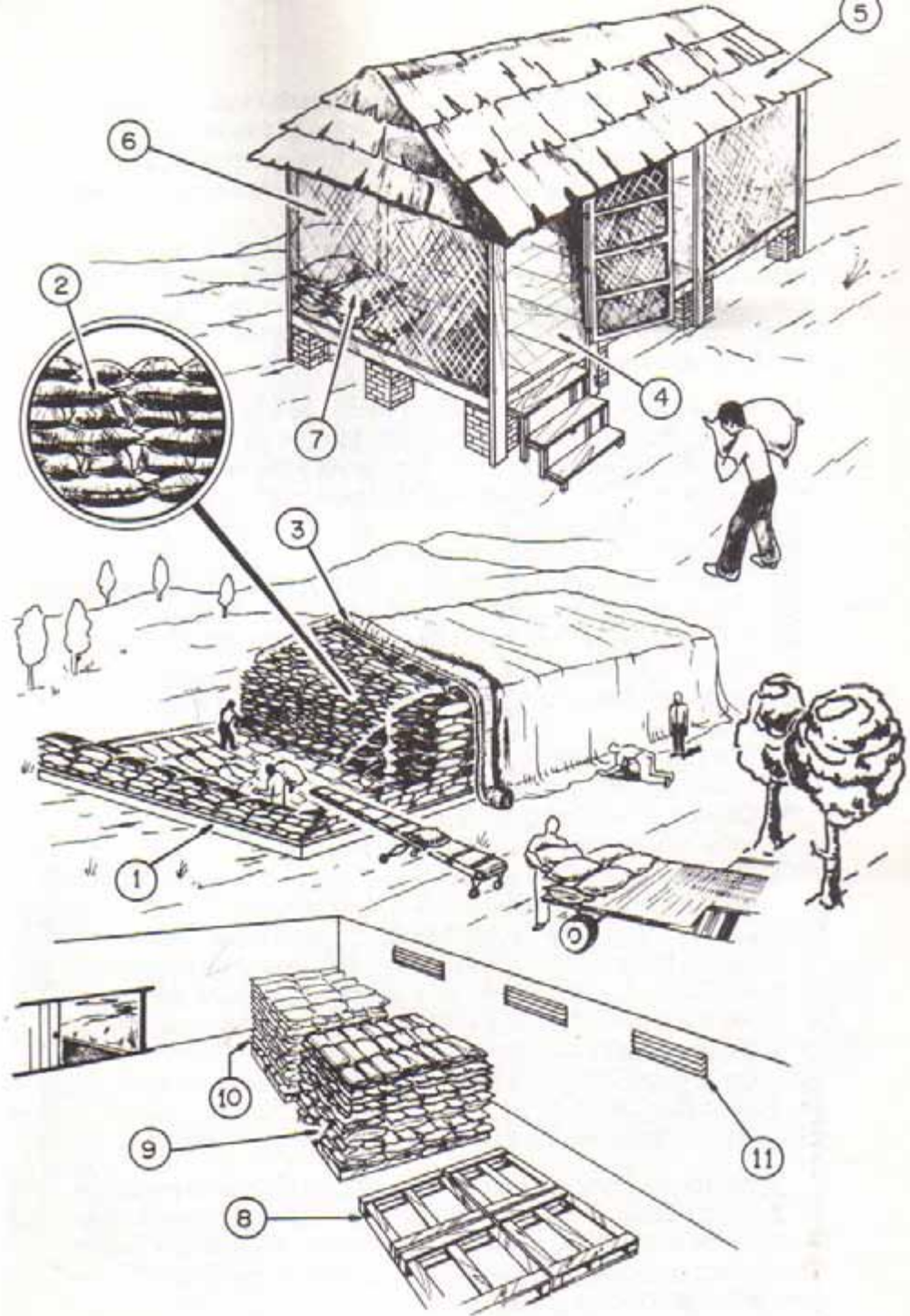
El almacenamiento bajo cobertizo se utiliza para guardar pequeñas cantidades de granos, en climas secos.

- (4) El piso de madera es elevado para que los sacos no absorban humedad.
- (5) El techo protege los granos de la lluvia y del calor del sol.
- (6) Las paredes se protegen con malla metálica para impedir el acceso a roedores y pájaros.
- (7) Los sacos se apilan en forma tal que sea posible espolvorearlos con insecticidas.

En la bodega, el producto no queda expuesto a la intemperie. Además, el control de las plagas se efectúa con mejores resultados.

- (8) El estibado se hace sobre tarimas de madera que permitan la circulación del aire e impidan la absorción de la humedad del piso.
- (9) Los sacos no deben apilarse alrededor de las columnas.
- (10) Deben dejarse corredores que favorezcan la circulación del aire.
- (11) Las ventanas deben permitir la ventilación en el interior.





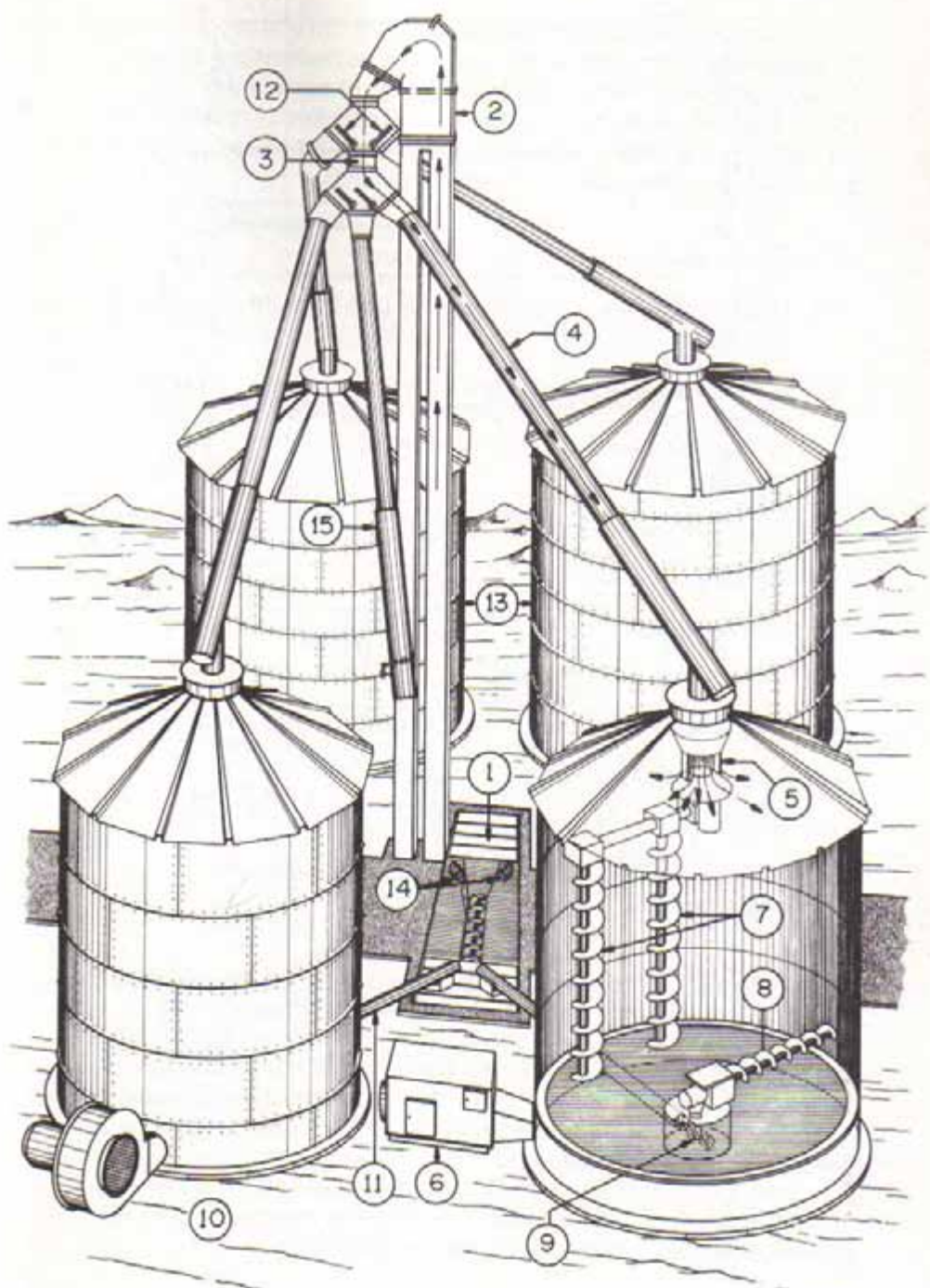


Los depósitos para granos a granel son silos de metal, hormigón o madera. Tienen un fondo cónico o plano. El fondo cónico permite la descarga de silo por gravedad. El silo de fondo plano debe ser descargado manualmente o por medio de transportadores de gusano.

Los silos metálicos se emplean, a menudo, en el rancho mismo para la desecación y conservación de granos cosechados mediante cosechadoras modernas. El producto no requiere de una limpieza o clasificación adicional en la recepción. Un ejemplo de una unidad de estos silos es el siguiente:

- (1) Tolva subterránea, cubierta por medio de una rejilla. Está provista de un transportador de gusano en su fondo. Los remolques pueden descargar los granos a granel en la tolva. El gusano alimenta los granos al elevador de cangilones.
- (2) Elevador de cangilones.
- (3) Unidad de válvulas con cinco vías.
- (4) Tubo telescópico que conduce los granos hacia el silo de secado.
- (5) Distribuidor automático.
- (6) Equipo secador que mueve aire caliente en el doble fondo y a través de la masa de granos.
- (7) Gusanos de estribo o agitadores para mover el grano durante el secado.
- (8) Gusano en el doble piso que después del secado lleva el producto hacia una tolva de descarga en el centro del piso.
- (9) Gusano horizontal que lleva los granos desecados hacia la tolva subterránea y al elevador de cangilones.
- (10) Silo de reposo con doble fondo, equipado con un ventilador para uniformar la humedad de los granos secos.
- (11) Conductor de gusano para llevar los granos secos después del reposo hacia la tolva subterránea y al elevador de cangilones.
- (12) Mediante el ajuste de las válvulas, se conducen los granos secos a los silos de almacenamiento para su conservación.
- (13) Bodegas o silos de conservación.
- (14) Conductores de gusano subterráneos para vaciar los silos de conservación.
- (15) Tubo telescópico para descargar los granos en remolques.

Este tipo de instalación permite la circulación de los granos en forma automática. También, es posible recircular el producto, por ejemplo, para un secado repetido o en etapas. Además, por debajo de los pisos de doble fondo se pueden introducir pastillas fumigantes en caso de plagas.



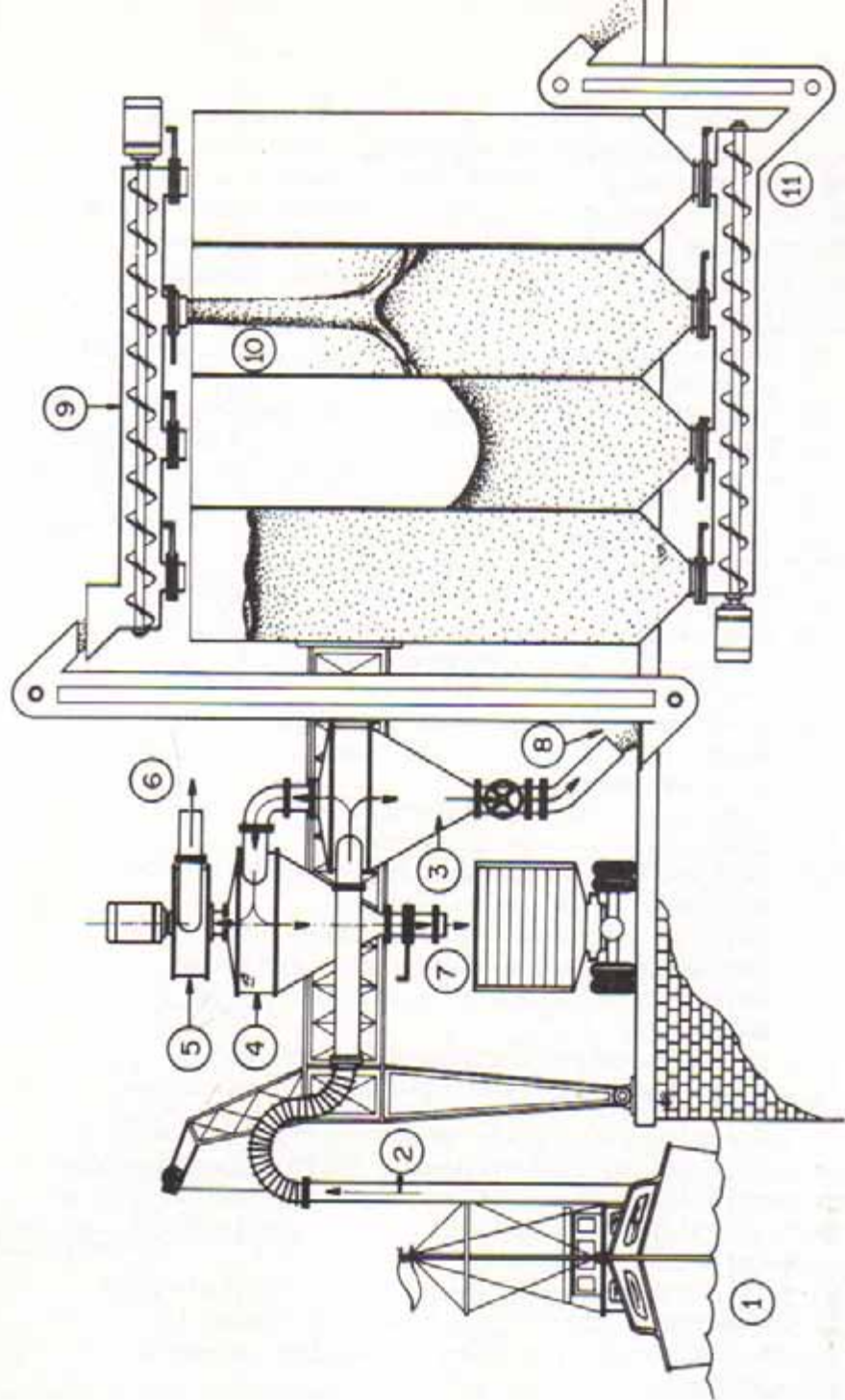
En los centros de acopio para la conservación y el procesamiento de los granos, se emplean a menudo sistemas neumáticos para el manejo, particularmente cuando la entrega es por vía marítima. Este sistema se presta para combinar la operación de descarga de los barcos y remolques, con una operación de limpieza neumática que separe los granos de sus impurezas livianas.

- (1) Embarcación, que entrega los granos.
- (2) Tubo de succión. Está provisto de una boca de admisión para succionar los granos.
- (3) Ciclón de granos, que separa los granos del polvo y de las impurezas livianas. Está provisto de una válvula rotativa que permite la descarga de los granos, sin interrumpir el vacío del sistema.
- (4) Ciclón de polvo, que separa las impurezas livianas del aire.
- (5) Ventilador de succión.
- (6) Salida del aire.
- (7) Descarga de las impurezas.
- (8) Descarga de los granos en el elevador principal de cangilones.
- (9) Conductor de gusano para cargar los silos.
- (10) Silos para almacenar los granos.
- (11) Sistema de descarga de los silos hacia la planta de procesamiento.

El elevador principal se puede usar también para la descarga de remolques con granos a granel. La entrada del elevador está provista de una rejilla al nivel del suelo. El remolque descarga los granos directamente a la tolva del elevador, sin que intervenga el sistema neumático. Los granos también pueden descargarse del ciclón de granos en los remolques. Así, se succionan los granos del barco y se trasladan directamente al remolque.

En el caso del arroz con cáscara o palay, se emplea a menudo una instalación que permite tanto la limpieza intensiva, como el secado en etapas y el reposo de los granos secos.





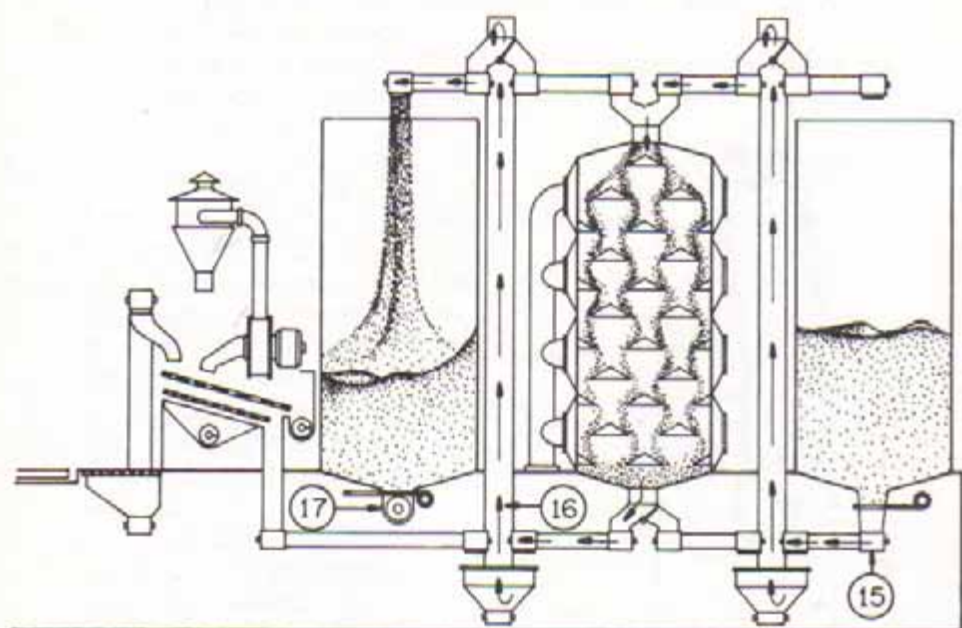
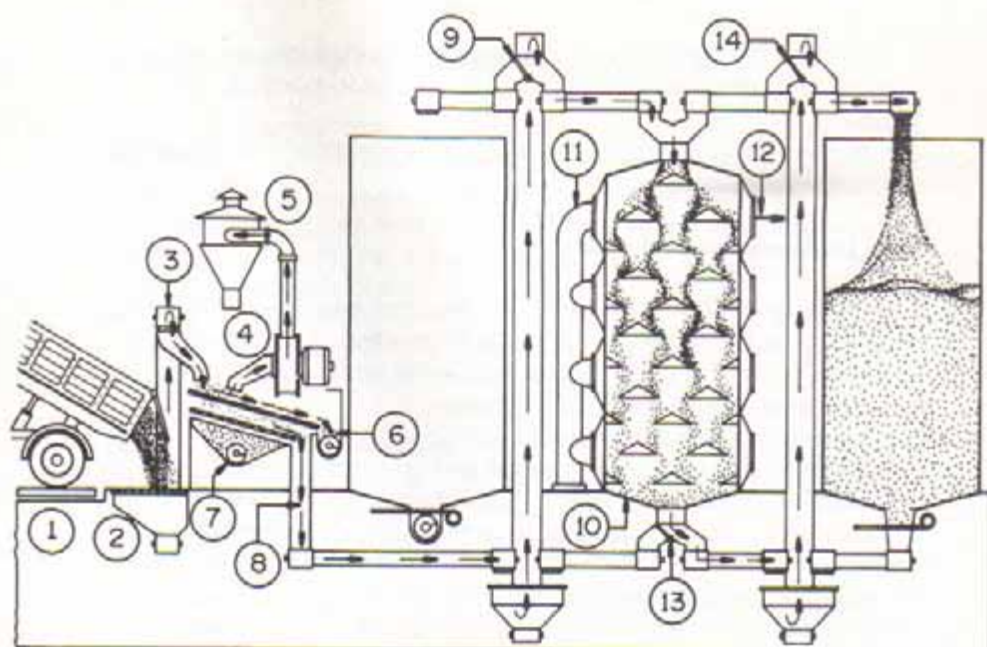


El palay tiene en general una humedad de alrededor del 25%. Por eso, necesita un secado intensivo por etapas, para evitar el deterioro de su calidad. Antes de someter el producto al proceso de desecación, es también necesario separar las impurezas, el polvo y demás cuerpos extraños. Como consecuencia, la instalación y el flujo de operaciones son como sigue:

- (1) Recepción del producto donde se pesa la partida mediante una báscula puente.
- (2) Tolva subterránea de descarga provista de una rejilla.
- (3) Elevador de cangilones que lleva el producto a la unidad de limpieza.
- (4) Aspirador para separar impurezas livianas.
- (5) Ciclón para separar las impurezas del aire.
- (6) Salida de partículas más grandes que los granos.
- (7) Salida de partículas más pequeñas que los granos.
- (8) Salida de granos hacia un conductor de gusano que los lleva a uno de los elevadores principales de cangilones.
- (9) La válvula dirige los granos hacia el secador.
- (10) Secador tipo cascada. Los granos bajan por gravedad en forma de cascada.
- (11) Tubos de entrada de aire caliente.
- (12) Salida de aire saturado de humedad.
- (13) La válvula dirige los granos secos hacia el otro elevador principal de cangilones.
- (14) La válvula dirige los granos secos hacia el silo de reposo.
- (15) Después del reposo, se descargan los granos hacia el elevador de cangilones para la segunda pasada por el secador.
- (16) Los granos son elevados hacia el silo de depósito.
- (17) Salida de los granos hacia la planta de procesamiento.

Durante la primera pasada por el secador, el contenido de la humedad baja hasta aproximadamente 20%. Después, se enfría el producto a lo largo de un reposo de 24 horas. Posteriormente, se repite el ciclo de secado por dos o tres veces, hasta alcanzar una humedad de aproximadamente 15%.

En la descarga de los almacenes, se da prioridad a la salida de partidas que no han sido tratadas con insecticidas. Las partidas desinfectadas y de menor humedad se mantienen almacenadas.



En caso de que no haya diferencias entre partidas, se descargan primero las que se hayan almacenado durante más tiempo.

Al salir del almacén, el producto debe ser pesado nuevamente.

### **1.6. Inspecciones periódicas**

Durante el almacenamiento, se efectúan inspecciones, a ciertos intervalos de tiempo, para controlar el proceso. Las inspecciones incluyen el control de la temperatura en el almacén, así como posibles ataques de insectos y roedores.

La temperatura del producto se mide con sondas termoelectricas o con termómetros de mercurio amarrados a la punta de una sonda de madera. La temperatura por encima de la temperatura inicial, indica que existe un foco de humedad con desarrollo de hongos y bacterias. La respiración ha aumentado. En este caso, será necesario efectuar el traspaleo del grano, acompañado eventualmente por la desecación y por tratamiento con insecticidas.

El control de insectos y roedores se hace como se mencionó en el punto 1.4.

## 2. PROCESAMIENTO DE HARINAS DE TRIGO

El procesamiento de los cereales consta, en primer lugar, de la separación de las partes no digeribles del grano, mediante el proceso de molturación. Estas partes son la cáscara y el salvado. Durante el proceso de la molienda también se separan los gérmenes. Éstos contienen mucho aceite que puede provocar el enranciamiento del producto.

### 2.1. Materia prima

Los granos de cereales se dividen en: granos con cáscara y granos sin cáscara. El trigo, el centeno y el maíz son granos sin cáscara. Los granos de arroz, avena y cebada tienen cáscara.

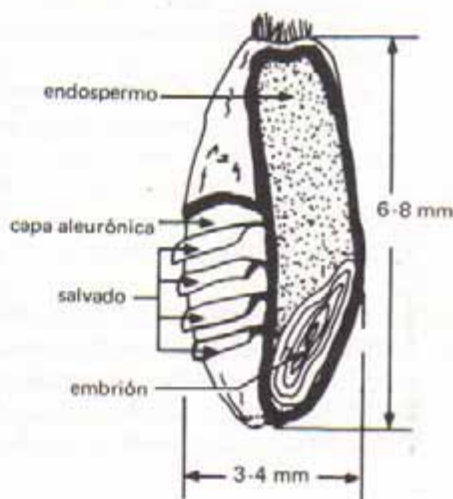
El trigo consta de las siguientes partes:

- **Endospermo.** Es la parte central de la cual se obtiene la harina.
- **Capa aleurónica.** Es la cubierta externa del endospermo. No contiene almidón. Es rica en proteína y aceite.
- **Salvado.** Es la capa que cubre el grano y le da su color característico. No es digestible y debe ser eliminada durante la molienda.
- **Embrión o germen.** Es la parte reproductora del grano. El embrión es rico en proteínas y aceites. Contiene también vitamina B.

