118
.D3

BENEFICIO DE SEMILLAS

Por: Sergio Dávila
Silmar Peske
Roberto Aguirre

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Unidad de Semillas
1988

MODULO VIII. BENEFICIO DE SEMILLAS

I N D I C E Pg.

1.0 Introducción 1
1.1 Importancia 1
1.2 Principios 1
1.3 Objetivos 2
1.4 Operaciones de beneficio 2

2.0 Recepción 5
2.1 Formas de recepción 5
2.2 Análisis de la muestra de recepción
2.3 Equipo accesorio 6

3.0 Secado 7
3.1 La semilla como un organismo vivo
3.2 Respiración 8
3.3 Principios del secado 9
3.4 Métodos de secado 11
3.5 Propiedades del aire y su efecto en el suelo 17
3.6 Secado artificial 33
3.7 Consideraciones sobre el diseño y selección de sistemas de secado 47
3.8 Variables para determinar el costo de secado 56
3.9 Factores que afectan la calidad de las semillas en el secado 59
3.10 Aireación 60

4.0 Limpieza, selección y clasificación 64
4.1 Bases de la reparación de los materiales indeseables 64
4.2 Equipo para prelimpieza y operaciones especiales 68
4.3 Equipo básico para limpieza de semilla 78
4.4 Separadora de precisión 91
4.5 Separadora por longitud 94
4.6 Separadora por peso específico
4.7 Separadora por textura superficial 113
4.8 Separación de aire
4.9 Separadoras electrónicas
4.10 Pulidoras 131
4.11 Banda de selección 133

Pg.

5.0 Tratamiento de semillas 135
- 5.1 Introducción 135
- 5.2 Preceptos básicos para el tratamiento químico de las semillas 135
- 5.3 Tratamiento químico 135
- 5.4 Equipos para el tratamiento químico de las semillas 136

6.0 Envasado 141
- 6.1 Selección de envases 141
- 6.2 Tipos de envase 144
- 6.3 Equipo accesorio 147

7.0 Transportadores de semillas 149
- 7.1 Elevadores de cangilones 149
- 7.2 Transportadores neumáticos 153
- 7.3 Transportadores helicoidales 153
- 7.4 Transportadores de cadena sinfín 153
- 7.5 Banda transportadora 155
- 7.6 Transportadores por gravedad 155
- 7.7 Transportadores vibratorios 155
- 7.8 Montacargas 159

8.0 Consideraciones para el diseño y la operación de una UBS 159
- 8.1 Planeación 161
- 8.2 Selección del sitio 162
- 8.3 Secuencia de las operaciones 163
- 8.4 Capacidad de operación 163
- 8.5 Transporte 164
- 8.6 Selección del equipo 165
- 8.7 Tipos de distribución 165
- 8.8 Análisis de operaciones 166
- 8.9 Automatización 166
- 8.10 Construcción e instalación. 167

MODULO VIII. BENEFICIO DE SEMILLAS

1.0 INTRODUCCION

Por Beneficio de Semillas se entiende el conjunto de operaciones al que se somete un lote de semillas luego de ser cosechado, con el fin de maximizar la cantidad de semilla pura con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación. Esta actividad se conoce en diversos países de América Latina con otros términos tales como acondicionamiento, procesamiento, beneficiamiento, limpieza o selección se semillas.

Con el fin de uniformizar la nomenclatura y atendiendo a las recomendaciones del Tesauro sobre Semillas publicado por la Unidad de Semillas del CIAT, se sugiere utilizar el término beneficio para indicar las operaciones antes descritas.

1.1 Importancia

Desde hace mucho tiempo se ha reconocido que el beneficio de las semillas es un paso muy importante en el sistema de cualquier programa organizado de producción de semillas.

Como parte integral de un programa de semillas, el beneficio es el paso que se realiza en un complejo agroindustrial especialmente denominado Unidad de Beneficio de Semilla (UBS) y cuyas operaciones se inician luego de la cosecha de las semillas y termina con el almacenamiento de las mismas hasta que sean distribuídas oportunamente.

1.2 Principios

Las empresas de semillas realizan un conjunto de esfuerzos basados en una serie de principios para lograr semillas de la mejor calidad posible a un bajo costo. A continuación se describen estos principios que son la base de toda empresa que desee beneficiar adecuadamente sus lotes de semillas.

1.2.1 Máximo porcentaje de semilla pura

Para su venta, un lote de semillas debe presentar semillas secas, limpias, uniformes y libres de materiales indeseables.

1.2.2 Pérdida mínima de semillas

Durante las operaciones que se realizan en el beneficio de las semillas, se debe calibrar adecuadamente la maquinaria y el equipo, y se debe supervisar el manejo de las semillas para evitar o minimizar las pérdidas.

1.2.3 Mantener su calidad

Se debe mantener la calidad de la semilla en cada paso del beneficio para mejorar la calidad final del lote de semilla, eliminando los materiales inertes y aquellas semillas que han perdido su calidad.

1.2.4 Eficiencia de operación

Operar en todas las fases del beneficio con la mayor eficiencia, sin disminuir la calidad del producto.

1.2.5 Trabajo mínimo requerido

Como toda empresa, y en especial la semillera, que puede involucrar mucha mano de obra, debe operarse a niveles óptimos de eficiencia para no incrementar excesivamente los costos directos.

1.3 Objetivos

El objetivo general del beneficio de semillas es obtener de un lote de semilla cosechado, el máximo porcentaje de semilla pura, con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación, a un costo razonable (Figura 1). Para lograr este objetivo se debe:

a- Remover el exceso de humedad
b- Remover contaminantes
c- Clasificar las semillas
d- Proteger las semillas contra plagas y enfermedades

1.4 Operaciones del Beneficio

El proceso de beneficio de las semillas se realiza en varias etapas, tal como se ilustran en la Figura 2. No todas estas operaciones son necesarias para beneficiar las semillas de todos los cultivos; las circunstancias y las condiciones en las que se reciben las semillas determinan las operaciones especializadas que se necesitan para el beneficio de un lote de semillas.

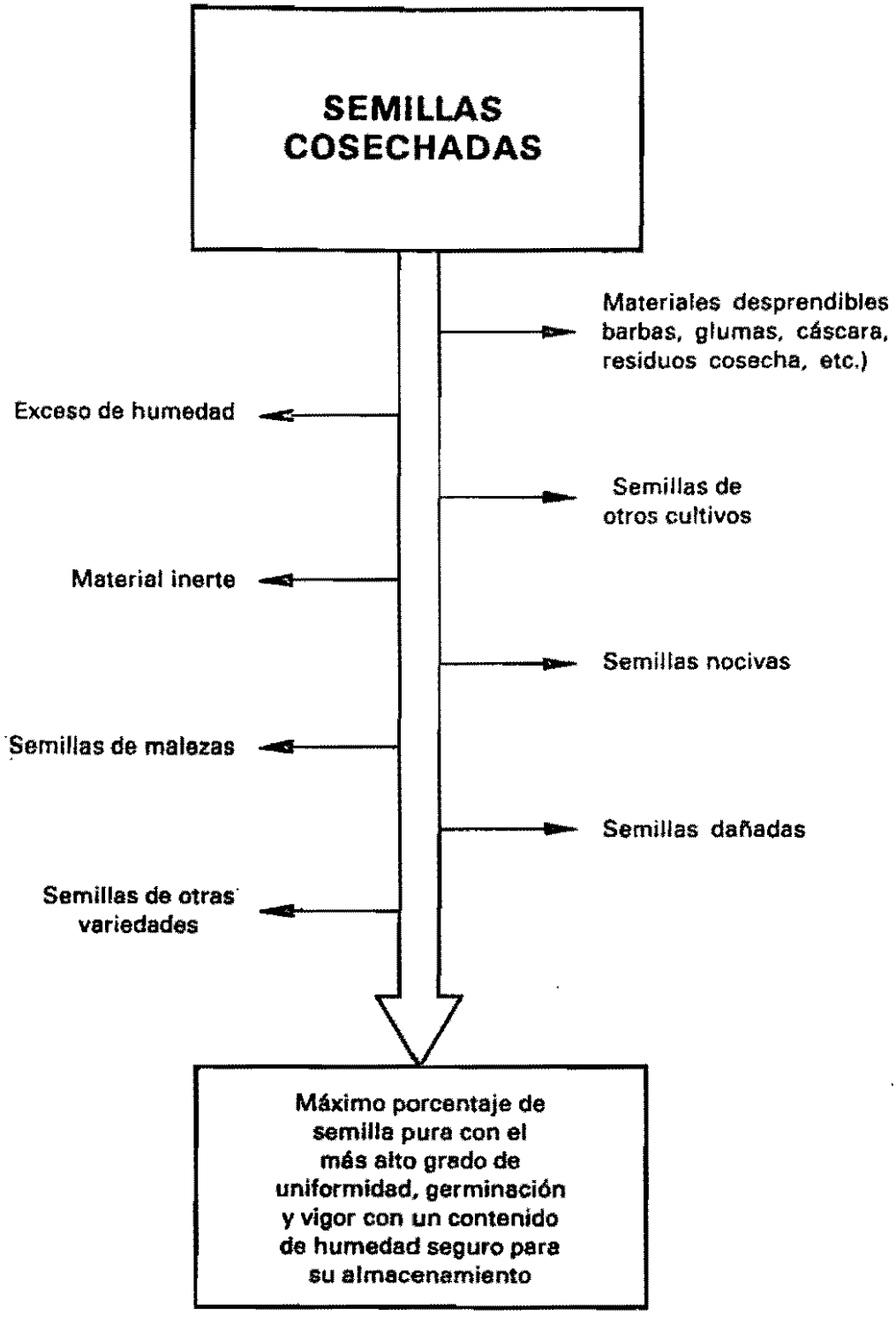


Figura 1. Beneficio de un lote de semillas.

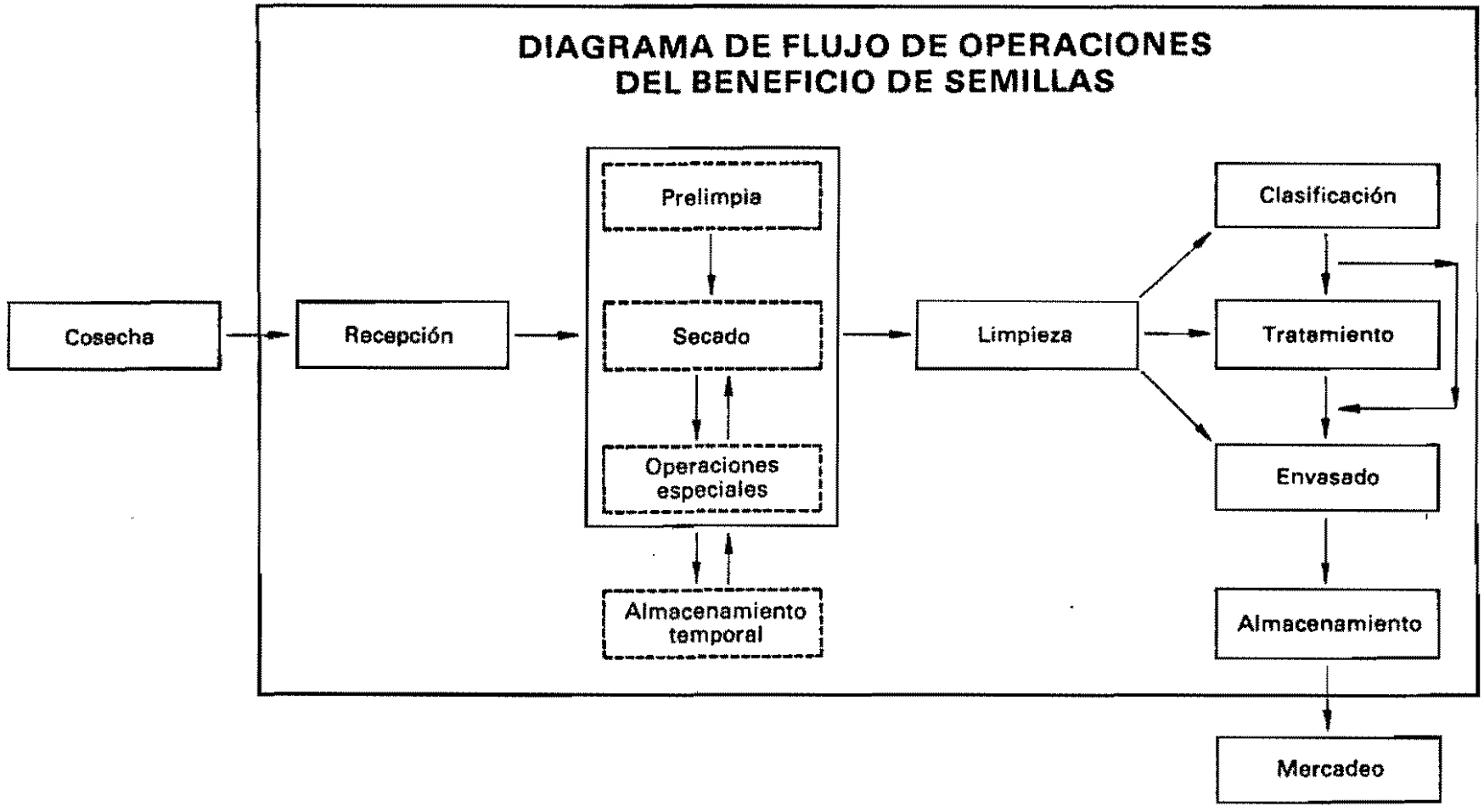


Figura 2. Operaciones fundamentales del beneficio de semillas.

2.0 RECEPCION

Es la operación inicial del beneficio y requiere de una atención especial. La recepción prácticamente se inicia desde el momento en que la semilla cosechada se transporta a la UBS.

2.1 Formas de Recepción

2.1.1 Recepción en sacos

Si la semilla se recibe en sacos, se facilita su recepción puesto que se controlan mejor los lotes durante el manejo, e inclusive algunas veces se puede secar la semilla en los mismos sacos.

Esta operación en sacos es más costosa para grandes volúmenes que a granel; los sacos deben estar perfectamente limpios o nuevos para evitar contaminaciones, pero permite mejor identificación de los lotes y pueden ser estibados en los almacenes si la semilla está seca.

2.1.2 Recepción a granel

Los grandes volúmenes de semillas se manejan a granel para hacer menos maniobras. Para que esta forma de recepción sea eficiente, se requieren tolvas, silos transportadores y elevadores. La semilla húmeda no puede permanecer mucho tiempo sin ventilación o secado; sin embargo, una operación de este tipo bien planeada y con el equipo necesario, tendrá una capacidad y un manejo adecuado para grandes volúmenes de semilla.

2.2 Análisis de la Muestra de Recepción

La forma en que el operador de la UBS puede determinar las actividades por realizar en un lote de semillas, es mediante un análisis de las condiciones en las cuales se recibió la semilla. Este análisis se basa en un muestreo al azar de los lotes recibidos. En general, el muestreo consiste en tomar pequeñas cantidades de semillas de varios volúmenes o partes, después mezclarlas y uniformizarlas, y luego dividirlas para obtener una sola muestra (por ejemplo, en el caso de la soya es de 1 kg).

2.2.1 Descripción del análisis

Del análisis de la muestra, el operador está interesado en la evaluación de los determinantes de la calidad de la semilla recibida, tales como:

a- Humedad
b- Peso volumétrico
c- Pureza
d- Germinación
e- Daño mecánico

Con el resultado de este análisis se determina si la semilla debe secarse y cuáles son las máquinas que se deben emplear para eliminar algún material indeseable, y sobre todo para determinar el flujo de operaciones que el lote de semillas seguirá en la planta, evitando causarle daños mecánicos durante su manejo.

Para un adecuado control de calidad y conocer la historia de la semilla, es importante caracterizarlas con base en los siguientes datos:

1- Origen
2- No. del lote
3- Cantidad
4- Fecha
5- Especie y cultivar

2.3 Equipo Accesorio

Los vehículos de transporte que acarrean la semilla a la UBS generalmente son furgones o remolques tirados por tractor, los cuales están preparados para cargar y descargar rápidamente las semillas en tolvas compensadoras, transportadoras y elevadores de semilla. Las básculas para pesar la semilla que se acarrea en estos vehículos y un determinador de humedad, son los equipos accesorios más importantes para la recepción.

2.3.1 Básculas

Existen diversos tipos de básculas que se utilizan durante el beneficio: las de plataforma para pesar camiones y vehículos que acarrean la semilla; las de plataforma portátiles para pesar pequeños lotes de semillas; y las básculas envasadoras automáticas.

Las de plataforma son las usadas para pesar la semilla en bruto, es decir durante la recepción. Las básculas de plataforma para pesar grandes volúmenes de semillas, representan una alta inversión para cualquier empresa. Requieren una localización permanente cerca de la entrada y

salida de los vehículos a la planta. Las básculas con capacidad de 20 a 50 toneladas son las más comunes. Las portátiles son muy útiles para pesar sacos y pequeños lotes de semilla, y su capacidad varía de 0 a 500 kilos.

2.3.2 Otros

Las tolvas para semillas, que son depósitos metálicos o de concreto, son accesorios muy importantes en la recepción de las semillas; aumentan la capacidad de la operación y permiten compensar el flujo de las operaciones posteriores, las cuales generalmente son de menor capacidad. Las tolvas son de diversos tamaños y tipos, y su instalación debe hacerse para que la recepción sea rápida. En el caso de tolvas de gran capacidad, es conveniente que tengan la posibilidad de ser aireadas.

3.0 SECADO

El cosechar las semillas con altos contenidos de humedad (20-30%) es una práctica cada vez más común entre los productores de semillas, al reconecer que la deterioración de las semillas se inicia en el propio campo. Entre más tardía sea la cosecha, mayores son los riesgos de daño y deterioración de la calidad, pues una vez que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica, al permanecer en el campo está siendo "almacenada" en condiciones ambientales adversas. Cuando la semilla se cosecha temprano con contenidos de humedad altos es necesario reducir estos niveles secando rápidamente la semilla.

El proceso de secado de las semillas consiste en disminuir su contenido de humedad al 12 ó 13%, para poder almacenarla durante un período de tiempo determinado, evitando los calentamientos (alto metabolismo) y ataques de hongos e insectos para así mantener su calidad.

3.1 La Semilla como un Organismo Vivo

Las semillas son organismos vivos que requieren de un ambiente favorable que asegure la prolongación de su existencia. Como todos los organismos vivientes, el medio que los rodea y la composición de la propia semilla forman un sistema ecológico donde los factores físicos, químicos y biológicos (temperatura, humedad, gases, composición y respiración de la semilla, microorganismos, roedores, insectos, etc.,) interactúan entre sí e influyen directamente en la deterioración de las semillas.

3.1.1 Madurez fisiológica

La semilla llega a su madurez fisiológica cuando alcanza su máximo peso seco y es cuando se dice que la semilla alcanza su máxima calidad fisiológica. La deterioración se inicia prácticamente desde este momento cuando la semilla va perdiendo humedad lentamente y permanece en el campo hasta que se cosecha.

El contenido de humedad de la semilla puede ser el mejor indicador del punto de madurez fisiológica, la cual ocurre a niveles de humedad que varían entre el 30% y 50% dependiendo de cada cultivo. El contenido de humedad va disminuyendo lentamente conforme la semilla permanezca en el campo hasta alcanzar su equilibrio con el medio ambiente.

Desde el punto de vista práctico es difícil cosechar un lote de semillas con alto contenido de humedad, especialmente si hay partes del lote que aún pueden estar verdes, pues la cosechadora causa daño a las semillas en estado lechoso. Sin embargo, una buena supervisión minimiza estos daños y se recomienda que se coseche lo más cerca posible del punto de madurez fisiológica para obtener la mejor calidad del lote y evitar almacenar la semilla en el campo estando expuesta a condiciones ambientales desfavorables.

Otras ventajas de cosechar las semillas con altos contenidos de humedad son:

a- Posibilidad de planear la cosecha
b- Posibilidad de cosechar más horas/día
c- Menor pérdida por desgrane natural
d- Preparar anticipadamente el suelo para la próxima siembra

3.2 Respiración

El proceso de respiración de la semilla está influenciado principalmente por su contenido de humedad y temperatura. El fenómeno de la respiración puede autoacelerarse ya que, al incrementarse la temperatura, se aumenta la intensidad de la respiración, lo cual genera calor y humedad, aumentando aún más la respiración.

Este aumento en la rata de respiración de las semillas crea un ambiente propicio para el ataque de microorganismos e insectos, además del calentamiento, todo lo cual causa pérdidas de calidad. A su vez, los

microorganismos e insectos en actividad también incrementan la respiración de la semilla.

El proceso de respiración se expresa mediante la siguiente reacción química que involucra la utilización del oxígeno, con producción de bióxido de carbono, liberación de energía en forma de calor y una disminución en el peso:

$$\text{Hidratos de carbono} + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2O + (\text{energía})$$

3.2.1 Factores que afectan la respiración

Al disminuir el contenido de humedad de las semillas mediante el secado, se acelera la difusión del oxígeno y el bióxido de carbono en la masa individual de semillas, decreciendo el proceso de la respiración y permitiendo a la semilla permanecer en reposo.

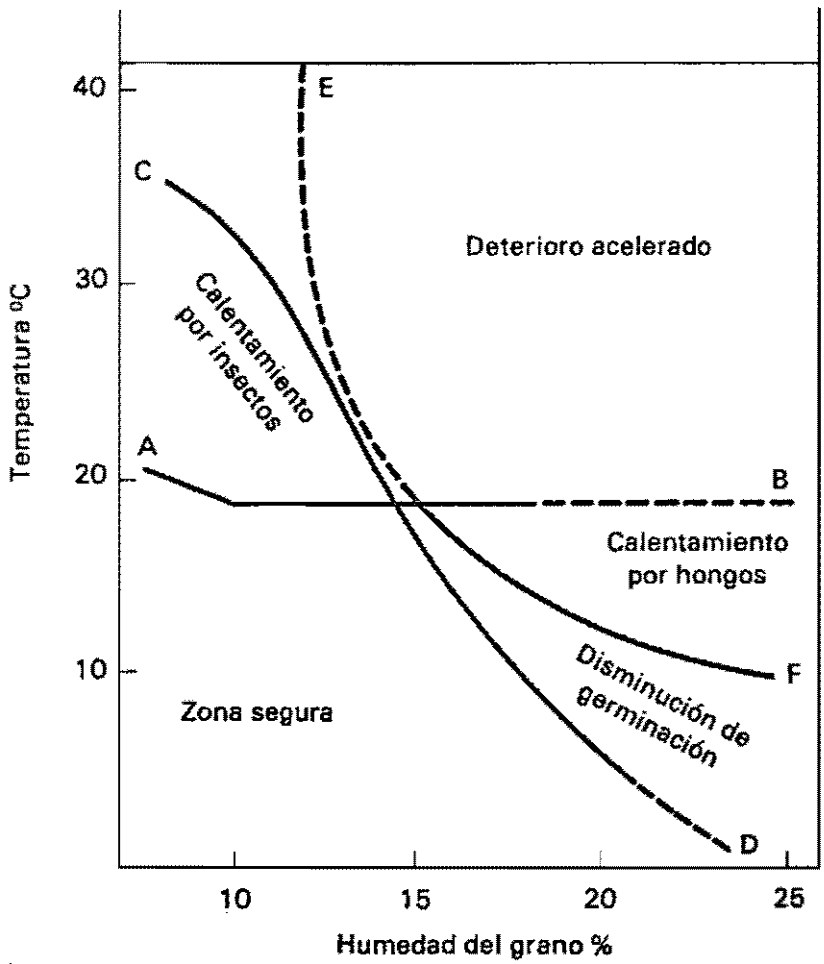
El nivel de respiración de la semilla se reduce sustancialmente si la temperatura está por debajo de 4.5°C; es decir, que se puede prolongar la viabilidad de las semillas reduciendo la temperatura del ambiente en que se desea conservar la semilla. Si la temperatura de la semilla está por encima de 50°C, la respiración cesa en la mayoría de las semillas y el embrión muere. Además, a esta temperatura aún continúan actuando otros procesos más destructivos, como es el desarrollo de hongos y bacterias.