Se distingue trigo duro y trigo blando. El trigo duro tiene un endospermo vítreo o córneo. Es de elevado contenido proteínico y de alto rendimiento en gluten. El trigo blando tiene un endospermo harinoso.

Es de bajo contenido proteínico y su harina no es muy apta para la elaboración de pan y de pasta.

Esta harina se utiliza para la fabricación de productos como galletas y pasteles.





## **2.2. Molienda**

La molienda consta de una serie de operaciones para transformar el endospermo del trigo en harina. El proceso incluye las siguientes operaciones:

- De limpieza.
- De acondicionamiento.
- De molturación.
- De almacenamiento de la harina.

### **2.2.1. Limpieza**

Para producir harinas de alta calidad, es necesario limpiar el grano de las impurezas adheridas. La operación consiste en una limpieza por medio de cribas y rozamiento, seguida del lavado.

La limpieza por cribas es, en realidad, una limpieza adicional y similar a la ya efectuada antes del almacenamiento y el secado. La limpieza por rozamiento permite eliminar los pelos adheridos, la suciedad superficial y las partes blandas. La limpieza se efectúa por compulsión de los granos contra la superficie interior áspera de un cilindro, mediante aspas rotativas. Las aspas forman un batidor que, al mismo tiempo, empuja los granos a través del cilindro hacia la salida del otro extremo. Las impurezas salen de la máquina a través de las perforaciones del cilindro.

El lavado consiste en sumergir los granos en agua. Durante este proceso, la humedad del grano aumenta 3%. El exceso de agua se elimina por medio de centrifugación.

### **2.2.2. Acondicionamiento**

Esta operación tiene el objetivo de facilitar la separación del endospermo, mejorar su disgregación y cernir la harina más fácilmente. La operación consiste en aumentar la humedad interna del grano, que hace el salvado más correoso y el endospermo más blando y frágil.

El acondicionamiento consiste en sumergir los granos en agua. Luego, los granos se escurren y se dejan en reposo a temperatura ambiente durante uno hasta tres días.

Durante este proceso, el grano absorbe aproximadamente 3% de agua en unos cuantos minutos. En caso que se desee una absorción más elevada, se debe someter el producto a repetidos humedecimientos alternados con reposos para que la absorción sea progresiva.

Para reducir el tiempo del acondicionamiento, se sumergen los granos en agua tibia durante dos horas. En este caso, el grano requiere un reposo de sólo 24 horas. También, se puede usar agua caliente a una temperatura de aproximadamente 60 °C. En este caso se sumerge el grano por un tiempo menor.

Para disminuir el tiempo de acondicionamiento aún más, se puede aplicar vapor, con el fin de calentar el grano y humedecerlo al mismo tiempo. Este tratamiento favorece la absorción y acorta considerablemente el tiempo del acondicionamiento.

### **2.2.3. Molturación**

La molturación de los granos acondicionados comprende la separación de la harina blanca y el salvado. Ésta, consiste en repetidas series de suboperaciones que incluyen trituration y purificación.

La trituration se efectúa por medio de un par de rodillos acanalados que giran a velocidades diferentes. Al pasar entre los rodillos, el material está sometido a una acción de roturación y granulación, produciendo harina y partículas gruesas.

La harina y las partículas caen en una unidad de tamizado, que en realidad es una unidad de cribas vibratorias. La vibración se obtiene mediante un mando excéntrico. La unidad contiene dos cribas que separan el material en tres clases.

Las partículas correosas del salvado y del germen son de mayor tamaño. La criba superior las retiene y ellas son separadas. La harina fina y las partículas de tamaño medio pasan a la segunda criba. Esta criba separa las partículas de tamaño medio. La harina fina sale por debajo de la segunda criba.

La construcción del triturador-tamizador es como sigue:

- (1) Tolva de alimentación de granos acondicionados.
- (2) Imán que separa las impurezas metálicas.
- (3) Dos rodillos de superficie áspera. El sentido de giro es opuesto. Las velocidades son diferentes.
- (4) Los granos triturados pasan a la unidad tamizadora.
- (5) Conexión flexible.
- (6) Tres tamices en una armazón vibratoria cerrada.
- (7) Mando excéntrico.
- (8) Salida de partículas gruesas, que se devuelven a una trituración sucesiva.
- (9) Salida de partículas medianas que igualmente se devuelven a una trituración sucesiva.
- (10) Salida de harina fina.

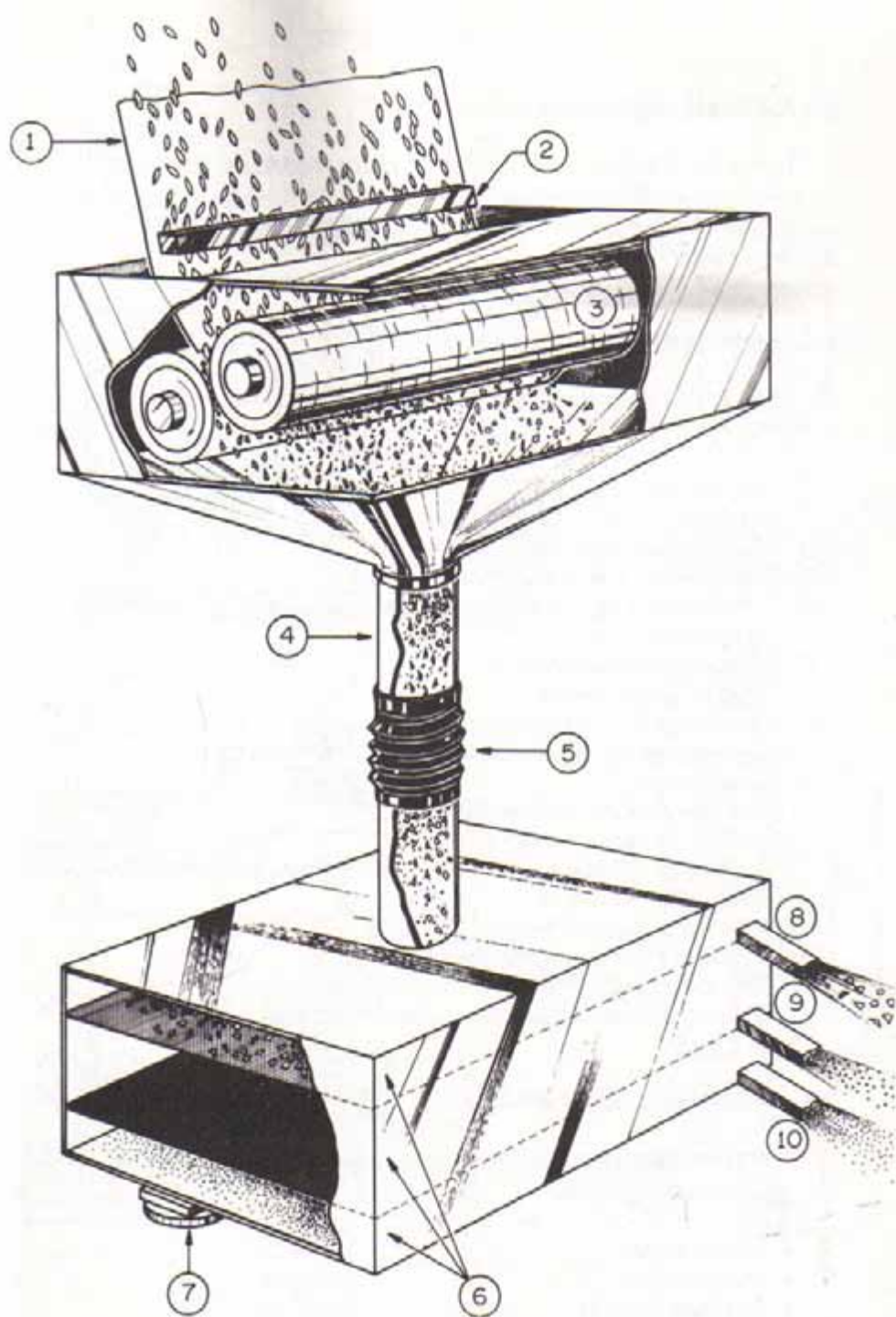
Las partículas que después de una repetida trituración no darán más harina, se eliminan del sistema. Estas constituyen los subproductos para consumo animal.

La purificación consiste en una serie de operaciones de cribado, combinadas con la acción del viento. Sirve para separar el salvado de la fracción molida. La separación por una corriente de aire divide la harina en fracciones con diferente contenido de proteínas y almidón. Además, separa las otras partículas que presentan diferente forma, tamaño y peso específico.

En el molino se transforman los granos en las siguientes fracciones:

- Harina blanca fina de las primeras trituraciones.
- Fracciones de harina contaminadas con salvado.
- Harinillas. Son fracciones del endospermo no separadas.
- Salvado.
- Gérmenes.







## **2.2.4. Almacenamiento de harina**

La harina debe tener un contenido de humedad de 13% para un adecuado almacenamiento. Se almacena a granel en silos. Luego, la harina puede ser pesada y ensacada en sacos de yute, algodón o papel.

## **2.3. Flujo de operaciones de molienda**

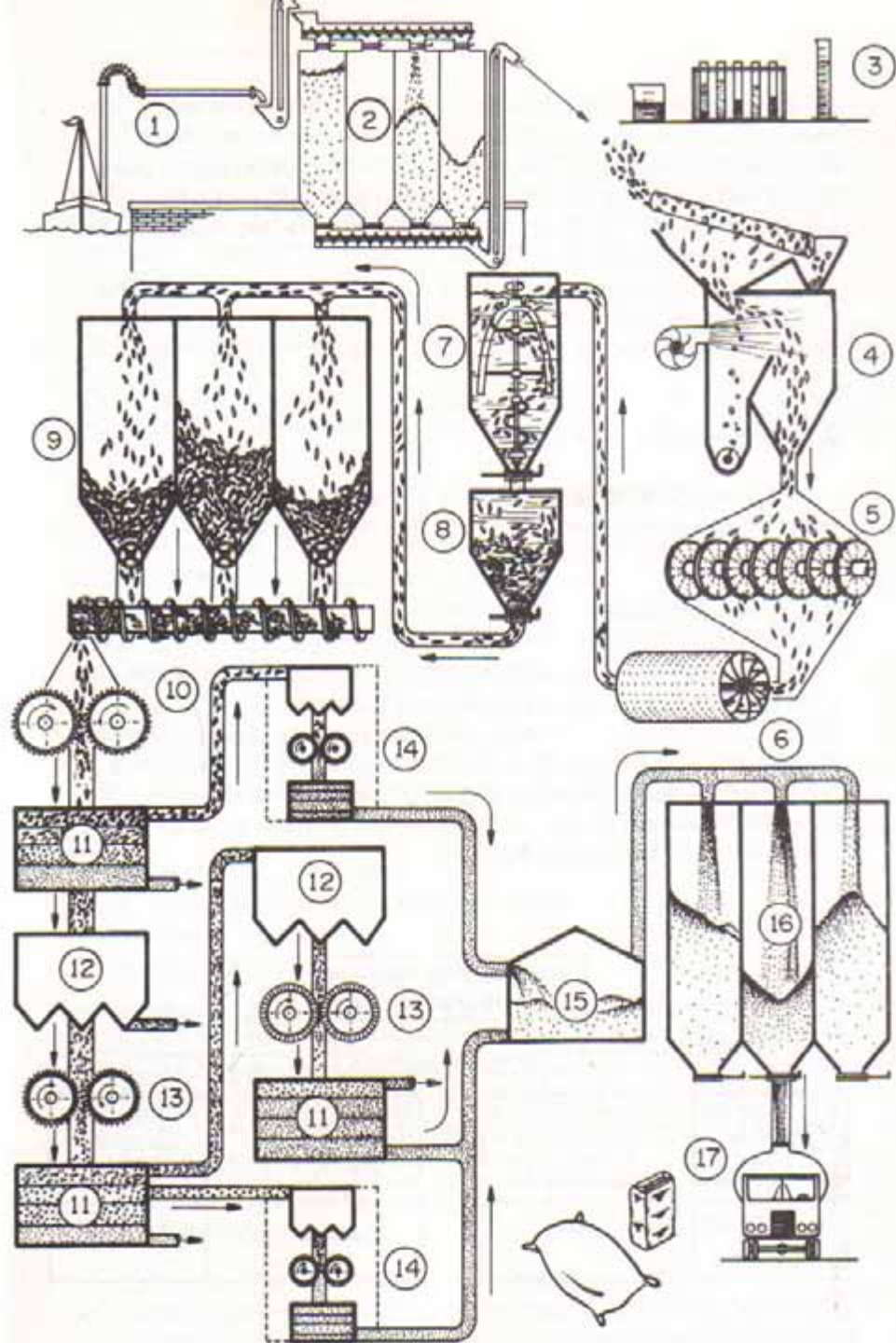
El flujo de las operaciones en la producción de harina de trigo es como sigue:

- (1) Entrega del trigo.
- (2) Recepción y almacenamiento.
- (3) Muestreo de la partida.
- (4) Prelimpieza, por cribado y aspiración.
- (5) Limpieza por medio de discos rotativos provistos de alvéolos.
- (6) Limpieza por rozamiento.
- (7) Lavado de los granos.
- (8) Tanque de acondicionamiento.
- (9) Silos de reposo. La humedad se difunde hacia el endospermo.
- (10) Rodillos quebrantadores del triturador.
- (11) Unidad de tamizado del triturador.
- (12) Purificador. Separa las partículas de salvado de harina.
- (13) Rodillos trituradores.
- (14) Serie de trituradores y purificadores.
- (15) Depósito de blanqueo y maduración.
- (16) Silos para las diferentes clases de harina.
- (17) Descarga de las harinas ensacadas, empacadas y a granel.

## **2.4. Tratamiento de la harina**

La harina de trigo, después de la molienda, debe someterse a las siguientes operaciones:

- Blanqueado.
- Maduración.
- Enriquecimiento.



El endospermo del grano de trigo contiene pigmentos coloreados naturales que deben decolorarse por oxidación, exponiendo la harina al aire. Las características panaderas de la harina mejoran también si se deja madurar ésta, durante el almacenamiento. Tanto la maduración como la decoloración se aceleran con bióxido de cloro.

El enriquecimiento consiste en añadir, a la harina, sustancias nutritivas, naturales o artificiales, para obtener una harina blanca de composición similar a la del grano entero.

## 2.5. Clasificación de la harina

El grano de trigo se transforma en harina de diferentes clases como harina blanca, harina integral, harina morena y sémola.

### 2.5.1. Harina blanca

La harina blanca tiene un coeficiente de extracción del 85%. Es la clase de harina más utilizada para la elaboración de pan, pastas y productos horneados, como los pasteles. La clasificación por aire permite obtener diferentes fracciones de harina blanca con un contenido variable en proteínas. Cada fracción se emplea para la elaboración de distintos productos de panadería, como se puede ver en el siguiente diagrama:





### **2.5.2. Harina integral**

La harina integral es una harina con un coeficiente de extracción superior al 85%. Se prepara mezclando la harina blanca con el salvado y el germen que se separa durante la molienda. También se obtiene triturando el grano entero. Se emplea para elaborar algunas clases de pan.

### **2.5.3. Harina morena**

La harina morena se obtiene mezclando la harina blanca con pequeñas cantidades de salvado y germen. Se emplea para elaborar pan.

### **2.5.4. Sémola**

La sémola se obtiene del trigo duro. La sémola es el endospermo molido en partículas gruesas, puro o contaminado con salvado o germen. Se obtiene durante las primeras trituraciones de la molienda. La sémola se utiliza principalmente para la elaboración de pastas alimenticias.

## **2.6. Elaboración de harina**

Los productos elaborados de harina se clasifican en los siguientes grupos:

- Productos horneados.
- Productos como pastas alimenticias.
- Productos coposos.
- Productos esponjados.

La mayoría de estos productos se hacen a base del endospermo de trigo y, en menor grado, del de centeno y maíz. Estos cereales contienen una elevada cantidad de almidón que, en forma natural, es insoluble, insípido e indigerible. El proceso de cocción, que se realiza en el hogar, en la fábrica durante la elaboración, lo vuelve digerible y agradable al paladar.

### **2.6.1. Productos horneados**

Los productos horneados, como el pan y los pasteles, son los que se obtienen cociendo en el horno una mezcla o masa de harina de trigo duro, de trigo blando y de sustancias esponjantes y saborizantes.



La harina de trigo duro se emplea principalmente en la elaboración del pan. Esta harina es la principal fuente de proteínas que forman el gluten en la masa del pan. La harina se mezcla con agua y demás ingredientes y se remueve hasta formar una masa elástica. El gluten forma en la masa una red que retiene las burbujas del gas producido por los agentes del esponjamiento. Esto provoca un aumento del volumen de la masa y la formación de una estructura parecida a la de una esponja. Enseguida, el gluten expuesto a una elevada fuente de calor se coagula y la estructura se vuelve semirígida. Si el gluten ha sido suficientemente dilatado por el gas antes de la cocción, la estructura se vuelve de naturaleza celular como la del pan de caja.

La harina de trigo blando se emplea en la elaboración de pasteles. Esta harina necesita de la adición de proteínas, como las del huevo, para que se desarrolle el esponjamiento.

Las sustancias que provocan el esponjamiento de la masa son levaduras y polvos para hornear. Las levaduras son células vivas; producen bióxido de carbono y alcohol. Esta producción de gas da a la masa la estructura de una esponja. Durante la cocción del pan, el calor mata la levadura, con lo cual se termina la producción del gas.

Los polvos para hornear se emplean en la elaboración de productos como pasteles y galletas. Constan de partículas de bicarbonato de sodio mezcladas con ácidos comestibles. En el horno, en presencia de agua y calor, el bicarbonato reacciona con el ácido y genera el bióxido de carbono.

Los saborizantes que se utilizan en la elaboración de los productos horneados son: huevos, grasa, azúcar y sal.

Los huevos contribuyen a mejorar la calidad del producto con sustancias nutritivas, sabor y color. Además, por el elevado contenido protéico, concurren en la creación del esponjamiento de los pasteles.

La grasa se derrite durante el horneado y se deposita alrededor de las paredes celulares de la estructura en proceso de coagulación y favorece el ablandamiento de la estructura.

El azúcar se utiliza para volver más agradable el alimento. También tiene la propiedad de retener la humedad y proporcionar un sustrato fermentable a la levadura. La sal se agrega para lograr efecto saborizante y reducir la velocidad de la fermentación.

El proceso de elaboración se diversifica según se elaboren panes o pasteles. La masa semisólida para la fabricación del pan se obtiene mezclando la harina de trigo duro con el agua, la levadura y las sustancias saborizantes. Luego, se deja reposar la masa para que empiece la fermentación con el desprendimiento del gas. Terminada la fermentación, la masa se introduce en el horno para la cocción del pan.

La masa semilíquida para la producción de pasteles se prepara mezclando la harina de trigo blando con el agua, el polvo para hornear, los huevos y las sustancias saborizantes. Luego se introduce la masa en el horno y empieza la coagulación de las proteínas de los huevos añadidos. Durante la coagulación se produce el gas, el que, al quedar atrapado en la masa que está coagulando, provoca el aumento del volumen del producto.

### **2.6.2. *Pastas alimenticias***

Las pastas alimenticias, como espaguetis y tallarines, se elaboran a partir de la sémola, generalmente de trigo duro. Para elaborarlas, se prepara una masa sin levadura, mezclando los ingredientes en proporción aproximada de 100 partes de sémola por cada 30 partes de agua. Luego, la masa se expulsa por medio de una máquina en capas delgadas y se seca al horno hasta una humedad residual del 12%. La masa se expulsa en forma plana, tubular o en tiras, de acuerdo con el troquel elegido.

### **2.6.3. *Productos coposos***

Los productos coposos se elaboran a partir del trigo, maíz y arroz. La sémola de maíz y los granos enteros del arroz o del trigo se trituran por un solo paso suave entre dos rodillos lisos.

Luego, se mezclan con sustancias aromatizantes, como la malta, la sal y el azúcar, y se cuecen a presión elevada. Después, el cereal se seca hasta alcanzar una humedad del 15 al 20% y se deja acondicionar durante 24 horas para que se uniforma la humedad. Luego el cereal se aplasta en escamas pasándolo a través de pesados rodillos. Al final, los copos se tuestan a elevada temperatura, se enfrían y se envasan.

#### **2.6.4. Productos esponjados**

Los productos esponjados se preparan a partir del grano acondicionado de trigo, arroz o avena, sin salvado. Este grano se cuece a presión y se seca hasta obtener una humedad del 14 al 16%. Luego, los granos se introducen en una cámara de presión, denominada cañón esponjador. Se cierra la cámara herméticamente y se calienta a presión, hasta convertir en vapor la humedad interna de los granos. Luego, se abre la cámara repentinamente para que los granos se dilaten de manera explosiva y se provoque el esponjamiento. Al final, los cereales esponjados se tuestan hasta que su humedad alcance 3%. Luego, se enfrían y se envasan.



### 3. PROCESAMIENTO DE OTROS CEREALES

El procesamiento de cereales como el arroz, el maíz y la cebada, el centeno y la avena es distinto del de la elaboración del trigo. El arroz se consume normalmente en forma de grano entero, aunque las operaciones se conocen también como molturación, como en el caso del procesamiento de trigo.

En el procesamiento del maíz solamente se fragmenta el endospermo, mediante una molturación seca, o se elabora el maíz para separar del endospermo el almidón y la proteína, por medio de una molturación húmeda.

La cebada y el centeno se emplean para obtener la malta para la producción de cerveza y licores destilados. El procesamiento se llama malteado. La avena se emplea principalmente en la alimentación animal. Una parte menor se utiliza en forma de copos crudos o tostados para alimentos infantiles y productos para el desayuno.

#### 3.1. Procesamiento de arroz

El procesamiento del arroz consiste en la eliminación de la cáscara, del salvado, del germen y de la capa aleurónica del grano. El valor comercial de los granos enteros es superior al de los granos partidos. Por lo tanto, es necesario tener cuidado de que el grano no se quiebre durante su procesamiento.

El procesamiento consiste en una conversión y una molturación del arroz. La conversión tiene como objetivo acondicionar el arroz para aumentar el valor nutritivo del producto elaborado, disminuir la ruptura de los granos y mejorar sus características culinarias.

El palay se convierte en agua a una temperatura de 38 a 92 °C, durante una a diez horas. Luego, éste pasa a un tanque de presión, en el cual se cuece parcialmente durante 5 minutos como máximo. La temperatura y la duración del remojo y el tiempo de cocción dependen de la variedad de arroz.

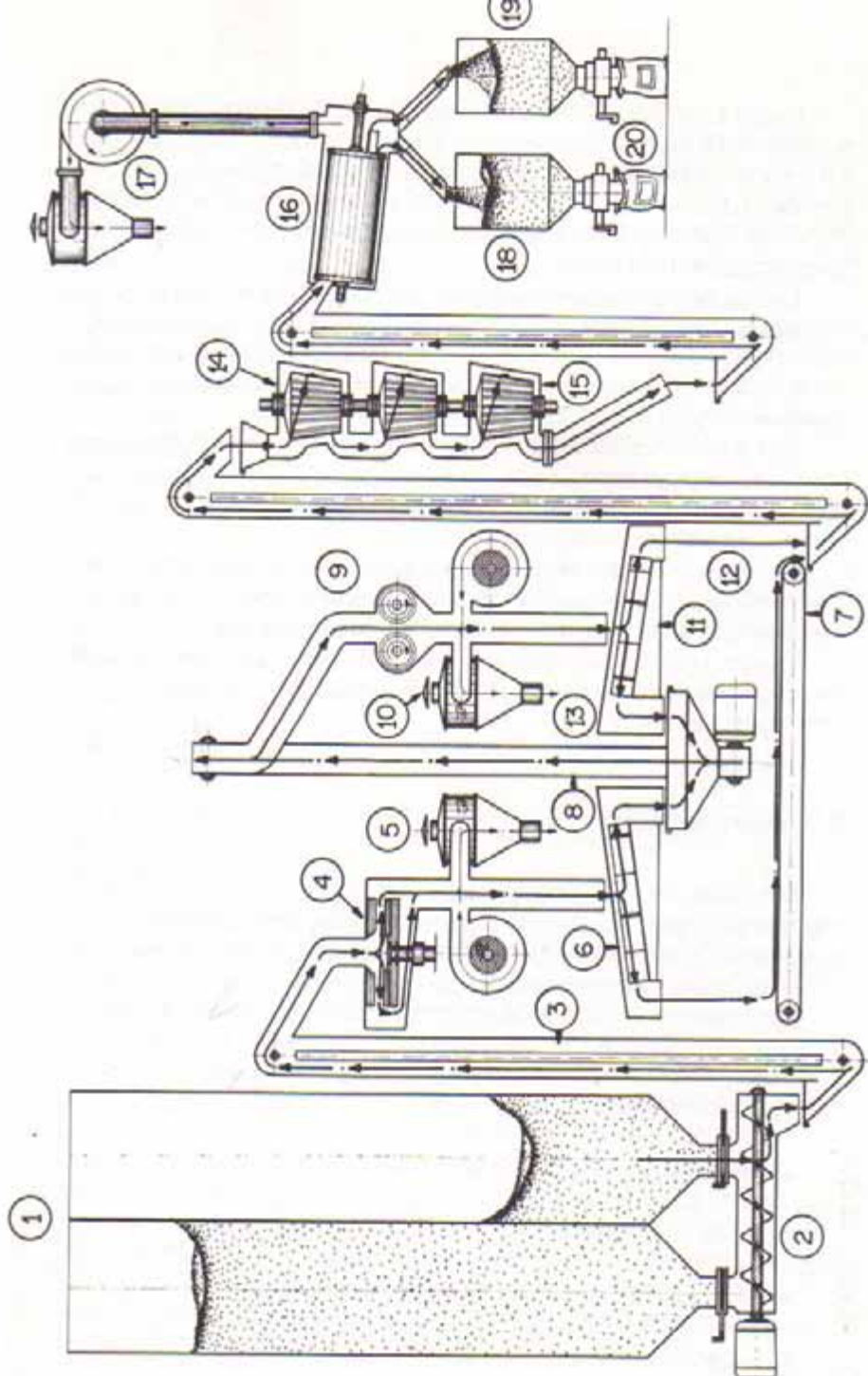


Después de la cocción, el palay se enfría y se seca. El arroz convertido, llamado también precocido, es más resistente al ataque de insectos, se conserva mejor, tiene un color amarillento no se pega durante la cocción y tiene un sabor diferente del arroz no convertido.

Durante la conversión, el agua disuelve las vitaminas y los minerales de la cáscara y el salvado. Éstos penetran, junto con el agua, en el endospermo, en el cual se conservan.

La operación de molturación se realiza en una instalación cuya construcción y funcionamiento es como sigue:

- (1) Silos de almacenamiento del palay seco.
- (2) Conductor de gusano para la descarga de los silos.
- (3) Elevador de cangilones.
- (4) Descascarador de dos piedras.
- (5) Trampa de cáscaras y cascarillas de tipo ciclón.
- (6) Mesa vibratoria. Los granos descascarados bajan, los no descascarados, suben.
- (7) Banda transportadora que lleva los granos descascarados al elevador de cangilones.
- (8) Elevador de cangilones que lleva los granos no descascarados hacia una máquina descascaradora.
- (9) Descascaradora equipada con rodillos de caucho.
- (10) Trampa para cáscaras y cascarillas de tipo ciclón.
- (11) Mesa vibratoria. Los granos descascarados bajan, los no descascarados, suben.
- (12) Salida de granos descascarados. Éstos se juntan con los granos descascarados anteriormente.
- (13) Los granos con cáscara vuelven hacia la descascaradora para otro tratamiento.
- (14) Máquina blanqueadora.
- (15) Máquina pulidora.
- (16) Máquina que separa los granos quebrados de los enteros.
- (17) Aspiradora con trampa para los residuos de harina.
- (18) Recipiente para arroz blanco entero.
- (19) Recipiente para granos quebrados.
- (20) Pesado y envasado automático.



La primera máquina descascaradora consta de dos piedras. La superficie de éstas es abrasiva. La piedra superior es estacionaria. La piedra inferior gira. El palay entra en el espacio entre las piedras, a través de la abertura central en la piedra superior. La distancia entre las piedras es ajustable para aumentar y disminuir la agresividad de la acción.

Luego, el material pasa por una corriente de aire, que permite separar las cáscaras del flujo de granos. Los granos caen al centro de la mesa vibratoria. Esta mesa separa los granos descascarados de los granos con cáscara. Los últimos son trasladados hacia una segunda máquina descascaradora y mesa vibratoria.

Los granos descascarados pasan luego por dos o más máquinas blanqueadoras en serie. Éstas consisten en una piedra cónica, que gira en un tambor cónico. El arroz se fricciona entre la piedra y la pared del tambor.

Después, el arroz pasa por una máquina pulidora similar a las blanqueadoras, pero con un cono rotativo de madera recubierto con cuero. Permite obtener granos con superficie lisa.

Luego, el arroz pasa por una máquina clasificadora que consta de un cilindro provisto de alvéolos para separar los granos enteros de los quebrados.

### **3.2. Procesamiento de maíz**

Mediante una molturación seca como en el caso de trigo, se obtiene del maíz una harina gruesa del endospermo córneo, y fracciones finas de la parte harinosa interna del endospermo. Además, se obtiene sémola.

Para obtener la fécula de maíz y la proteína, se emplea una molturación húmeda. En este tipo de molturación, se separa el endospermo en almidón y proteína. El proceso comprende las siguientes operaciones:

- Maceración.
- Degerminación.
- Molturación húmeda y separación de fibras.
- Separación del almidón de la proteína.



La maceración consiste en remojar el maíz en agua a una temperatura de 70 °C durante 1 o 2 días. Se añade 0,15% de bióxido de azufre para regular la fermentación láctea.

Después de la maceración, el grano húmedo se tritura con una máquina germinadora, para obtener una suspensión que contiene los gérmenes, el salvado, el almidón y el gluten. El germen se separa de la pasta líquida mediante separadores neumáticos para líquidos, llamados también ciclones. Los gérmenes lavados y secos pasan al proceso de extracción del aceite de maíz.

Mediante la molturación y el tamizado que se repiten varias veces, se separa el salvado de las demás fibras.

Por último, se separa la proteína del almidón. La pasta líquida contiene de 5 a 8% de proteína, que se separa del almidón por concentración y centrifugación. Por fuerza centrífuga, el almidón más denso se separa del gluten. Este se filtra se lava y seca. El gluten se seca y se utiliza en la elaboración de alimentos para el ganado.

### **3.3. Procesamiento de la cebada y el centeno**

La cebada y el centeno se emplean como materia prima para la producción de malta, mediante el proceso conocido como malteado.

Para el malteado se utilizan las variedades con bajo contenido proteínico y elevado contenido de almidón. El malteado tiene el fin de desarrollar en el grano el sistema enzimático que permite reducir el almidón en azúcares. Consiste en la germinación del grano.

La germinación se lleva a cabo remojando la cebada en agua, durante 60 u 80 horas, a una temperatura inferior a 15 °C, para que aumente el contenido de humedad del grano hasta 45%. Durante la germinación se desarrollan algunas enzimas específicas que provocan la modificación del endospermo de la cebada. Las enzimas disuelven el material péctico que une las células, liberando los gránulos de almidón en ellas contenidos. Los granos germinados se extienden sobre el piso en capas delgadas y a una temperatura de 13 a 18 °C.



En el transcurso de 6 a 8 días, se desarrolla completamente la germinación. Luego, se bloquea el proceso de germinación por secado, teniendo cuidado de no destruir la actividad enzimática. Durante el secado, primero a una temperatura baja y luego a una más alta, se desarrolla el sabor característico de las sustancias aromáticas. Al final, se criba el grano para eliminar los tallos germinados. Después, la malta queda lista para la fermentación alcohólica.

### **3.4. Procesamiento de la avena**

Para obtener copos de avena se emplean las siguientes operaciones:

- Inactivación enzimática.
- Secado.
- Descascarado.
- Obtención de copos.

La inactivación de las enzimas se obtiene al someter la avena a una temperatura alta, hasta de 100 °C, por medio de la inyección de vapor durante 3 minutos.

La inactivación enzimática es tanto más rápida cuanto más elevado sea el contenido de humedad inicial del grano.

El secado tiene el fin de estabilizar el grano. Se efectúa por calentamiento, hasta alcanzar 100 °C, durante una hora. La humedad final debe ser del 3 al 8%. Durante el secado se realiza también una acción de tostado que desarrolla el característico sabor de la avena y aumenta la fragilidad de la cáscara, lo que facilita su separación.

El descascarado se efectúa de la misma manera y con las mismas máquinas descascaradoras utilizadas para el arroz.

Para la producción de los copos, los granos se pulen y se cortan en forma transversal en 4 o 5 fragmentos. Luego, éstos se cuecen a vapor y se pasan por rodillos lisos para formar los copos.

## 4. PRODUCCIÓN DE ACEITES VEGETALES

Los aceites vegetales se extraen en general de las semillas de ajonjolí, algodón, cártamo, girasol, linaza, cacahuete y soya, así como de la pulpa de frutas como olivo, coco y palma de aceite, y de los gérmenes de las semillas de cereales como el maíz.

### 4.1. Materia prima

La semilla de ajonjolí o sésamo contiene un promedio de 50% de aceite. El aceite de ajonjolí refinado es apropiado para aderezar ensaladas, para cocinar y para la producción de margarina.

El algodón se cultiva en primer lugar por su fibra, pero también por sus semillas. Éstas contienen hasta 25% de aceite, y las almendras hasta 40%. El aceite crudo es muy oscuro por la presencia de pigmentos tóxicos.

El contenido de aceite de semillas de cártamo varía de 25 a 37%. Es un aceite semisecante que se usa principalmente con fines industriales.

Las semillas de girasol contienen aceite en cantidades que oscilan entre 20 y 49%. El aceite refinado es de alta calidad, tiene un sabor agradable y es apropiado para aderezar ensaladas, para cocinar y para la producción de margarina. Como es semisecante, puede utilizarse también en la industria.

Las semillas de linaza contienen de 33 a 43% de aceite. Éste es secante y, expuesto al aire, se oxida convirtiéndose en un sólido elástico. Por esto, la mayor parte de la producción de aceite de linaza se utiliza en la industria.

Las pepitas de cacahuete contienen hasta 50% de aceite. Éste se usa para cocinar, para la producción de margarina y de mantecas vegetales.

La soya es la principal fuente de aceite vegetal por su elevado rendimiento. La semilla contiene 20% de aceite. El aceite crudo contiene una elevada cantidad de lecitina, que se extrae por medio de un lavado en agua. Tiene un sabor desagradable que se elimina por refinación.

Las aceitunas maduras del olivo contienen de 15 a 40% de aceite. Durante el primer prensado se extrae un aceite de alta calidad, que se conoce como aceite virgen de oliva. El residuo se vuelve a prensar repetidas veces, obteniéndose un aceite de calidad inferior. Mediante un último tratamiento con solventes se extrae un aceite que sirve de materia prima en la industria jabonera y cosmética.

La copra contiene hasta 60% de aceite, que se emplea para la producción de margarina, grasas para cocinar y como materia prima para jabones, cosméticos y detergentes sintéticos. El aceite de la palma de aceite se usa con fines similares. La pulpa contiene hasta 65% de aceite.

## **4.2. Composición de aceites vegetales**

La composición de aceites y de grasas vegetales es similar. La consistencia es la única característica física que permite diferenciar las grasas y los aceites vegetales. A temperatura ambiente, el aceite es líquido y la grasa sólida.

Los aceites y las grasas vegetales son inestables y se vuelven ácidos o rancios por fenómenos naturales, igual que los aceites y las grasas de origen animal. Los aceites minerales son más estables y más apropiados para usos tales como la lubricación.

Los aceites vegetales se componen de glicerol, ácidos grasos y materias no saponificables. Son generalmente triglicéridos mixtos, o sea, contienen glicerol combinado con dos o tres diferentes ácidos grasos. En la combinación con el glicerol, los ácidos grasos pierden su acidez, formando un aceite neutro.

Los ácidos grasos se dividen en saturados y no saturados. Los aceites vegetales contienen una parte mayor de ácidos no saturados.

Las materias no saponificables son componentes fosfáticos a los cuales se debe el color y sabor característicos del aceite. Están contenidas en el aceite en una proporción inferior al 1%. Son sustancias que no pueden transformarse en jabón.



### 4.3. Identificación de aceites vegetales

La identificación de un aceite se efectúa determinando una o más de sus características físicoquímicas, como las siguientes:

- Densidad relativa.
- Índice de refracción.
- Punto de solidificación.
- Punto de fusión.
- Índice de saponificación.
- Índice de iodo.

Para mayores detalles sobre estos tipos de análisis, véase el manual *Control de calidad de productos agropecuarios*.

### 4.4. Tratamientos previos a la extracción

Antes de la extracción del aceite, las semillas se tratan, para acondicionarlas, mediante las siguientes operaciones:

- **Limpieza.** Consiste en eliminar cuerpos extraños.
- **Secado.** La humedad debe ser inferior a 10% para evitar la degradación del color y el aumento de ácidos grasos libres.
- **Descascarado.** La cáscara contiene poco aceite y, además, puede provocar modificaciones indeseables de color y sabor.
- **Molturación.** Es la operación de triturado o molido de la materia que contiene el aceite.
- **Cocción.** Tiene el objeto de romper las paredes de las células para que el aceite pueda escurrir con facilidad durante la extracción.
- **Hojuelado.** Para la extracción con solventes se da a la masa cocida la forma de hojuelas grandes consistentes, pero delgadas.

A continuación se explican los procesos de descascarado, de triturado y de cocción mediante dibujos esquemáticos.



El descascarador consta de dos rodillos que trabajan como sigue:

- (1) Los rodillos giran en sentidos opuestos y con velocidades diferentes.
- (2) La distancia entre los rodillos es ajustable de acuerdo con el tamaño de las semillas y con la intensidad deseada de operación.
- (3) Las semillas son descascaradas por frotación.
- (4) Las semillas son fragmentadas.

El triturador con rodillos sobrepuestos está constituido por los siguientes elementos:

- (5) Tolva de alimentación de semillas.
- (6) Rodillo de dosificación.
- (7) Imán para separar partículas metálicas.
- (8) Rodillos de trituración.

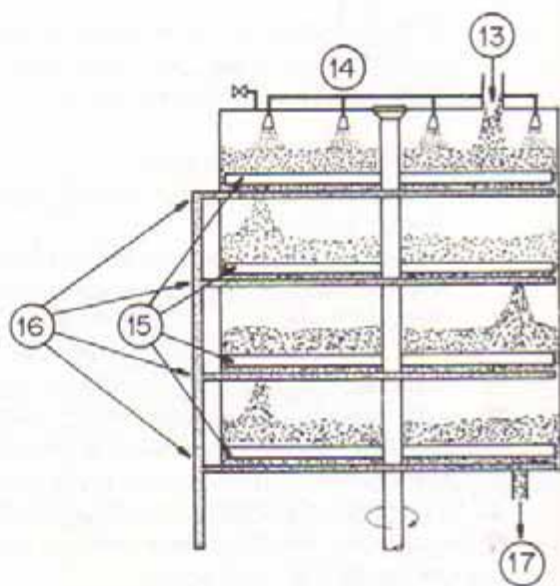
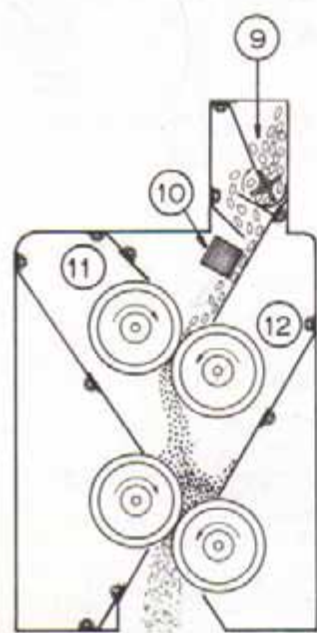
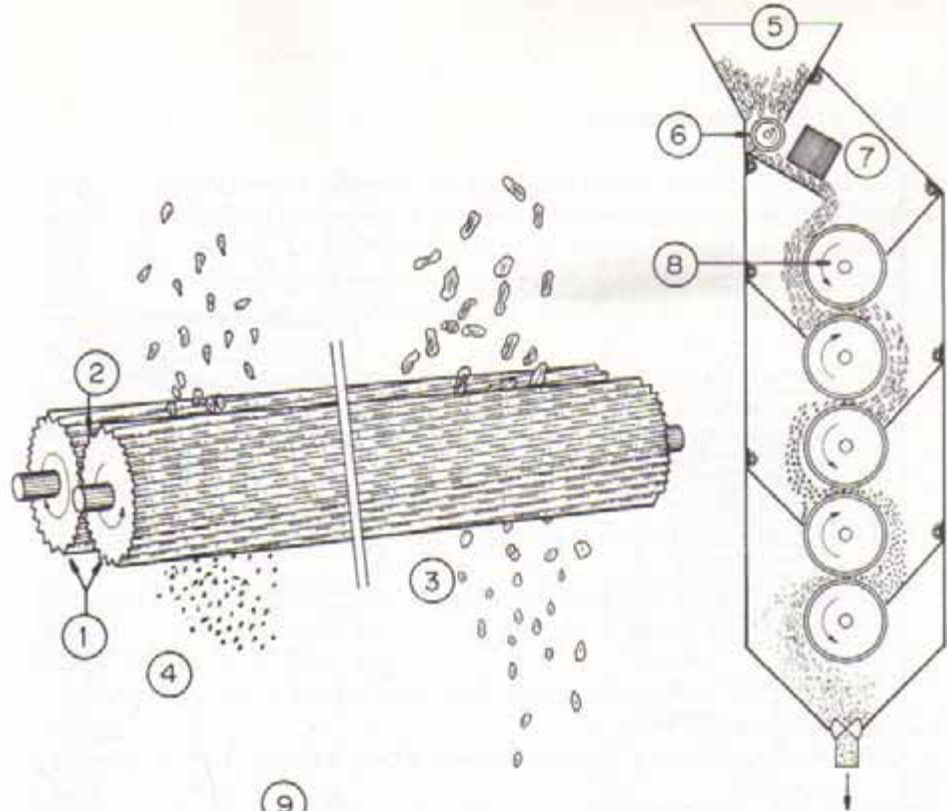
La presión necesaria para el triturado se produce por el peso mismo de los rodillos, cada uno de los cuales soporta el peso de los que están encima. Al desplazarse hacia abajo, el producto recibe una presión progresiva.

El triturador con pares de rodillos funciona como sigue:

- (9) Tolva con rodillo acanalado para la dosificación.
- (10) Imán para separar partículas metálicas.
- (11) Raspadores para mantener los rodillos limpios.
- (12) Los rodillos giran en sentido opuesto. La presión entre ellos se obtiene mediante resortes o hidráulicamente.

El cocedor para las semillas trituradas funciona como sigue:

- (13) Entrada de las semillas trituradas en la olla superior.
- (14) Aspersores de agua para aumentar la humedad de la pasta.
- (15) Agitadores que empujan el producto de la olla superior hacia las ollas inferiores.
- (16) Tubo para introducir vapor en el doble fondo de las ollas.
- (17) Salida de la pasta caliente.



#### 4.5. Extracción del aceite

Luego de haber preparado la pasta caliente, se procede a la separación del aceite y del residuo o torta. Este proceso de separación se llama extracción. Se puede efectuar por presión mecánica, mediante disolventes o de una combinación de ambos métodos. La prensa de platos funciona como sigue:

- (1) La materia prima se encuentra en paños filtrantes separados por medio de platos metálicos.
- (2) Plato inferior, que sirve al mismo tiempo como bandeja de recolección de aceite.
- (3) Por medio de un sistema hidráulico se efectúa el prensado.
- (4) El aceite escurre de la bandeja hacia un tanque.

La prensa de jaula permite aplicar presiones más elevadas que la de platos. Funciona como sigue:

- (5) Se carga la pasta en la jaula perforada en capas separadas por platos metálicos.
- (6) Pared de la jaula, con aberturas a través de las cuales escurre el aceite.
- (7) Pistón en el interior de la jaula.

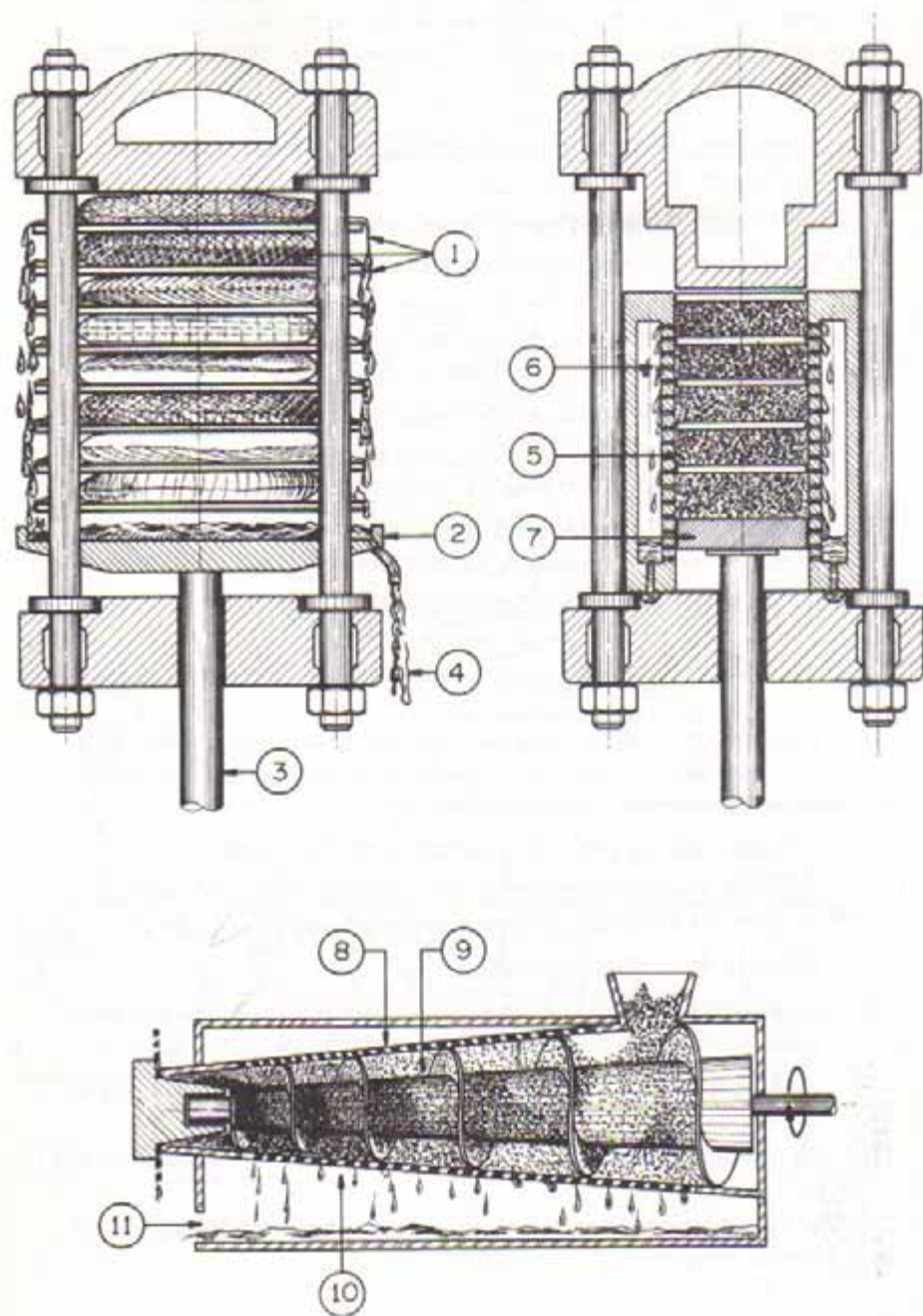
Tanto la prensa de platos como la prensa de jaula funcionan en forma discontinua, o sea, por carga individual. La prensa expulsora trabaja en forma continua:

- (8) Jaula en forma cónica.
- (9) Gusano conductor, que empuja la pasta hacia la izquierda, comprimiéndola.
- (10) El aceite sale a través de los orificios de la jaula.
- (11) La torta sale a través de la ranura circular del estrangulador.