La permeabilidad de las membranas de las semillas al oxígeno y a la luz del medio ambiente, influye también en el nivel de respiración. Durante el almacenamiento, sin embargo, los efectos combinados de la humedad y la temperatura actúan en el proceso de deterioración de las mismas, tal como se indica en la Figura 3.

3.3 Principios del Secado

El secado es un proceso de vaporización donde el aire que pasa a través de la masa de las semillas tiene dos funciones: (1) es la fuente de calor para evaporar el agua del grano y (2) sirve además como vehículo para transportar el agua evaporada fuera de la masa de semillas.

El aire transfiere el calor al interior de la semilla donde se produce la evaporación; a su vez, la semilla transfiere el agua evaporada a la corriente de aire para depositarla fuera del ambiente de secado.



AB- Límite de desarrollo de insectos
CD- Límite de germinación
EF- Límite de desarrollo de hongos

Figura 3. Condiciones de almacenamiento.

3.4 Métodos de Secado

Existen diversos métodos para reducir el contenido de humedad de las semillas. Unos se adaptan mejor que otros a las necesidades específicas, ya sean económicas o técnicas.

3.4.1 Secado natural

3.4.1.1 Secado en el campo

El secado en el campo es el método más utilizado cuando no se tienen recursos. Algunos agricultores consideran que es más económico dejar secar las semillas en el campo, pero es necesario tener en cuenta que, en la producción de semilla, las mayores pérdidas ocurren durante su "almacenamiento" en el campo, debido a:

a- Pérdidas de calidad fisiológica
b- Mayor susceptibilidad a enfermedades
c- Incremento de infestaciones de insectos
d- Pérdida total de la semilla por:
   - lluvia, granizo, y vientos fuertes
   - desgranado en el campo

Es importante que el productor considere lo anterior y logre determinar el punto óptimo de cosecha en función de la humedad de la semilla, combinado con aspectos económicos y técnicos.

A continuación se enumeran porcentajes de humedad óptimos para la cosecha mecánica de algunos cultivos:

trigo	15-17%
mazorca	25-30% (a mano)
mazorca	20-25% (mecánicamente)
sorgo	18-20%
arroz	22-24%
frijol	14-16%
soya	14-15%

3.4.1.2 Secado al sol

El cosechar la semilla y secarla en patios en los que se esparce en capas delgadas de más o menos 10 cm (Figura 4) y se expone al sol y al aire, es una práctica muy antigua que puede resultar económica cuando se secan

pequeños volúmenes de semilla (programa de mejoramiento, etc.), los cuales pueden cubrirse y manejarse oportunamente en caso de presentarse condiciones ambientales adversas. Cuando las semillas se cubren con plásticos de polivinilo, existen riesgos de calentamiento de la semilla por la acción de los rayos solares, lo cual incrementa rápidamente la rata de respiración. El secado al sol de grandes volúmenes de semilla resulta costoso por el tiempo y la cantidad de maniobras requeridas y por las pérdidas de semilla debidas a estas maniobras. Este método también presenta el riesgo de que el secado sea dependiente de las condiciones ambientales.

El secado natural es un poco demorado; una manera de hacerlo más rápidamente es colocando las semillas en bandejas con piso de malla de plástico o alambre, parecidas a zarandas (Figura 4). Las semillas se esparcen en forma "ondulada" sobre las zarandas, las cuales se colocan luego a una altura de 0.5 a 1.0 m del suelo, permitiendo que el aire pase por encima y por debajo de las semillas, eliminando así la humedad rápidamente.

3.4.1.3 Secado al aire libre

A diferencia del método anterior, se utilizan depósitos abiertos al viento para que éste pase en forma natural a través de las semillas y elimine la humedad. El grosor de la masa de semillas no debe ser mayor de 1.20 m para que logre pasar el aire libremente. Los depósitos generalmente están acondicionados con techos y tela de alambre o rejillas como muros, para proteger la semilla del mal tiempo y los roedores. Su manejo puede mecanizarse. El tiempo de secado es muy prolongado, dependiendo de la intensidad y velocidad del viento y de la humedad relativa (HR) ambiental (Figura 5).

Algunos secadores experimentales han incorporado la utilización de la energía solar en su estructura para lograr bajar la HR del aire, incrementando su capacidad de absorber el agua excedente en las semillas (Figura 6).

Este método puede resultar más efectivo para ventilar semillas y mantenerlas temporalmente mientras se logran secar con un sistema de aire inducido.

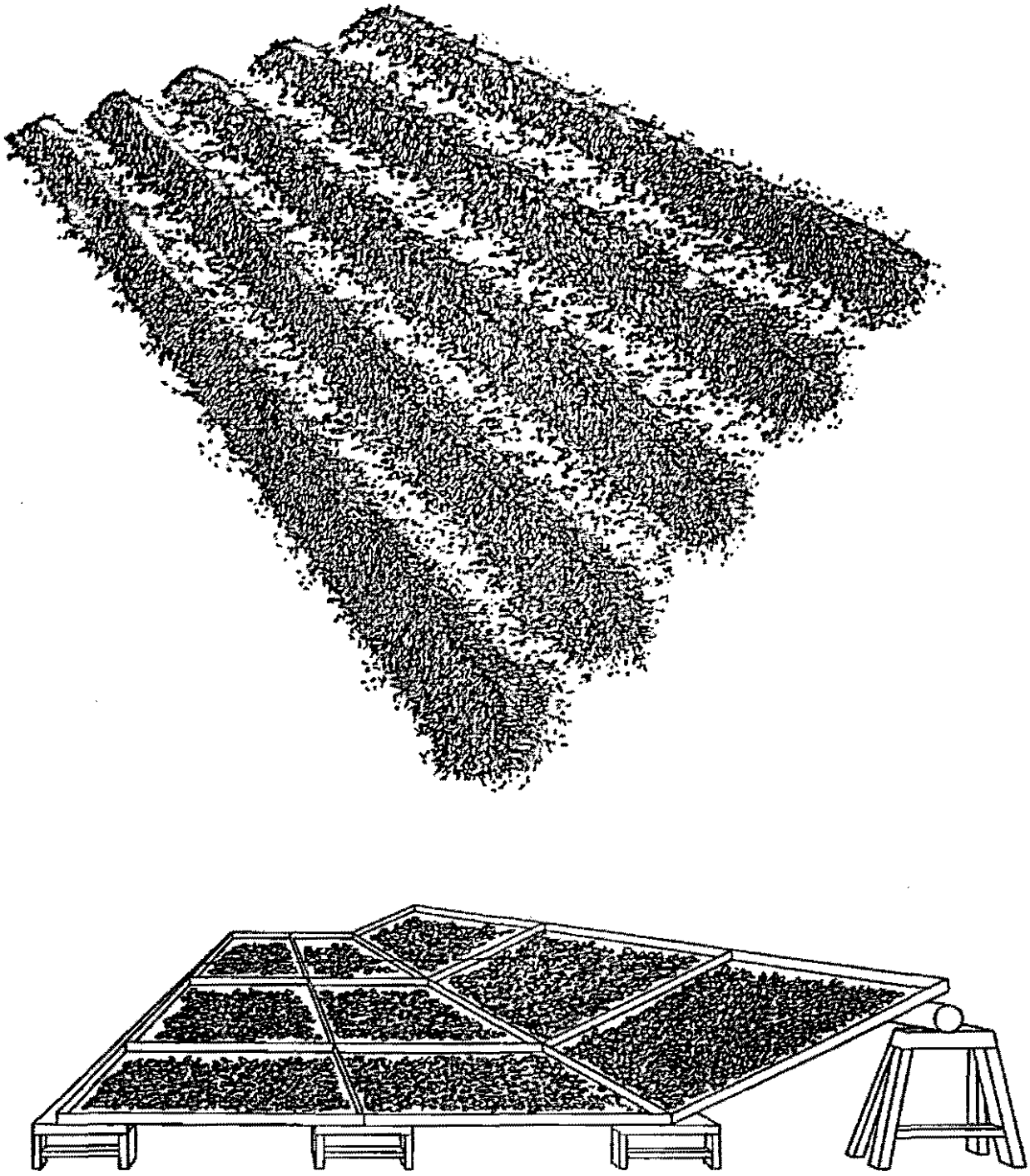


Figura 4. Secado natural.

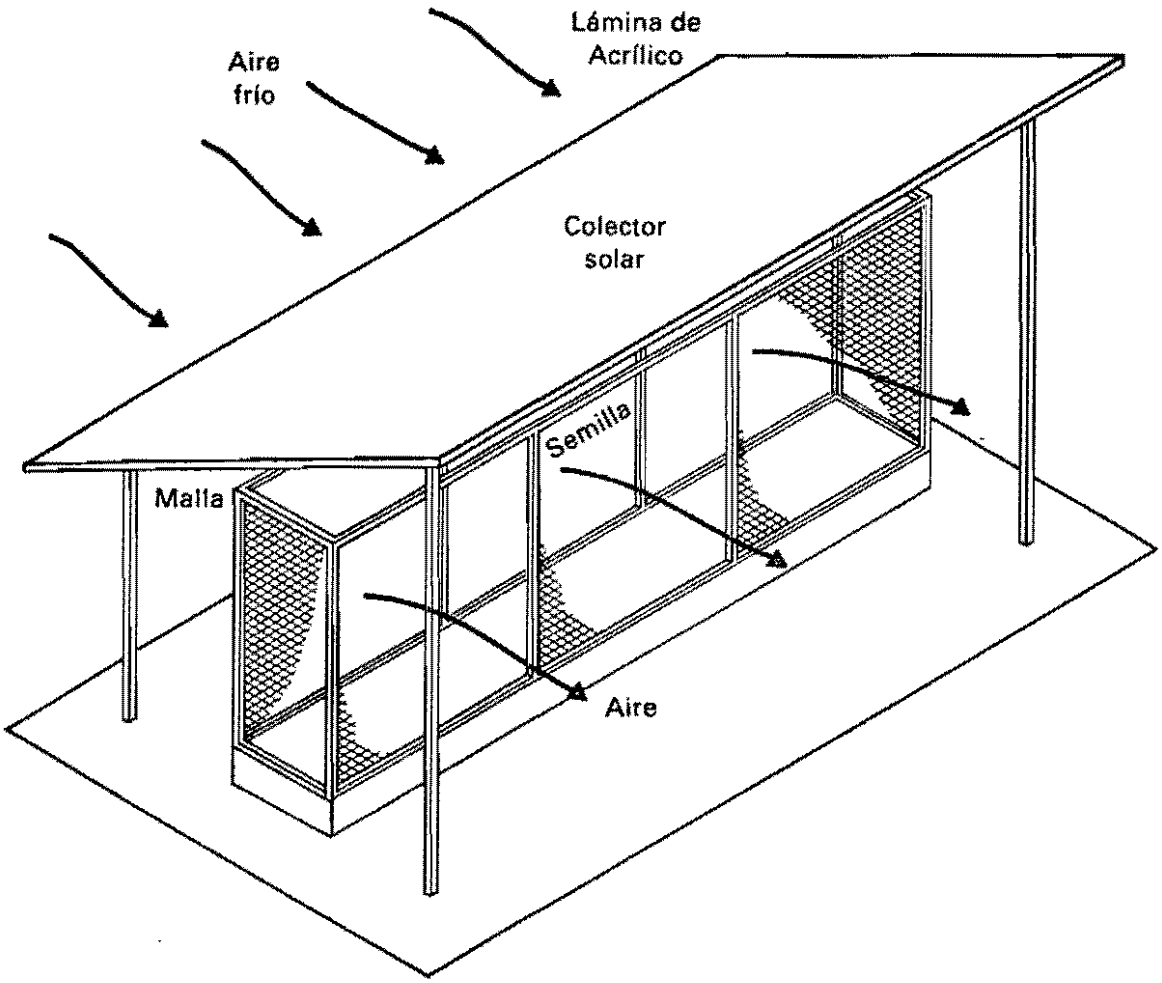


Figura 5. Secador estacionario al aire libre.

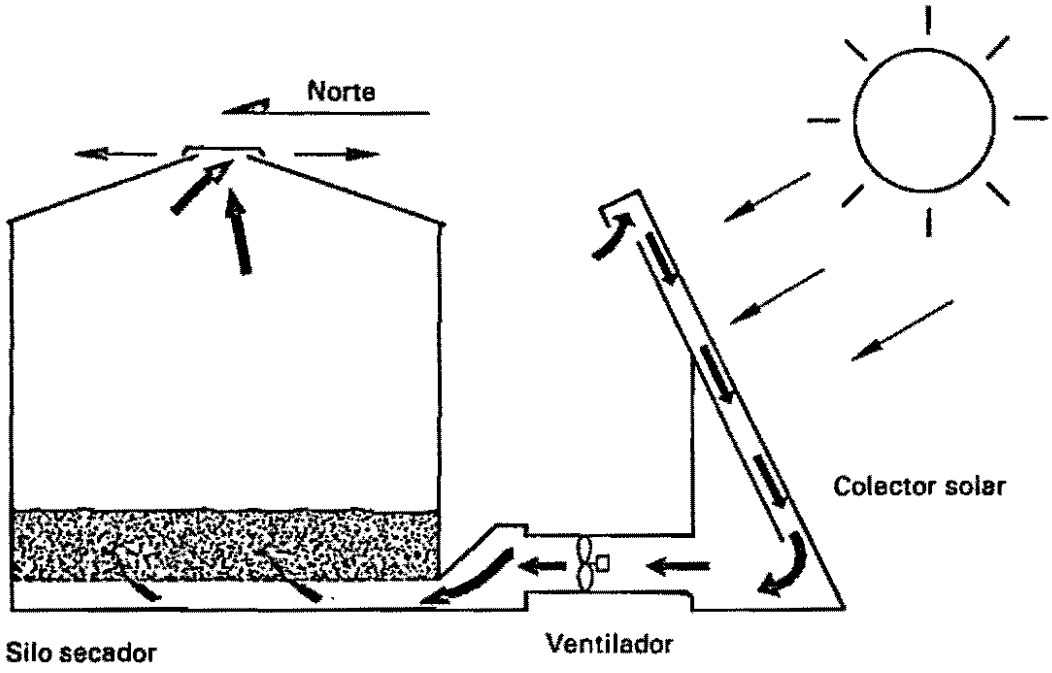


Figura 6. Secador con colector solar.

3.4.2 Secado artificial

Se denomina secado artificial aquel en el cual se cambian artificialmente las características del aire en contacto con las semillas, ya sea su temperatura, humedad o velocidad.

3.4.2.1 Secado con aire natural

En este método, el aire es forzado por medios artificiales a pasar a través de las semillas. El aire inducido tendrá la temperatura y HR del ambiente. Este método requiere poca supervisión, y solo se requiere energía para el ventilador. La inversión inicial en equipo es relativamente baja y hay menos probabilidades de que se produzcan condensaciones en los depósitos. Sus desventajas son: el secado dependerá principalmente de las buenas condiciones ambientales (HR baja); el tiempo de secado es prolongado y a veces se necesitan varios días para secar un lote de semillas y, por consiguiente, se requiere de más depósitos que los usados en un sistema con aire caliente.

Para secar semillas eficientemente con aire natural, es muy importante conocer las condiciones del aire ambiental: el aire debe tener una HR inferior al valor de equilibrio de la semilla. Los ventiladores pueden funcionar continuamente, siempre y cuando la HR sea menor del 70%.

3.4.2.2 Secado con calor suplementario

Este método utiliza aire calentado artificialmente y movido por un ventilador. El ventilador se acopla con alguna fuente de calor que puede ser un quemador o un colector solar, el cual se usa para incrementar ligeramente la temperatura del aire (generalmente 10°C por encima de la temperatura ambiente) cuando la HR ambiental es mayor del 70%. Las ventajas principales de este método son el ahorro de combustible; el poder controlar mejor las situaciones en las que el clima es desfavorable; y un menor costo de los quemadores o fuentes de calor por no requerirse de altas temperaturas. Además, necesita de menor supervisión que el secado continuo con aire caliente.

El tiempo de secado es más prolongado que si el quemador se operara continuamente; sin embargo, es una buena opción para pequeños agricultores que no requieren altas capacidades de secado.

3.4.2.3 Secado con aire caliente

Este método es similar al anterior con la diferencia de que el aire es calentado continuamente mientras dura el proceso de secado. Este método es de los más utilizados en las empresas de semillas puesto que permite secar independientemente de las condiciones ambientales, además de su alta capacidad y tiempo corto de la operación.

3.5 Propiedades del Aire y su Efecto en el Secado

Como materiales higroscópicos que son, las semillas tienen la capacidad de absorber, ceder o retener agua y su contenido de humedad es influenciado principalmente por la HR y la temperatura del aire que las rodea.

Este fenómeno está basado en la presión que ejercen los fluidos al cambiar de estado (líquido a gaseoso) debido al aumento de volumen. Si la presión de vapor dentro de la semilla es mayor que la del aire que la rodea, el vapor de agua tenderá a migrar hacia el medio ambiente; si la presión del vapor del medio ambiente es mayor que la de la semilla, ésta absorberá humedad del aire circundante. Cuando ambas presiones de vapor son iguales, la transferencia de humedad de la semilla hacia el ambiente es igual a la que se transfiere del ambiente hacia la semilla; este estado se denomina punto de equilibrio de humedad de las semillas con el medio ambiente.

La HR se define como la relación que existe entre la presión de vapor de agua del aire con relación a la presión de saturación del aire a la misma temperatura y se expresa en porcentaje.

Si la HR del aire es alta, la presión de vapor también es alta y generalmente las semillas absorberán humedad hasta equilibrarse con el medio ambiente a altos contenidos de humedad. Para que el secado se lleve a cabo, es necesario que la HR del aire sea baja; esta situación se presenta cuando hay días soleados o cuando se calienta artificialmente el aire. El tiempo de secado está fuertemente influenciado por la temperatura y HR del aire.

Al ir aumentando la temperatura del aire, la HR va disminuyendo hasta que la semilla pueda alcanzar el nivel de humedad deseado; sin embargo, en el secado de las semillas, la temperatura del aire también aumenta la temperatura de la semilla y este aumento define el tiempo de contacto entre el aire caliente y la semilla, el cual varía con el tipo de secador (en

secadores estacionarios se puede considerar que la temperatura del aire es igual a la de la semilla). Se recomienda fijar la temperatura de la semilla según la humedad inicial de la semilla que va a ser secada, como sigue:

Contenido de humedad inicial	Temperatura de la semilla (°C)
Superior al 18%	32
Del 10 al 18%	38
Inferior al 10%	43

En general, se sugieren bajas temperaturas para secar todas las especies de semillas, especialmente oleaginosas, aclarando que la máxima temperatura de la semilla no debe exceder 43°C.

3.5.1 Contenido de humedad de las semillas en equilibrio con el aire (CHE)

Cuando las semillas están a una temperatura constante, el contenido de humedad de la semilla se irá ajustando según la HR del aire ambiente hasta alcanzar el equilibrio al igualar sus presiones de vapor.

Con el fin de conocer el CHE para determinadas HR y temperaturas del aire, se han desarrollado experimentalmente gráficas higroscópicas, ecuaciones y tablas. En un ambiente con 75% de HR y 25°C, el contenido de humedad de la semilla de maíz será alrededor de 14.8% (Tabla 1). Si se desea sacar la semilla hasta el 11% de humedad, la HR deberá ser máximo del 60%, lo cual puede obtenerse calentando el aire.

El CHE es un factor muy importante que se debe considerar en el secado, así como en el almacenamiento de las semillas. El CHE determinará el contenido de humedad de la semilla durante su exposición al medio que la rodea.

La variación de los valores del CHE para cada especie se debe a las diferencias en contenido de aceite, la madurez, la historia de la semilla y el método que se utiliza para medir el CHE (debido al fenómeno de histeresis).

Las semillas con alto contenido de aceites, como las oleaginosas, absorben menos humedad que los cereales, como se indica en el Tabla 1. Esto quiere decir que las oleaginosas deberán almacenarse a bajos contenidos de humedad, dado que se deterioran más rápidamente que los cereales.

Tabla No. 1 Contenido de humedad en equilibrio de varias semillas a 25°C y diferentes humedades relativas.

Especie	HUMEDAD RELATIVA (%) 25°C									
	20	30	45	60	65	75	80	85	90	100
Alfalfa	-	-	-	-	-	9.3	12.5	18.3	-	-
Algodón	4.5	6.0	7.5	9.1	-	-	13.2	-	18.0	-
Arroz	-	9.0	10.7	12.6	-	14.4	16.0	-	18.1	23.6
Avena	-	8.0	9.6	11.8	-	13.8	-	-	18.5	24.1
Cebada	-	8.4	10.0	12.1	-	14.4	-	-	19.5	26.8
Centeno	-	8.7	10.5	12.2	13.0	14.8	-	-	20.6	26.7
Girasol	-	5.1	6.5	8.0	-	10.0	-	-	15.0	-
Maíz	-	8.4	10.5	12.9	13.0	14.8	15.0	-	19.0	24.2
Maní	-	4.2	5.6	7.2	-	9.8	-	-	13.0	-
Soya	-	6.5	7.4	9.3	11.0	13.1	16.0	-	18.8	-
Sorgo	-	8.6	10.5	12.0	13.0	15.2	-	-	18.8	21.9
Trigo (blanco)	-	8.6	9.9	11.8	-	15.0	-	-	19.7	26.3
Trigo (rojo)	-	8.6	10.6	11.9	-	14.6	-	-	19.7	25.6
Fríjol	4.8	6.8	9.4	12.0	-	15.0	16.0	-	-	-
Pepino	4.8	5.6	7.1	8.4	8.5	10.1	10.4	-	-	-
Ocra	7.2	8.8	10.0	11.2	12.0	13.1	15.0	-	-	-
Cebolla	6.8	8.0	9.5	11.2	-	13.4	14.0	-	-	-
Tomate	5.0	6.3	7.8	9.2	10.0	11.1	12.0	-	-	-
Sandía (*)	4.8	6.1	7.6	8.8	9.0	10.4	11.0	-	-	-

(*) Datos recopilados de diferentes fuentes por el Laboratorio de Tecnología de Semillas, Universidad Estatal de Mississippi.

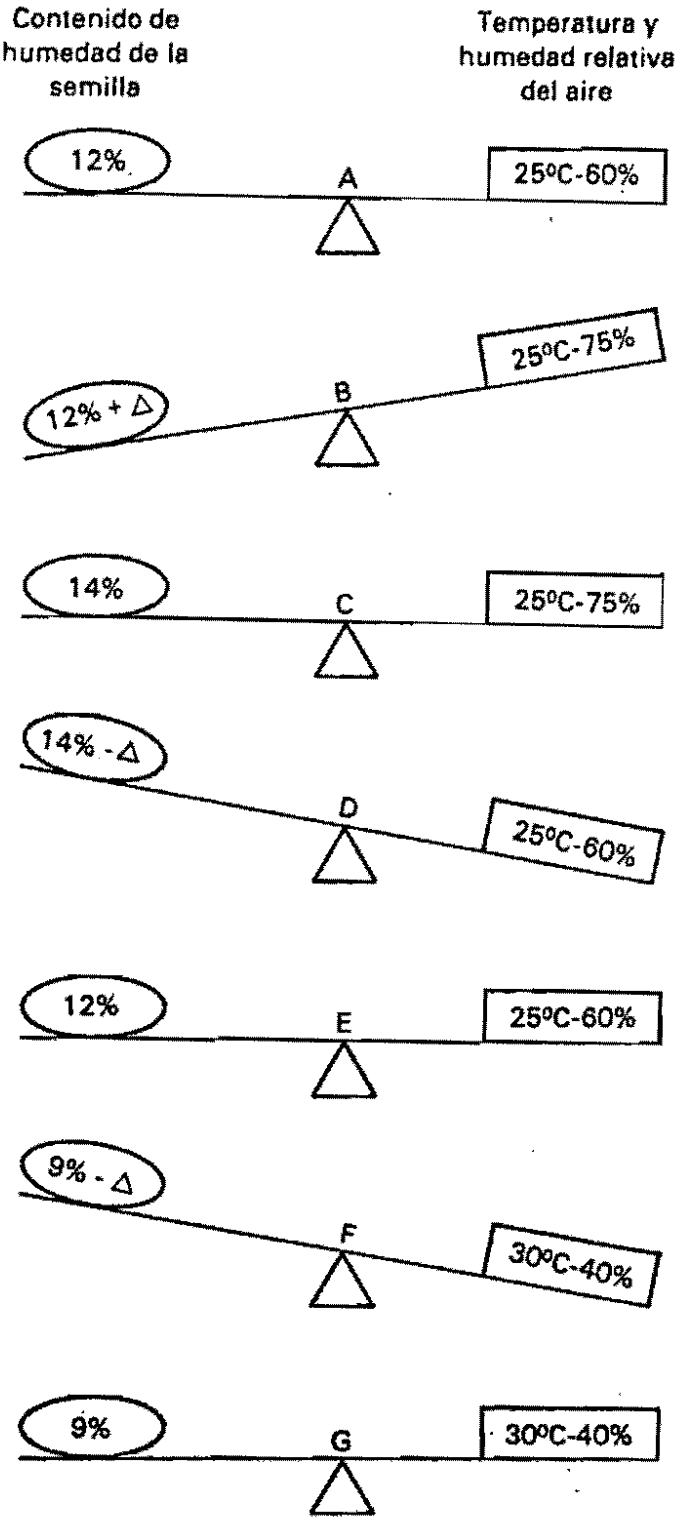


Figura 7. Cambio en el contenido de humedad de semilla como consecuencia de cambios en la temperatura y humedad relativa del aire.

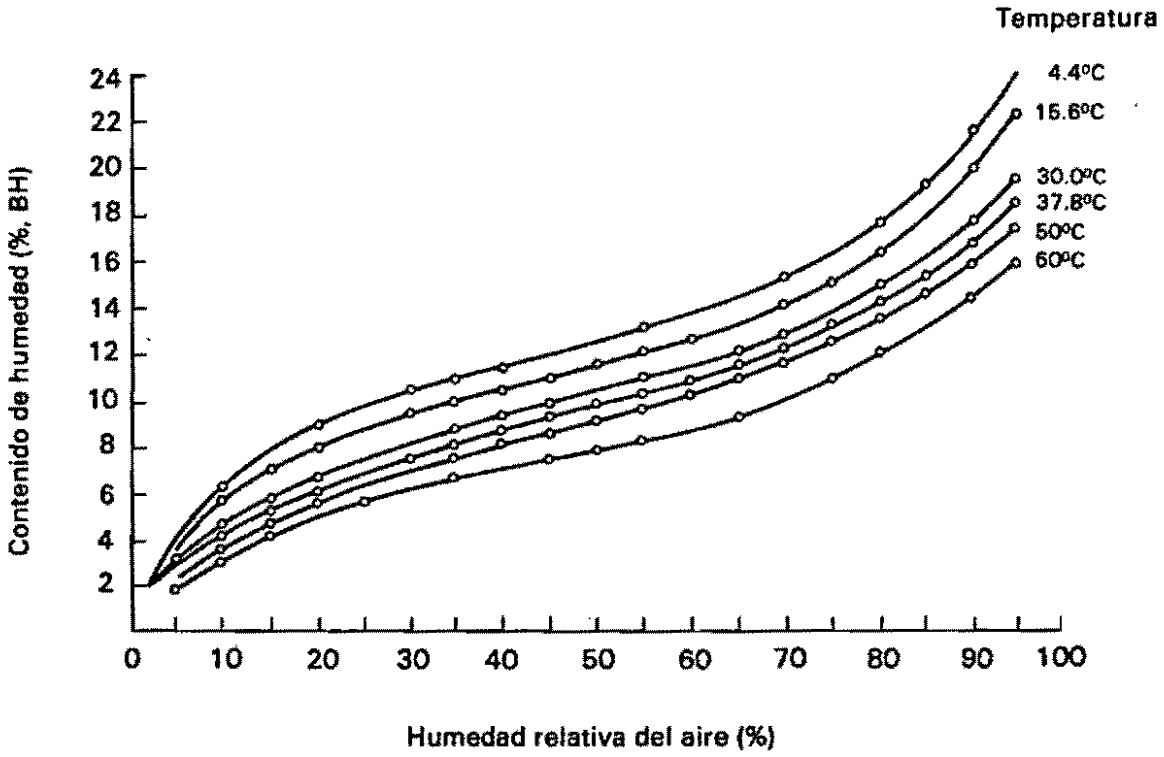


Figura 8. Curvas de equilibrio higroscópico de semilla de maíz. (Tomado de Rodríguez - Arias, 1956.)

Un incremento en la temperatura o una HR constante disminuye el CHE de las semillas (Figuras 7 y 8). Esto es muy importante en el secado artificial, pues cuando se eleva la temperatura del aire, la humedad de la semilla deseada se alcanzará más rápidamente.

3.5.2 Determinación del contenido de humedad en las semillas

La humedad contenida en la semilla puede ser de tres tipos: 1) agua libre retenida en los espacios intergranulares y que debe removerse para poder almacenar la semilla; 2) agua ligada que se encuentra asociada con las sustancias que constituyen la semilla y que debe removerse parcialmente para evitar la deterioración de las semillas durante el almacenamiento; y 3) el agua de composición de la propia semilla que no puede removerse sin destruir los tejidos de la semilla. La presencia del agua en estas tres formas hace difícil determinar con exactitud la proporción en que cada una de ellas está presente en el contenido total de agua.

El contenido de humedad de las semillas generalmente se calcula en "base húmeda", utilizando la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{PA}{PA+Pms} \times (100\%)$$

donde: PA = Peso del agua
Pms = Peso de la materia seca

El peso del agua (PA) es la diferencia de peso entre la semilla húmeda y la materia seca.

3.5.3 La carta sicrométrica y su uso en la determinación de las propiedades del aire

El aire es una mezcla de varios gases, principalmente oxígeno y nitrógeno, otros componentes menores y vapor acuoso.

Para determinar la cantidad de agua retenida por el aire de secado es necesario conocer las siguientes propiedades termodinámicas del aire, las cuales están representadas en la carta sicrométrica (Figura 10):

1- Temperatura de bulbo seco (°C); es la temperatura indicada por un termómetro normal (Figuras 9A y 10).

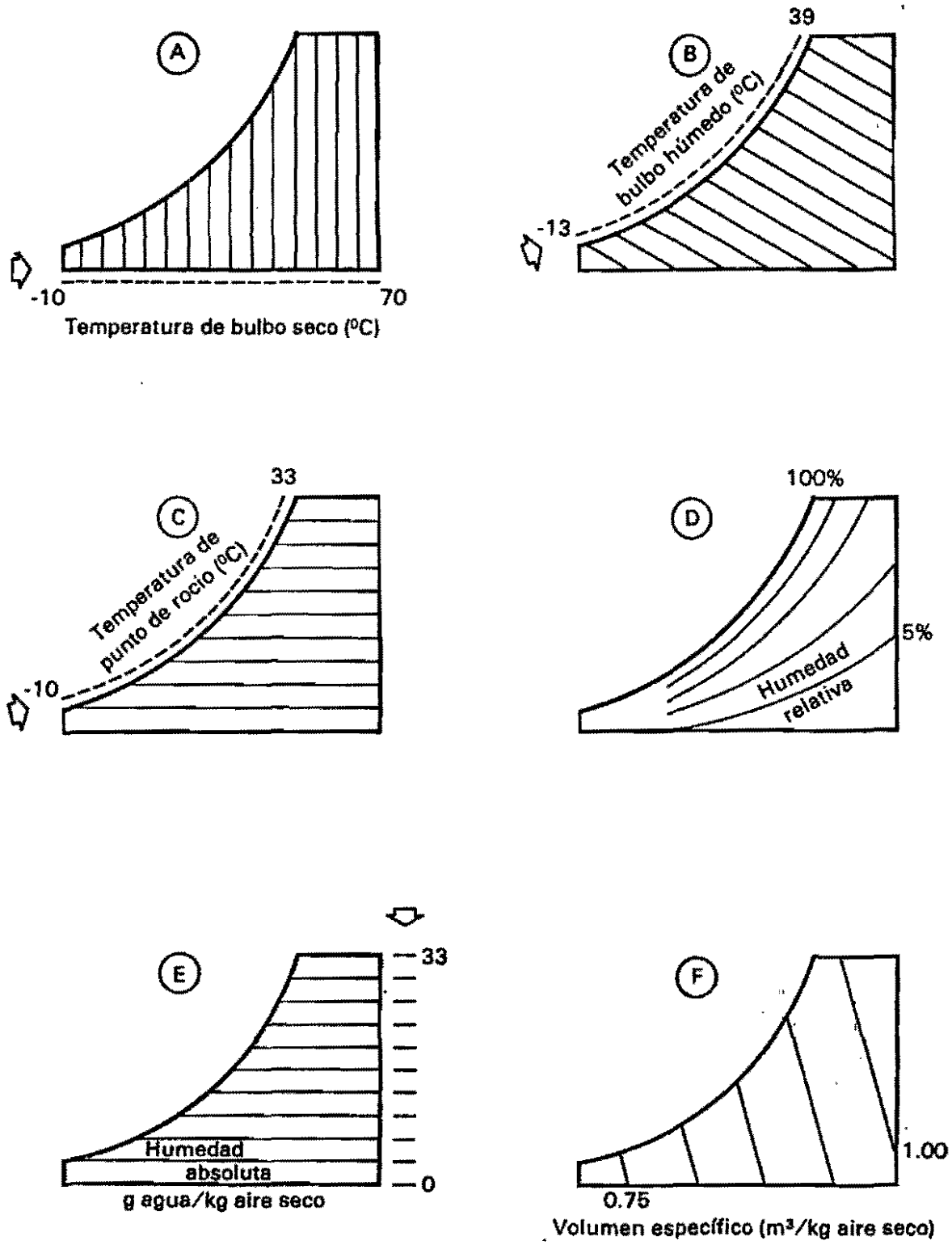


Figura 9. Propiedades físicas del aire en la carta sicrométrica.

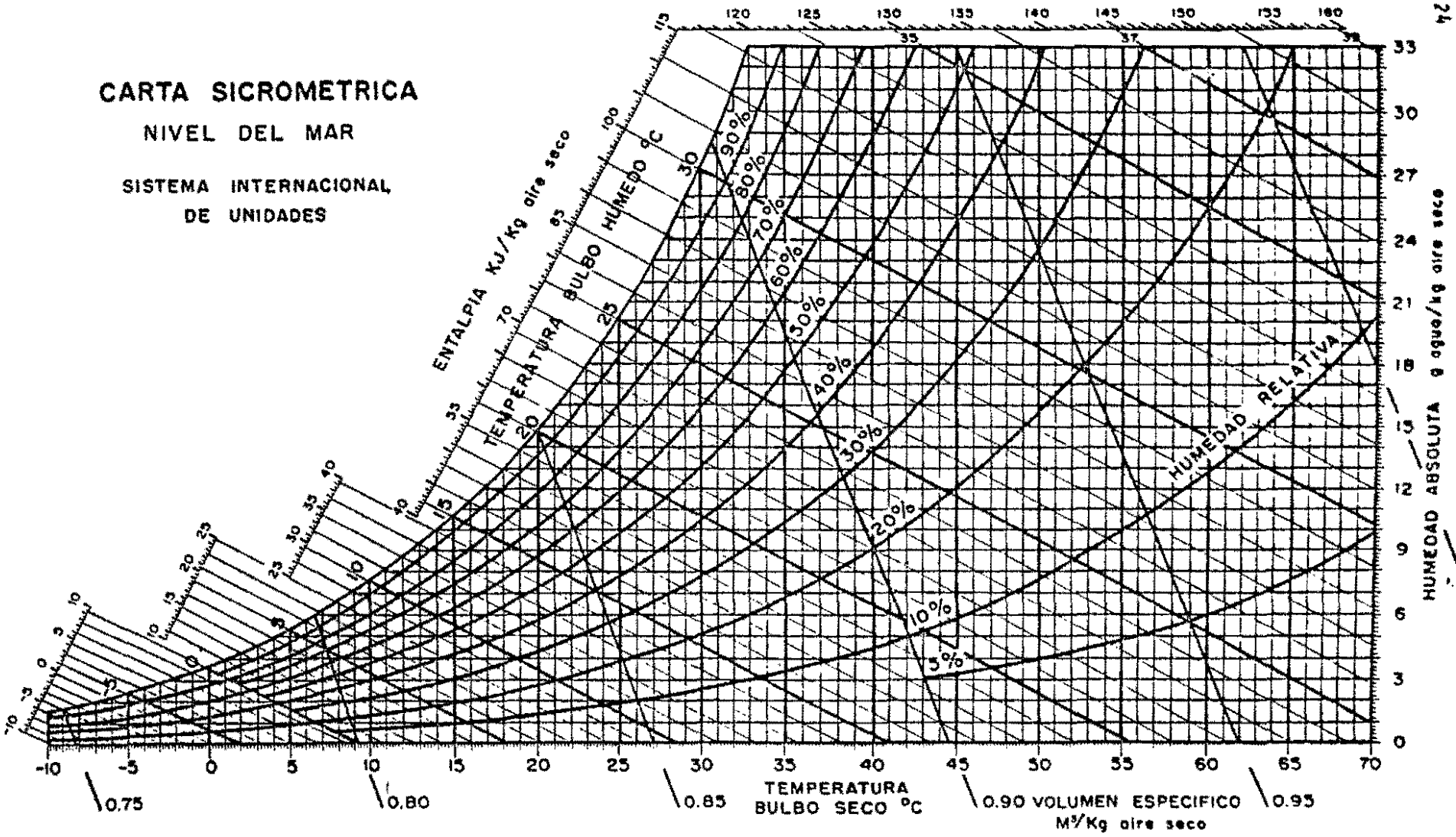


Figura 10. Carta sicrométrica.

2- Temperatura de bulbo húmedo (°C); es la temperatura obtenida con un termómetro normal con una cubierta de tela en su bulbo (Figura 9), que al ser mojada y estar en contacto con el aire, indica su grado de vaporización y la disminución de su temperatura, como se señala en las líneas diagonales de la carta (Figuras 9B y 10).

3- Punto de rocío; es la temperatura °C hasta la cual puede enfriarse el aire (con humedad absoluta constante) sin que ocurra condensación del vapor de agua (Figuras 9C y 10).

4- Humedad relativa: se expresa en porcentaje; en el secado de semillas, los valores de la HR varían entre 0 y 100%, como se muestra en las curvas de la carta sicrométrica (Figura 9D y 10).

5- Humedad absoluta: es el contenido de humedad del aire; la humedad absoluta está representada por las líneas horizontales y forman la abscisa de la carta sicrométrica dada en gramos de agua/kg de aire seco (Figuras 9E y 10).

6- Volumen específico (m^3/kg de aire seco), es el volumen ocupado por 1 kg de aire húmedo a determinada temperatura y presión. El volumen específico cruza la carta diagonalmente (Figuras 9F y 10).

7- Entalpía (Kj/kg de aire seco); es la cantidad de calor (sensible y latente) que contienen el aire y el vapor acuoso a él asociado, medida a partir de la base de que, a 0°C, el aire perfectamente seco tiene un contenido calorífico de 0 Kcal/kg de aire seco (Figura 10).

La carta sicrométrica de la Figura 10 tiene por abscisa el bulbo seco y por ordenada la humedad absoluta; a partir de esta información se puede estimar el proceso de secado.

Cualquier proceso adiabático como el secado puede ser representado en la carta sicrométrica de la siguiente manera (Figura 11A): la temperatura del aire ambiente es el bulbo seco (1) y la HR (2) es el punto inicial del secado; el aire es introducido por un ventilador con una fuente de calor que calienta el aire (bulbo seco) (3); la nueva HR (4) disminuye dado que el proceso se comporta en una forma adiabática. El aire, entonces, empieza a cruzar la masa de semillas y va absorbiendo paulatinamente el excedente de agua, al mismo tiempo que su temperatura se va enfriando y su HR aumentando, lo cual está gráficamente representado por la línea del bulbo húmedo (5) en la carta. El punto (6) indica las condiciones del aire al

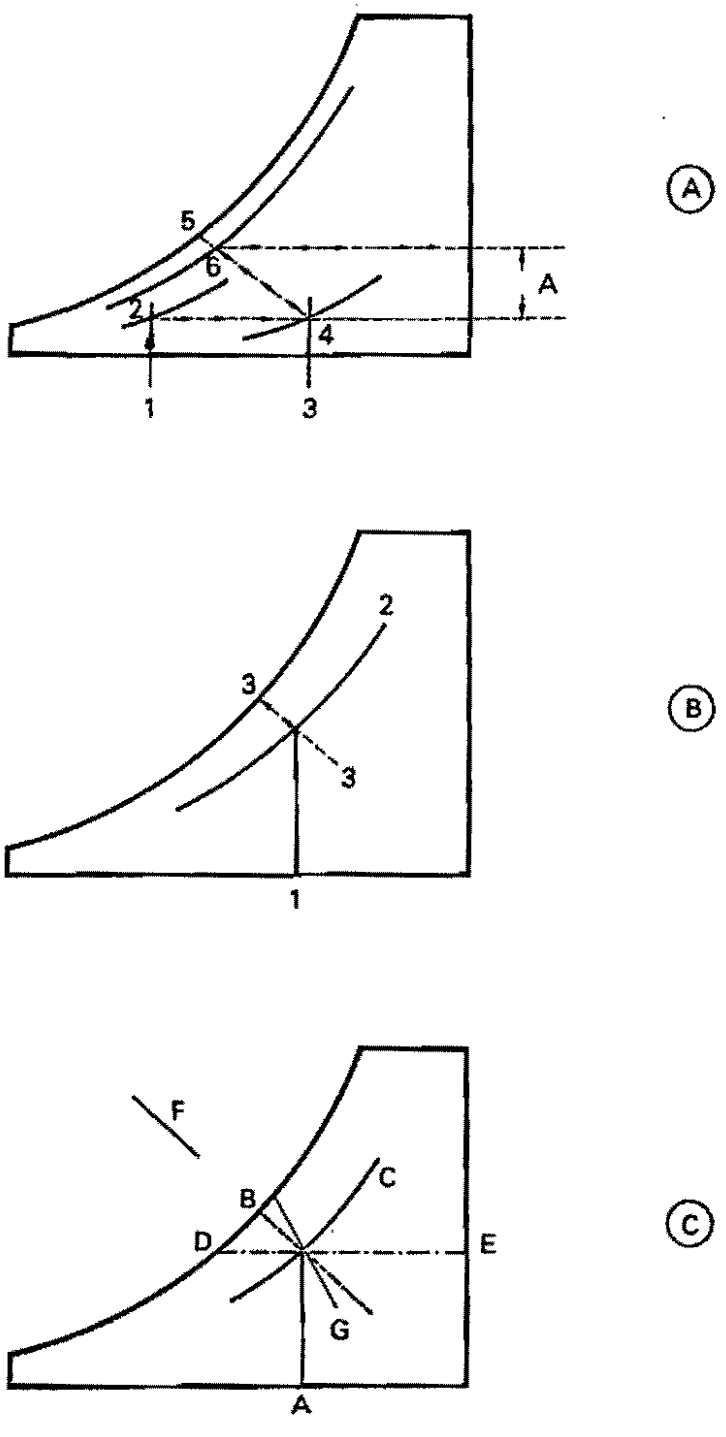


Figura 11. Proceso adiabático del secado de semilla.

salir de la masa de las semillas; la temperatura del bulbo seco decreció simultáneamente con un incremento en la HR y la humedad absoluta; la presión de vapor y el punto de rocío, la entalpía y la temperatura de bulbo húmedo permanecen prácticamente constantes. La diferencia (A) es la cantidad de agua en kg de aire seco que fue evaporada de la semilla; a medida que esta diferencia es más grande, la eficiencia del sistema de secado será mayor.

Conociendo dos propiedades del aire se pueden determinar las otras (Figuras 11B y 12). Por ejemplo, teniendo la temperatura del bulbo seco (1) y la HR (2) se puede conocer la temperatura del bulbo húmedo (3); o también, con la temperatura de bulbo seco (A) y la temperatura de bulbo húmedo (B) se determina la HR (C), el punto de rocío (D), la humedad absoluta (E), la entalpía (F) y el volumen específico (G) (Figura 11C). En la práctica, la HR normalmente se obtiene utilizando un sicrómetro que consiste en un termómetro de bulbo seco y otro con bulbo húmedo (Figura 13), siendo de mucha utilidad para determinar las propiedades del aire.

3.5.4 Flujo de aire en el secado

En el secado de un lote de semillas, el flujo de aire tendrá que ser suficiente para atravesar la masa de las semillas y acarrear la humedad fuera de ellas.

El flujo de aire requerido para secar está limitado por la capacidad del ventilador que forza el aire a través de la capa de semillas. El tipo de ventilador depende, a su vez, del modelo de secador seleccionado; generalmente se recomienda un flujo de aire mínimo que varíe entre 4 y 17 m^3/min/ton de semilla para secadores estacionarios y de 80-170 m^3/min/ton para secadores continuos e intermitentes, operando a bajas presiones estáticas.

La resistencia de la semilla al flujo del aire depende del tipo de semilla, grado de compactación de la masa, presencia de contaminantes, humedad y altura de la camada. Para cualquier motor de ventilador, un incremento en estos factores representa una disminución en el flujo de aire. Si se desea un flujo de aire mayor, es más práctico reducir la altura de la masa de semilla que tratar de aumentar la potencia de los motores.

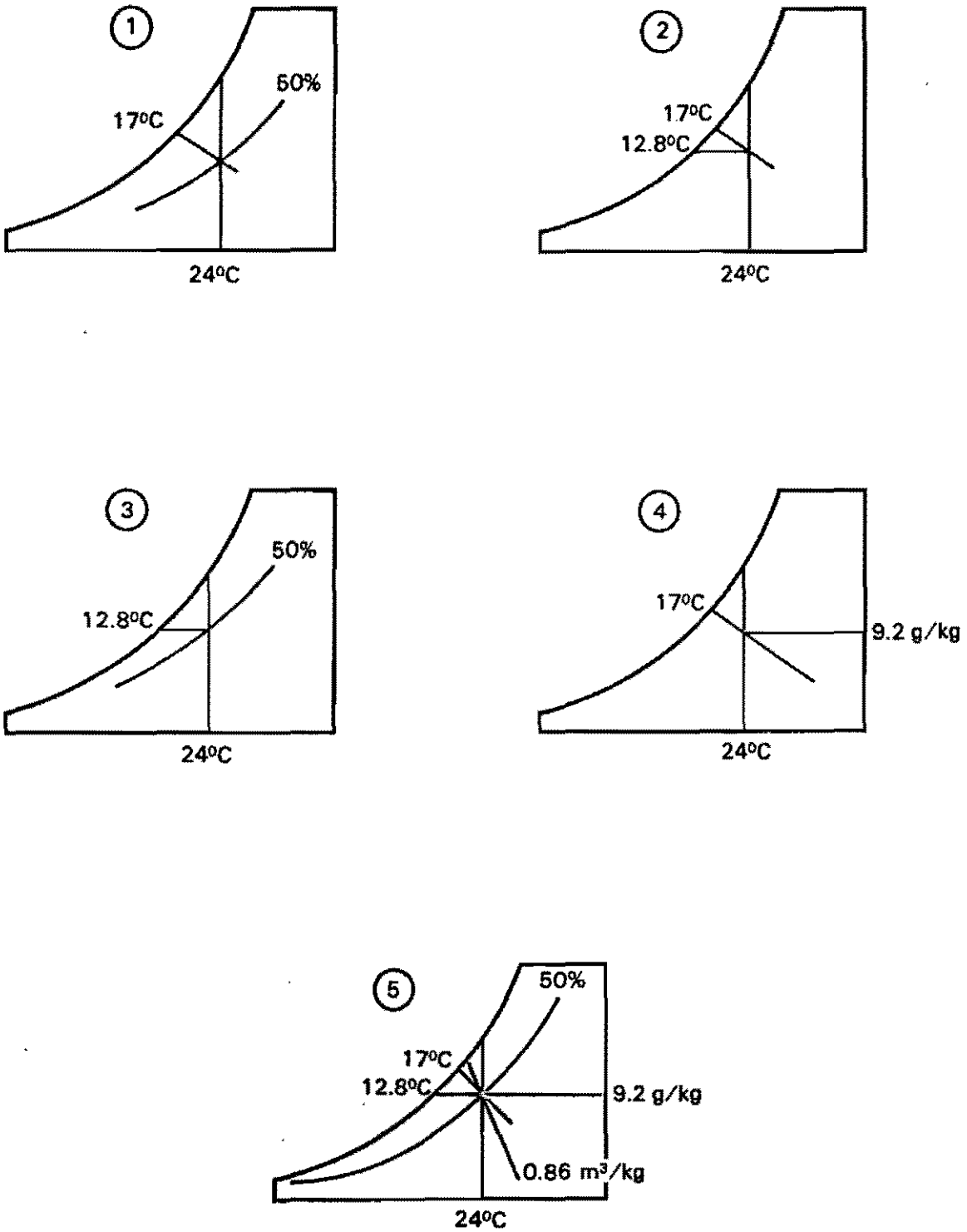


Figura 12. Utilización de la carta sicrométrica.