La prensa de platos deja una torta que contiene aún hasta 10% de aceite. La prensa de jaula, que permite una presión más elevada, deja una torta con 6 u 8% de aceite, mientras que el expulsor continuo produce una torta con 4 a 8% de aceite.

El método más eficaz para la extracción de aceite es por medio de disolventes. Mediante este método se deja un residuo o torta con menos del 1% de aceite.







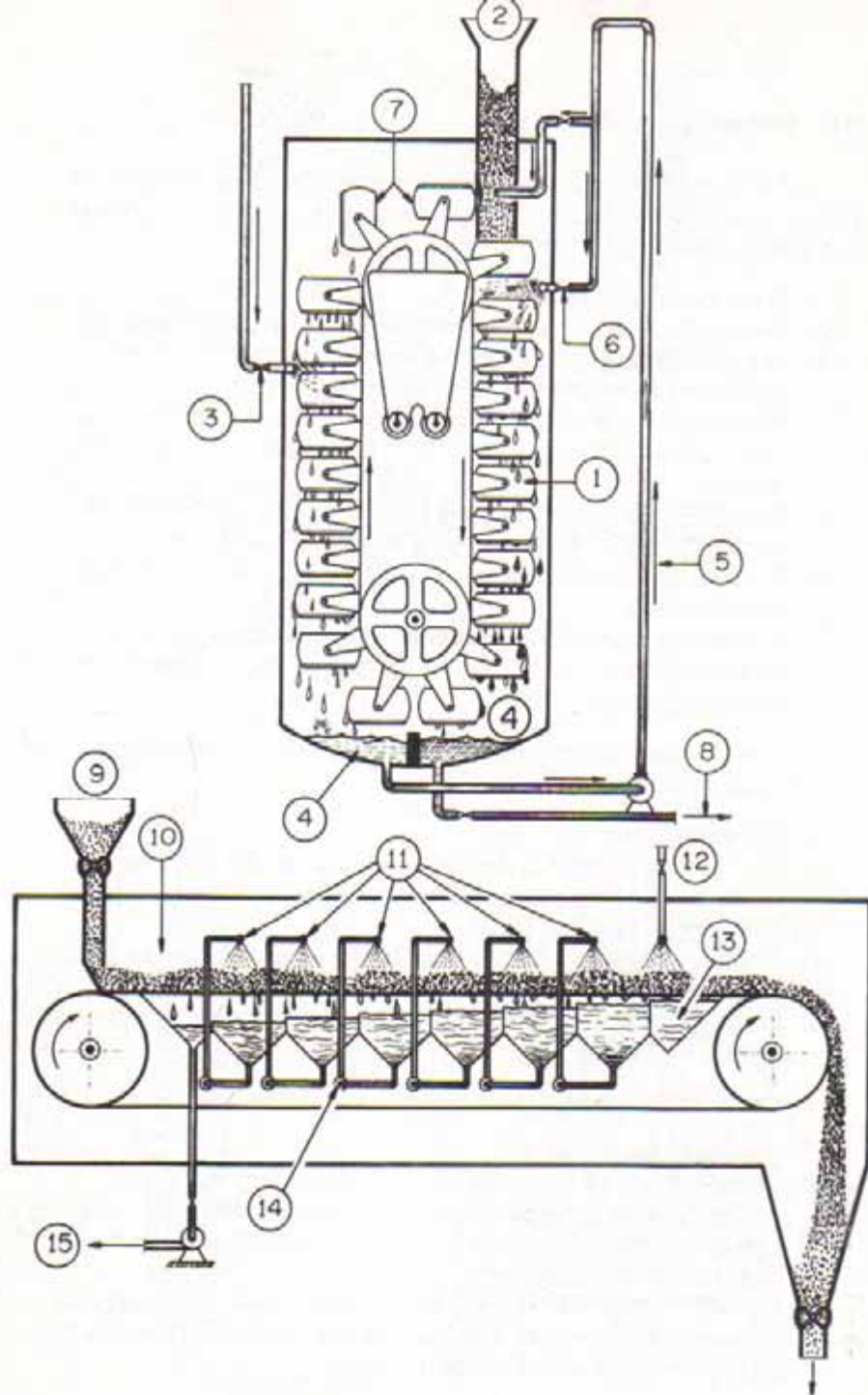
Los extractores por disolventes funcionan en forma continua. La pasta es continuamente rociada en contracorriente con disolvente puro llamado miscela. El extractor de cestas verticales funciona como sigue:

- (1) Cinta transportadora con cestas que tienen el fondo perforado.
- (2) En el lado descendente, se llenan las cestas con la pasta.
- (3) En el lado ascendente, se rocía la pasta en las cestas con disolvente puro.
- (4) El disolvente pasa por las cestas, se enriquece en aceite y cae en el depósito en la parte inferior de la máquina.
- (5) La miscela se bombea al otro lado.
- (6) En el lado descendente, se rocía la pasta fresca con la miscela que había pasado a través de las cestas en el lado ascendente.
- (7) El residuo o torta se descarga en la parte superior de la máquina, donde las cestas son volteadas momentáneamente.
- (8) Salida del disolvente cargado de aceite.

El extractor de banda horizontal funciona como sigue:

- (9) La pasta entra en la máquina por una tolva de alimentación. La tolva está provista de una válvula giratoria que impide el escape de vapores del disolvente.
- (10) La pasta se desplaza sobre la banda perforada hacia la derecha.
- (11) Durante el recorrido, la pasta es rociada con miscela.
- (12) Entrada de disolvente fresco.
- (13) La primera miscela cae en la tolva y se desborda a la anterior, y así sucesivamente hacia la última tolva del lado izquierdo.
- (14) La miscela de cada tolva es bombeada y rociada en la capa de pasta.
- (15) La miscela saturada es alejada del sistema.

Con este sistema, la miscela atraviesa la pasta repetidas veces y se enriquece en aceite.



#### 4.6. Filtración y purificación

La filtración y purificación de aceites se efectúa con filtros de placas que permiten separar las impurezas en suspensión. Éstos se componen de las siguientes partes:

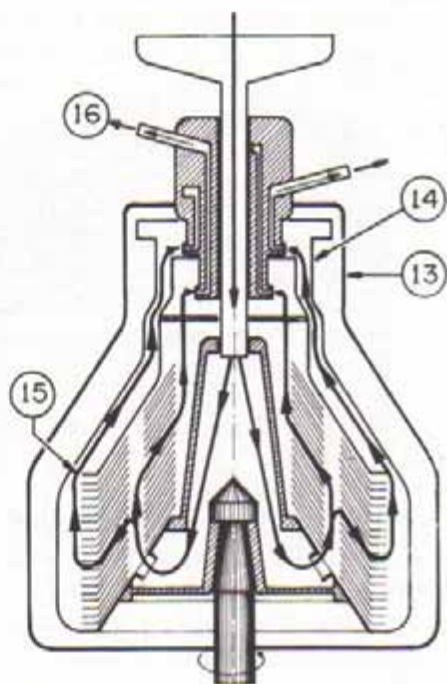
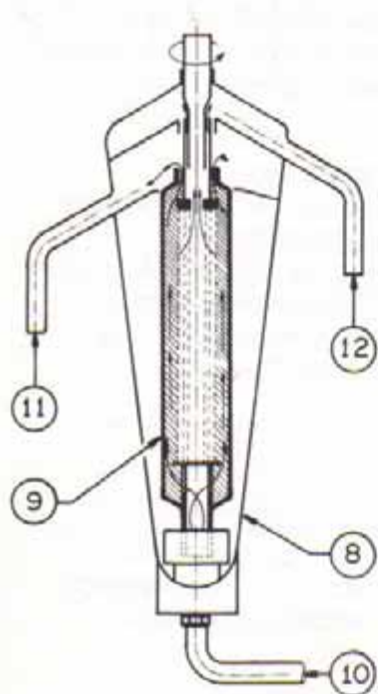
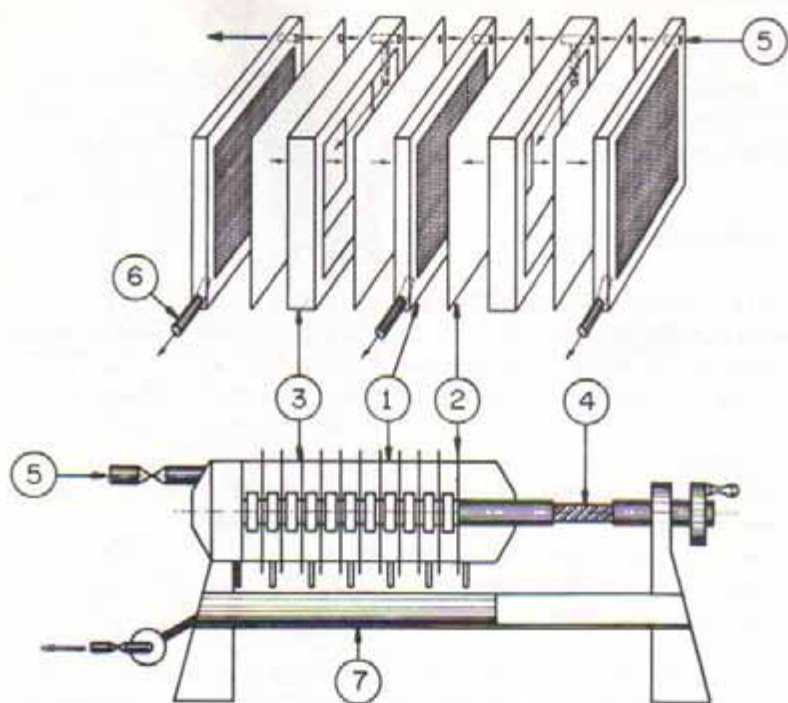
- (1) Placa vacía perforada.
- (2) Cada lado de la placa está recubierto por un paño filtrante.
- (3) El paño filtrante está pegado a un marco bastidor en cuyo interior se almacena el aceite que se va a filtrar.
- (4) Placa, paños y marco están prensados, uno contra otro, por medio de un tornillo, formando una unidad herméticamente cerrada.
- (5) El aceite crudo entra a presión por el canal y atraviesa los paños filtrantes. Las impurezas se adhieren a los paños.
- (6) El aceite purificado sale por el canal puesto en la parte baja de cada placa.
- (7) El aceite se recolecta en un recipiente que se coloca en el fondo del filtro y se bombea a un tanque de almacenamiento.

La centrífuga tubular que permite separar las partes sólidas y el agua se compone de:

- (8) Camisa externa fija.
- (9) En su interior gira a gran velocidad una cámara cilíndrica.
- (10) El aceite crudo entra por el fondo. Por fuerza centrífuga se forman dos capas de líquido.
- (11) El agua y las impurezas se estratifican en el exterior de la cámara cilíndrica y salen de la máquina.
- (12) El aceite purificado se estratifica en el interior y sale por una abertura céntrica.

La centrífuga de disco comprende lo siguiente:

- (13) Camisa externa fija.
- (14) En su interior gira una camisa cilíndrica. Ésta contiene discos cónicos, situados a distancia fija uno arriba del otro. Los discos tienen agujeros que forman canales a través de los cuales fluye el aceite.
- (15) Por centrifugación, el agua y las impurezas salen de la máquina.
- (16) El aceite purificado se desplaza hacia el centro y sale a través de una abertura anular cerca del eje.





El aceite filtrado se deja reposar en tanques, para eliminar las gomas naturales. Durante el reposo, las gomas se precipitan. Luego, se efectúa una filtración adicional para obtener aceite purificado.

#### 4.7. Refinación del aceite

La refinación del aceite sirve para eliminar ácidos libres, materias colorantes y olores y sabores desagradables. El proceso se realiza mediante neutralización, blanqueo y desodorización. El tanque para la neutralización y blanqueo funciona como sigue:

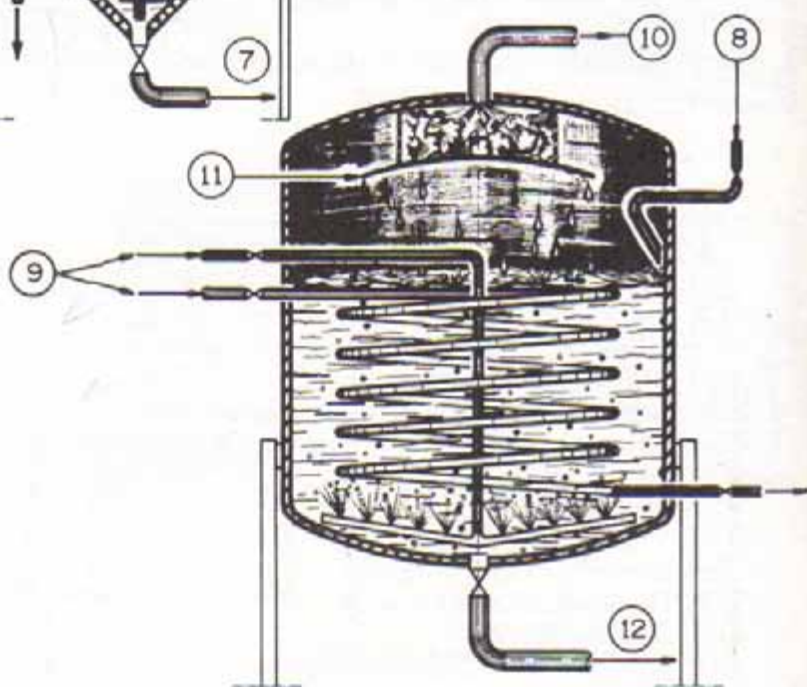
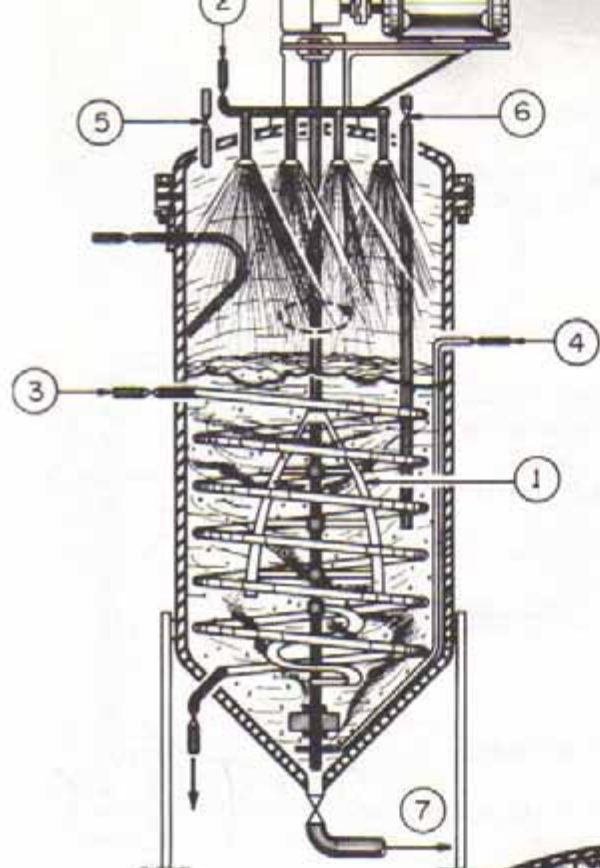
- (1) Agitador. Se agita el aceite a gran velocidad.
- (2) Se añade sosa cáustica y agua de lavado por aspersión, y se mezcla con el aceite, durante 10 a 30 minutos.
- (3) Se baja la velocidad del agitador y se calienta la mezcla con vapor a través de un serpentín a 60 °C hasta que la sosa rompa la emulsión.

Después se para el agitador, se corta el calentamiento y se deja reposar la mezcla para que sedimente la masa jabonosa. Luego, se introduce agua caliente, separando la masa jabonosa del aceite, repetidas veces para su lavado. Se seca el aceite por calentamiento hasta 200 °C, bajo vacío. El agitador debe moverse hasta que no salga vapor de agua del aceite.

- (5) Para el blanqueo, el tanque se conecta al vacío.
- (6) Tubo para introducir la mezcla blanqueadora hasta la mitad del tanque, para evitar la formación de polvo.
- (7) Cuando se haya obtenido un aceite lo suficientemente claro, es decir, cuando haya alcanzado su blanqueo máximo, se interrumpen el vacío y la agitación. La mezcla sale. Las sustancias blanqueadoras se eliminan por filtración.

Luego, se procede a desodorizar el aceite en un tanque de desodorización.

- (8) Entrada del aceite neutralizado y blanqueado.
- (9) Entradas de vapor para calentamiento indirecto y vivo.
- (10) Conexión al vacío. El vapor vivo escapa hacia un condensador.
- (11) Dispositivo para recoger las gotas de aceite arrastradas.
- (12) Salida del aceite refinado.



Para la desodorización se calienta el aceite, inyectando vapor vivo a 300 °C, de 4 a 7 horas, manteniendo el vacío al máximo. Por el calentamiento, se forman compuestos volátiles. Después, se enfría el aceite bajo vacío hasta 50 °C, y se filtra para separar los compuestos volátiles.

#### **4.8. Flujo de producción de aceite**

El proceso de producción de aceite por el método combinado, se efectúa mediante las siguientes instalaciones y operaciones:

- *Operaciones previas a la extracción.*

- (1) Tanque de almacenamiento.
- (2) Limpieza por cribado.
- (3) Descascarado y separación de la cáscara.
- (4) Quebrado y molido.
- (5) Cocción de la pasta.

- *Extracción mecánica del aceite.*

- (6) Extracción del aceite crudo por expulsor.
- (7) Filtración del aceite crudo.

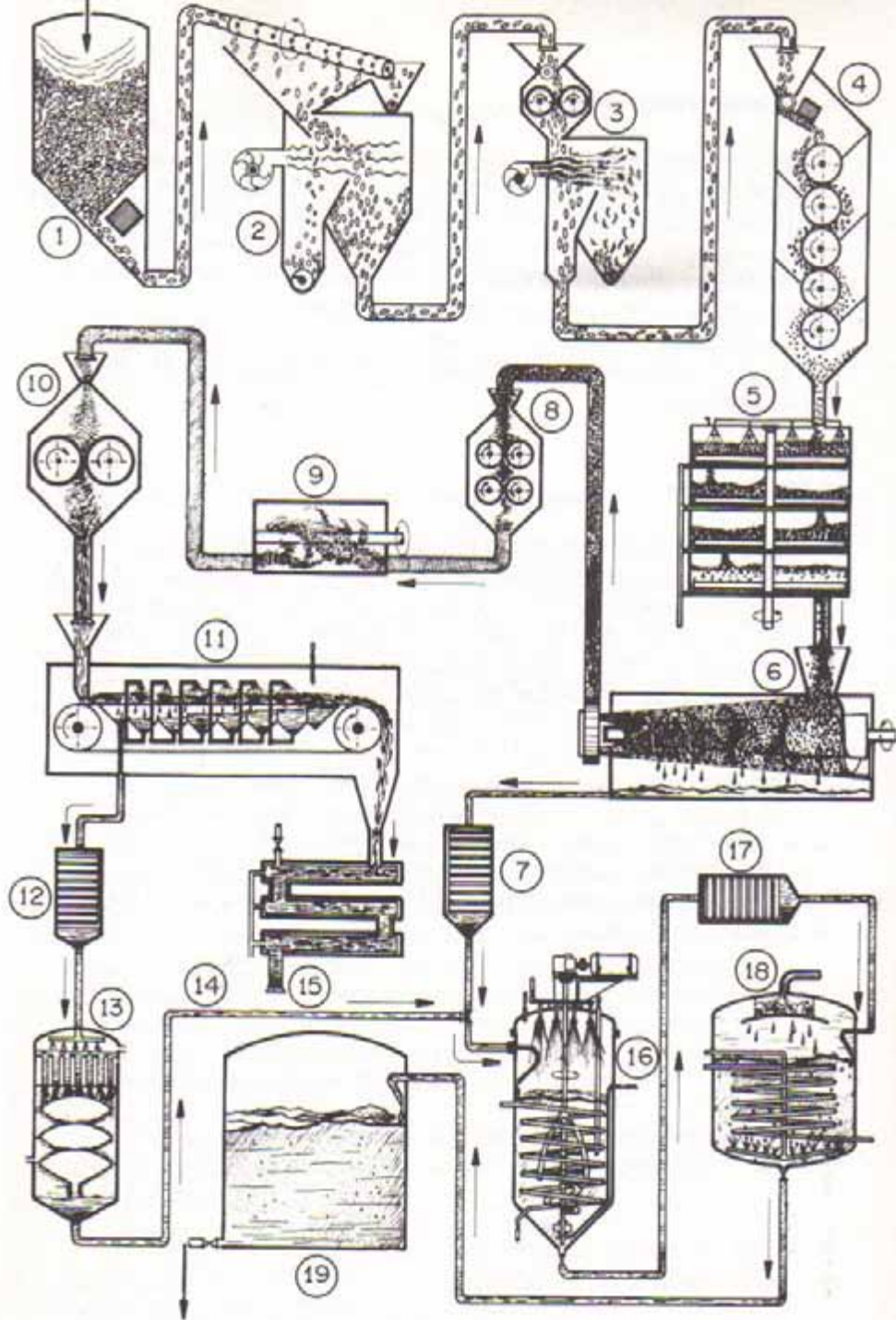
- *Extracción por disolventes.*

- (8) Quebrado de escamas.
- (9) Acondicionado.
- (10) Hojuelado.
- (11) Extracción del aceite por disolvente.
- (12) Filtración de la miscela.
- (13) Destilación de la miscela.
- (14) Aceite crudo hacia los tanques de refinación.
- (15) Obtención de la torta de evaporación del disolvente.

- *Refinación.*

- (16) Neutralización y blanqueo.
- (17) Decoloración por filtración.
- (18) Desodorización.
- (19) Almacenamiento del aceite refinado.







#### **4.9. Conservación del aceite**

El aceite no refinado se conserva en mejores condiciones y durante más tiempo que el refinado, porque el primero aún contiene sustancias naturales, como las lecitinas, que lo protegen de la oxidación del aire y del enranciamiento. Durante la refinación, se eliminan las sustancias antioxidantes. Por esto, el aceite refinado debe ser almacenado añadiéndole antioxidantes artificiales y naturales.

El aceite absorbe fácilmente sabores y olores de envases como los de plástico.

#### **4.10. Residuos**

En el caso de la extracción por disolventes, el residuo hojuelado se trata con vapor de agua para eliminar los restos del disolvente. Se separa el disolvente del agua con un separador por gravedad o por fuerza centrífuga. Se utiliza el disolvente nuevamente en el proceso de extracción. Las hojuelas se secan con aire caliente hasta alcanzar una humedad de 12%. La torta es molida o prensada y almacenada. Ésta posee una elevada cantidad de proteínas vegetales. La torta se muele para producir harina de calidad uniforme. Se mezclan las harinas de diferentes semillas.

En el caso de la soya, se pueden aislar las proteínas de la torta para uso humano. Las tortas sirven también como fertilizantes.

Las cáscaras pueden servir como alimento para el ganado, como fertilizante, como combustible o como materia prima para la producción de papel.

## **5. PRODUCCIÓN DE PROTEÍNAS VEGETALES**

La mayoría de las semillas oleaginosas se cultivan principalmente como fuente de aceites. El residuo que se extrae de la elaboración de aceites es la torta que se emplea como suplemento proteínico para los animales.

Las proteínas vegetales se obtienen principalmente de la soya. El subproducto se conoce como torta o residuo. Adecuadamente procesada, la torta se utiliza como fuente alternativa de proteínas alimenticias para el consumo humano.

### **5.1. Características de las proteínas vegetales**

Las proteínas de origen vegetal son deficientes en uno o más de los aminoácidos esenciales. Por esto, en la dieta diaria, tanto de los animales como de los humanos, debe mezclarse la harina de diferentes semillas, o adicionarse a la misma aminoácidos artificiales para obtener proteínas de composición balanceada. Las proteínas de soya, algodón y girasol son las más completas en cuanto a aminoácidos.

Algunas de las semillas oleaginosas contienen sustancias antinutritivas que deben eliminarse. Las aflatoxinas, por ejemplo, son sustancias tóxicas que desarrollan las esporas de algunos hongos cuando contaminan la semilla. Este es un problema común a todas las oleaginosas y principalmente al cacahuete. La única forma de prevenir este problema es a través de una cosecha y un almacenamiento adecuados. La proteína del algodón se usa poco porque contiene compuestos químicos tóxicos. Para poder usarla sin riesgos es necesario eliminarlos mediante un proceso tecnológico. También, existe la posibilidad de utilizar la proteína de semillas de variedades libres de tales sustancias.

La soya contiene algunos compuestos antinutritivos sensibles al calor, que deben ser destruidos durante el proceso de obtención de la harina.

Además, los productos alimenticios obtenidos a partir de las proteínas vegetales deben ser tan atractivos y palatables como los obtenidos de las proteínas animales.

Por ejemplo, el sabor es una de las características más importantes del alimento. Por eso, como la harina de soya tiene un sabor fuerte y desagradable, éste se debe eliminar durante la producción de proteína aislada o concentrada. La proteína vegetal es incolora. Sin embargo, ésta puede tomar alguna coloración de la semilla que es necesario eliminar. Si la proteína tiene alguna coloración, se reducirá su uso en la elaboración de productos alimenticios.

La apariencia de la harina se mejora descascarando las semillas, particularmente las semillas de algodón y de girasol. Asimismo, cuando se emplea la proteína para aumentar el valor nutritivo de los productos cárnicos, como la carne molida y las hamburguesas, debe dispersarse en el alimento pero teniendo cuidado de no afectar sus características normales. Por esta razón, la proteína debe tener propiedades como las de solubilizarse, emulsionarse, dispersarse, gelatinarse o texturizarse.

## **5.2. Clases de proteínas vegetales**

Las formas de proteínas vegetales de mayor utilización en la preparación de alimentos son las siguientes:

- Harina integral.
- Harina desgrasada.
- Concentrado de proteínas.
- Aislado de proteínas.
- Fibras texturizadas.
- Leche de soya.

La harina integral se utiliza como complemento alimenticio para animales y en algunos preparados como la leche de soya. La semilla de soya es la materia prima más aprovechada en la fabricación de esta clase de harina. De menor utilización son las semillas de algodón y girasol.

La harina desgrasada se emplea como materia prima en la producción del concentrado y el aislado. Se emplea también como complemento para animales.

El concentrado y el aislado de proteína se utilizan en la industria alimenticia para rendir la carne, fabricar productos cárnicos de imitación, para elaborar fortificantes proteínicos en las panaderías, para alimentos para niños y productos dietéticos. El aislado de proteína se utiliza también, por ejemplo, para la fabricación de fibras texturizadas.

La leche de soya y la de cacahuete son la materia prima más importante en la elaboración de productos lácteos de imitación.

### 5.3. Elaboración de proteínas vegetales

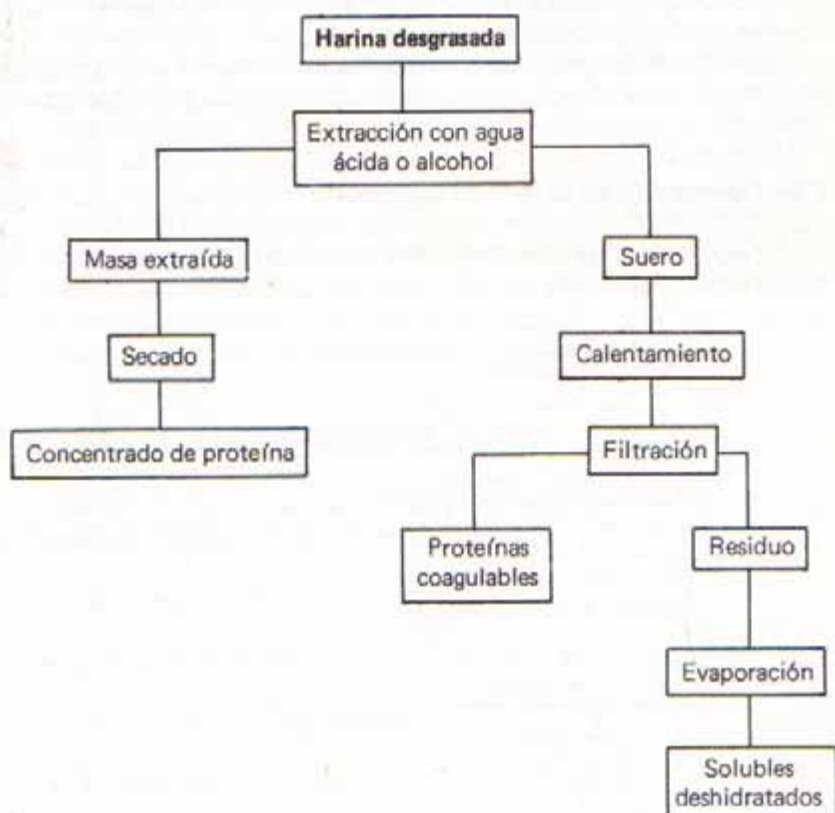
El siguiente diagrama muestra el proceso de elaboración de harina integral de soya:



La harina desgrasada se elabora a partir de la torta residual del aceite. La torta se muele en harina con molinos de martillos. Las sustancias antinutritivas se reducen al mínimo con la cocción de las semillas trituradas durante la extracción del aceite.

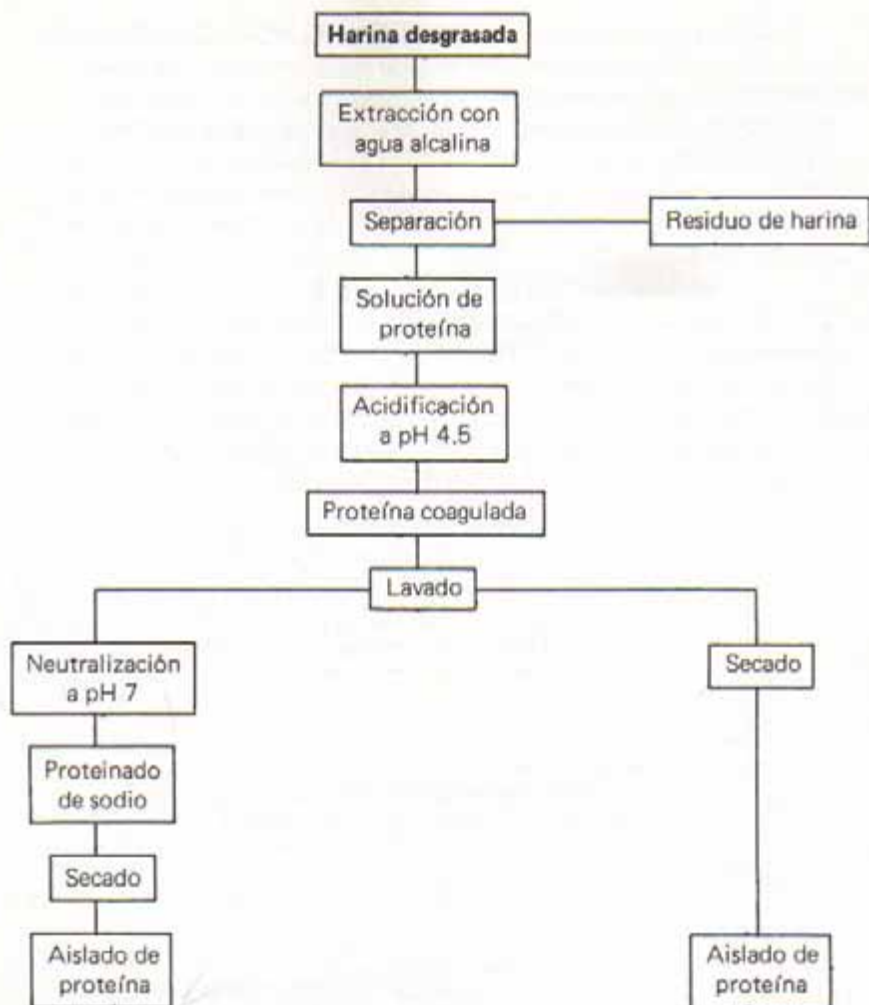


A partir de la harina de soya desgrasada, se pueden elaborar productos solubles con 70% de proteínas. La elaboración de estos productos se hace de acuerdo con el siguiente diagrama:



El objetivo principal de la elaboración es la reducción del olor, el sabor y la flatulencia, característicos de la soya. Esto se logra extrayendo de la harina desgrasada los carbohidratos y las sustancias solubles en agua ácida, a pH 4.5, o en alcohol. El residuo, que aún contienen algunas proteínas y los carbohidratos, se denomina suero. De él se extraerán las proteínas coagulables y los sólidos solubles deshidratados.

El aislamiento de proteína también se realiza a partir de la harina de soya desgrasada. El diagrama de procesamiento del aislado de proteína es como se muestra a continuación.



La materia prima no debe someterse a un calentamiento excesivo durante la cocción y la extracción del aceite. Esto permite minimizar la desnaturalización de la pasta y mantener al máximo la solubilidad del aislado proteínico. La mayoría de las proteínas se extraen, a partir de la harina desgrasada, con agua neutra o ligeramente alcalina. Luego, se separa de la solución proteínica el residuo insoluble de la harina. Las proteínas son precipitadas por adición de ácidos minerales, a un pH de 4.5. Finalmente, las proteínas coaguladas se lavan repetidas veces y se secan.

Las fibras texturizadas se forman por medio de un baño ácido, bombeando una solución concentrada de proteinado de sodio a través de las aberturas finas del equipo.

Los pasos de la elaboración son los que se detallan a continuación:



Para la elaboración de la leche de soja, se deben remojar las semillas en agua. Luego de remojarlas, éstas se desintegran en agua tibia; para ello se utiliza un molino coloidal. Enseguida, la pasta se calienta para destruir los compuestos antinutritivos. Después, la pasta lechosa debe ser centrifugada o filtrada para separar los compuestos solubles que le dan un sabor desagradable al alimento. Al final, el resto del producto se seca por atomización, y se obtiene la leche de soja en polvo.

## 6. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

El azúcar se extrae de la caña de azúcar, que se cultiva en las zonas tropicales, y de la remolacha, cuyo cultivo se localiza en las zonas templadas. Está compuesta principalmente de carbohidratos, que constituyen la fuente de calorías en la dieta humana. Aparte de su utilización como edulcorante, el azúcar se emplea también en la industria para la fabricación de materiales sintéticos, colorantes y productos farmacéuticos.

La sustancia que se conoce como azúcar es la sacarosa. Ésta, a su vez, está compuesta de glucosa y fructosa. Se encuentra en solución en las células de las plantas azucareras. La extracción de la sacarosa en solución se logra quebrantando las paredes de las células para que el guarapo pueda escurrir. El proceso de producción del azúcar incluye las siguientes operaciones:

- Operaciones preliminares.
- Trituración.
- Difusión.
- Purificación.
- Clarificación.
- Concentración y cristalización.
- Refinación.
- Almacenamiento.

### 6.1. Operaciones preliminares

Durante la zafra se eliminan las partes superiores de los tallos de la caña que contienen poca sacarosa, ceras y resinas. Si las resinas están presentes en el jugo crudo, causan problemas durante la purificación del guarapo.

Los tallos cortados y separados de sus hojas son transportados rápidamente al ingenio. Éstos deben procesarse en el transcurso de las siguientes 24 horas.

Además, se elimina el lodo, las hojas y demás impurezas, con chorros fuertes de agua caliente. Al mismo tiempo, se extraen piedras u otros materiales que dificulten la trituración.



La remolacha lleva igualmente mucha tierra y piedras que deben ser separadas por cribado y lavado con abundante agua.

## **6.2. Trituración de la materia prima**

El guarapo de la caña se obtiene triturando la materia prima repetidas veces y exprimiendo el jugo de la planta. En la actualidad, con frecuencia se emplea el sistema mixto, que consiste en triturar la caña una sola vez para después pasarla a la difusión continua.

La trituración consiste en el quebrantamiento de la estructura de los tallos y la fractura de sus células. Esto se hace por medio de cuchillas giratorias. También se efectúa con desfibradoras o con la combinación de ambos métodos. Asimismo, se utilizan desmenuzadores que quiebran y comprimen la estructura de la caña y extraen gran parte del jugo.

La extracción del jugo por trituración se hace introduciendo los tallos a través de tres rodillos de gran tamaño.

Un molino de caja consiste de 3 a 7 juegos de rodillos. A la salida de cada unidad moledora, el bagazo se rocía con chorros de agua caliente o jugo pobre en azúcar. Este proceso de imbibición favorece la extracción del jugo. Con él se logra extraer 95% de la sacarosa contenida en la caña. El bagazo final que sale del último molino está compuesto por 5% de azúcar, fibra leñosa y 40 o 50% de agua. Éste se utiliza como combustible, como alimento para los animales y en la producción de papel.

La extracción mixta se lleva a cabo introduciendo los tallos en un desmenuzador conectado a cuchillas giratorias que cortan el bagazo a la longitud óptima para la difusión. De aquí se extrae el 60% del jugo. Con la trituración quedan intactas 10 o 15% de las células. De éstas, la sacarosa se extrae por difusión.

Las raíces de remolacha se cortan con cuchillas giratorias, formando tiras delgadas llamadas lonjas. Éstas son calentadas a 75 °C para que las paredes celulares se vuelvan permeables y permitan la difusión de la sacarosa.

### 6.3. Difusión

Después de la trituración, se introducen los bagazos en un difusor continuo horizontal, muy parecido al extractor por disolventes. Se emplea el agua como disolvente o una solución de agua con sacarosa a 75 °C. Esta temperatura es la óptima para bloquear la acción de las bacterias y enzimas y para favorecer la difusión de la sacarosa. A la salida del difusor, el bagazo es comprimido por rodillos.

El agua dulce que se extrae del difusor se purifica, calienta, mezcla y rocía al final, sobre la capa de bagazo. El agua que atraviesa repetidas veces la capa se enriquece en sacarosa. En el difusor se mantiene la temperatura de la solución a 75 °C, pasándola a través de un calentador antes de rociarla sobre el bagazo. El jugo que sale del difusor se mezcla con el obtenido durante la trituración previa para lograr un rendimiento de 98% de sacarosa.

En el difusor se efectúa una combinación de la difusión, o sea, el transporte de la sacarosa a través de la pared celular y la lixiviación o sustitución del jugo de la célula quebrantada por la solución con la cual es rociada.

La difusión de las lonjas de remolacha calentadas se lleva a cabo en forma continua en torres verticales de difusión. Las torres se componen de un cilindro exterior, de 5 a 7 metros de ancho, en cuyo interior gira un tambor con aletas que tiene el mismo principio que el conductor de gusano. Las lonjas se introducen continuamente en la parte inferior de la torre y son transportadas lentamente hacia arriba, moviéndose a contracorriente con agua caliente a 75 °C, que se introduce continuamente por aspersión en la parte superior de la torre.

El agua que pasa a través de las lonjas se enriquece en sacarosa, por la difusión de la misma a través de las paredes celulares, hasta extraer la casi totalidad del azúcar al llegar al fondo de la torre. El agua, que sale de la torre como guarapo o jugo crudo, contiene aproximadamente 14% de sacarosa.

Al salir por la parte superior de la torre, a las lonjas se les extrae el jugo y éste se devuelve a la difusión. Luego, se secan con aire caliente y se usan en la preparación de un excelente alimento para el ganado.

El triturado y la difusión de la caña de azúcar se lleva a cabo en una instalación que se compone de lo siguiente:

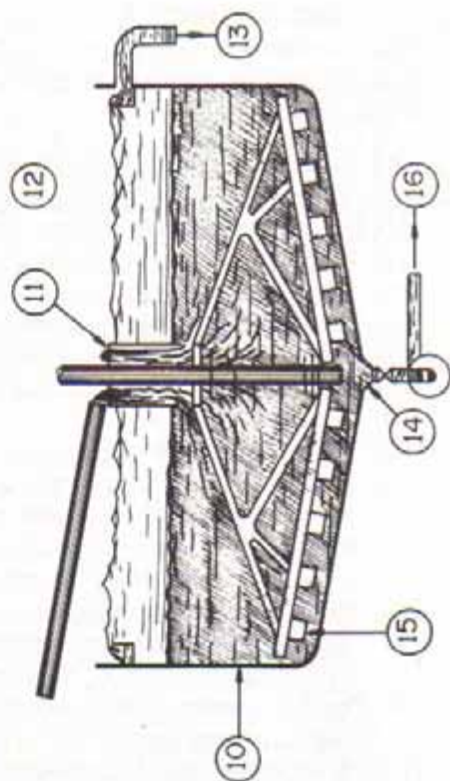
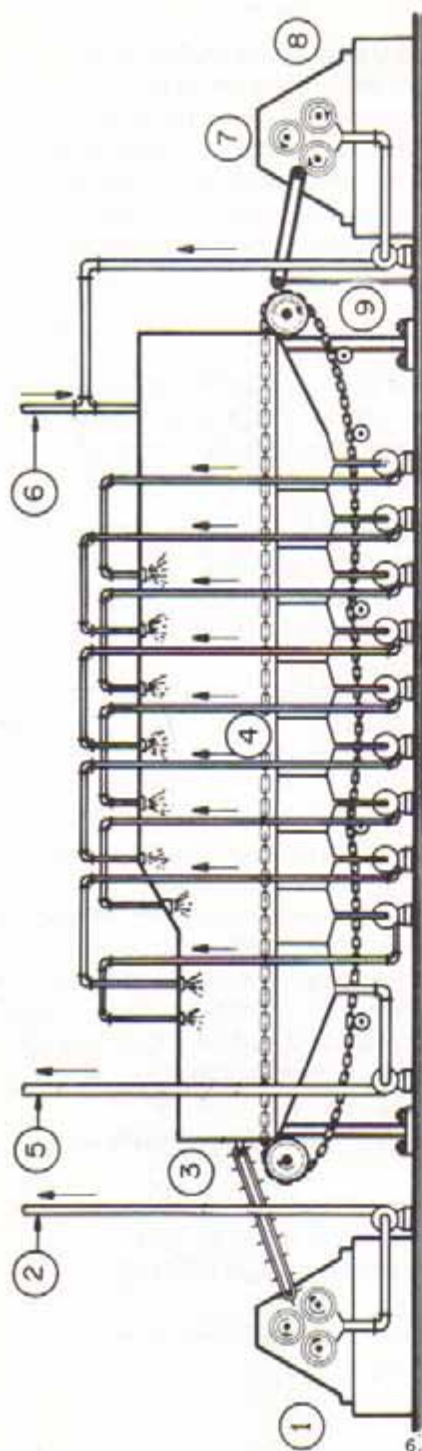
- (1) Desmenuzador de caña con cuchillas giratorias.
- (2) Tubo que conduce el primer guarapo extraído por trituración.
- (3) Entrada del bagazo al difusor para su calentamiento.
- (4) Extracción del azúcar por difusión.
- (5) Jugo extraído por difusión.
- (6) Tubo que lleva el agua caliente para la imbibición.
- (7) Rodillos de compresión del bagazo.
- (8) Salida del bagazo final.
- (9) Tubo que conduce el jugo de la compresión final del bagazo.

#### **6.4. Purificación, clarificación**

El jugo que sale de la caña es de color verde oscuro, y es turbio y ácido. Primeramente, se filtra para separarlo de los pedacitos de bagazo. Después, es necesario neutralizar los ácidos que se encuentran en solución para bloquear la inversión de la sacarosa, que dificultaría la posterior cristalización. Para esto se emplean cal y calor. La lechada de cal neutraliza la acidez natural del jugo y forma sales insolubles de cal, en forma de fosfatos de calcio principalmente. El calentamiento del jugo alcalino hasta su punto de ebullición, coagula las proteínas y algunas de las grasas, ceras y gomas. El precipitado se separa del jugo claro, como sigue:

- (10) Tanque de sedimentación con fondo cónico que funciona en continuo.
- (11) Conducto central de alimentación que permite introducir la suspensión.
- (12) Esta suspensión se introduce por debajo del nivel del líquido clarificado. La clarificación se efectúa por sedimentación en el fondo de las sustancias más pesadas.
- (13) El líquido clarificado sale del tanque a través de un desborde circular.
- (14) El precipitado se retira por una salida central en el fondo del tanque.
- (15) El precipitado es transportado hacia la salida por un agitador que gira a bajas revoluciones.
- (16) El precipitado es alejado por una bomba que permite controlar la concentración del mismo.





6.4. PURIFICACIÓN, CLARIFICACIÓN

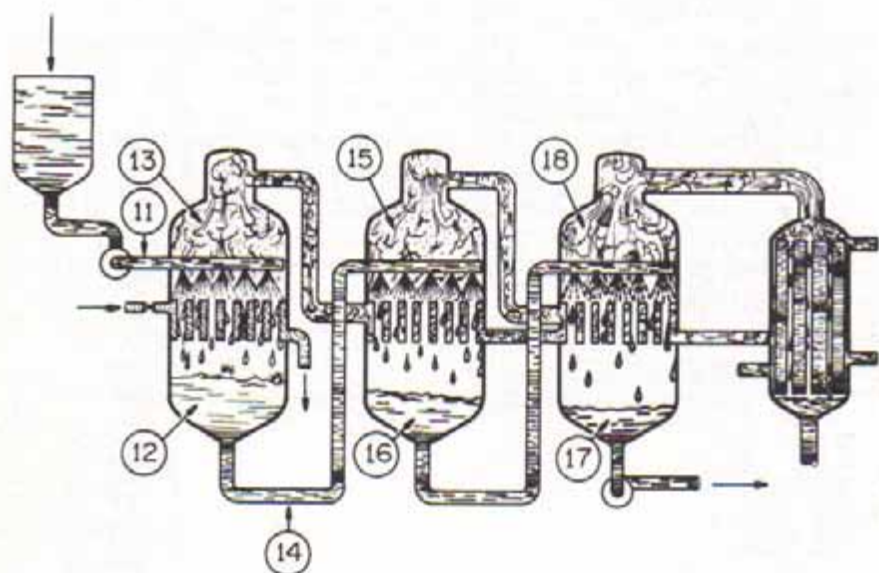
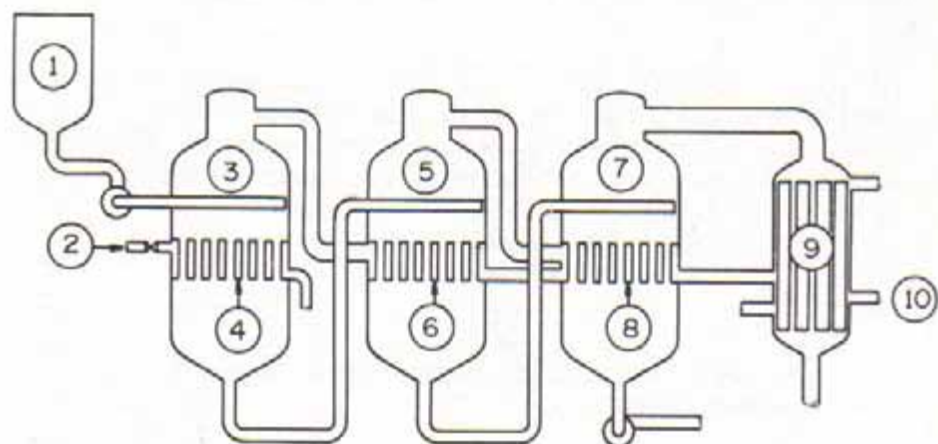


El jugo de la remolacha se purifica y se clarifica mediante la carbonatación con cal viva. La cal viva se disuelve en agua, formando la lechada de cal que se añade al guarapo. Luego, se empieza la carbonatación con anhídrido carbónico, para separar el calcio. Durante la reacción química, se forma carbonato de calcio, insoluble en agua, que se precipita hacia el fondo del clarificador, llevando consigo las impurezas. El guarapo se filtra repetidas veces.