3.5.4.1 Presión estática

A medida que el aire es forzado a través de la semilla, encuentra resistencia para fluir; ésta puede ser muy baja o puede alcanzar niveles muy altos. Esta resistencia se mide en milímetros de altura de una columna de agua y se le conoce como presión estática.

$$1\ m^3/min/ton = 0.9\ cfm/bu$$

La presión estática sube en relación con el cuadrado de la altura de la capa de semillas; es decir, cuando se duplica la altura de la semilla, la presión estática y los requerimientos de potencia se cuadruplican, y se duplica el costo de energía eléctrica por tonelada de semillas.

Por ésto, es recomendable no tener presiones estáticas por encima de 90 mm columna de agua para secar las semillas. La presión estática puede medirse con un manómetro o puede estimarse teóricamente utilizando la carta de Shedd (Figura 14), la cual muestra la caída de presión del aire al pasar por una capa de semillas.

3.5.4.2 Dirección del flujo de aire

El aire puede impulsarse en varias formas dependiendo del sistema de secado elegido. En el secado estacionario, la dirección del flujo del aire se realiza en tres formas: (1) de arriba hacia abajo, (es decir, extrayendo el aire por la parte inferior), (2) de abajo hacia arriba (empujando el aire a través de las semillas) y (3) moviendo el aire radial y horizontalmente del centro hacia la perriferia. La primera forma es más utilizada en la ventilación de las semillas, donde no se requiere calentar el aire ni grandes flujos de aire. La segunda es la forma más común de secar las semillas, dado que el aire seco pasa a través de las semillas. De esta manera, la primera capa de semillas en la parte inferior se seca primero y, conforme avanza el tiempo, se van secando las demás capas hasta quedar completamente seco el lote de semillas.

En los sistemas de secado continuo e intermitente, la dirección del flujo del aire se realiza en tres formas; (1) cruzando el flujo de semillas, (2) en contraflujo y (3) en dirección al flujo de las semillas. La forma en que se mueve el aire la determina el modelo de secador (Figura 15).

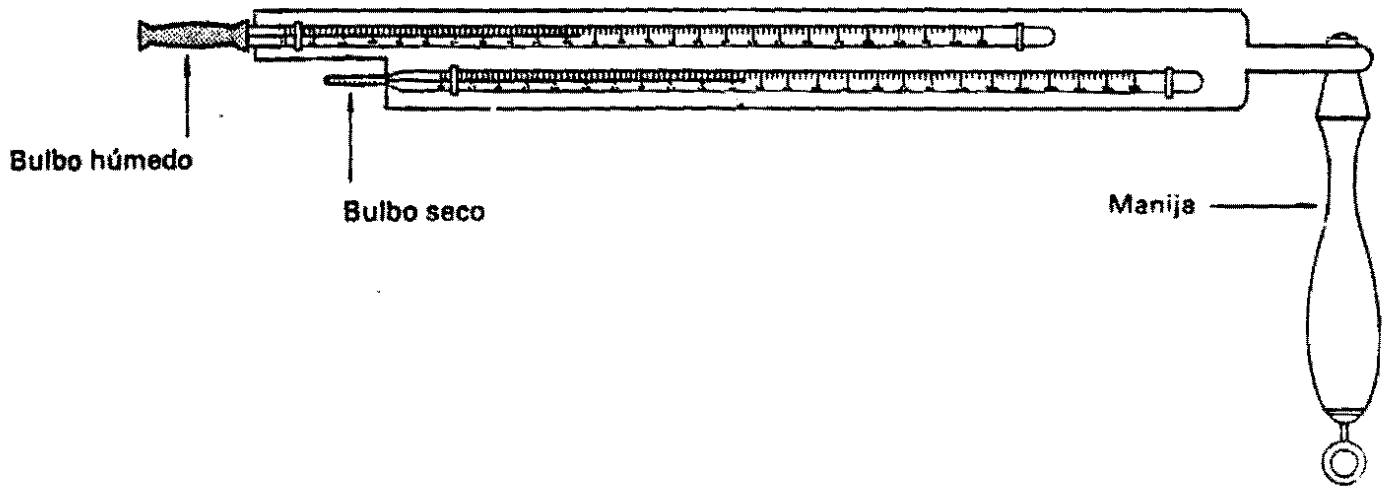


Figura 13. Sicrómetro de voleo.

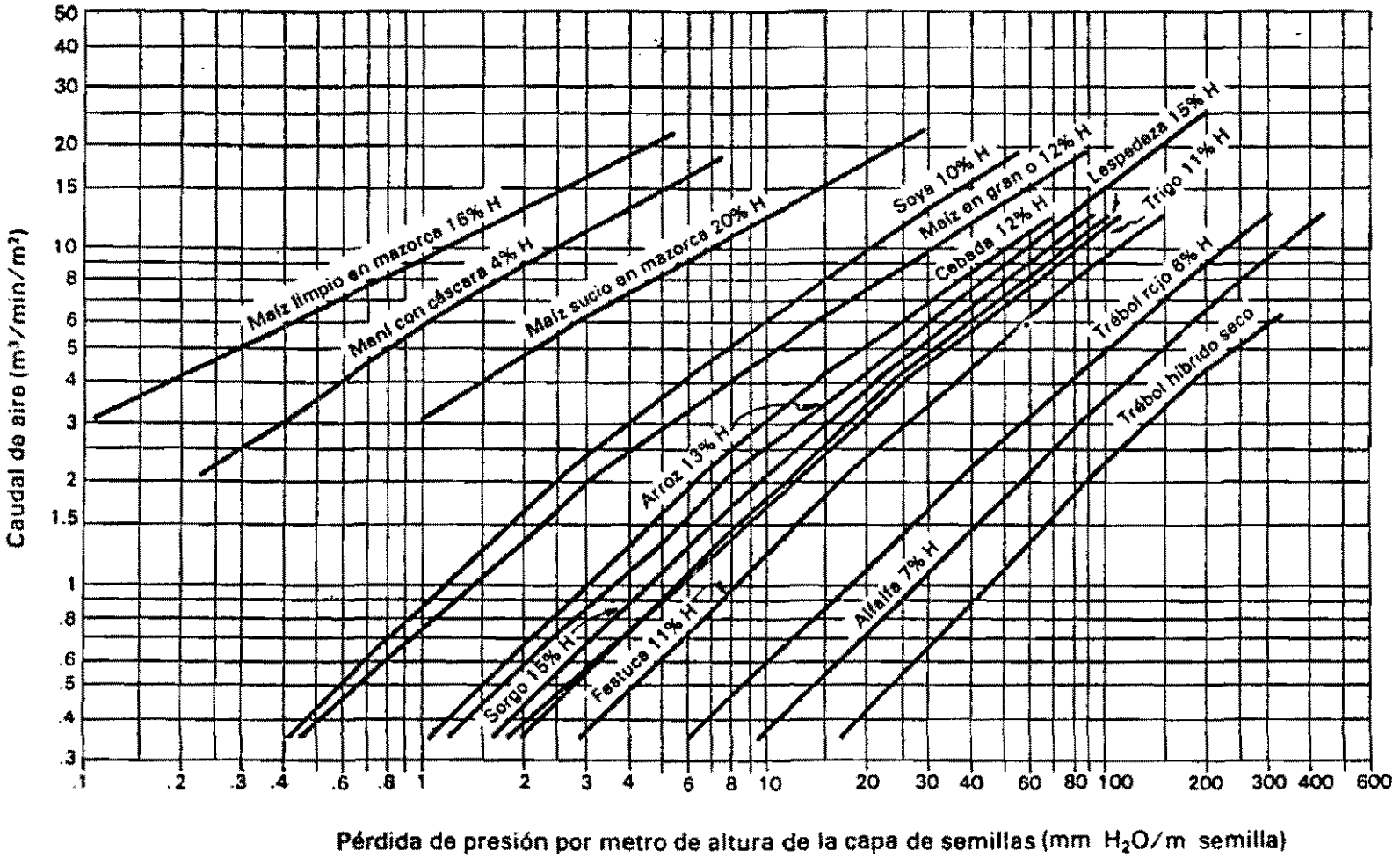


Figura 14. Resistencia de las semillas al paso del aire. (Adaptado de C.K. Shedd, 1953.)

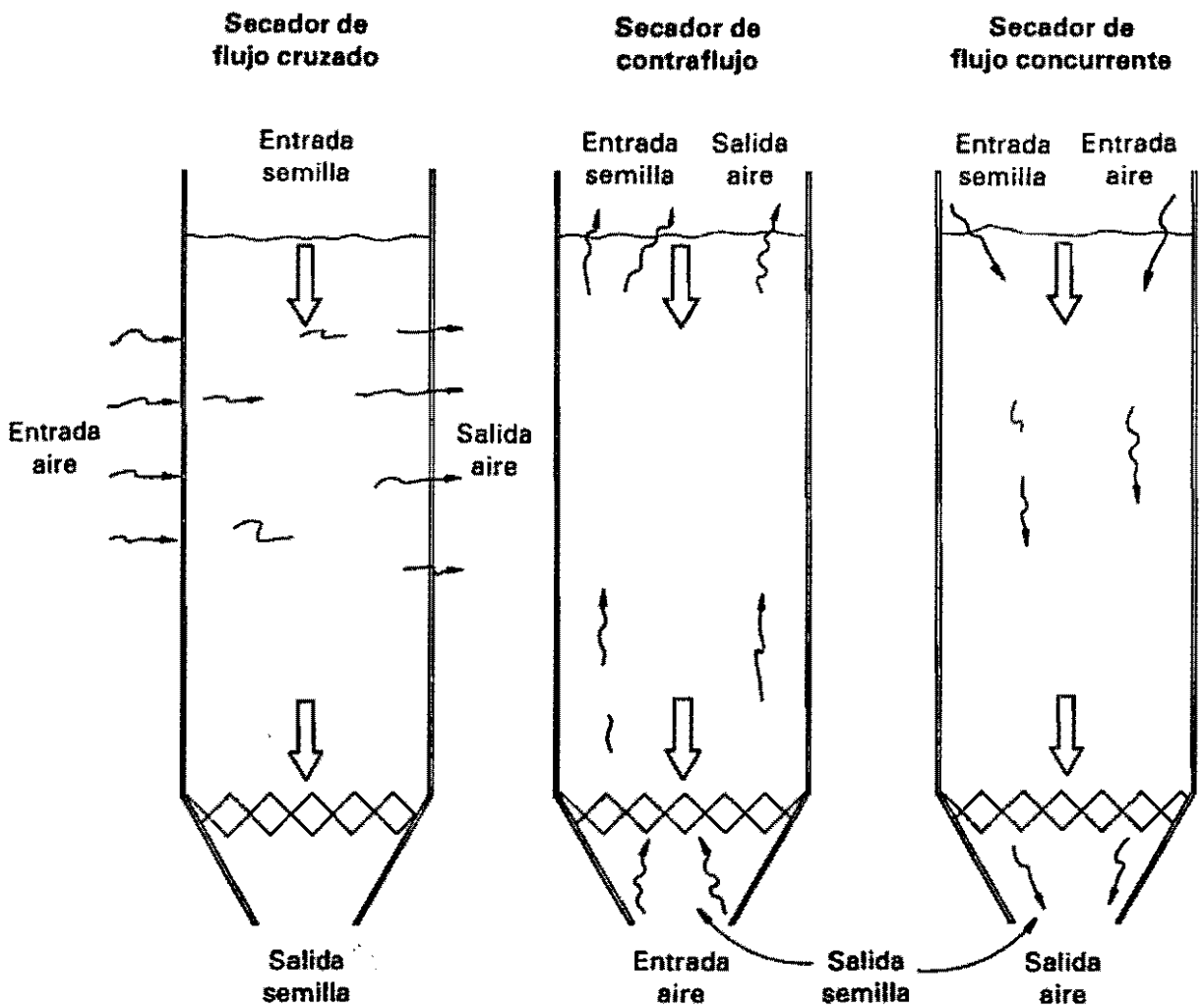


Figura 15. Tipos de flujo de aire para secado.

En resumen, una vez conocidos los principios básicos del secado, es importante concluir que el proceso está fuertemente influenciado por el tipo de semillas, el contenido inicial y final de humedad de la semilla, la temperatura, la HR, el flujo del aire de secado y la altura de la camada de semilla.

3.6 Secado Artificial

Todos los sistemas artificiales de secado de semillas incluyen un medio para mover el aire, un depósito para las semillas, una fuente de calor (opcional) y un sistema de control. Las semillas son alimentadas a la secadora, y una vez seca, debe removerse en forma ordenada para su almacenamiento. El manejo inadecuado de esta parte de la operación resultará en una disminución de la capacidad máxima del sistema. Los sistemas de secado se dividen en tres categorías: secado estacionario, secado continuo y secado intermitente.

3.6.1 Secado estacionario

El principio de operación de este sistema consiste en forzar un flujo de aire a través de una camada de semilla relativamente pequeña (en arroz, hasta 1.2 m) para lograr un secado rápido de la misma. El flujo de aire atraviesa la parte inferior y se desplaza a la parte superior de la camada, haciendo que el secado vaya progresando en una forma vertical (Figura 16). Al inicio del secado se establece una zona de intercambio de la humedad de la semilla con el aire, conocida como frente de secado, la cual va avanzando a través de las semillas. Cuando el frente de secado ha pasado por toda la masa de semilla y el contenido de humedad de la misma ha alcanzado el nivel requerido, se dice que la semilla está completamente seca y en equilibrio con el aire de secado.

Este sistema probablemente es el más adecuado para secar semillas, dado que permite identificar individualmente los lotes de semilla durante el proceso, facilitando el control del manejo de diversas variedades y clases de semilla, a la vez, siendo un sistema eficiente y flexible si se opera adecuadamente. A continuación se describen los tipos de secadores estacionarios más comunes.

3.6.1.1 Silo-secador de fondo falso

Este tipo de secador consta de un silo metálico redondo con un piso falso y con pequeñas perforaciones, situado a una altura de 0.4 – 0.9 m del silo, y

que permite la entrada y distribución del flujo de aire (Figura 16). El flujo de aire generalmente es forzado por un ventilador a cuyo equipo se le puede adaptar una fuente de calor. Actualmente los colectores solares están siendo adaptados a los ventiladores como fuentes de calor complementario para ahorrar energía. Se pueden utilizar varios silos-secadores a la vez, formando una sola unidad de secado; el tamaño y el número de ellos dependerá del volumen de semillas y/o del número de variedades, y principalmente de la capacidad de secado deseada o del presupuesto disponible.

El uso de silos metálicos redondos para secar semillas debe ser ajustado para evitar sobresecamiento en las partes inferiores del silo, por lo cual se recomienda no utilizar capas de semillas superiores superiores a 1.5 m y HR entre 40 y 70%. Generalmente se dispone de varios silos, los cuales pueden utilizarse para secar y almacenar semillas. Para lograr ésto, el silo que se va a utilizar para almacenar se llena con semilla que ha sido secada en los otros silos.

3.6.1.2 Silo secador con distribución de aire radial

En este tipo de secador, el aire es forzado a pasar a través de las semillas transversalmente (radialmente), utilizando un tubo perforado situado en el centro del silo, el cual atraviesa el silo desde la base hasta su parte superior (Figura 17).

En este sistema, la capa de secado va desde el centro del secador, horizontalmente hasta las paredes exteriores, que es la dirección que sigue en aire.

Este secador se utiliza para secar desde semillas pequeñas (trebol y alfalfa) hasta semillas grandes (soya). Dado que la resistencia al flujo de aire varía considerablemente para diversas semillas, y siendo que el espesor de la capa por secar no se puede variar, es necesario llenar el secador a diferentes alturas según la semilla que se vaya a secar. El ducto central tiene un mecanismo que permite regular la salida del aire a cualquier altura.

Este sistema presenta problemas en cuanto a uniformidad de secado, debido a 1) un mayor flujo de aire en la parte inferior del secador y 2) una capa de semilla nivelada en la parte superior que hace que la semilla en la parte exterior reciba menos aire que la semilla situada más cerca del tubo central. Otro problema que se presenta con estos secadores es el daño

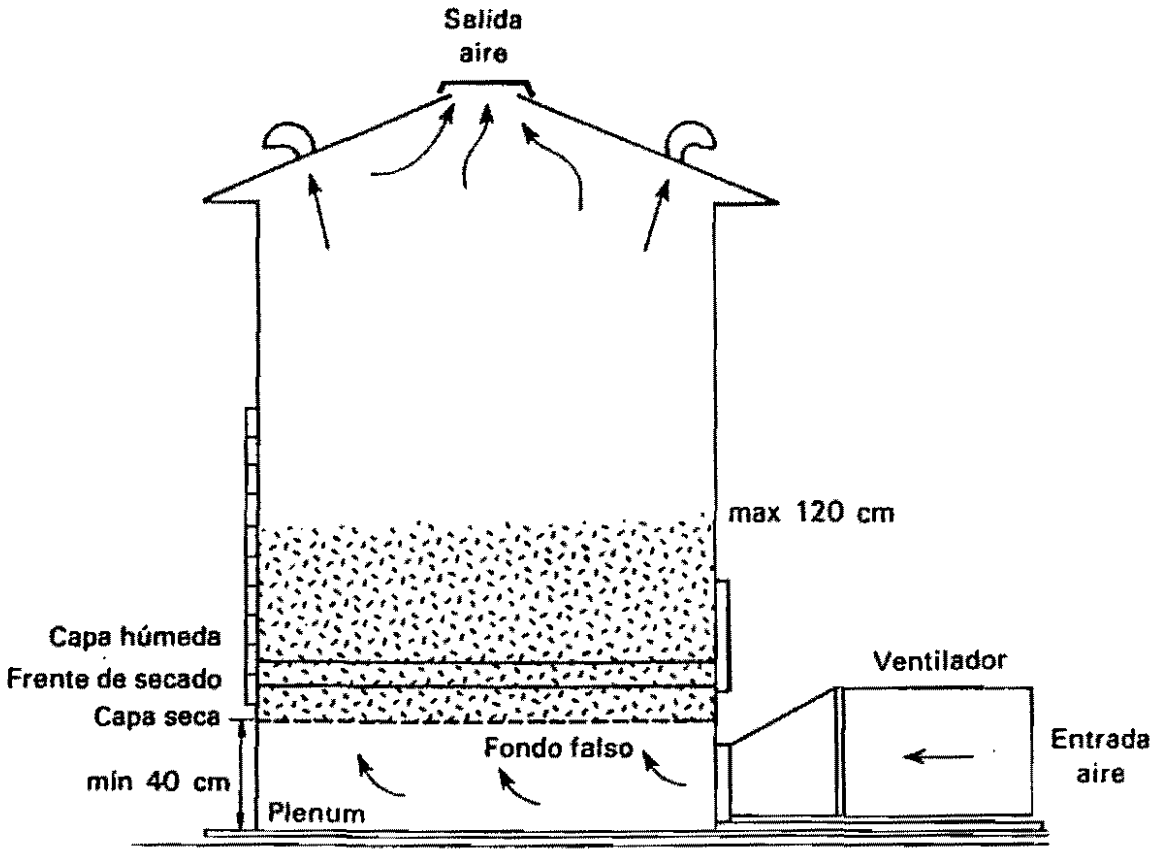


Figura 16. Secador estacionario de fondo falso.

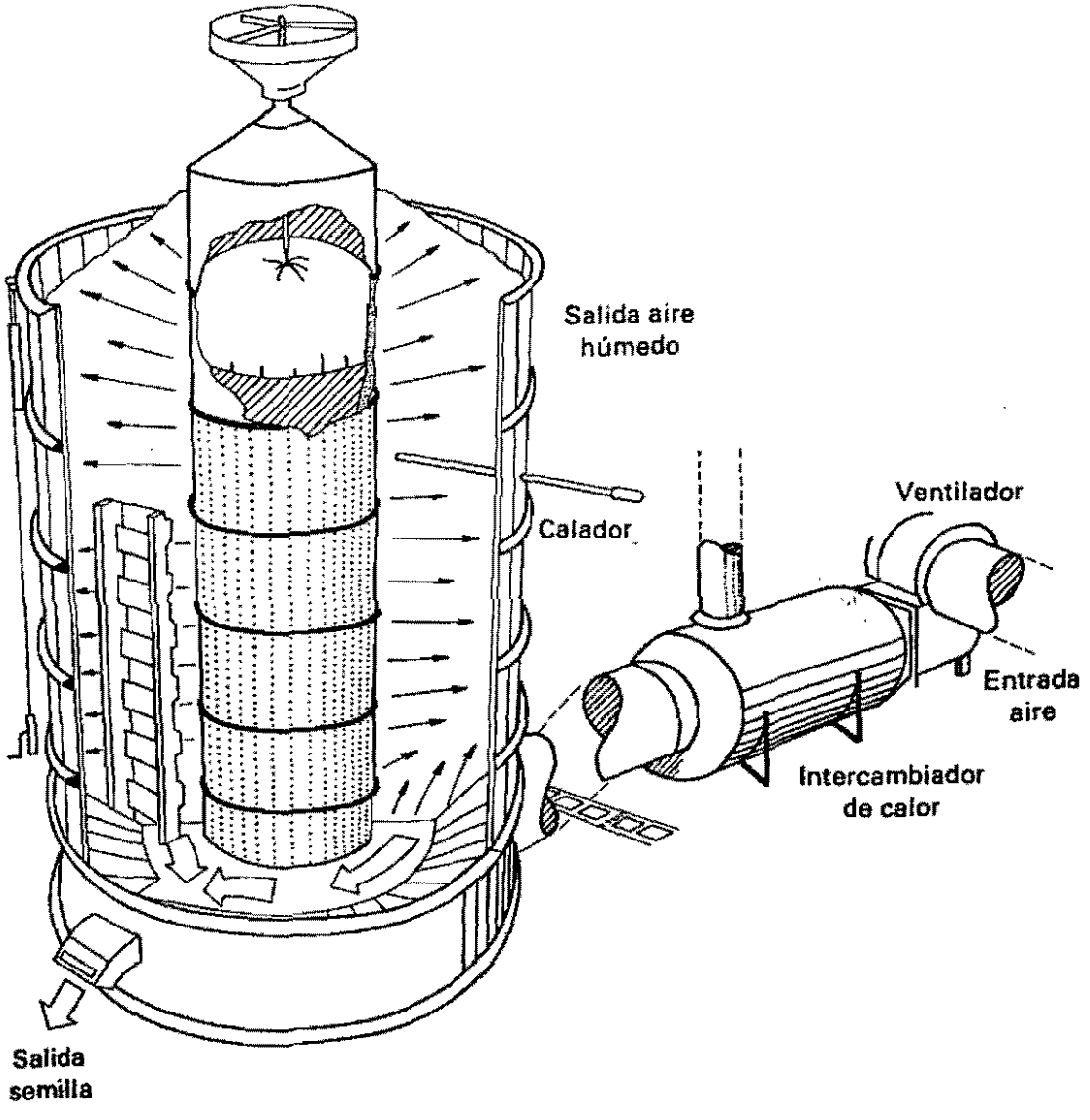


Figura 17. Secador estacionario con distribución radial del aire.

mecánico causado a las semillas, el cual ocurre al cargar el secador, pues su diseño no permite la colocación de escalerillas. Este problema se resuelve, en parte, si al cargar el silo se forma un colchón de aire al encender el ventilador y regular la salida del aire.

Estos secadores están diseñados para colocarse dentro de la UBS pues generalmente son de madera. Pueden utilizarse como silos de almacenamiento.