## 6.5. Concentración

El jugo clarificado, tanto de la caña como de la remolacha, pasa a la operación de concentración. Las dos terceras partes del agua del jugo se evaporan al vacío en evaporadores continuos de efecto múltiple.

- (1) Tanque de alimentación continua del jugo clarificado.
- (2) Vapor externo para el calentamiento de las placas.
- (3) Primer tanque de concentración al vacío.
- (4) Placas de calentamiento del primer tanque.
- (5) Segundo tanque de concentración al vacío.
- (6) Placas de calentamiento del segundo tanque.
- (7) Tercer tanque de concentración al vacío.
- (8) Placas de calentamiento del tercer tanque.
- (9) Condensador.
- (10) Salida a las bombas de vacío.
- (11) El jugo clarificado, por el vacío existente en el sistema, entra continuamente en el primer tanque de concentración.
- (12) El jugo rociado a presión pasa a través de las placas calentadas a vapor directo. Aquí se efectúa la primera concentración.
- (13) El vapor de agua de evaporación es aspirado por el vacío hacia las placas del segundo tanque.
- (14) El jugo parcialmente concentrado desde el fondo del primer tanque pasa en forma continua hacia los aspersores del segundo tanque.
- (15) El vapor de agua es aspirado, siempre por el vacío, hacia las placas del tercer tanque.
- (16) El jugo más concentrado, desde el segundo tanque pasa, por efecto del vacío, hacia los aspersores del tercer tanque.
- (17) El jugo concentrado es llevado por una bomba hacia el cristalizador.
- (18) El vapor producido en el tercer tanque es aspirado en el condensador y se transforma en agua.



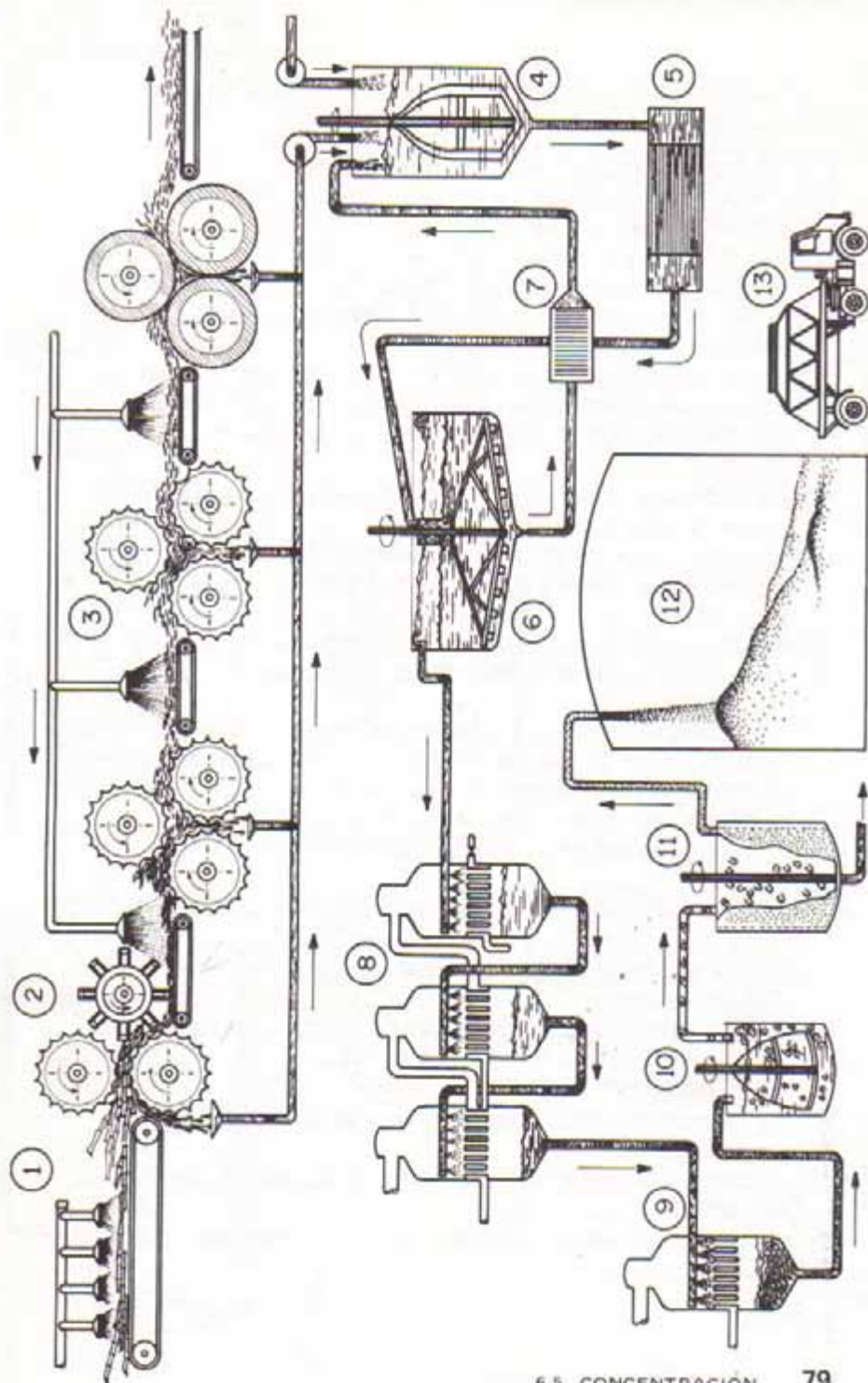
El jarabe concentrado pasa a la cristalización. Ésta se lleva a cabo en un tanque de concentración al vacío, por efecto simple. Aquí el jarabe queda saturado en azúcar. Al llegar el jarabe a la saturación, se introducen cristales de siembra para que el azúcar pueda depositarse alrededor de estos núcleos. La mezcla de cristales y melaza, llamada masa cocida, se descarga en un mezclador cristizador para que la masa se enfríe.

La centrifugación se utiliza para separar el azúcar de una parte de la melaza. Los cristales de azúcar pueden rociarse con agua, para reducir la capa de melaza que los recubre y aclarar el característico color café que los residuos de ésta le confieren al azúcar cruda. La melaza separada por centrifugación se mezcla otra vez con jarabe fresco y se vuelve a cristalizar.

El flujo de la fabricación del azúcar cruda de caña es como a continuación se detalla:

- (1) Los tallos se limpian con chorros fuertes de agua caliente.
- (2) Los tallos son desmenuzados.
- (3) La caña desmenuzada entra a la molienda. Después de cada trituración el bagazo se rocía con agua caliente.
- (4) El jugo se mezcla con una lechada de cal para la clarificación.
- (5) La mezcla se calienta y se forma un precipitado.
- (6) Este precipitado se separa con la clarificación.
- (7) La suspensión precipitada se filtra y se obtiene un líquido claro que se devuelve a la mezcla con lechada de cal.
- (8) El jugo clarificado se concentra por efecto múltiple.
- (9) El jugo se cristaliza en un tanque cristizador.
- (10) La masa de cristales y melaza se enfría mezclándola en un cristizador.
- (11) Se centrifuga la masa enfriada para separar la melaza.
- (12) Almacenado del azúcar cruda.
- (13) El azúcar morena puede ser comercializada sin refinación.

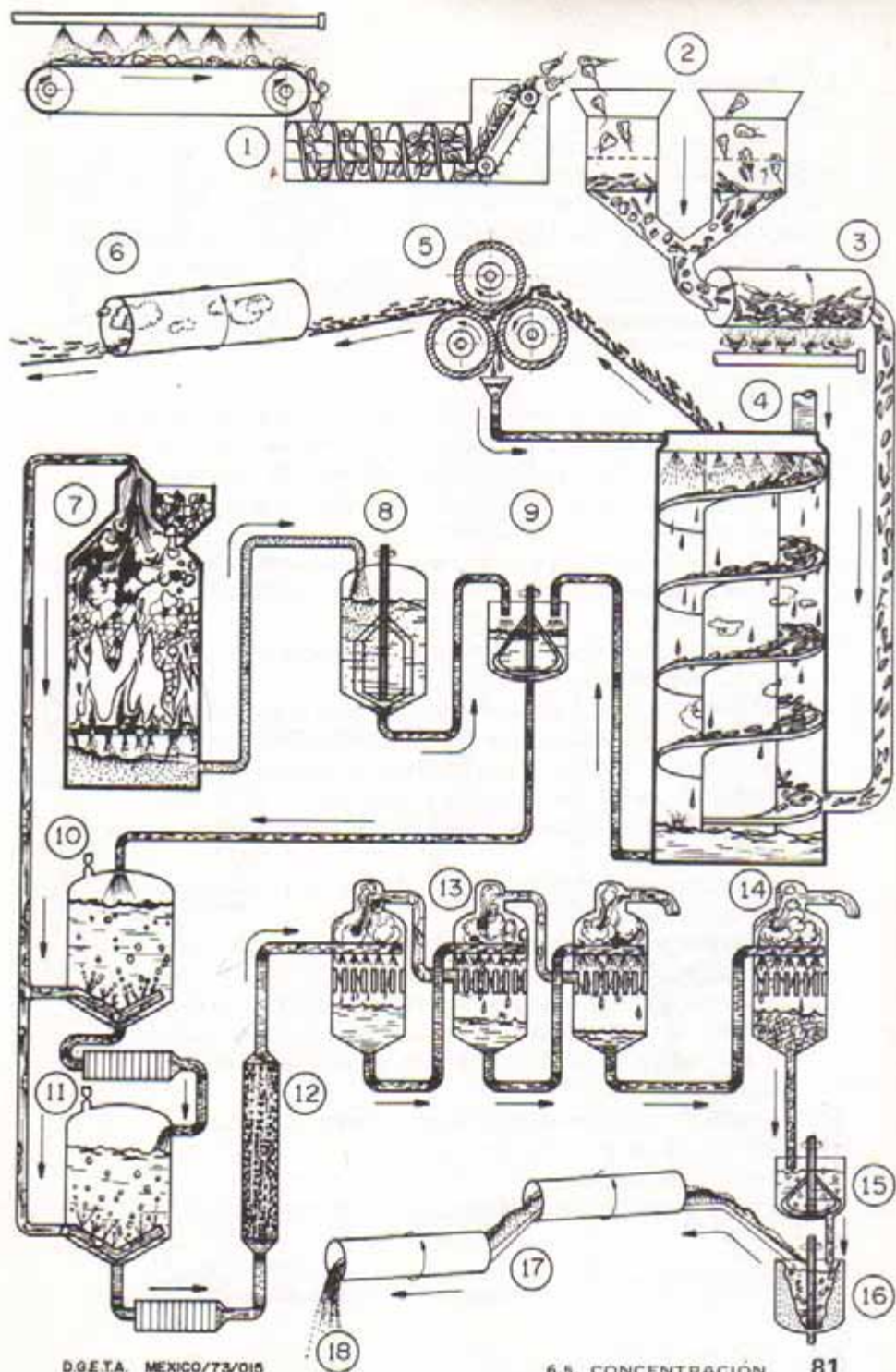






El flujo de obtención del azúcar de remolacha es como a continuación se describe:

- (1) Las remolachas se lavan con chorros de agua.
- (2) Las remolachas entran en molinos provistos de cuchillas giratorias y se recortan en lonjas.
- (3) Las lonjas se precalientan con vapor a 75 °C.
- (4) Las lonjas entran en la parte inferior de la torre de difusión y, a contracorriente con agua a 75 °C, son transportadas hacia arriba.
- (5) Las lonjas, de las cuales se ha extraído casi toda la sacarosa, son exprimidas en prensa continua de tres rodillos para extraer el residuo de agua dulce que se devuelve a la difusión.
- (6) La torta se seca con aire caliente. Constituye un excelente alimento para el ganado.
- (7) En el horno de cal se quema la piedra caliza con coque para producir cal viva, óxido de calcio y bióxido de carbono.
- (8) La cal viva se mezcla con agua para formar lechada de cal.
- (9) El agua con sacarosa se mezcla con un excedente de lechada.
- (10) La mezcla se somete a la primera carbonatación, calentándola hasta 80 o 90 °C, insuflando bióxido de carbono para precipitar el excedente de hidróxido de calcio como sales insolubles de calcio. Después se filtra.
- (11) El líquido se somete a otra carbonatación para eliminar la cal.
- (12) El jugo clarificado se desmineraliza por intercambiadores de iones.
- (13) El jugo purificado se concentra en evaporadores de múltiple efecto.
- (14) El jugo se cristaliza en un tanque cristizador al vacío.
- (15) La masa de cristales y melaza se enfría en un cristizador.
- (16) Se separan los cristales de sacarosa y la melaza por centrifugación.
- (17) Se efectúa el secado de los cristales de azúcar en granuladores de tambor.
- (18) El azúcar refinada se almacena a granel en tanques acondicionados.

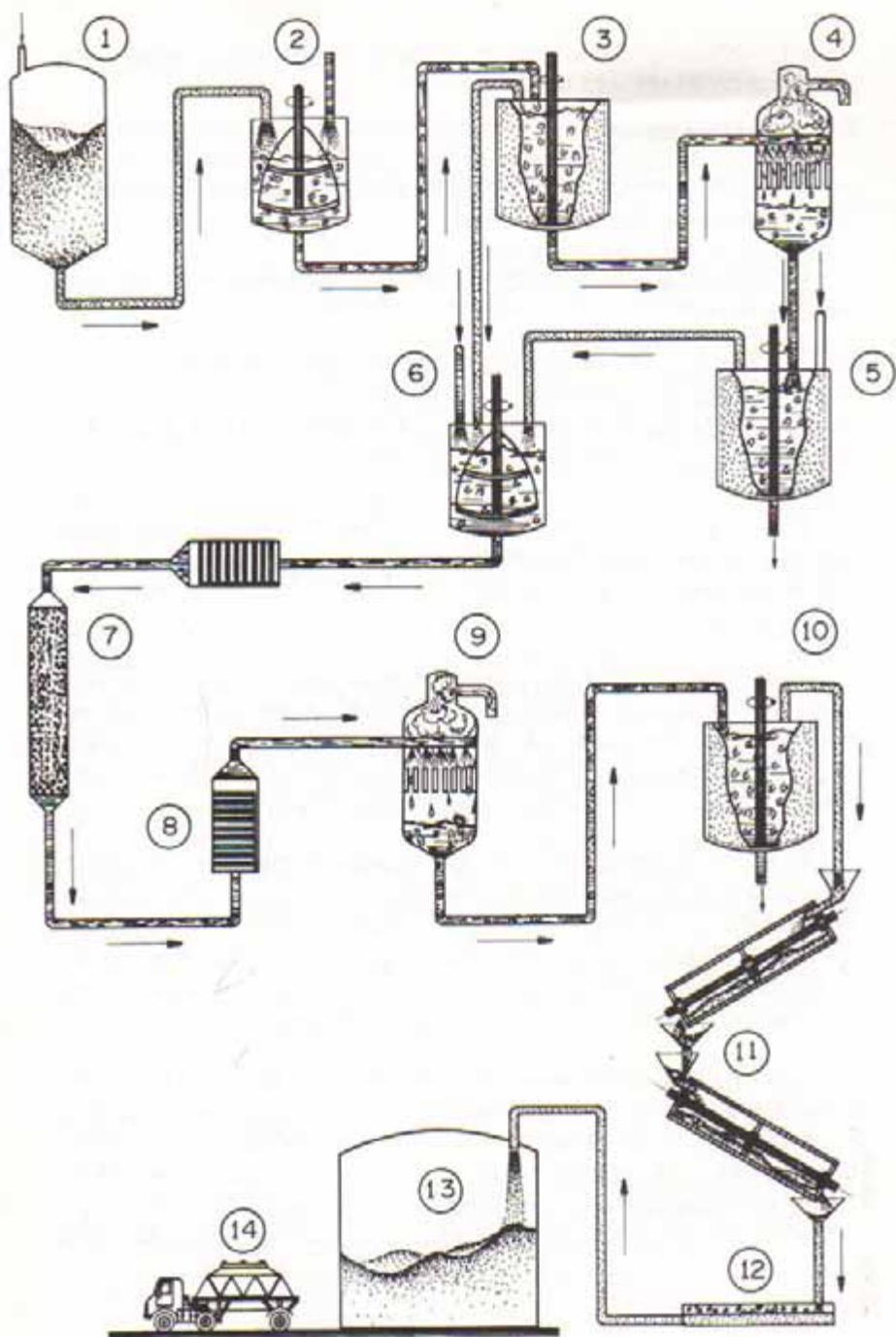


## 6.6. Refinación del azúcar cruda

La refinación del azúcar cruda de caña tiene por objeto la obtención de azúcar blanca casi 100% pura, con mejor presentación. Ésta se utiliza en la industria alimentaria para preparar jugos, néctares y mermeladas. La refinación se efectúa, por lo general, en unidades de gran tamaño. Las operaciones de procesamiento incluyen la afinación, el lavado, la disolución, clarificación, decoloración, evaporación, cristalización, centrifugación, secado y terminado.

- (1) El azúcar cruda del tanque de almacenamiento se transporta a una mezcladora para llevar a cabo la refinación.
- (2) El azúcar se mezcla con un jarabe denso y de elevada pureza para disolver la película de melaza que cubre los cristales.
- (3) La masa de cristales y jarabe se centrifuga con el fin de separar la película. Aquí se obtienen cristales lavados y un jarabe sucio.
- (4) El jarabe de refinación se evapora hasta lograr la cristalización.
- (5) Al centrifugar la masa caliente, se separa la melaza y un azúcar bastante pura, que pasa a la redisolución.
- (6) El azúcar refinada y la recristalizada se disuelven en agua caliente y se filtra el jarabe que se forma.
- (7) El jarabe se purifica y se decolora por filtración con carbón activado.
- (8) El jarabe decolorado se vuelve a filtrar para separar las partículas de carbón.
- (9) El jarabe purificado se concentra hasta lograr la cristalización.
- (10) La masa se centrifuga y se separa el azúcar blanca de un jarabe. El jarabe puede volver a pasar a la concentración o a la redilución en agua caliente, dependiendo de su pureza.
- (11) El azúcar blanca se seca en granuladores de tambor.
- (12) En seguida se tamiza.
- (13) Se almacena a granel.
- (14) El azúcar refinada está lista para la comercialización.







La producción del azúcar refinada de remolacha se lleva a cabo por difusión en un solo proceso continuo.

## **6.7. Clases de azúcar**

El azúcar puede venderse en diferentes formas, de acuerdo con las exigencias del mercado.

El azúcar granulada, morena o blanca refinada, sale de los ingenios azucareros o de las plantas de refinación.

Los cubitos o tabletas se fabrican mezclando el azúcar granulada con un jarabe de azúcar denso y blanco. Se forma una masa húmeda que se comprime en cubos o tabletas y se secan en bandas transportadoras con aire caliente.

El azúcar en polvo se obtiene moliendo el azúcar granulada en molinos de martillos. Para evitar el aterronamiento, se le añade 3% de almidón de maíz. Se comercializa con el nombre de azúcar glass.

El azúcar líquida tiene una extensa aplicación en la industria alimentaria para la preparación de bebidas. Además, no presenta problemas de disolución. El azúcar líquida debe ser almacenada higiénicamente, para evitar el desarrollo de bacterias. El azúcar en estado líquido no se transporta a grandes distancias.

El jarabe invertido es un azúcar líquida en que la mayor parte de la sacarosa está separada en fructosa y glucosa. La inversión se lleva a cabo en un medio ácido, por calentamiento del azúcar granulada en solución acuosa. Terminando la inversión, el jarabe se somete a una purificación. Tiene una extensa utilización en la fabricación de productos dietéticos y mermeladas.

Los azúcares blandos se clasifican, de acuerdo con el color, en amarillos y pardos. Tienen una estructura esponjosa y un aspecto no cristalino. Se obtienen cristalizando los jarabes coloreados de baja pureza y tienen un elevado contenido en azúcares invertidos. Se obtienen también en la refinación del azúcar cruda o por redisolución del azúcar granulada mezclada con jarabes coloreados.

## 6.8. Subproductos

Los subproductos comunes a la extracción del azúcar de caña o de remolacha son la melaza y el fertilizante cálcico. Los subproductos específicos son el bagazo de la caña y la pulpa de la remolacha.

La melaza está constituida principalmente por agua, sacarosa, dextrosa, levulosa, otros hidratos de carbono, proteínas, ceras y algunas vitaminas.

Como es un líquido muy viscoso, la melaza debe ser diluida hasta obtener una concentración prefijada, para posteriormente bombearla a los tanques de almacenamiento o de transporte.

La melaza se utiliza para la alimentación animal, mezclada con otros alimentos, y para la producción de alcohol etílico. En menor cantidad, se emplea para la producción de ron y productos como levadura y vinagre.

El bagazo que sale de los molinos o del difusor está constituido de 50% de fibra leñosa y el resto de agua y sólidos solubles. Aproximadamente la cuarta parte del bagazo de toda la caña que se produce en el mundo sirve como combustible para la generación del vapor en los mismos ingenios azucareros. La otra parte de la fibra representa una materia prima para la fabricación de productos como papel y paredes aislantes.

En el ingenio azucarero de remolacha, la pulpa constituye un buen alimento para el ganado.

Asimismo, la pulpa, mezclada con una determinada cantidad de melaza, prensada y recortada en trocitos, se entrega, envasada o a granel, a la industria mezcladora de alimentos concentrados para ganado.

El fertilizante cálcico es el precipitado que se separa durante el proceso de carbonatación y clarificación con cal. Constituye un excelente y económico fertilizante cálcico.

## 6.9. Almacenamiento

Tanto el azúcar cruda como el azúcar refinada de caña y de remolacha por lo general se transportan y se almacenan a granel. Si la humedad del local es demasiado baja durante el almacenamiento, el azúcar se atterra y endurece.

Para evitar gastos adicionales de molido y tamizado, es importante mantener una humedad relativa de alrededor de 65%. El azúcar puede ser almacenada también en locales herméticos, con el fin de que la atmósfera interior del almacén se equilibre gradualmente con la humedad del azúcar. Deben prevenirse las elevadas diferencias de temperatura para evitar la migración de la humedad condensada de la masa de una zona caliente a una fría.

El azúcar empacada en costales de yute o papel, sufre los deterioros antes mencionados aun en mayor grado. Para evitar estos deterioros, se debe envasar en bolsas de plástico impermeables a la humedad, o acondicionar el aire que rodea las pilas de los costales.

Durante el almacenamiento de melaza, puede ocurrir una descomposición que provoque la proliferación de gases. Por eso, los tanques de almacenamiento de melaza deben ser adecuadamente ventilados para permitir el escape de los gases de descomposición y evitar explosiones.

## 7. PRODUCCIÓN DE FIBRAS VEGETALES

Las fibras que se extraen de algunas plantas tienen aplicaciones en la preparación de hilos para la producción de tejidos, cuerdas, tapetes y alfombras. Aunque las fibras vegetales tienen una gran competencia de las fibras sintéticas, su consumo es alto.

Desde el punto de vista botánico las fibras vegetales son células muy largas de paredes gruesas y afiladas en los extremos. La mayoría de las fibras vegetales están compuestas por:

- **Celulosa.** Es el principal componente de la membrana celular. Es una sustancia sólida, inerte e insoluble al agua.
- **Sustancia leñosa,** compuesta en parte por celulosa. Tiene una estructura más dura que ésta y al endurecerse la protege.
- **Agua.**
- **Impurezas naturales,** como ceras y grasas.

Las fibras se dividen en tres clases dependiendo de la parte de la planta vegetal de la cual se extraen.