3.6.1.3 **Secador de mazorca**

Otro tipo de silo-secador, son las celdas de secado construídas de ladrillo y concreto armado, utilizadas principalmente para el secado de maíz en mazorca, en el cual la altura de la camada de mazorca puede llegar hasta 3m. Tienen un tunel central para la distribución del aire de tal manera que pueden ser secadas varias celdas a la vez (en paralelo) o hacer que el aire pase a través de más de una celda (en serie) (Figura 18).

Las ventajas de usar los silos-secadores y similares son varias:

- La flexibilidad de poder variar los volúmenes de semillas día a día según las necesidades de la cosecha.
- Pueden utilizarse como silos para almacenaje.
- Equipo y accesorios fácilmente adaptables a los diferentes sistemas de secado.
- Diversificación en el manejo de volúmenes, variedades y clases de semilla.

Los silos-secadores y similares tienen las siguientes desventajas:

- Puede existir una diferencia muy grande entre el contenido de humedad de la semilla en la parte de abajo y la parte de arriba debido a bajas HR del aire de secado utilizado.
- Es un secado lento.
- Para flujos de aire muy bajos, la capa superior demora mucho en secar.

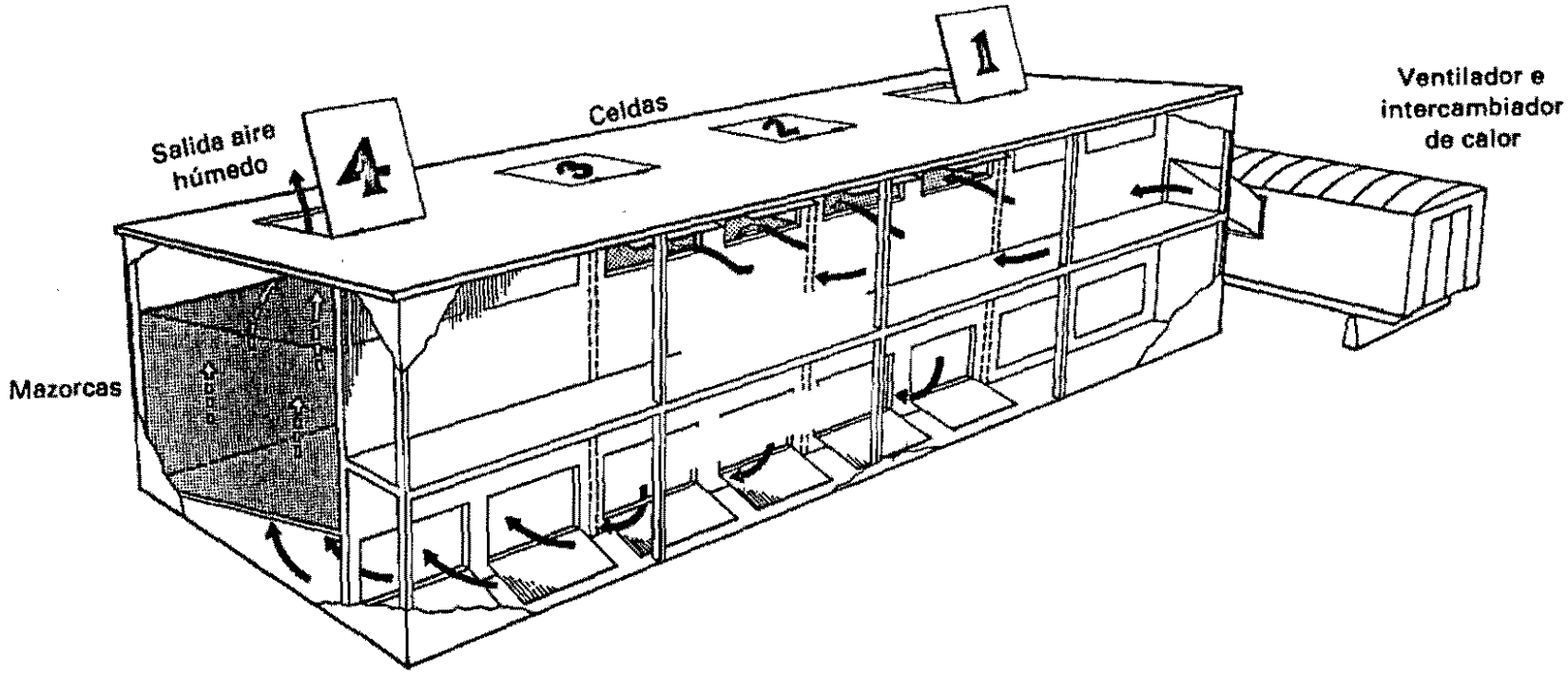


Figura 18. Tipo de secador estacionario utilizado para maíz en mazorca.

3.6.1.4 Secador de sacos

La profundidad de la camada de semillas en este secador es solamente un saco de yute o henequén lleno de semillas. El aire es forzado a través del saco hasta que la semilla se seque. Para incrementar la capacidad de este secador, es necesario construir un piso falso con perforaciones rectangulares de 30 x 60 cm (Figura 19). La distribución del aire se hace a través de un sistema de túneles situados en la parte baja del piso falso. La capacidad de este secador está determinada por el diseñador del proyecto y según las necesidades del productor de semillas.

El relativo bajo costo y la facilidad de construcción de los secadores, permiten que ésta pueda ser la solución para muchos productores con dificultad para comprar un secador más moderno.

Estos secadores pueden utilizarse para secar pequeños lotes de semilla, como de frijol y soya, que requieren de un manejo delicado. Permite también una buena identificación de los lotes de semilla, especialmente en programas de mejoramiento.

Sus mayores desventajas son: el tiempo de secado y el tamaño del área de secado. En países desarrollados, los secadores de saco fueron desplazados por el relativo bajo costo de los nuevos equipos de secado a granel y por el alto costo de la mano de obra.

3.6.1.5 Secador de sacos en tunel

Consiste en construir con la semilla en sacos, un tunel cuyas paredes y techo están formados por sacos. El espesor de las paredes del tunel no debe ser superior a dos sacos, con el fin de lograr mayor uniformidad de secado (Figura 20).

El tunel se construye sobre un piso de concreto y en uno de sus extremos se coloca el ventilador. El otro extremo del tunel, así como todos los orificios entre los sacos, se cierran para forzar al aire a pasar a través de las semillas.

3.6.2 Secado continuo

Este método consiste en sacar las semillas al hacerlas pasar una sola vez por una corriente de aire caliente. Las semillas entran por la parte superior del secador y salen por la parte inferior. Para que las semillas

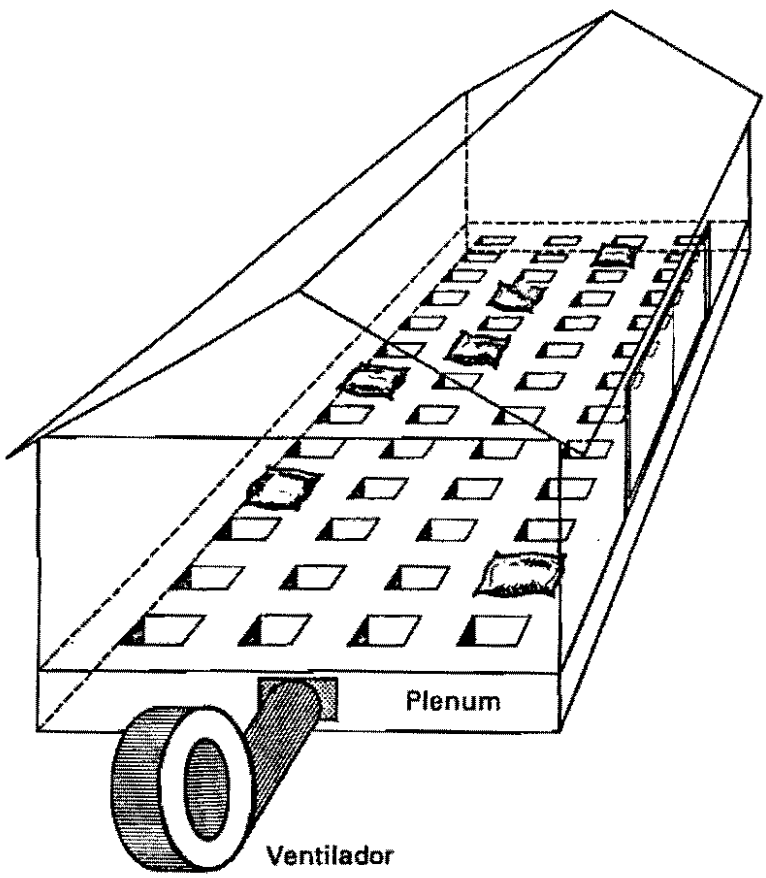


Figura 19. Secador de semillas en sacos.

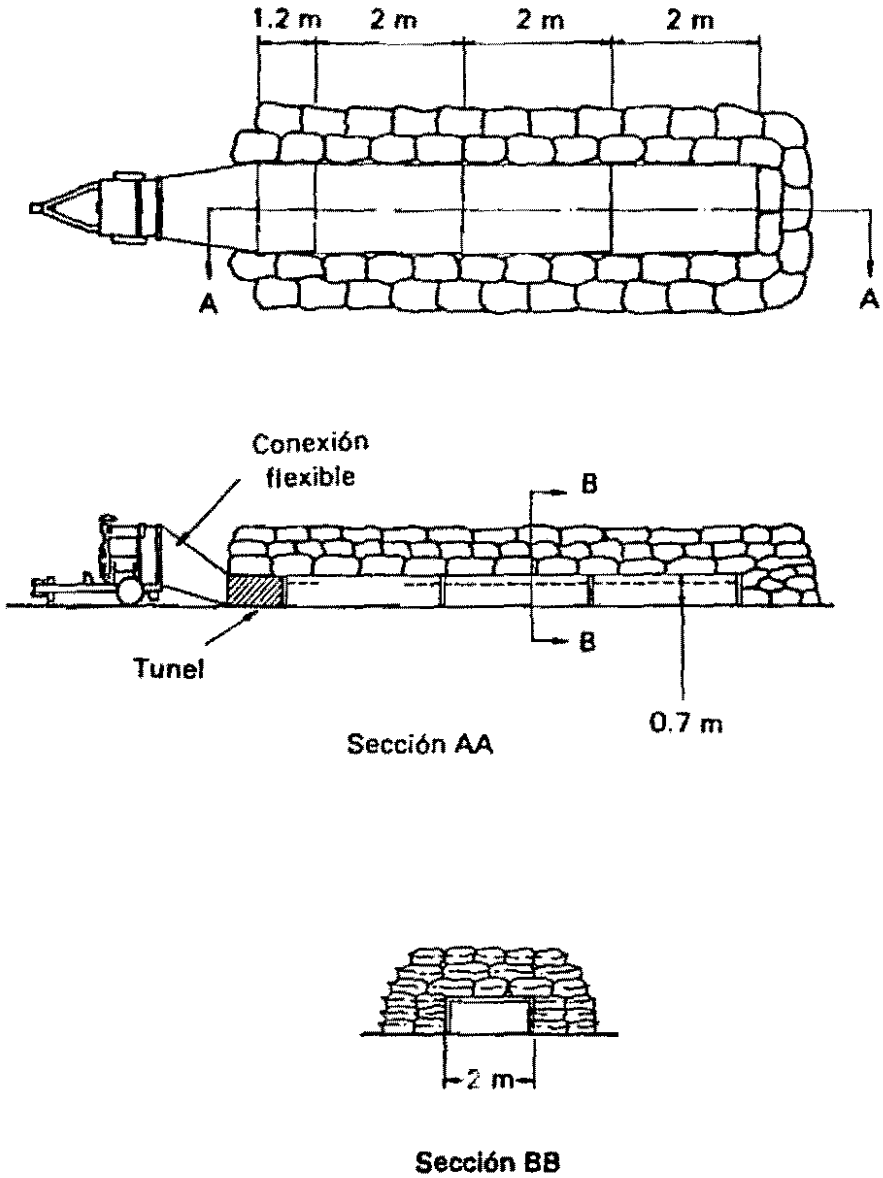


Figura 20. Sistema de secado en tunel.

sequen hasta el punto deseado es necesario que recorran este trayecto lentamente y que la temperatura del aire sea suficientemente alta.

Al disminuir el flujo de las semillas o al aumentar la temperatura del aire, existe el riesgo de calentar las semillas por encima de un nivel seguro. Por esta razón, estos secadores se usan para el secado de granos; si se desean utilizar para secar semillas, se deben hacer las siguientes modificaciones:

- o Pasar las semillas más de una vez por la cámara de secado; ésto se logra instalando un elevador y recirculando las semillas.

- o Aumentar la velocidad de flujo de las semillas a través de la cámara de secado para evitar su sobrecalentamiento.

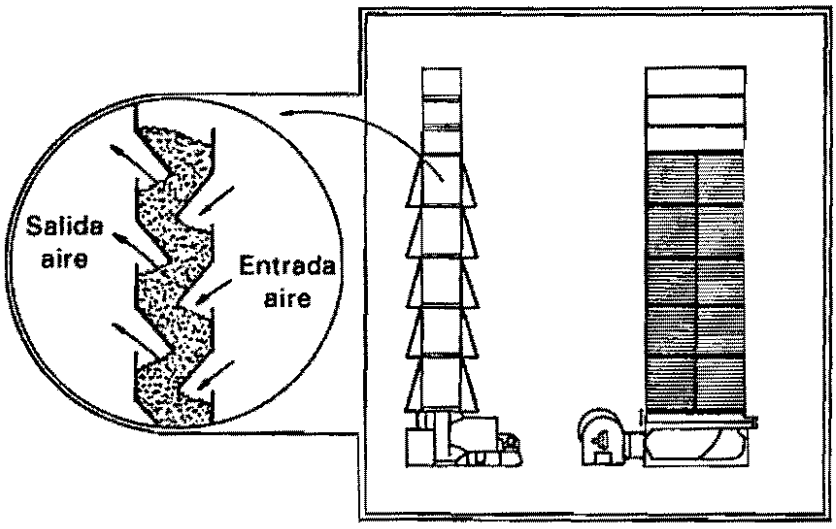
Es importante evitar el daño mecánico a las semillas debido a las diferentes pasadas a través del secador, especialmente en el elevador.

La temperatura del aire a la entrada del secador y la temperatura de la semilla deben controlarse.

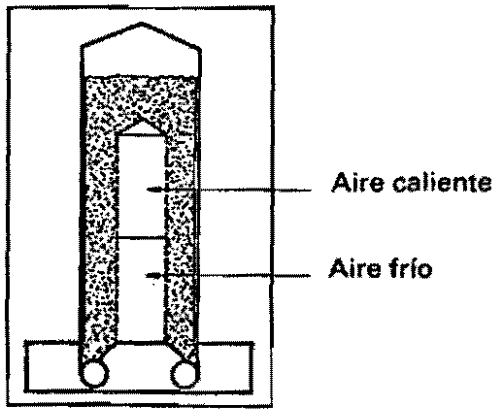
En este sistema existen varios tipos de secadores que se diferencian entre sí por la forma en que el flujo de aire pasa a través de la masa de semillas. Entre los más populares para el secado de grandes volúmenes de semillas, están los secadores de torre vertical, en los que el flujo del aire cruza las semillas como se muestra en la Figura 21. El secador tipo combinado se caracteriza por la forma en "zig zag" como fluyen las semillas, combinándose al mismo tiempo con el aire de secado. El tipo no combinado consta de un secador similar al de columna-estacionario, pero generalmente mucho más grande. El secado se realiza en columnas de 15 a 60 cm de grosor (Figura 21) y los granos van fluyendo continuamente hasta pasar de una zona o cámara de aire caliente a una zona de aire fresco para ser descargadas a temperatura ambiente y almacenarlas inmediatamente.

3.6.3 Secador intermitente

En un secador intermitente la semilla entra en contacto con el aire caliente en la cámara de secado, a intervalos de tiempo regulares. Durante los períodos de descanso se logra una homogenización de la humedad dentro de la semilla y un enfriamiento de la misma.



Secador contínuo tipo combinado



Secador contínuo tipo columna

Figura 21. Secadores contínuos.

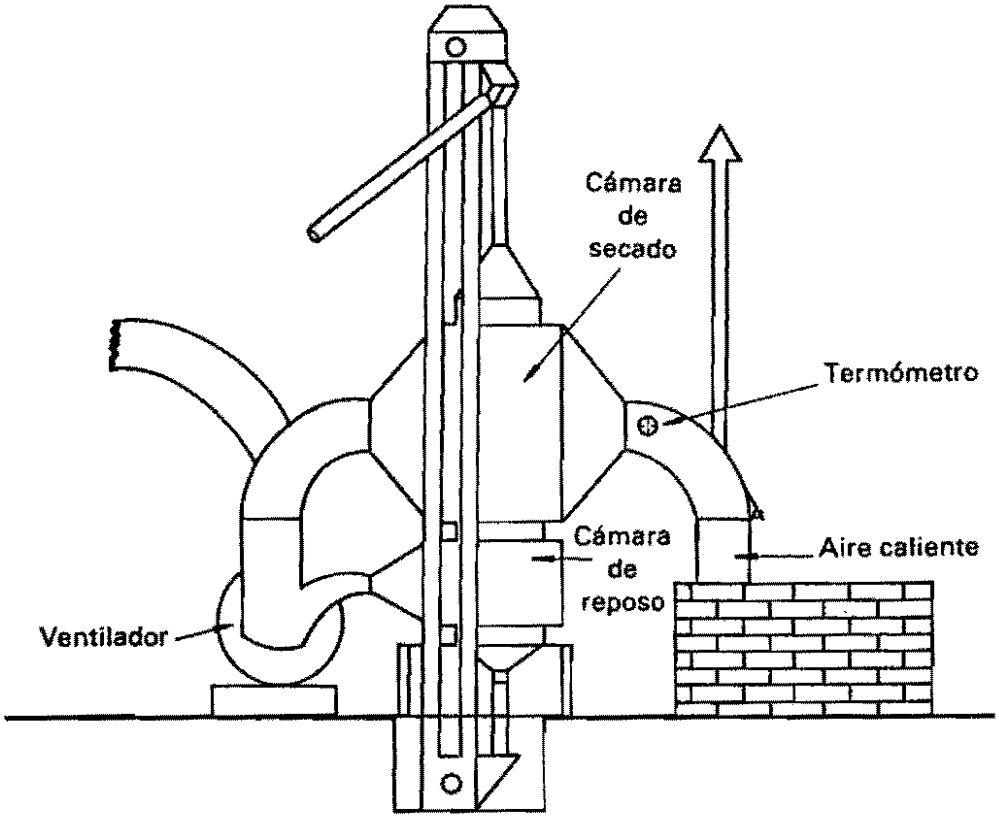
Se cononcen dos tipos de secadores intermitentes, según el tiempo que la semilla permanece en la cámara de secado: el lento y el rápido.

Los secadores intermitentes lentos (Figura 22) son una adaptación de los secadores de tipo continuo y requieren que la semilla pase varias veces a través de la cámara de secado, con una relación de 1:1; es decir que la semilla está 15 minutos con aire caliente y 15 minutos en reposo. Como estos secadores utilizan aire a baja HR (5-10%), la capacidad de secado es considerablemente alta, pudiendo llegar a ser, en algunos modelos, hasta de 8 toneladas en 5 horas de secado. Se debe evitar que las semillas pasen muchas veces por la cámara de secado, ya que puede ocurrir daño mecánico, especialmente en el elevador que se usa para recircular la semilla. Por otro lado, no es recomendable que la temperatura del aire sea muy alta, pues si ocurre excesivo calentamiento en la semilla, ésta puede empezar a deteriorarse (para soya 60°C y arroz, 70°C). Se debe buscar el equilibrio entre éstas dos variables (temperatura del aire y flujo de la semilla) para lograr las mejores condiciones de operación.

Los secadores intermitentes rápidos (Figura 23) se denominan así porque el paso de las semillas a través de la cámara de secado es más rápido (1:10) que en el otro sistema. Para arroz, por ejemplo, la semilla demora un minuto en pasar a través de la cámara de secado y 9 minutos en pasar a través del resto del sistema (elevador y cámara de reposo); en algunos casos la relación puede llegar a ser 2 minutos de secado y 18 minutos de reposo. En este método, la semilla recircula muchas veces y puede no ser adecuado para semillas susceptibles al daño mecánico, tales como frijol y soya.

Con este sistema es posible secar 10 ton de semilla en 4 horas, pues las temperaturas del aire pueden ser altas (trigo, 80°C; soya, 70°C). Para evitar problemas de daño mecánico deben utilizarse elevadores de cangilones de descarga por gravedad, los cuales causan menos daño que los de descarga centrífuga.

La eficiencia térmica de este sistema es baja, dado que el aire está en contacto con la semilla durante corto tiempo; sin embargo, su alta capacidad de secado y la uniformidad de secado que se obtiene, hacen que sea un buen sistema. Deben utilizarse temperaturas bajas al inicio y al final del secado, para evitar choques térmicos que puedan causar fisuras o rompimientos, comunes en semillas de arroz y maíz. Al final del secamiento se sugiere utilizar aire ambiente con el fin de homogenizar la humedad del lote de semillas.



Detalle: Salida y entrada del aire en los ductos

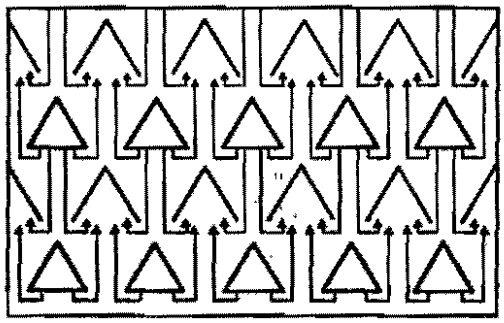


Figura 22. Secador intermitente lento.

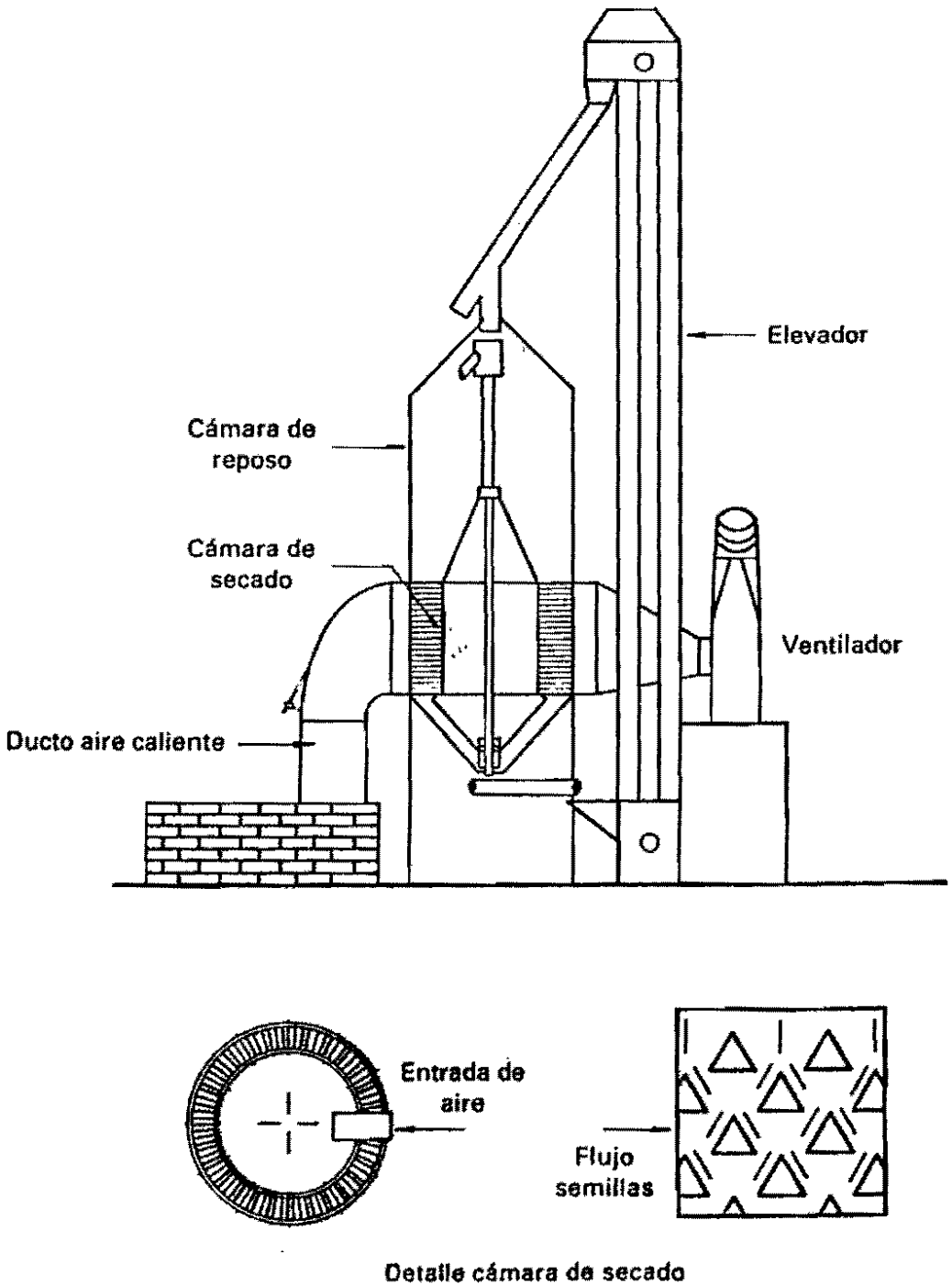


Figura 23. Secador intermitente rápido.