- Fibra separada de las semillas como el algodón y la ceiba.
- Fibra separada de las hojas como el henequén y la lechugilla.
- Fibra separada del líber del tallo, como el yute, el cáñamo y el lino.

### 7.1. Fibras de semillas

Estas fibras se obtienen de la sustancia fibrosa de color blanco, blanco-amarillo o blanco-moreno que rodea las semillas de algunas plantas del género *Gossypium*. Por ejemplo, el fruto del algodón es una cápsula que contiene de 27 a 45 semillas. La fibra es el pelo compuesto de una célula alargada de su cáscara. A la madurez del fruto, los pelos se extienden forzando la apertura de la cápsula. Estos pelos forman la bola de algodón de 3.5 a 5 cm de largo. La fibra madura está compuesta por el 90% de celulosa, el 5 u 8% de agua y el 4 o 6% de impurezas naturales. Las bolas de algodón se llevan a la planta desmotadora para separar la semilla.



La recepción y el almacenamiento del algodón en bruto se efectúan con el siguiente equipo:

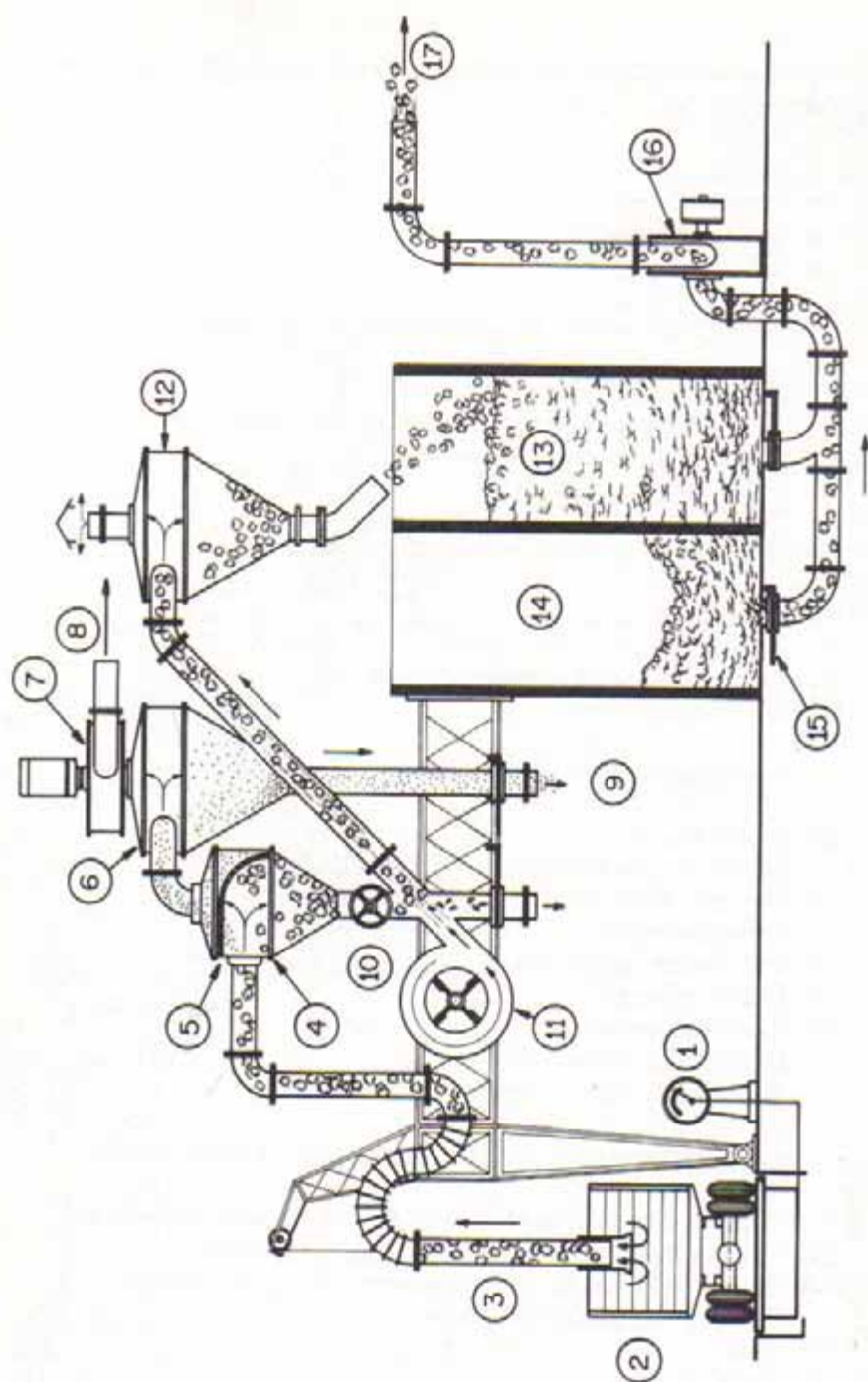
- (1) Báscula de pesado.
- (2) Remolque cargado de algodón.
- (3) Boquilla de succión para el descargado neumático.
- (4) Ciclón primario.
- (5) Rejilla perforada.
- (6) Ciclón secundario.
- (7) Ventilador de succión.
- (8) Salida del aire.
- (9) Descarga del polvo.
- (10) Válvula reguladora de la cantidad de algodón.
- (11) Ventilador de presión.
- (12) Ciclón.
- (13) Almacén de algodón en bruto.

El algodón debe pesarse y muestrearse al momento de la recepción para conocer su calidad y destino inmediato; ya que después, el algodón puede llevarse directamente a la planta desmotadora o almacenarse en espera del procesamiento. En ambos casos, el descargado y el transporte se hacen neumáticamente, utilizando una boquilla de succión. El algodón y el aire de transporte entran en un ciclón primario, en el cual, mediante la rejilla perforada, se hace la separación del polvo y el aire. El polvo y el aire entran en un ciclón secundario que los separa.

El algodón es transportado al almacén por aire a presión. Durante el transporte neumático, el algodón entra a un ciclón que lo separa del aire. De aquí, el algodón cae, por gravedad, al almacén. Cuando se necesita algodón para la planta desmotadora, el transporte neumático se efectúa mediante el equipo que a continuación se detalla:

- (14) Almacén del algodón en bruto.
- (15) Válvula.
- (16) Ventilador de succión.
- (17) Tubería para el transporte neumático del algodón en bruto hacia la planta desmotadora.

Se succiona el algodón con una boquilla igual a la que se utiliza para el vaciado del vehículo de transporte.



7.1. FIBRAS DE SEMILLAS 89

El desmotado de las bolas de algodón se lleva a cabo mediante las siguientes operaciones:

- Secado.
- Limpieza.
- Desmotado.
- Empacado.

El secador de tambor se compone de lo siguiente:

- (1) Tubería de entrada del algodón.
- (2) Ventilador para la introducción del aire caliente.
- (3) Eje central giratorio con aspas.
- (4) Salida del aire húmedo.

La máquina limpiadora consta de lo siguiente:

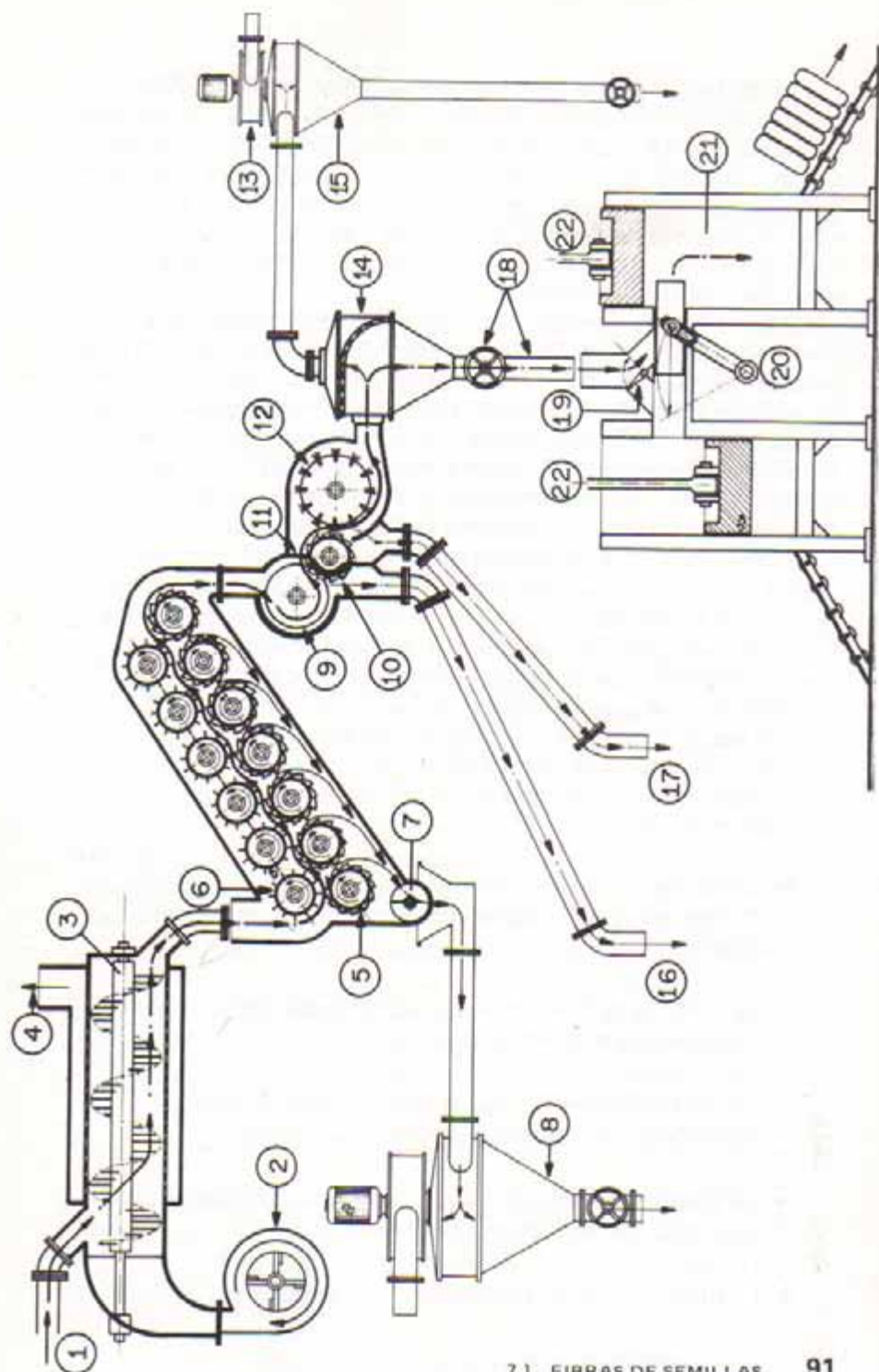
- (5) Sierras circulares.
- (6) Rodillos giratorios con aspas.
- (7) Transportador de cáscaras y polvo tipo gusano.
- (8) Ciclón separador.

La máquina desmotadora se compone de lo siguiente:

- (9) Discos planos.
- (10) Sierras circulares que giran a alta velocidad.
- (11) Barras a través de las cuales giran las sierras.
- (12) Cepillos giratorios.
- (13) Ventilador de succión.
- (14) Ciclón primario.
- (15) Ciclón secundario.
- (16) Descarga de las semillas.
- (17) Descarga de las semillas no maduras.

La prensa doble para formar pacas consta de lo siguiente:

- (18) Tubería y rodillo de alimentación del algodón desmotado.
- (19) Válvula de alimentación del algodón a las jaulas.
- (20) Brazo sincronizado con el movimiento de los pistones.  
Empuja el algodón en la jaula.
- (21) Jaula.
- (22) Pistones.



7.1. FIBRAS DE SEMILLAS



En la máquina secadora se reduce la humedad del algodón hasta el 8%. La máquina limpiadora sirve para separar las cáscaras y otras impurezas. Las bolas son agarradas por los dientes de las sierras y son empujadas hacia adelante. Las aspas de los rodillos sacuden las bolas, las despegan de los dientes de la sierra y las empujan hacia la siguiente. Las cáscaras y el polvo, que se separan de las bolas durante el sacudido, son descargadas en el fondo de la máquina y alejadas neumáticamente.

En la máquina desmotadora, los dientes de las sierras agarran la fibra y la tiran entre las barras. Las semillas maduras, que son más grandes que las aberturas, no pueden pasar a través de las hendiduras y son separadas de la fibra. La fibra es separada de las sierras por los cepillos giratorios. Las semillas no maduras, de tamaño inferior a las otras, pasan a través de las aberturas de las barras y son separadas por tamices. La fibra separada de las semillas es alejada por aspiración y conducida hacia la prensa.

En el fondo de la jaula de la prensa vacía, se pone una tela de yute o lechuguilla. Cuando se abre la válvula de alimentación del algodón, el brazo empuja el producto hacia el interior de la jaula. El pistón, sincronizado con el brazo, comprime el algodón en el fondo. Cuando la paca alcanza el tamaño estándar, se introducen los flejes de acero que se amarran alrededor de la paca.

Las pacas finalmente son pesadas, clasificadas y almacenadas hasta el momento de la comercialización.

La fibra varía en longitud desde 0.5 hasta 5 cm, según la variedad de la planta.

- La fibra extra corta tiene una longitud inferior a 1.9 cm; no es muy apropiada para hilarse y se utiliza como guata y sobreforro.
- La fibra corta tiene una longitud de hasta 2.5 cm; es hilable y se utiliza para telas baratas.
- La fibra media tiene una longitud de hasta 2.9 cm; es hilable y se utiliza para telas de buena calidad.
- La fibra larga tiene una longitud de hasta 3.5 cm; se hila muy bien y se utiliza para telas finas.
- La fibra extra larga tiene una longitud superior a 3.5 cm.

Las semillas desmotadas aún están recubiertas por un corto pelo de fibra que se llama borra. El desborrado se efectúa empleando desborradores de construcción similar a la desmotadora de sierras circulares.

## 7.2. Fibras de hojas

Estas fibras provienen de las venas que dan vigor y sostén a las hojas de agaves. Se conocen generalmente bajo el nombre de fibras duras. Son fibras largas, toscas, ásperas y fuertes, que se utilizan principalmente para la fabricación de cuerdas y cepillos. Las fibras de henequén, sisal y algunos ixtles son adecuadas para torcerse en bramantes o cordelería basta y para fabricar alfombras y sacos. Las fibras de algunas clases de ixtle son gruesas y rígidas y se utilizan para la fabricación de cepillos.

Las características anatómicas de la fibra de henequén y de sisal se detallan en el siguiente cuadro:

<i>Características</i>	<i>Sisal</i>	<i>Henequén</i>
Nombre botánico	<i>Agave Sisalana</i>	<i>Agave Fourcroydes</i>
Color de la hoja	Verde oscuro	Gris azulado
Aspecto de la hoja	Espina terminal	Espinas marginales
Resistencia al agua salada	Mediana	Poca
Resistencia a la sequía	Mediana	Buena
Longitud de la fibra	60 a 160 cm	60 a 160 cm
Diámetro de la fibra	1/8 a 1/2 mm	1/8 a 1/2 mm
Color de la fibra	Perlado o blanco	Anaranjado o casi blanco
Contenido en celulosa	77%	73%
Utilización	Bramantes, cables, cordelería marítima	Bramantes, cables, sacos arpillería y alfombras

Los métodos de extracción de la fibra del henequén y del sisal incluyen las operaciones de recolección y ablandamiento de las hojas. A éstas siguen la separación de la fibra, el secado, el peinado, el empacado y la clasificación.

Los recolectores cortan con cuchillo las hojas más bajas, que son las más desarrolladas en largo. A medida que se cortan las hojas se van formando, en el centro de la planta, nuevas hojas y un tronco con las cicatrices de las hojas recolectadas. Se quita la espina terminal y, en el caso del henequén, también las laterales. Después, se atan las hojas en gavillas y se llevan a la planta desfibradora. La fibra debe extraerse en las 48 horas posteriores al corte.

Después, las hojas son distribuidas paralela y transversalmente en una cinta transportadora que pasa a través de cilindros giratorios ondulados. Estos provocan el ablandamiento de los tejidos de las hojas.

Las hojas, firmemente sujetas por un extremo, pasan a través de tambores giratorios provistos de aspas flexibles. Los tambores raspan la superficie rota de la hoja y desprenden la pulpa que rodea la fibra. Al mismo tiempo, la fibra se rocía con agua para eliminar los pedazos de pulpa y limpiarla de todos los desperdicios.

La fibra limpia se extiende en cuerdas para el secado y el blanqueado al sol. Esta operación también puede efectuarse en secadores giratorios, mediante el uso de aire caliente. En este segundo caso, la fibra es de mejor calidad.

El tronco que queda al terminar la vida útil de la planta se aprovecha para la producción de alcohol, mediante el proceso de fermentación.

Otras especies de agave producen fibras que se designan con el nombre genérico de ixtle. Las más importantes son la lechuguilla, el jaumave y la palma.

El ixtle de lechuguilla es la fibra más basta y rígida de todos los agaves comerciales. Tiene un color que va de crema a verde y una longitud de 18 a 50 cm. Es adecuada para la fabricación de cepillos restregadores de diferente dureza.

La fibra de jaumave tiene el mismo color que la lechuguilla y una longitud de 30 a 70 centímetros. Es adecuada para la fabricación de cepillos de primera calidad.



La fibra de palma se obtiene de varias especies de la familia de las liliáceas. El color de la fibra es blanco verdoso cuando se separa a partir de hojas crudas. La fibra tiene menor resistencia que la de lechuguilla, aunque sea más suave y elástica.

El recolector de ixtle corta los tallos centrales o cogollos una vez por año, después que las plantas hayan alcanzado de 6 a 10 años de edad. El cogollo está compuesto por 6 a 15 hojas, nuevas y tiernas, envueltas estrechamente, las unas con las otras, en forma de bola alargada.

Para la separación de la fibra, se desprenden las hojas que forman el cogollo y se depositan encima de un tarugo de madera. Para obtener la fibra, se raspa cada hoja con un cuchillo pesado. El rendimiento en fibra corresponde al 6 u 8% del peso inicial de las hojas. Posteriormente, se reúnen las fibras en manojos, se lavan para separar los pedazos de hojas adheridas y se extienden al sol para que se sequen.

Las fibras obtenidas del henequén, del sisal y del ixtle se someten a operaciones como el peinado, la clasificación y el empacado. Las fibras son peinadas para separar las asperezas superficiales y conferir al producto una mejor presentación. El empacado se efectúa prensando la fibra y sujetando las pacas con flejes metálicos. La fibra se clasifica por su longitud, color y limpieza.

De la pulpa se extrae la fibra fina. La pulpa residual se utiliza como materia prima para la fabricación de celulosa, sustancias gelatinosas, grasas y ceras comestibles. El jugo residual se utiliza para la extracción de productos farmacéuticos.

### **7.3. Fibras de tallos**

Son las fibras de líber que se encuentran entre la corteza exterior y el cilindro leñoso central del tallo de las plantas de cáñamo, lino y yute. Dan resistencia y flexibilidad al tallo.

Algunas fibras como las de lino y de cáñamo son blandas, flexibles y de primera calidad. Se hilan para tejer telas para prendas de vestir. Otras, como el yute, se emplean para tejer telas bastas para producir sacos y coberturas de protección.



La extracción de la fibra de cáñamo, lino y yute se efectúa con operaciones muy parecidas. Se cortan los tallos con una segadora. En el caso de lino se arrancan los tallos a mano o mediante una arrancadora de lino. Luego, se dejan tendidos al sol para que se sequen y se facilite la separación de las hojas por sacudido. Posteriormente, se clasifican los tallos según su estado de madurez, grado de desecación, calibre y largo, y se atan en manojos para el enriado.

El enriado es la operación que permite colocar los tallos en condiciones tales de fermentación que se debiliten las sustancias que unen la corteza o fibra al tallo. El sistema más utilizado consiste en introducir los manojos, atados en haces, en recipientes con agua limpia al aire libre. Se ponen piedras encima de los haces para que todos los tallos estén completamente sumergidos en el agua. El agua, después de algunos días, empieza a ponerse turbia y a desprender un olor desagradable a causa de la fermentación pectolítica. Se termina la maceración cuando, oprimiendo entre los dedos un tallo, se desprende fácilmente la fibra de la parte leñosa.

El secado se efectúa desatando los haces, lavando los manojos y extendiéndolos al sol, en posición vertical, para que se sequen.

El agramado consiste en quebrantar los tallos para separar la fibra de la parte leñosa. Se efectúa introduciendo los manojos secos entre cilindros de hierro fundido, acanalados, dentados y con sentido de rotación opuesto. Luego, se separa la fibra de los residuos leñosos. Esta operación puede efectuarse con una máquina espadilladora o manualmente con el caballete. En general, el trabajo manual permite producir una fibra más brillante, más fina y con una reducida cantidad de fibra de baja calidad.

El peinado tiene el objeto de disponer las fibras paralelamente y separarlas de las fibras rotas o enredadas para producir un producto de primera calidad. Se efectúa introduciendo la mitad de la longitud del mechón entre las puntas agudas del peine. El peinado se efectúa jalando el mechón hacia el operador. Después se repite la operación por la otra extremidad del mechón. Los pedazos de fibra que quedan en el peine constituyen la estopa. Terminando el peinado, se efectúa la clasificación y el empaclado.

## 8. BENEFICIO DEL CAFÉ

El beneficio del café es el conjunto de operaciones que permiten la separación de los granos verdes de la cereza, su fermentación y secado.

La mayoría de los frutos de café contiene dos granos que están recubiertos por una capa de pulpa. Cada grano, a su vez está recubierto por tres capas. La película plateada es la capa más interna, que se adhiere al grano. La cáscara apergaminada es la capa intermedia de color amarillo-marrón. El recubrimiento mucilaginoso es la capa externa, de color blanquizco y traslúcido que separa la pulpa de la capa apergaminada.

Con la maduración del fruto, el color de la cereza cambia del verde al rojo. Este es el momento óptimo para la cosecha y producción de granos de café de calidad superior. Si no se cosecha el fruto en este estado, la pulpa se ablanda paulatinamente, se oscurece, se seca y cae.

El cafeto tiene siempre, frutos que se encuentran en diferente estado de maduración. Para obtener granos de calidad superior, es preciso efectuar la cosecha escalonada y selectiva en forma manual.

Para obtener los granos de café verde, se debe desechar la pulpa de la cereza y las capas que envuelven cada grano. Este proceso se lleva a cabo en las plantas beneficiadoras de café mediante el sistema húmedo, o el seco.

### 8.1. Proceso húmedo

La pulpa de los frutos debe ser blanda y no desecada, para facilitar su separación. El procesamiento debe efectuarse inmediatamente después de la cosecha, con las siguientes operaciones:

- Recepción y pesado de las cerezas.
- Clasificación.
- Despulpado.
- Separación del mucilago y lavado.
- Secado.
- Descascarado y pulido.
- Selección.
- Clasificación.
- Ensacado, pesado y almacenaje.

La recepción se efectúa con el siguiente equipo:

- (1) Medida.
- (2) Tanque de recolección de las cerezas.
- (3) Válvula de descarga que alimenta los separadores por peso específico y tamaño.

La separación por peso específico se efectúa como sigue:

- (4) Agua de transporte de las cerezas.
- (5) Primer separador por peso específico.
- (6) Cerezas verdes livianas.
- (7) Cerezas maduras y cuerpos extraños pesados.
- (8) Segundo separador por peso específico en forma de U.
- (9) Separación de las cerezas de los cuerpos extraños.

La separación por tamaño se lleva a cabo mediante los siguientes elementos:

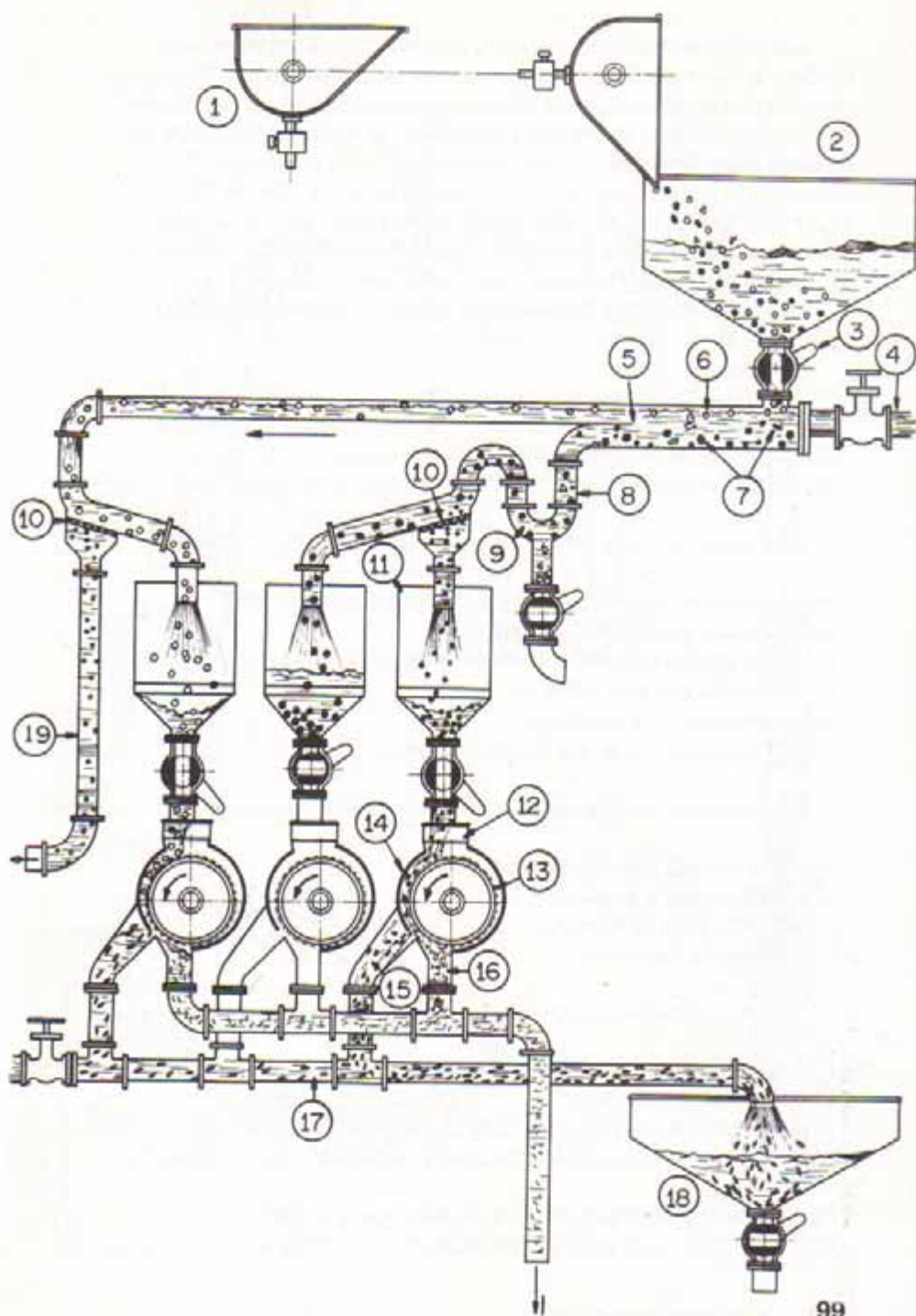
- (10) Zaranda vibratoria que separa las cerezas en dos tamaños.
- (11) Tanques de alimentación de las máquinas despulpadoras.

La máquina despulpadora se compone de lo siguiente:

- (12) Tolla de alimentación.
- (13) Tambor giratorio con superficie áspera.
- (14) Lámina ajustable según el tamaño de las cerezas.
- (15) Descarga de los granos de café despulpados.
- (16) Descarga del agua de transporte y de la pulpa.
- (17) Tubería de transporte de los granos despulpados.
- (18) Tanque de fermentación.
- (19) Tubería de transporte de los granos verdes.

Las cerezas verdes, las parcialmente secas y las que tienen un sólo grano de café, son más livianas y flotan en la superficie del agua. Por esto, se separan del producto restante en el separador por peso específico. Las cerezas maduras y los cuerpos extraños son más pesados y van al fondo del agua, que los transporta a un separador en forma de U. Los cuerpos extraños, más pesados, caen en la trampa.







Las cerezas maduras, ligeramente más pesadas que el agua, vuelven a subir al tope del separador en U y son transportadas al siguiente separador, que las divide en dos clases, de acuerdo con el tamaño. Cada clase es transportada al tanque de alimentación de cada despulpadora. En la máquina, se lleva a cabo el despulpado por la fricción de los granos entre la lámina fija y la superficie áspera del tambor giratorio. El agua de transporte arrastra la pulpa y la separa de los granos despulpados. Éstos últimos son transportados al tanque de fermentación.

La fermentación y el lavado se llevan a cabo con el siguiente equipo:

- (1) Tanque de fermentación en seco.
- (2) Llave de agua para el arrastre de los granos fermentados.
- (3) Máquina lavadora mediante cepillos giratorios.
- (4) Tolva de alimentación del elevador con enrejillado perforado.

El secador de tambor continuo consta de lo siguiente:

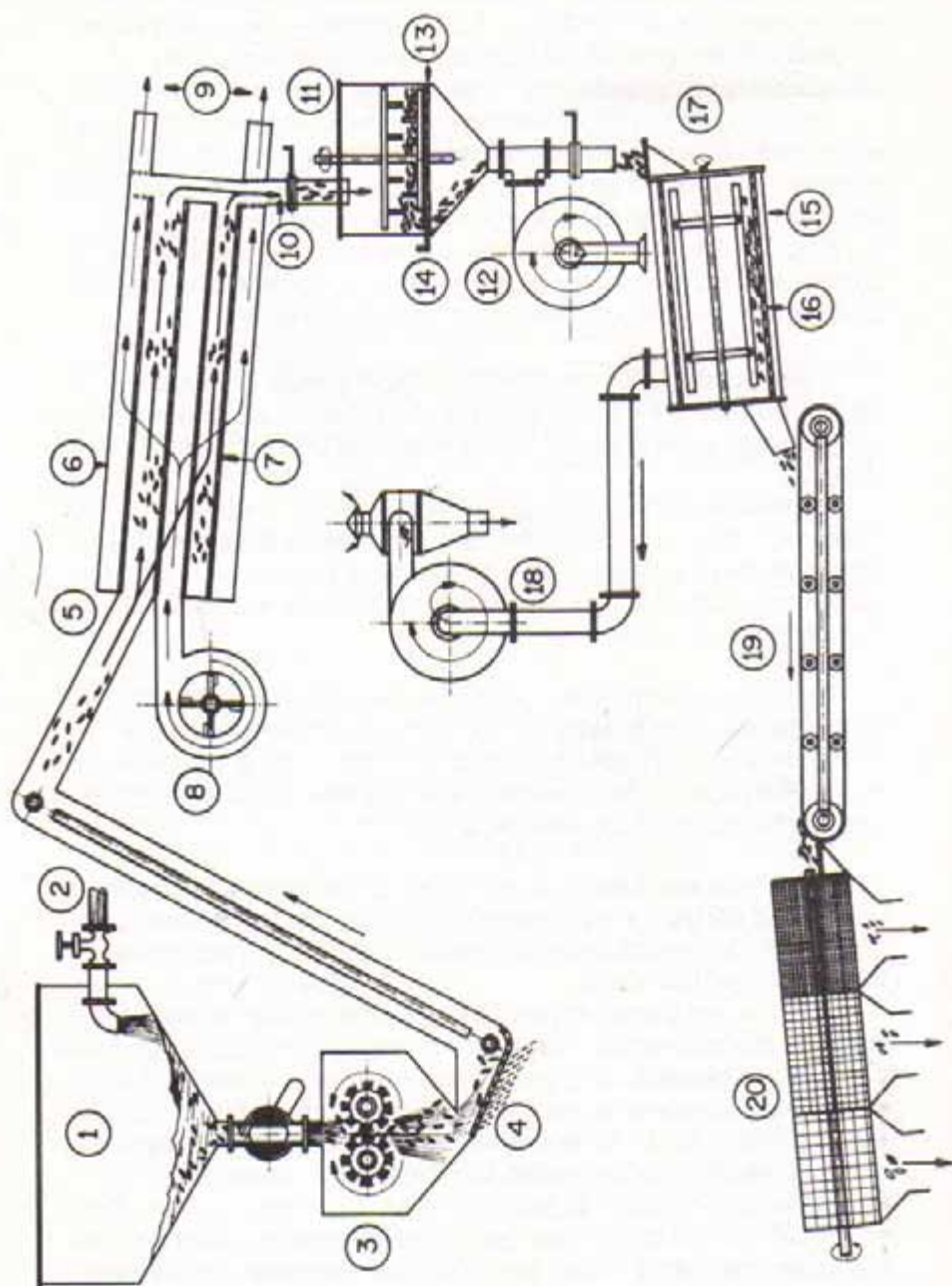
- (5) Tolva circular de entrada de los granos húmedos.
- (6) Tambor giratorio inclinado.
- (7) Tamices circulares, montados en el mismo eje del tambor.
- (8) Entrada del aire caliente.
- (9) Salida del aire húmedo.
- (10) Descarga circular de los granos secos.

El tanque de enfriamiento se compone de lo siguiente:

- (11) Eje central con aspas giratorias.
- (12) Ventilador a presión.
- (13) Enrejillado perforado.
- (14) Llave de descarga.

La máquina descascaradora incluye lo siguiente:

- (15) Tambor circular fijo e inclinado.
- (16) Tamiz circular fijo.
- (17) Eje central con aspas giratorias.
- (18) Ventilador de succión con ciclón separador del pergamino y polvo.
- (19) Cinta transportadora para la selección manual.
- (20) Tamiz circular para la clasificación por tamaño.



Los granos despulpados están recubiertos por una capa mucilagínosa que debe ser eliminada por fermentación, químicamente o por frotación. La fermentación en seco consiste en provocar la digestión del mucilago, por las enzimas y los microorganismos presentes en la superficie de los granos.

Los granos de café permanecen en el tanque de fermentación de 36 a 48 horas a temperatura ambiente. El tiempo necesario depende del espesor de la capa y de la temperatura. Añadiendo enzimas naturales, se reducen los tiempos de fermentación a 5 u 8 horas. Durante la fermentación, se crean modificaciones químicas en los granos. Éstas permiten que, durante el tostado, se desarrollen las características aromáticas deseadas.

Terminando la fermentación, se descargan los granos del tanque con fuertes chorros de agua. Los granos, arrastrados por el agua, caen en la máquina lavadora que separa el mucilago digerido.

En este momento, el grano de café contiene el 50% de humedad. Para evitar su alteración, la humedad debe ser rápidamente reducida al 12%. El secado se efectúa en el secador de tambor giratorio. Los granos de café se secan también por etapas, como el palay.

En forma artesanal, el secado se hace extendiendo los granos al sol, en patios de piso de cemento. Las capas deben ser de 5 a 10 cm de grosor. Revolviendo frecuentemente los granos durante el día, el secado se efectúa casi en una semana. Se puede utilizar una combinación de los sistemas anteriores.

Los granos secos pasan al tanque de enfriamiento. La acción combinada del aire, a temperatura ambiente, que pasa a través de los granos y el movimiento del producto, provocado por las aspas, favorecen el enfriamiento.

Después, los granos entran en el tambor perforado de la máquina descascaradora. Ésta permite separar la capa pergaminosa y la película plateada que, en el grano seco, es quebradiza. Las aspas flexibles, que giran en el interior del tambor, golpean el grano que avanza por la inclinación del tambor. El pergamino y la capa plateada que se separan son alejados de la máquina mediante un ventilador de succión.

El café pulido cae en una cinta transportadora y manualmente se separan los granos rotos, defectuosos y de coloración desigual.



Al final, los granos se clasifican en tres tamaños, después de atravesar las perforaciones del tambor giratorio de la máquina clasificadora.

Los granos ensacados, después del pesado, son almacenados en lugares frescos y secos. En climas húmedos, los granos verdes que no se comercializan enseguida deben ser almacenados a temperaturas inferiores a 20 o 25 °C, para evitar pérdidas de sabor y calidad.

## **8.2. Proceso seco**

Se utiliza principalmente cuando no se hace el pizado escalonado. Asimismo, se emplea para los frutos secos separados por flotación durante el proceso húmedo. También, se utiliza para los granos maduros que hayan caído al suelo.

Este proceso es más sencillo que el anterior, sin embargo, los granos verdes son de calidad inferior. El procesamiento se lleva a cabo mediante las siguientes operaciones:

- Secado.
- Descascarado.

El secado tiene el fin de reducir la humedad de los frutos hasta un 12%. Se efectúa, con secadores de aire caliente, por etapas, en aproximadamente una semana. Asimismo, se lleva a cabo extendiendo al sol los frutos en capas de 4 a 5 cm de grosor. Revolviendo los frutos varias veces por día, el secado se efectúa en aproximadamente tres semanas.

El descascarado tiene el fin de separar en una sola etapa las capas que envuelven los granos. Se efectúa de la misma manera que en el proceso húmedo.

## **8.3. Tostado**

Esta operación se efectúa en los lugares en los cuales se utilizará el grano. Se someten los granos verdes a elevadas temperaturas, para que desarrollen las características aromáticas que permiten apreciar el café. Con el tostado el color cambia de verde a café. La textura del grano se vuelve esponjosa.



Se introducen los granos en un tambor giratorio provisto de aspas mezcladoras. En el tambor, los granos son atravesados por un flujo de aire caliente. Los gases de combustión son reciclados a través de los granos para reducir las pérdidas de aroma.

Las características aromáticas se desarrollan completamente tostando los granos a 230 °C, durante 15 o 20 minutos. A temperaturas superiores, los granos se ennegrecen, se carbonizan y pierden el aroma y sabor característicos. A temperaturas inferiores, el aroma y el sabor no se desarrollan completamente.

Durante el tostado se provoca reducción de peso y aumento de volumen.

Terminando el tostado, los granos deben enfriarse rápidamente, para evitar el sobrecalentamiento y el desarrollo de características indeseables.

## 9. BENEFICIO DEL CACAO

El beneficio del cacao es el conjunto de las operaciones que permiten la separación de los granos de cacao, de las mazorcas maduras, así como su fermentación y desecación. Los granos de cacao son la materia prima para la producción del chocolate.

El fruto o mazorca de cacao consta de una cáscara gruesa que encierra de 30 a 40 granos rodeados de una pulpa mucilaginosa blanca. La cáscara de la mazorca se vuelve amarilla durante la maduración. Este es el momento más apropiado para la recolección del fruto.

La cosecha de los frutos se hace en forma escalonada, ya que la maduración de las mazorcas no es igual en todos los frutos.

### 9.1. Recolección de granos

La cosecha, la clasificación y la separación de los granos de las mazorcas se lleva a cabo de la siguiente manera:

- La separación del fruto del árbol de cacao se hace cortando el pedúnculo con un machete o cuchillo. Se cosechan los frutos maduros, los sobremaduros, los enfermos y los picados por insectos.
- Luego se llevan las mazorcas al lugar central de fermentación y se clasifican para que se pueda llevar a cabo una fermentación uniforme. Se hacen montones de diferentes tipos de cacao, separándolos entre sí. Las mazorcas sobremaduras, enfermas y picadas deben fermentarse por separado, ya que se encuentran en avanzado proceso de fermentación. De ellas se obtienen granos de cacao de calidad inferior.
- Entre el primer y tercer día de la cosecha, se abren las mazorcas para separar los granos. Se agarran con las manos las dos extremidades de cada mazorca y se golpea la parte central en una cuña de madera fija sobre una mesa. Los frutos se abren también, sosteniéndolos con una mano y golpeándolos en la parte central con un garrote. Luego, se extraen los granos con los dedos y se depositan en una canasta, en espera de comenzar la fermentación.

## 9.2. Fermentación, descascarado y clasificación

La unidad para la fermentación de elevadas cantidades de granos consta de cajones dispuestos horizontalmente o en forma de escalera.

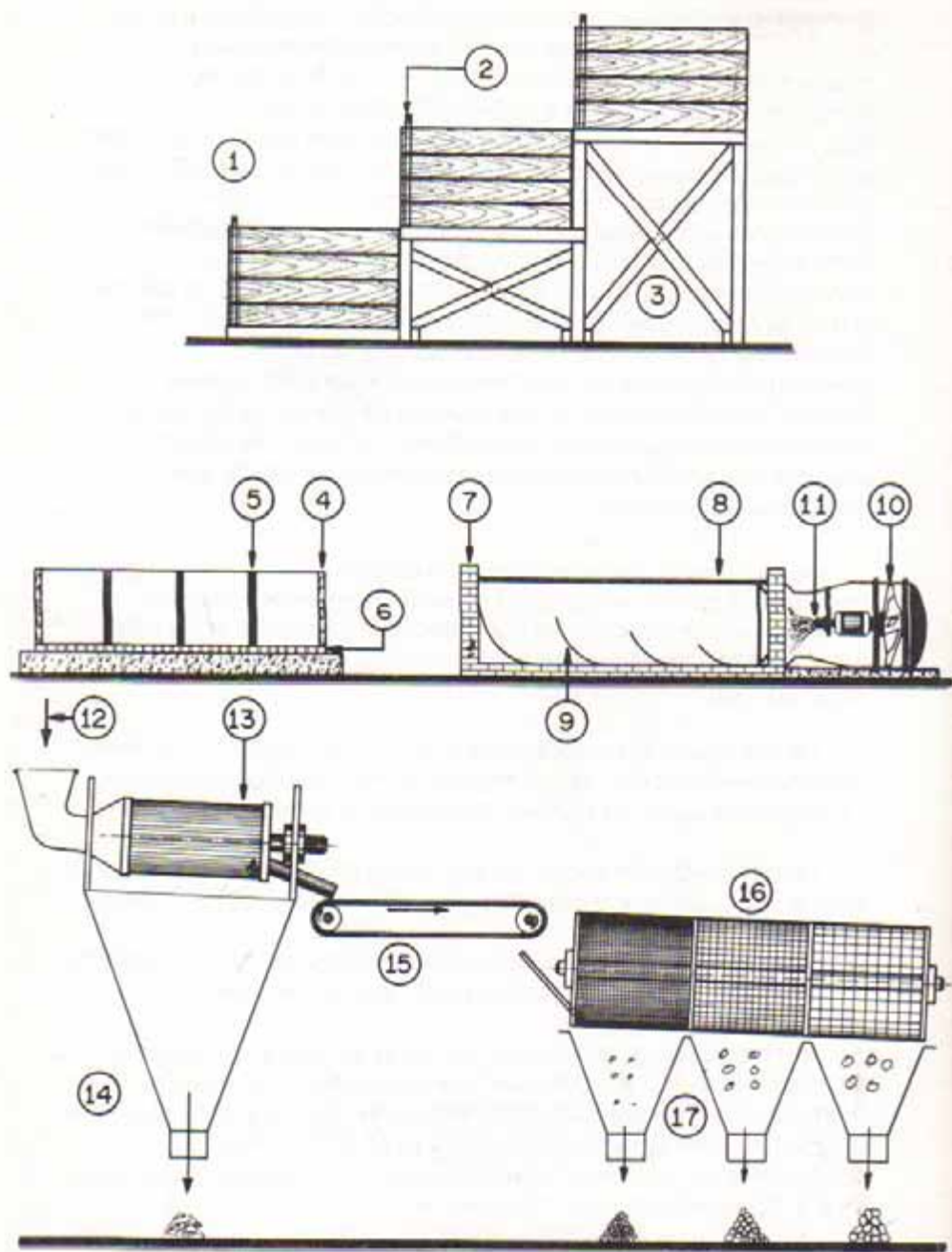
- (1) Cajones cuadrados de madera dispuestos en forma de escalera. Esta disposición facilita el vaciado del cacao desde una caja superior a la inmediatamente inferior. Cada caja lleva orificios en el fondo para facilitar la ventilación y la salida de las exudaciones.
- (2) Ventana corrediza que sube mediante agarraderas y facilita la descarga de los granos en el cajón inferior.
- (3) Soportes de los cajones.
- (4) Cajón rectangular de madera dispuesto horizontalmente.
- (5) Divisiones de madera para formar cuatro compartimientos separados.
- (6) Enrejillado que facilita la salida de las exudaciones y permite la ventilación de la masa almacenada en los cajones.

Una unidad para el secado artificial es la siguiente:

- (7) Paredes de ladrillos o de cemento.
- (8) Plataforma horizontal de acero perforada.
- (9) Deflectores.
- (10) Ventilador.
- (11) Quemador de gas o combustible.

El descascarado, la selección y la clasificación se hacen con el siguiente equipo:

- (12) Tolva de alimentación de los granos con cáscara.
- (13) Tambor giratorio inclinado formado por barras redondas.
- (14) Descarga de los fragmentos de cáscara.
- (15) Los granos descascarados caen en una cinta para la selección manual.
- (16) De la cinta transportadora, los granos caen en un tambor giratorio inclinado, con perforaciones de diferente tamaño.
- (17) Los granos clasificados entran por una tolva en los sacos de yute.





La fermentación de los granos de cacao se realiza con objeto de matar el embrión y desarrollar el característico aroma y sabor del chocolate. Se lleva a cabo por el alza espontánea de la temperatura de la masa hasta unos 48 °C. La duración de la fermentación varía de tres a nueve días, según el tipo de frutos. Para uniformar la temperatura en la masa y para permitir el acceso del aire, es necesario remover la masa de los granos cada 24 horas, pasándola de una caja a la otra. La remoción debe hacerse rápidamente para evitar el excesivo enfriamiento de los granos. Cuando se utiliza el cajón rectangular dividido en compartimientos, el último compartimiento no se llena de granos al momento de iniciar la fermentación. Éste se utiliza durante la remoción para introducir la masa contenida en el compartimiento anterior. La fermentación termina cuando, al cortar longitudinalmente una muestra de granos, se forma un jugo en los repliegues de los cotiledones y el color del grano adquiere una apariencia cada vez más blanca, a medida que la fermentación continúa.

Al terminar la fermentación, se debe reducir la humedad de los granos a 6 o 7%, antes de almacenar o vender el producto.

El secado se lleva a cabo por desecación natural al sol en los talleres de procesamiento, o artificialmente con diferentes tipos de secadores.

La cáscara de los granos secos es frágil y quebradiza y se separa introduciendo los granos de cacao en la máquina descascaradora. La cáscara se separa al revolver los granos en el tambor giratorio.

Luego, los granos deben ser seleccionados manualmente para separar las materias extrañas, los granos partidos y los defectuosos.

Después de la selección, los granos se introducen en la máquina clasificadora por tamaño que los subdivide en tres categorías.

Al final, después del pesado, los sacos de cacao se almacenan en espera de su introducción en el mercado. El cacao seco es higroscópico y debe almacenarse en lugares frescos y muy secos, para evitar que reabsorba humedad y se altere. En buenas condiciones de almacenaje, los granos de cacao pueden conservarse de 9 a 12 meses.

La industria rural juega un papel importante en la transformación de materias primas, tanto de origen animal como vegetal, para obtener mejores productos alimenticios y subproductos útiles a la humanidad. El procesamiento tiene como objetivo la mejor conservación de las materias primas así como una mayor diversificación en lo que se refiere a su presentación. Los manuales INDUSTRIAS RURALES están dedicados a la elaboración y conservación de productos agropecuarios, los cuales se pueden realizar a pequeña y gran escala. Los talleres y útiles necesarios en la elaboración y conservación de productos, así como el control de calidad, se encuentran descritos y magníficamente ilustrados en las páginas de estos manuales.

**Manuales que integran el  
área INDUSTRIAS RURALES:**

- 24 Taller de frutas y hortalizas
- 25 Elaboración de frutas y hortalizas
- 26 Elaboración de productos agrícolas**
- 27 Taller de carne
- 28 Obtención de carne
- 29 Elaboración de productos cárnicos
- 30 Subproductos animales
- 31 Taller de leche
- 32 Elaboración de productos lácteos
- 33 Control de calidad de productos agropecuarios

**SEP**



ISBN 968-24-3635-4



9 789682 436352