3.7 Consideraciones sobre el Diseño y Selección de Sistemas de de Secado

La elección de un sistema de secado está directamente relacionada con la necesidad de mantener individualizado un lote de semilla. Los secadores continuos se utilizan para secar grandes volúmenes y es casi imposible identificar el lote de semillas. Sin embargo, los secadores intermitentes pueden ser utilizados para secar semillas por lotes.

Un sistema de secado debe diseñarse para que cumpla una serie de necesidades que deben establecerse bajo las siguientes consideraciones:

a- El sistema deberá tener una capacidad igual a la cosecha o a la cantidad programada a secar.

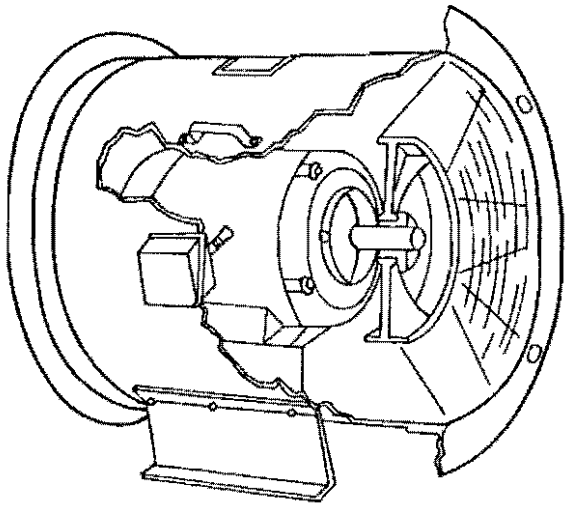
b- Un ventilador con capacidad suficiente para proporcionar un flujo de aire mínimo de $4m^3$/min/ton (estacionario).

c- Tener una fuente de calor adecuada.

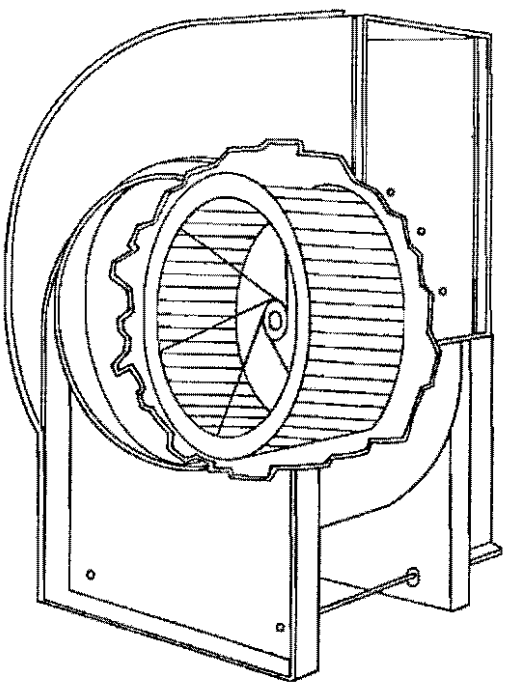
d- Contar con un buen sistema de control de la temperatura y de la HR, tal que, para el sistema estacionario, se mantenga la temperatura máxima del aire a 43°C y la HR del 40-70%. Para el sistema continuo e intermitente, la temperatura máxima es 50°C y 70°C, respectivamente. El número y tamaño de los secadores depende de las capacidades requeridas y del número de variedades que se van a manejar. Una vez determinado el tamaño de los secadores, el paso siguiente es determinar (en el caso de secador estacionario) el tamaño del ventilador, la fuente de calor y el tiempo estimado de secado.

3.7.1 Ventiladores

Para un sistema de secado estacionario existen básicamente dos tipos de ventiladores: (1) el de flujo axial y (2) el centrífugo. - En el axial, como su nombre lo indica, el aire se mueve paralelamente a su eje y el ángulo recto con respecto al campo de rotación de sus aspas (Figura 22); el motor mueve directamente al ventilador y el aire no cambia de dirección al pasar a través de las aspas. En los centrífugos, las aspas pueden estar construídas de dos maneras: inclinadas o curveadas hacia adelante o hacia atras (Figura 24). El motor transmite su movimiento utilizando bandas y poleas. El aire sufre un cambio de 90° en su dirección al pasar por las



Ventilador axial



Ventilador centrífugo
aletas dobladas
hacia adelante

Ventilador centrífugo
aletas dobladas
hacia atrás

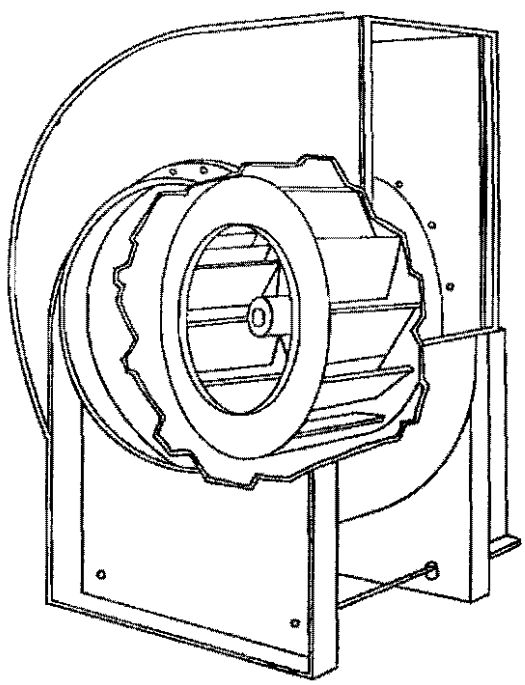


Figura 24. Tipos de ventiladores.

aspas del ventilador. A continuación se presentan las principales características de los tres tipos de ventiladores:

1- Ventilador de flujo axial
- El motor está dentro del armazón del ventilador.
- El armazón puede conectarse fácilmente a ductos redondos.
- De menor costo que los otros.
- Trabaja a baja presión estática (0-150 mm columna de agua).
- Hace mucho ruido
- No se requiere ajustar las bandas del motor.
- No puede sobrecargarse de semillas.

2- Centrífugo con aspas curveadas hacia atrás
- Difícil de conectar a ductos redondos.
- Más costoso que los otros.
- No se puede sobrecargar de semillas.
- Las bandas se deben ajustar.
- Trabaja a altas presiones estáticas (0-300 mm columna de agua)
- No tiene regiones inestables.
- Cuenta con una buena armadura para trabajo rudo.
- Es el que hacer menor ruido

3- Centrífugo con aspas curveadas hacia adelante.
- Difícil de conectar a ductos redondos.
- No puede sobrecargarse con semilla.
- Las bandas tiene que ajustarse y remplazarse.
- No hace mucho ruido.
- Tiene una operación inestable.
- De frágil construcción.
- Trabaja a presiones estáticas moderadas (0-150 mm de columna de agua).

Una vez seleccionado el tipo, la capacidad o el tamaño del ventilador, es importante considerar:

a- El tipo de semilla
b- La altura de la camada de semillas
c- La humedad de la semilla
d- El flujo de aire
e- La presión estática

La capacidad de los ventiladores puede estimarse con base en la información proporcionada por los fabricantes según una codificación estándar

establecida para cada ventilador con su motor, y se sumistra para cada modelo en función del volumen del aire en m^3/min. contra milímetros columna de agua de presión estática.

Si se conoce la presión estática del sistema de secado para el peso de las semillas que se van a secar y el flujo de aire, se puede obtener el modelo de ventilador:

Asumiendo que se tiene un silo cilíndrico de 7 m de diámetro y se desea secar semilla de trigo con una altura de 1.5 m, con un flujo de aire de $7m^3$/min/ton, cuál es el ventilador más adecuado?

Para determinar la respuesta, se siguen tres pasos:

1- Determinar la presión estática
2- Calcular el flujo de aire
3- Seleccionar el ventilador

1. Presión estática

a- Determinar el peso de semilla por unidad de area (ton/m^2):
Peso volumétrico de trigo = 0.78 ton/m^3
Altura de la capa de trigo = 1.5 m

$$\text{Peso por unidad de área} = \frac{0.78 \text{ ton}}{m^3} \times 1.5 \text{ m} = 1.17 \text{ ton/m}^2$$

b- Determinar el flujo de aire por unidad de área (m^3 aire/min/m^2)
Flujo de aire = 7 m^3/min/ton
Peso semilla por unidad de área = 1.17 ton/m^2

$$\text{Flujo de aire por unidad de área} = \frac{7m^3}{\text{min-ton}} \times 1.17 \frac{\text{ton}}{m^2} = 8.19 \text{ m}^3\text{/min/m}^2$$

c- Determinar caída de presión. Usar la gráfica de SHEED (Figura ???)

- Sitúe 8.19 m^3/min/ton en la escala vertical
- Localice la curva para trigo
- Lea la caída de presión para cada metro de profundidad = 67 mm agua
- Para la capa de 1.5 m, la caída de presión será 67 mm x 1.5 = 100.5 mm de agua

- Para determinar la caída de presión total, multiplique por el factor 1.25 (impurezas, humedad):

  Caída de presión total = 100.5 mm x 1.25 = 125.6 mm de agua

2- **Volumen de Aire**

a- Volumen del lote de semilla = $\frac{D^2}{4} h = \frac{x\ 7^2 m^2 \times 1.5m}{4} = 57.7\ m^3$

b- Peso del lote de semilla

Peso volumétrico de trigo = 0.78 ton/m^3
Volumen de la semilla = 57.7 m^3
Peso de la semilla = 0.78 ton/m^3 x 57.7 m^3 = 45 ton

c- Flujo de aire

Flujo por unidad de área = 7 m^3/min/ton
Peso de la semilla = 45 ton
Total flujo de aire = 7 m^3/min/ton x 45 ton = 315 m^3/min

3- **Seleccionar el Ventilador**

Presión estática = 125.6 mm agua
Flujo de aire = 315 m^3/mm

Con estos dos datos se puede seleccionar el ventilador necesario, consultando la Tabla 2.

De allí se obtiene que, para estas condiciones de operación, se requiere un ventilador centrífugo Modelo C con 15 HP y 385 m^3/min a una presión de 125 mm agua.

3.7.2 Fuente de Calor

En un sistema de secado, la fuente de calor forma parte del secador y para seleccionar una unidad que pueda proporcionar la temperatura deseada, se debe considerar lo siguiente:

a- Costo del combustible
b- Disponibilidad del combustible en la localidad
c- Un flujo de aire mínimo de 4 m^3/min/ton de semilla
d- Controles de equipo

Tabla No. 2 Desempeño de ventiladores centrífugos y axiales a diferentes presiones

Modelo	HP	PRESION ESTATICA										
		25	38	50	63	75	100	125	150	175	200	225
AXIALES		Volumen de aire m^3/min										
A	1.5	148	139	129	100	69	35					
B	3	214	202	191	174	160	64					
C	5	305	288	274	257	240	203	160				
D	7.5	340	324	311	297	283	247	205				
E	10	377	368	357	342	328	300	265	234			
CENTRIFUGOS												
A	7.5	351	-	328	-	303	277	250	210			
B	10	368	-	343	-	317	286	257	229			
C	15	494	-	471	-	440	411	385	357	329	297	245

La forma de transferir la energía calórica por los quemadores en los secadores puede clasificarse en dos: directa e indirecta. La directa, como su nombre lo indica, transfiere el calor directamente a la semilla, es de menor costo y hace que la energía calorífica se use más eficientemente (Figura 25).

La indirecta consiste en calentar la superficie de un metal que transfiere el calor al paso del aire en dirección del producto; el producto de la combustión es desalojado fuera de la secadora.

Hay dos tipos de quemadores: el tipo vaporizador, en el cual el combustible (gas) es calentado y quemado; y el tipo atomizador, en el cual el combustible (líquido) es atomizado, utilizando una boquilla.

Los combustibles más comúnmente utilizados son el gas natural, el butano y el propano, y en forma líquida el propano, el diesel y el petróleo diáfano. Los quemadores eléctricos son muy usados en pequeños secadores para modelos de laboratorio, dado que la energía eléctrica es muy costosa como fuente de calor en el secado comercial de semillas.

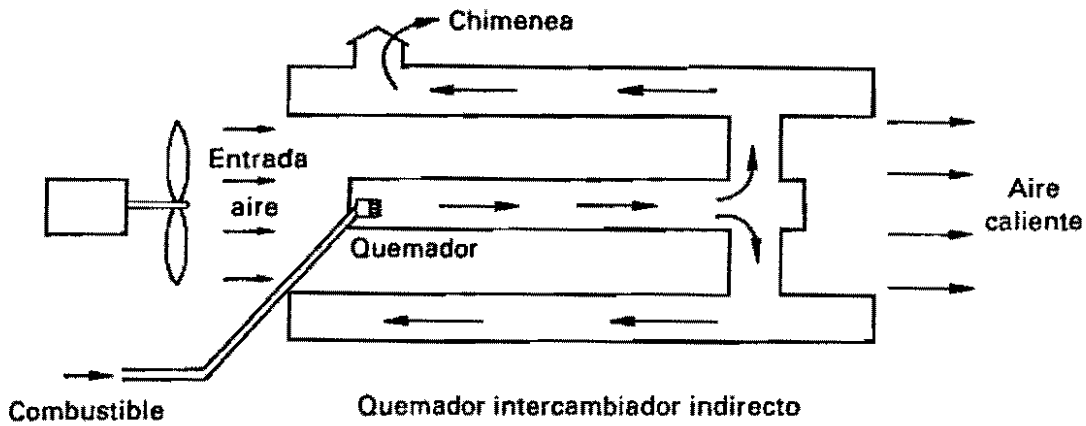
El cálculo de la capacidad de los quemadores puede hacerse con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{VC\ T}{v}$$

Q = Capacidad del quemador (KW)
V = Flujo de aire (m^3/seg)
C = Calor específico de aire = 1.0 KJ/kg ^oC
T = Diferencia entre la temperatura del aire de secado y el aire ambiente (^oC)
v = Volumen específico del aire = 1.0 m^3/kg
Q = V T

$$(kw) = \left(\frac{m^3}{seg}\right) (^oC)$$

Es importante tener en cuenta que esta ecuación ha sido simplificada y se debe utilizar con el flujo de aire en m^3/seg y la temperatura en grados



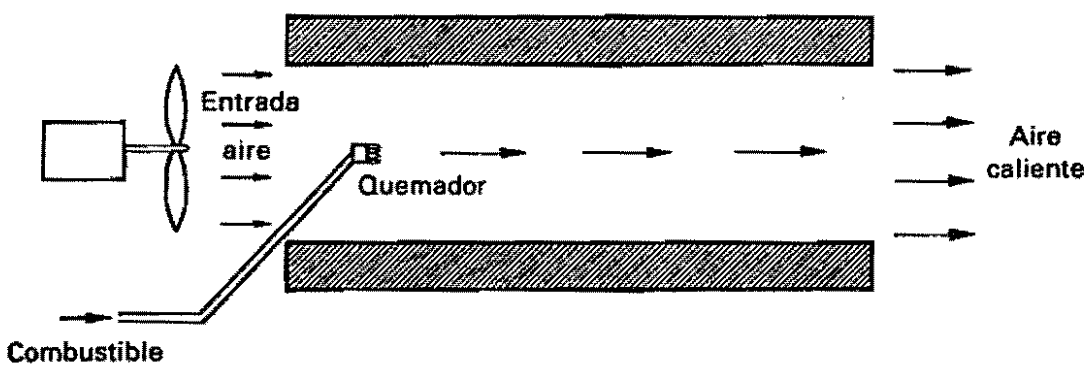


Figura 25. Tipos de quemadores intercambiadores de calor.

centígrados, para así poder obtener la capacidad del quemador en kilovatios (kw).

Ejemplo: Se desea estimar la capacidad de un quemador para aumentar la temperatura del aire ambiente en 10°C; el ventilador proporciona un flujo de aire de 240 m^3/min. para secar un lote de semillas en un silo secador.

$$Q = V \quad T = 4\ m^3/seg \times 10^oC$$
$$Q = 40\ kw$$

3.7.3 Capacidad del sistema de secado

Para los secadores intermitentes, se considera que es posible secar de 20 a 13% de humedad 3-4 cargas de secador/24 horas. Asi la capacidad de secado dependerá del tamaño (modelo) del secador.

Para los secadores estacionarios, actualmente se han desarrollado modelos matemáticos para estimar el tiempo de duración del secado; algunos se basan en la teoría del secado y otros han sido obtenidos en forma empírica. La explicación de todos ellos llevaría a hacer un libro; sin embargo, la siguiente fórmula empírica podría ser aplicada en una forma práctica para estimar el tiempo de secado de una camada de semillas:

$$TS = \frac{35.44 \times AR}{FA \times DT}$$

donde:

TS = Tiempo de secado en horas
AR = Agua removida en lt/m^3 de semilla
FA = Flujo del aire en m^3/min/m^3 de semilla
DT = Diferencia de temperatura en °C (temperatura del aire al entrar menos la temperatura al salir de la semilla.

Ejemplo: Cuál sería el tiempo estimado de secado de un lote de semillas de maíz de 20 toneladas con 18% de humedad que se desea secar al 12%?

El silo-secador tiene un ventilador que proporciona un flujo de aire de 11 m^3/min/ton de semilla y la temperatura del aire de secado es de 43°C; se estima que el aire se enfría a 35°C al pasar por la masa de semillas.

Solución: El peso volumétrico del maíz se estima en 0.7 ton/m^3:

$$FA = \frac{11 m^3/min}{ton\ de\ sem.} \times \frac{0.7\ ton}{m^3} = 7.7\ m^3/min/m^3 \text{ de semilla}$$

$$\frac{1\ ton\ (100 - 18\%)}{(100 - 12\%)} = \text{Peso final de una tonelada de semilla} = 0.932 \text{ ton.}$$

AR = 1 ton - 0.932 = 0.068 ton de agua = 68 litros de agua
AR = 68 litros de agua/ton de semilla x 0.7 ton/m^3 de semilla
AR = 43.4 litros de agua/m^3 de semilla

Aplicando la fórmula:

$$TR = \frac{35.44 \times 43.4}{7.7 \times (43-35)} = 23 \text{ horas aproximadamente}$$

3.8 Variables para Determinar el Costo de Secado

Para estimar los costos de la operación del secado, se deben tener en cuenta los mismos elementos que determinan los costos de cualquier producto: materia prima, materiales, mano de obra y demás gastos de operación. Sin embargo, el secado involucra mantener la calidad de la semilla y varias otras situaciones que deben tenerse en cuenta y que afectan significativamente los costos de la operación.

3.8.1 Materia prima

Durante el secado las semillas pierden peso y volumen y en el almacenamiento puede ganar o perder peso dependiendo del tipo de semilla y de las condiciones ambientales que la rodean. En el mercado de semillas estos aspectos son muy importantes tanto para el comprador como para el vendedor.

La pérdida de peso se descuenta o ajusta a un estándar de recibo establecido por las empresas. Estos estándares generalmente están determinados para cada tipo de semilla en aproximadamente 13% de humedad.

La fórmula para calcular la pérdida de peso en las semillas está data por:

(1) Peso inicial (100 - % humedad inicial) = Peso final (100 - % humedad final).

Ejemplo: Un agricultor cosecha 10 toneladas de semilla de sorgo al 18% de humedad y el estándar de recibo de la empresa es del 13%. Cuál sería la pérdida de peso que le descontarían al agricultor?

Solución: Aplicando la fórmula (1) tenemos:

10 ton (100-18) = peso final (100-13)

$$\frac{820}{87} = \text{peso final}$$

9.425 ton = peso final

Pérdida de peso = 10.000 - 9.425 = 0.575 ton

3.8.2 Condiciones ambientales

En lugares con clima cálido y húmedo, las semillas tardan más en secarse debido a la alta humedad inicial y la capacidad del aire de secado para absorber este excedente de humedad es menor que en climas secos y frescos.

Los costos se elevan en la supervisión de la operación, energía eléctrica y, en menor grado, en el gasto de combustible. La inversión inicial en estas regiones críticas se eleva sustancialmente por la adquisición necesaria de más depósitos y, en algunos casos, de un sistema de ventilación, para lograr obtener la capacidad necesaria para recibir las semillas oportunamente.

3.8.3 Combustible

El uso de un determinado combustible para secar semillas está dado principalmente por la disponibilidad del mismo en la localidad. Sin embargo, el valor energético de cada combustible es otro indicador que puede ayudar a calcular el costo del gasto del combustible y definir cuál es el más barato. En la Tabla 3 se muestran los valores energéticos de

Tabla No. 3 Valores energéticos de los combustibles

Fuente	KJ	Unidad
Aserrín	2.500.000	m^3
Carbón Antracito	28.200	kg
Cáscara de arroz	12.000	kilo
Diesel	33.700	lt
Gas Butano	26.700	lt
Gas natural	35.700	m^3
Gas preparado	19.000	m^3
Gas propano	37.500	lt
Gasolina	31.000	lt
Madera	4.400.000	m^3
Petróleo diáfano	36.000	lt

Fuente: Preparado de varias fuentes.

varios combustibles; con la capacidad del quemador en kw, se obtiene el gasto de combustible por hora aplicando una regla de tres simple. Multiplicando por el precio unitario se determina cuál es el combustible de menor costo o, en su defecto, se puede estimar en la misma forma, el costo actual del combustible que se está utilizando.

3.8.4 Mano de obra

El grado de mecanización de los sistemas de secado puede influir considerablemente en el costo directo de la operación, si se utiliza demasiado mano de obra para cargar y descargar los secadores por falta de un buen sistema de mecanización; además se retarda la operación y afecta la eficiencia y capacidad de la misma.

3.8.5 Selección del equipo de secado

Los costos fijos están directamente relacionados con la inversión inicial y ésta, a su vez, por la selección del sistema, lo cual depende de varios aspectos:

a- Clases, variedades y categorías de semillas
b- Capacidad deseada (toneladas/día)
c- Volúmenes y frecuencia de la cosecha
d- Condiciones ambientales (ventilación)
e- Presupuesto Disponible

Actualmente, el sistema estacionario, como el de silos-secadores, puede resultar más caro en la inversión inicial, pero su versatilidad para manejar adecuadamente diferentes cultivos, variedades y categorías de semillas puede representar el costo de oportunidad del sistema.

Para ser rentables, los secadores intermitentes requieren de un sistema de tolvas compensadoras (para semilla húmeda y seca) para manejar grandes volúmenes de semilla a un costo menor.

3.9 Factores que Afectan la Calidad de las Semillas en el Secado

Si las semillas se cosechan con altos contenidos de humedad, deben secarse oportunamente; si no es posible, al menos deben ventilarse inmediatamente en algún almacén temporal con sistema de aireación.

Los efectos de la alta humedad repercuten negativamente en la calidad de las semillas, como ya se ha explicado ampliamente; por ello, si la humedad es superior al 18%, se recomienda que las semillas no permanezcan en estos almacenes por más de 24 horas sin ser secadas.

A estos niveles de humedad es conveniente iniciar el secado con aire natural y elevar la temperatura del aire paulatinamente a medida que va disminuyendo la humedad de las semillas. Si el secado se realiza muy rápido, se corre el riesgo de fisurar las semillas debido al gran gradiente de humedad en la semilla; por otra parte, si se realiza muy lento, las semillas pueden estar muy húmedas y desarrollar un ambiente propicio para los microorganismos y calentamientos en la masa de semillas.

El muestreo durante el secado estacionario debe hacerse por lo menos dos veces al día, y en el intermitente cada 30 minutos. Al final del secado se debe muestrear muy bien el lote en busca de focos húmedos causados por la mala distribución del aire. En el caso del estacionario, es necesario tomar muestras de las diferentes camadas de semillas, ya que la inferior por lo general estará más seca; de esta manera, cuando la camada superior esté seca, las otras también lo estarán.

En caso de que en el lote de semillas que se esté secando se detecte un descenso en la germinación, ésto puede deberse a:

a- A la demora del secado
b- El flujo de aire es insuficiente o desuniforme
c- La presión estática es excesiva
d- La temperatura de secado
e- Demasiada altura de la camada de semilla
f- La humedad relativa es muy alta (mayor de 70%) o baja (menor del 40%)

3.10 Aireación

La práctica de usar pequeños volúmenes de aire para cambiar la temperatura de las semillas durante su almacenamiento temporal a granel se conoce como aireación. La similitud del equipo que se utiliza para secar hace que se confundan estas operaciones; por ésto es importante que los operarios entiendan bien las diferencias que existen entre éstos y así evitar lo que es muy frecuente: tratar de secar cuando en realidad se está ventilando la semilla o viceversa.

Para ventilar las semillas se requieren flujos de aire de 0.01 a 0.5 m^3/min/ton; es decir, flujos muy pequeños comparados con los utilizados en el secado (4-17 m^3/min/ton), los mismos que se logran al secar a bajas alturas de semilla; para ventilar, los silos pueden estar completamente llenos.

Varios autores de artículos sobre aireación coinciden en enumerar las ventajas que ofrece contar con una adecuada aireación en los silos para almacenar semillas a granel, especialmente en regiones cálidas y húmedas.

3.10.1 Ventajas

1- Prevenir la migración de la humedad en la masa de las semillas manteniéndolas a una temperatura uniforme.

2- Mantener la semilla fresca y prevenir calentamientos y ataques de hongos e insectos.

3- Facilitar la aplicación de fumigantes.

4- Almacenar la semilla húmeda por períodos cortos en espera de ser secada inmediatamente.

3.10.2 Migración de Humedad

El fenómemo de la migración de la humedad es tal vez el aspecto más importante que se debe analizar en los almacenes a granel. Se presenta principalmente cuando la temperatura ambiente es baja en comparación con la temperatura de la semilla y el aire intersticial. La semilla, por su baja conductividad térmica se enfría más lentamente que el aire, especialmente cerca de las paredes del silo. Este aire frío tiende a descender cuando una corriente de convección en forma de columna en el centro del silo. Es decir que, el aire frio en la periferia del silo baja y el aire caliente en el centro de la masa de semillas sube. Cuando este aire caliente entra en contacto con las semillas frías de la parte superior del silo, puede ocurrir condensación si la temperatura de las semillas es inferior a la temperatura del punto de rocío del aire ascendente. Este humedecimiento de las semillas crea condiciones propicias para su deterioro.

Se observa el mismo efecto de migración de humedad cuando la temperatura ambiente es cálida comparada con la temperatura de la semilla; en este caso se produce migración de humedad hacia la parte inferior del silo.

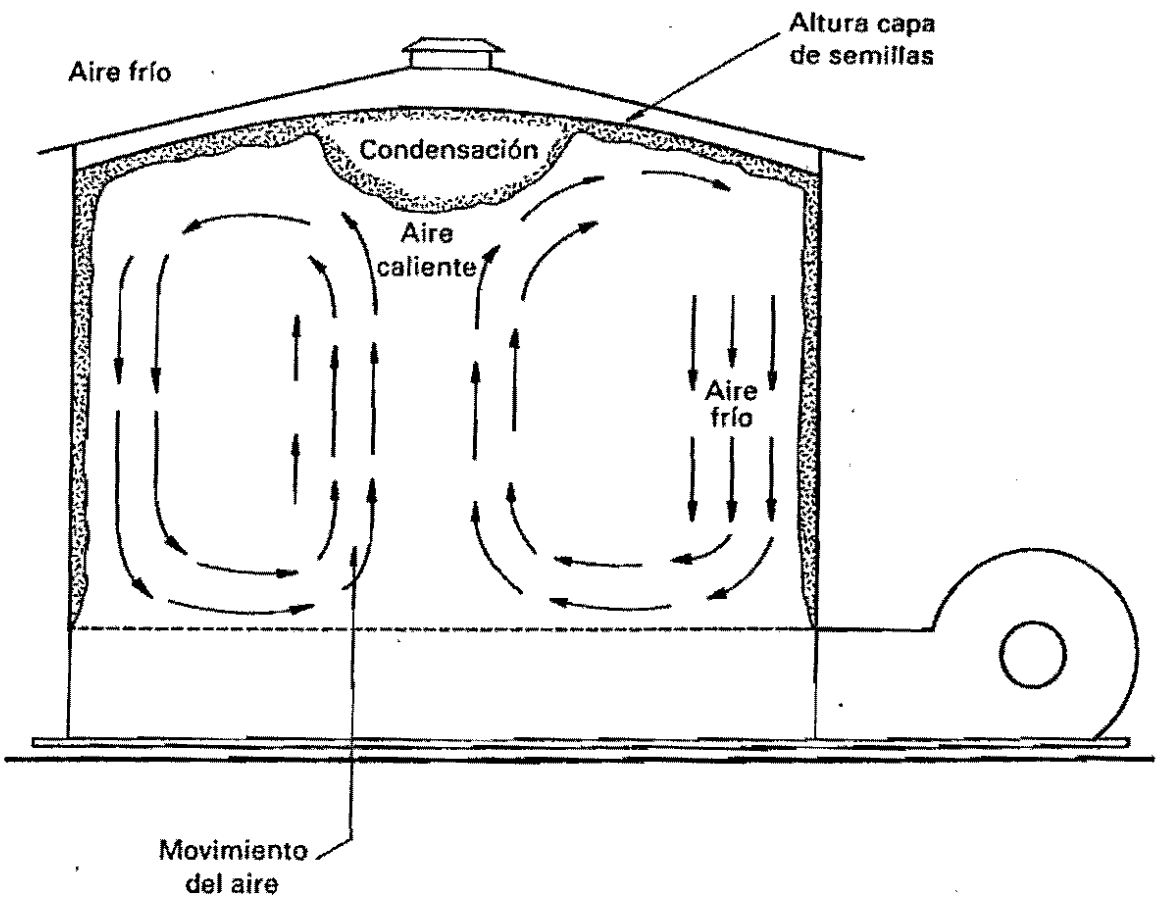


Figura 26. Migración de humedad en silo de almacenamiento.

La aireación debe realizarse en semillas frescas y secas con una HR baja para evitar que la masa de semillas gane o pierda humedad. Si se presentan diferencias de temperatura superiores a 10°C entre el medio ambiente y la semilla, los ventiladores deben prenderse y funcionar continuamente entre 8 y 18 horas, con el fin de uniformizar las temperaturas de los granos. Cuando la semilla tiene la temperatura más baja (regiones cálidas) es recomendable que la aireación se haga por la noche, pues durante el día pueden calentarse mucho las semillas, causando un aumento indeseable en su metabolismo. Pero si hay diferencia superior a 3°C entre las semillas, los ventiladores deben funcionar a cualquier hora, sin importar las condiciones del clima.

3.10.3 Almacenes con aireación

Para mantener adecuadamente las semillas con un buen sistema de ventilación, es necesario contar con un ventilador(es) y un sistema de ductos con perforaciones o de pisos falsos con perforaciones, para que fluya el aire libremente a través de la masa de semillas. Se reconocen dos tipos de almacén a granel: los verticales, como son los silos metálicos, los de concreto y celdas de mampostería; y los almacenes planos, que son propiamente las bodegas o edificios que cuentan con su equipo de ventilación, incluyendo también en este tipo, las bodegas portátiles bien acondicionadas.

El sistema de "albercas" o almacén a la intemperie que se practica en algunos países, aún contando con ventiladores y ductos, se consideran como respuesta solamente a limitaciones presupuestales que deben irse eliminando en lo posible, sobre todo en el manejo de semillas valiosas que quedan muy expuestas a pérdidas de calidad.

Los flujos de aire para la aeración de las semillas dependen del tipo de almacén y de la región; se recomiendan flujos más altos para almacenes verticales y regiones calientes donde es necesario mantener las semillas frescas y secas.

Otro aspecto muy importante de la aireación y que depende de las condiciones ecológicas de cada región, es la dirección que debe tener el flujo de aire.

En términos de energía, es relativamente lo mismo mover el aire de abajo hacia arriba que extraerlo (es decir, de arriba hacia abajo), pero se tiene que considerar lo siguiente: el flujo de aire en los almacenes con piso o

ductos perforados se mueve más uniformemente de abajo hacia arriba, lo cual es muy recomendable para regiones en las que no cambia mucho la temperatura en el día y la noche; en cambio es recomendable extraer el aire, es decir de arriba hacia abajo, cuando, en algunas regiones, las temperaturas durante las noches son bajas y podrían ocurrir condensaciones al chocar el aire caliente que atravesó la masa de semillas en el techo del almacén.

4.0 LIMPIEZA, SELECCION Y CLASIFICACION

4.1 Bases de la Separación de los Materiales Indeseables

Cuando se cosechan las semillas, usualmente contienen un sinnúmero de materiales indeseables. Esto hace que las semillas sean transportadas a la planta con pedazos de tallo, vainas, basuras, paja, semillas inmaduras, etc.

Para poder ofrecer semillas libres de estos materiales indeseables, es necesario tener en cuenta sus características físicas para realizar la separación.

La separación difícilmente será total, y entre más contaminantes tenga el lote de semillas, más difícil será separarlos y lograr las tolerancias que son permisibles para la venta. Cada operador de UBS deberá familiarizarse con los principales contaminantes posibles que hay en los cultivos de la región, para saber si pueden ser separados o no, y establecer las condiciones de la recepción según el tipo de maquinaria y equipo con que se cuenta para realizar una separación completa, con una pérdida mínima de semilla durante el beneficio de la misma.

Las semillas difieren en su longitud, anchura y espesor (tamaño), peso específico, forma, textura superficial, conductividad eléctrica, modificaciones en las propiedades físicas y color. Estas caracterísiticas físicas hacen posible separar los materiales indeseables de un lote de semillas, para mejorar su calidad.

Para hacer estas separaciones, se requiere de máquinas especializadas que hacen una o más separaciones, basándose en las características físicas de los materiales.

4.1.1 Separación por tamaño

El tamaño es la característica que se puede identificar con más facilidad en un lote de semillas (Figura 26). Las diferencias en longitud, anchura y

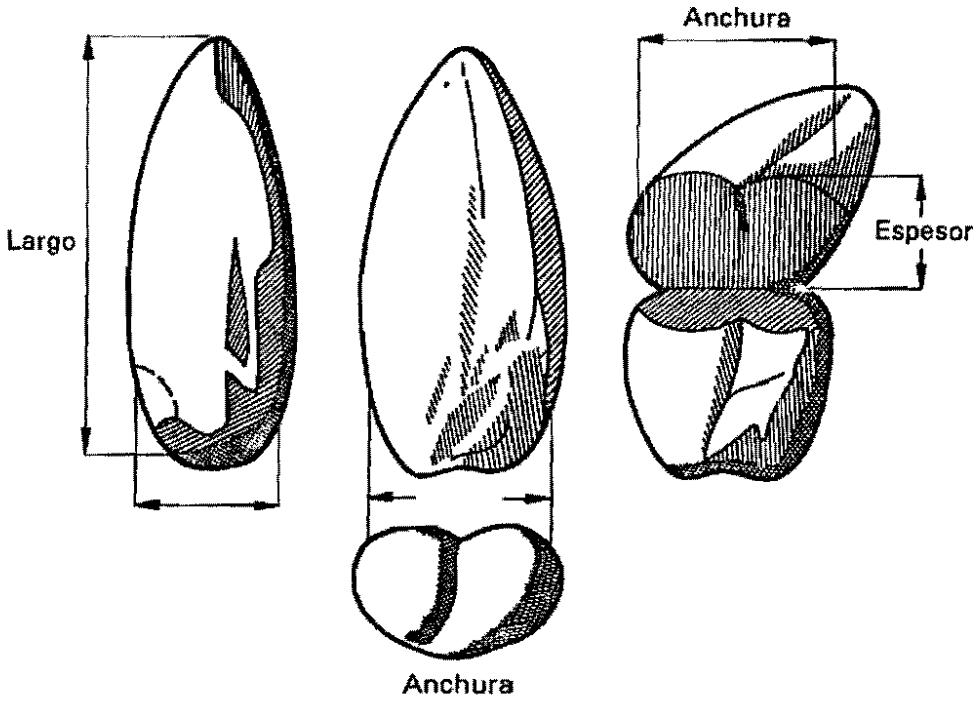


Figura 27. Dimensiones características de las semillas.

espesor pueden ocurrir entre las mismas semillas o entre éstas y los materiales indeseables.

4.1.2 Anchura y espesor

Las semillas pueden diferir en su anchura y tener el mismo espesor, como es el caso de las semillas de maíz planas, y que se separan utilizando cribas (zarandas) con perforaciones redondas.

Por otra parte, las semillas pueden ser diferentes en su espesor y tener la misma anchura, como en el caso de las semillas de maíz planas y redondas que se separan utilizando zarandas con perforaciones oblongas. Otro ejemplo podría ser el de separar soya de mitades de soya. Los equipos que utilizan zarandas son: 1) la máquina de aire y zarandas (MAZ) y 2) el separador de precisión con zarandas cilíndricas.

La diferencia en la longitud de las semillas no permite hacer separaciones con zarandas, y tiene que realizarse con separadoras de longitud. Un caso típico es la separación de trigo y avena silvestre. Los separadores de longitud son de dos tipos: el separador de discos y el separador de cilindros.

4.1.4 Forma

Un factor de diferencia muy común en un lote de semillas es la forma. En un lote puede haber semillas redondas junto con semillas de forma diferente, como por ejemplo, un lado plano o de forma piramidal, y éstas pueden separarse usando una seleccionadora conocida como separador de espiral. Separar soya de correhuela (Ipomea turbinata) o separar soya de caupí (Vigna unguiculata), son ejemplos del uso de éste.

4.1.5 Peso específico

El peso específico de las semillas puede ayudar a diferenciar entre las semillas maduras e inmaduras, y los terrones o piedras que tenga las mismas dimensiones que las semillas. Esta separación se realiza principalmente en la mesa de gravedad.

4.1.6 Textura superficial

En ciertos lotes de semillas puede haber mezclas de semillas con cubiertas de diferente textura, lo cual puede aprovecharse para separarlas, como en

el caso de la separación de semillas con testa lisa (Trifolium incarnatum) de algunas semillas de hierbas comunes con cubierta rugosa (Cuscuta spp. y Rumex spp.). Estas separaciones se pueden realizar en los separadores de rodillo o también en los de banda; ambos utilizan una cubierta de paño para que las semillas rugosas se adhieran a ella y las lisas se deslicen.

4.1.7 Color

Las semillas del mismo tamaño pueden separarse por la diferencia en el color de su cubierta, como es el caso de frijoles manchados que deben separarse de frijoles sin mancha, o también del maní que ha perdido su cubierta y que debe separarse por ser susceptible a perder su germinación. Estas separaciones pueden realizarse mediante la sorteadora electrónica, la cual tiene una celda fotoeléctrica calibrada con un patrón determinado para un color específico.

4.1.8 Modificaciones en las propiedades físicas

Las propiedades físicas de un lote de semillas pueden modificarse si se le agrega una pequeña cantidad de agua o aceite a la testa de las semillas. Al humedecerlas, algunas cubiertas se volverán muy pegajosas y al aplicarles un material como el aserrín, éste se adherirá fácilmente a la cubierta pegajosa, aumentando el tamaño. También se le puede aplicar limadura de hierro al lote, el cual luego se pasa sobre un imán; la semilla con limadura será atraída y quedará adherida al imán y la semilla buena se deslizará hacia otra parte. La separadora magnética es la que realiza esta operación y aunque su aplicación no ha sido muy extensa, ha dado buenos resultados en la separación de trebol y cúscuta.

4.1.9 Conductividad eléctrica

Este método para separar semillas de dimensiones iguales no ha sido muy desarrollado y casi no ha tenido aplicación. Es difícil encontrar una diferencia en la conductividad eléctrica de las semillas; son pocas las especies que podrían separarse, y estas aplicaciones han sido en el área de investigación. Sin embargo, existe la separadora electrostática que utiliza este principio para separar las semillas.

Después de que el operador de la UBS conozca las diferencias entre las semillas y el material indeseable, estará en capacidad de determinar la máquina que pueda hacer la separación más eficiente.

A continuación se describirán las principales partes de la operación de la maquinaria más utilizada en las fases de la prelimpieza, operaciones especiales, limpieza y clasificación de las semillas.

4.2 Equipo para Prelimpieza y Operaciones Especiales

Después de que las semillas son recibidas en la UBS, la operación más eficiente que se puede hacer es la de prelimpiar los lotes de semillas para disminuir o eliminar la gran cantidad de basura que contienen. La prelimpieza es realmente una limpieza burda o desbrozado que requiere hacerse a gran capacidad para no interrumpir la recepción. Generalmente se trata de eliminar los materiales más grandes y más pequeños que las semillas deseadas, y de ser posible eliminar el polvo. Esto hará mejorar la eficiencia del secado, al disminuir el material húmedo indeseable. La masa de semilla fluirá más libremente en las máquinas y en el equipo, y se logrará aumentar la capacidad de la limpieza.

Los prelimpiadores más comunes son el desborozador, el aspirador, la MAZ y las zarandas cilíndricas (Figura 28).

4.2.1 Prelimpiadoras con zarandas

En esta categoría se encuentran básicamente las MAZ con una a dos zarandas. Algunos modelos tienen un ventilador y son muy parecidos a la MAZ que se utiliza en la limpieza, la cual hace una operación de separación más refinada basada en el mismo principio.

El principio de separación de materiales no deseados por medio de zarandas es uno de los más importantes en el beneficio de las semillas. El flujo de semillas es regulado por las tolvas de alimentación de la máquina que las hace llegar a la primera zaranda conocida como "desbrozadora". Esta permite que pase la semilla y los materiales pequeños, evitando que los materiales más grandes (tallos, vainas y hojarasca) atraviesen la criba y permitiendo que, con el movimiento de la prelimpiadora, se transporten hacia una salida específica para su recolección (Figura 29).

La semilla pasa a la segunda zaranda "clasificadora", la cual tiene perforaciones más pequeñas que el tamaño de la semilla. Esto permite que la semilla se mueva por encima de la zaranda y sea conducida a la salida de descarga de la prelimpiadora, mientras los materiales más pequeños atraviesan la zaranda clasificadora y son conducidos a una salida para ser retirados.

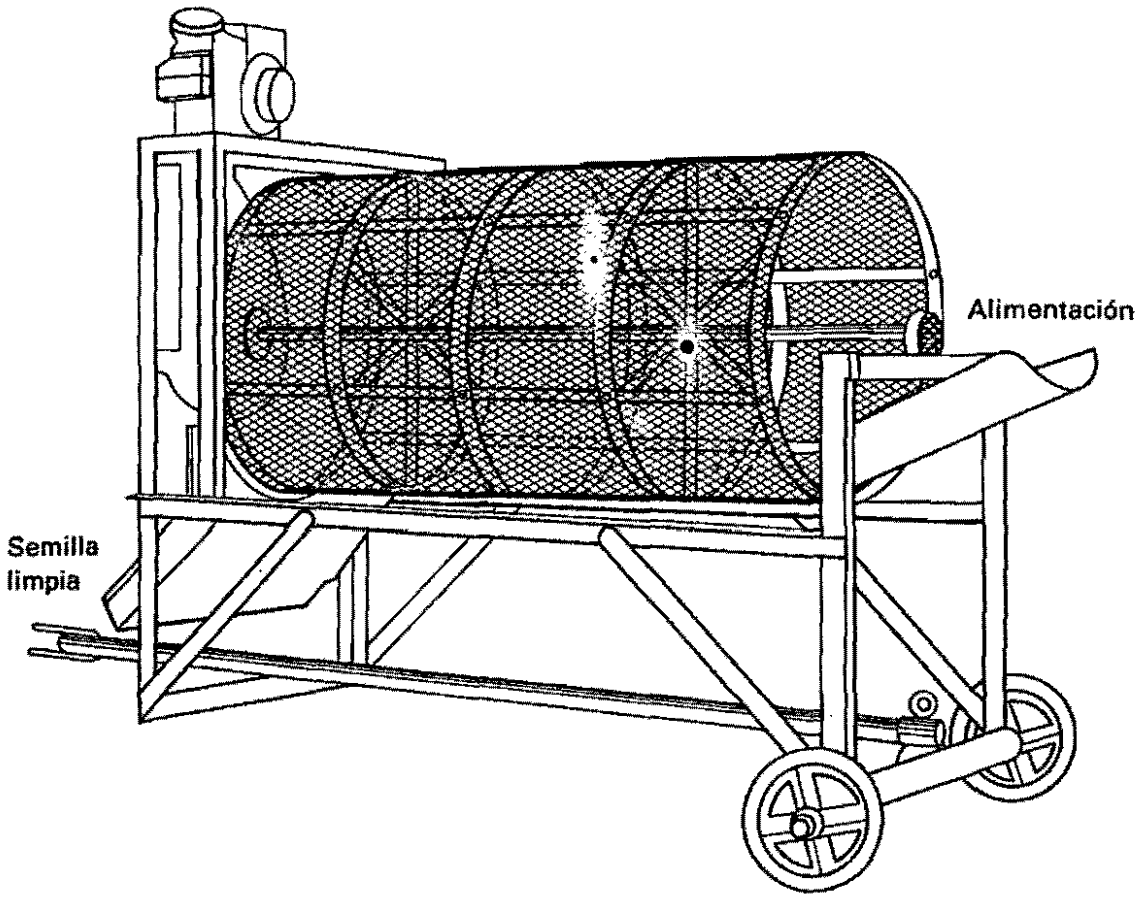


Figura 28. Prelimpiadora de zaranda cilíndrica horizontal.

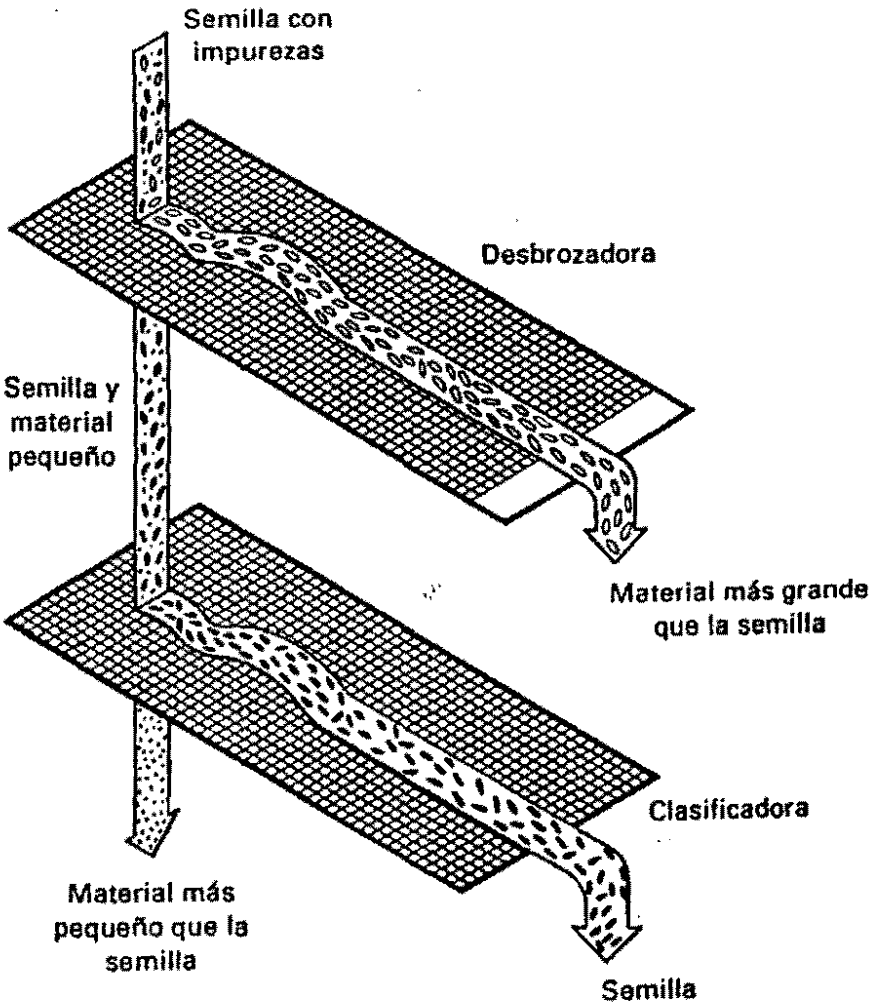


Figura 29. Funcionamiento de las zarandas desbrozadora y clasificadora.

Las prelimpiadoras con ventilador levantan materiales pequeños de poco peso y, sobre todo, eliminan el polvo.

4.2.2 Desbrozador-ventilador

Las prelimpiadoras conocidas como desbrozador, son de construcción compacta para facilitar su instalación. Las partes más importantes se ilustran en la Figura 30 y son: el "carrete" o cilindro, que al girar elimina los materiales más grandes que la semilla, y el ventilador que elimina materiales livianos y el polvo.

Una de sus características, es su gran capacidad de operación que va desde 5 hasta 50 ton/hora.

Las semillas fluyen en gran volumen por la tolva de alimentación, la cual las hace pasar sobre el carrete (construído en malla de alambre) que levanta los materiales más grandes que la semilla y permite pasar la semilla a través de ella. Posteriormente, un flujo de aire atraviesa la masa de las semillas para levantar polvo y materiales ligeros, eliminando gran parte de la basura en grandes volúmenes, sin más ajustes que la alimentación y el flujo del aire, lo cual se realiza fácilmente con la calibración de las compuertas respectivas.

4.2.3 Instalación de las prelimpiadoras

La instación de las prelimpiadoras puede hacerse de la siguiente manera: si es necesario secar las semillas, la prelimpiadora debe instalarse en el área de recepción; ésto evita maniobras y permite, principalmente, almacenar y secar las semillas sin gran parte de los materiales indeseables.

Una prelimpiadora puede instalarse antes de una MAZ en las situaciones en que las semillas no requieren secamiento después de ser recibidas, y también en el caso de las semillas que requieren de una operación especial, como el desgranado, deslintado, etc.

4.2.4 Operaciones especiales

En algunas especies es necesario realizar un prebeneficio para poder hacer el beneficio propiamente dicho, como en el caso del maíz que se recibe en mazorcas; o el algodón que requiere ser deslintado para obtener la semilla; o el maní, algunas leguminosas y zacates que deben descascararse; o la avena, cebada, algunas hortalizas y zacates, entre otras, que requieren

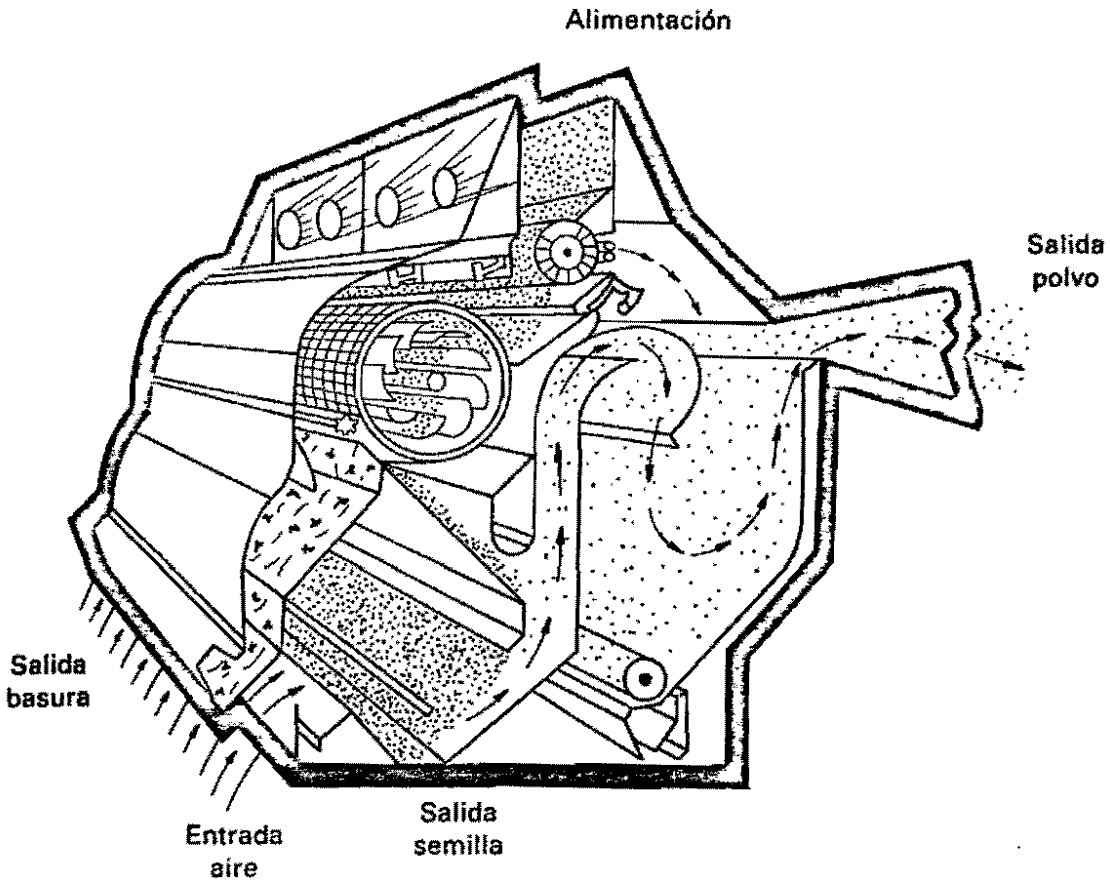


Figura 30. Diagrama de una máquina desbrozadora - ventiladora.

desbarbado. Para realizar estas operaciones se requiere de equipo específico diseñado para beneficiar las semillas.

4.2.4.1 Desgranadoras de maíz

Las máquinas desgranadoras se utilizan para desprender las semillas de maíz de la mazorca, operación que se puede realizar en la misma cosechadora; sin embargo, cuando se desea evitar el daño mecánico o no se cuenta con el equipo necesario, es muy recomendable en la producción de semilas de maíz cosechar en mazorca y dejar que la humedad del grano alcance 14-15% para luego desgranar las mazorcas con un mínimo de daño.

En la industria semillera se trabaja con dos tipos de desgranadoras, que se distinguen principalmente por la forma que tiene el molinete interior que desgrana: uno es de forma semicónica con dentadura de hierro colado y el otro es cilíndrico en forma recta con espigas de acero (Figura 31).

La operación de desgrane consiste en hacer pasar la mazorca por el molinete cilíndrico; los dientes aprisionan la mazorca contra la pared de la carcasa de la desgranadora y la semilla se desprende por acción de la fricción desarrollada en el interior. La semilla y la mazorca se separan después utilizando zarandas o, en algunos modelos, un flujo de aire producido por un ventilador integrado a la desgranadora levanta la mazorca.

La capacidad de una desgranadora para grano comercial varía de aproximadamente 20 a 40 ton/hora, pero para semillas estas máquinas deben ser calibradas para trabajar a menos revoluciones con el fin de evitar daños (reduciendo su velocidad a 400 rpm).

4.2.4.2 Desbarbadora

Hay especies que al cosecharlas no quedan bien trilladas, como es el caso de zacates y semillas pequeñas, o que presentan aristas, barbas o glumas que evitan una buena separación. Por consiguiente, es necesario completar la trilla de algunas semillas que aún permanecen en las vainas o remover las protuberancias mencionadas. Para ello se utiliza la desbarbadora. Las partes principales de la desbarbadora son los brazos martilladores rotativos y los estacionarios (Figura 32).

La operación consiste en alimentar la máquina por la tolva alimentadora; al girar los brazos, que tienen una inclinación de 15°, transportan las semillas a través de la máquina rompiendo las protuberancias, removiendo las cubiertas y trillando las espigas, según sea el caso.

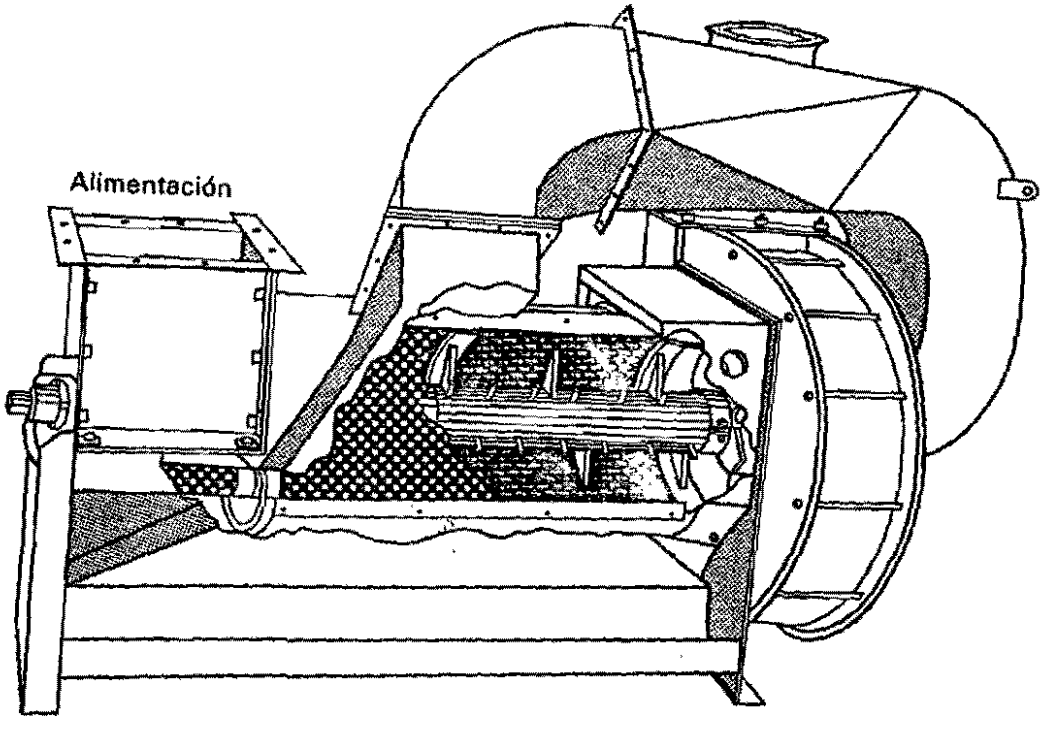
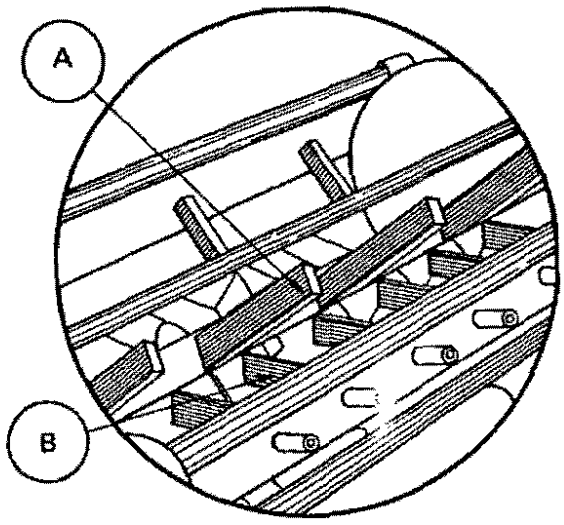


Figura 31. Desgranadora de maíz.



A: Martillos rotatorios
B: Martillos fijos

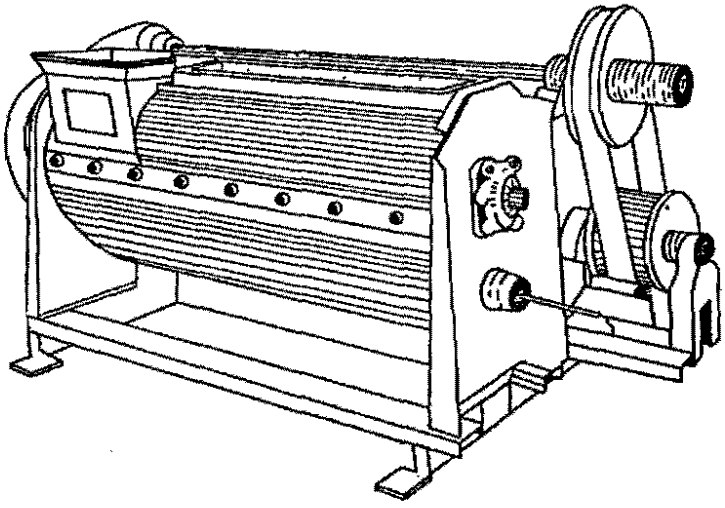


Figura 32. Diagrama de una máquina desbarbadora.

Una práctica muy utilizada en semillas es recubrir los brazos martilladores con una cubierta de hule para evitar daños. Esta máquina opera a grandes capacidades y requiere de una tolva alimentadora para que trabaje eficientemente. Algunas variedades de cebada, avena y pastos (ej., buffel) se desbarban para mejorar su fluidez y uniformidad durante el beneficio.

4.2.4.3 Descascaradora-escarificadora

El descascarado es una operación que se realiza para remover la cáscara (testa) que rodea la semilla y así mejorar sus características de siembra; el escarificado consiste en raspar la testa de la semilla para permitir la absorción de agua y acelerar su germinación.

Los siguientes son algunos ejemplos de semillas que pueden requerir descascarado o escarificación o ambos:

a- Descascarado: zacates bermuda, búfalo y bahía; lespedeza coreana, kote estriada.

b- Escarificado: alfalta y trébol.

c- Ambos: trébol hubam, lespedeza sericeo, capica.

Estas operaciones pueden realizarse por separado o en forma combinada; comunmente se fabrican máquinas que puedan hacer ambas operaciones (Figura 33). Estas máquinas no son de gran capacidad y generalmente se utilizan para semillas pequeñas y para investigaciones en el laboratorio.

4.2.4.4 Otras operaciones especiales

Existen otras operaciones que son muy específicas, haciendo hincapié que las máquinas para realizarlas son un tanto complejas en su operación o demasiado especializadas. Aquí únicamente se mencionarán:

a- Desborrador mecánico y químico para obtener semillas de algodón.

b- Cepilladores para desglumar sorgo de grano.

c- Acondicionadora de plantago para leguminosas forrajeras.

d- Descascaradora para maní.

e- Despulpadoras de hortalizas.

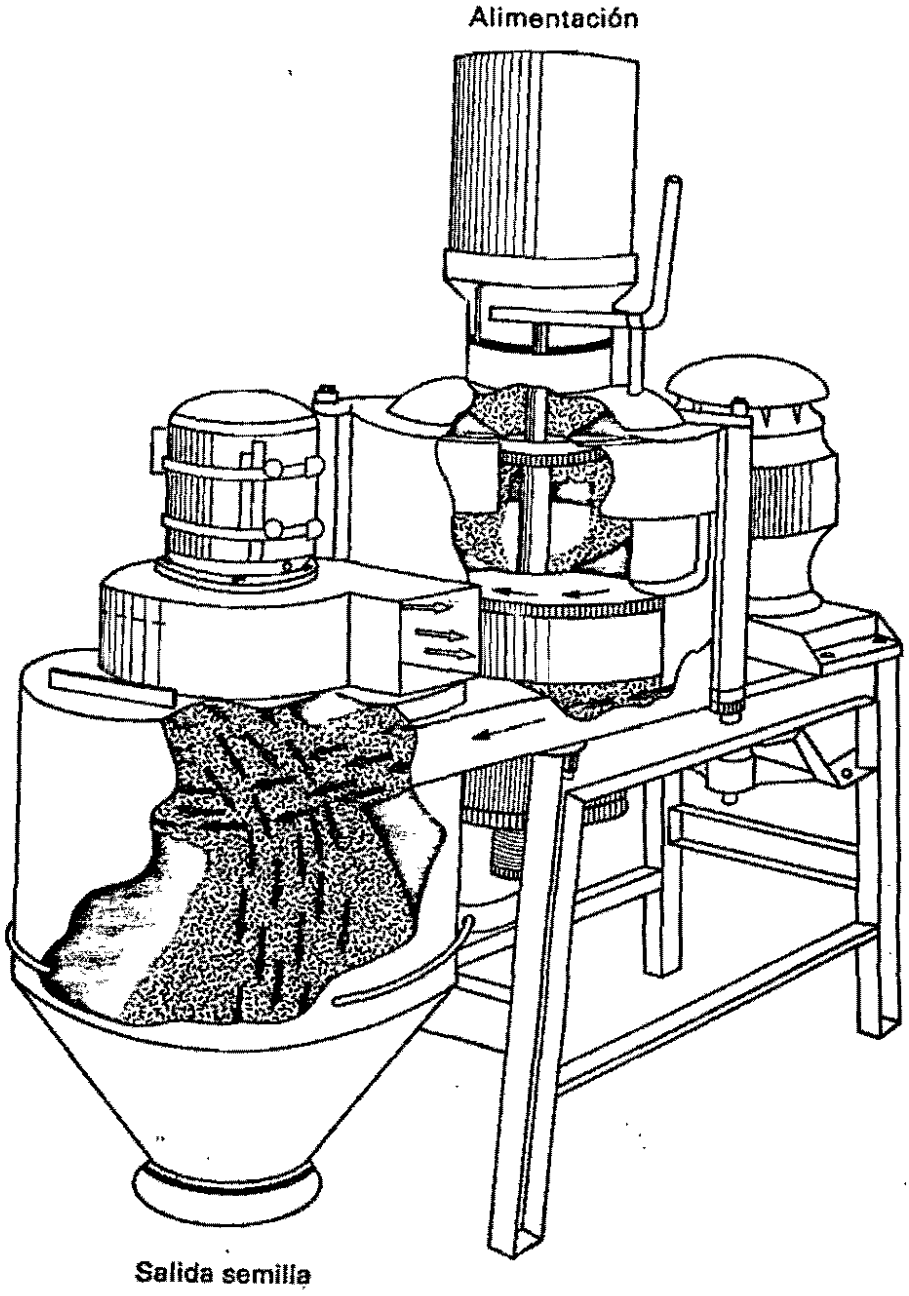


Figura 33. Máquina escarificadora - descascaradora.

4.3 Equipo Básico para Limpieza de Semillas

4.3.1 Máquina de aire y zarandas (MAZ)

La MAZ es muy especial en la industria semillera y se le reconoce como la máquina básica en la operación de limpieza, porque es indispensable en cualquier proceso de beneficio de semillas. Toda empresa semillera inicia sus actividades al menos con una MAZ, y poco después va completando el equipo.

La MAZ separa semillas y materiales indeseables por diferencias en su tamaño y peso, utilizando zarandas y ventiladores, respectivamente; es decir, el objetivo es eliminar todos los materiales más grandes, más pequeños y más ligeros que la semilla.

Si después de esta operación se obtiene una semilla uniforme y sin contaminantes, el proceso prácticamente termina con el envasado del producto, pero si no se logran buenos resultados, como cuando los contaminantes son del mismo tamaño que la semilla, se requiere hacer una separación más refinada, utilizando equipos que basen su separación en otras características físicas de los materiales.

Existe en el mercado un sinnúmero de MAZ que varían en tamaño y número de zarandas y ventiladores, características que, según el modelo, determinan su capacidad de operación (rango de 0.5 a 10 ton de semilla/hora) (Figuras 34 y 35).

La selección de la MAZ deberá hacerse en función de la capacidad de trabajo que se requiere y del tipo de semillas y las condiciones en que éstas se reciben; si las semillas vienen con demasiada basura y contaminantes, los modelos que permiten que las semillas hagan un recorrido largo sobre sus zarandas harán un menor trabajo; en cambio, cuando el lote de semillas fue previamente prelimpiado, los modelos de recorrido corto serán los más adecuados.

Siendo la máquina más importante en el beneficio de las semillas, es necesario que los operadores se familiaricen con el funcionamiento de las partes principales y, sobre todo, con los ajustes que se deben hacer para que trabaje eficientemente.

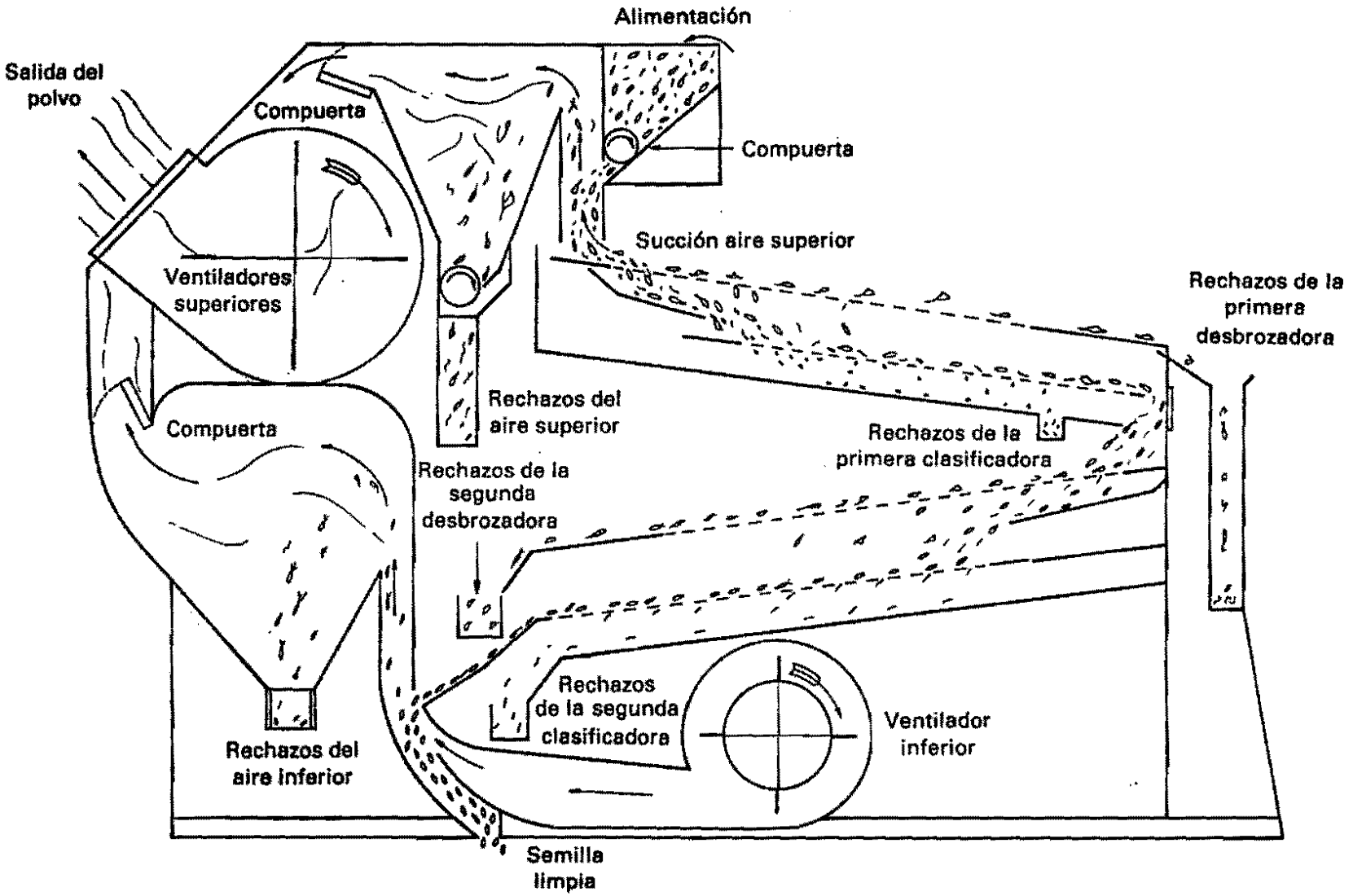


Figura 34. Diagrama de una máquina de aire y zarandas de cuatro zarandas y dos separaciones por aire.

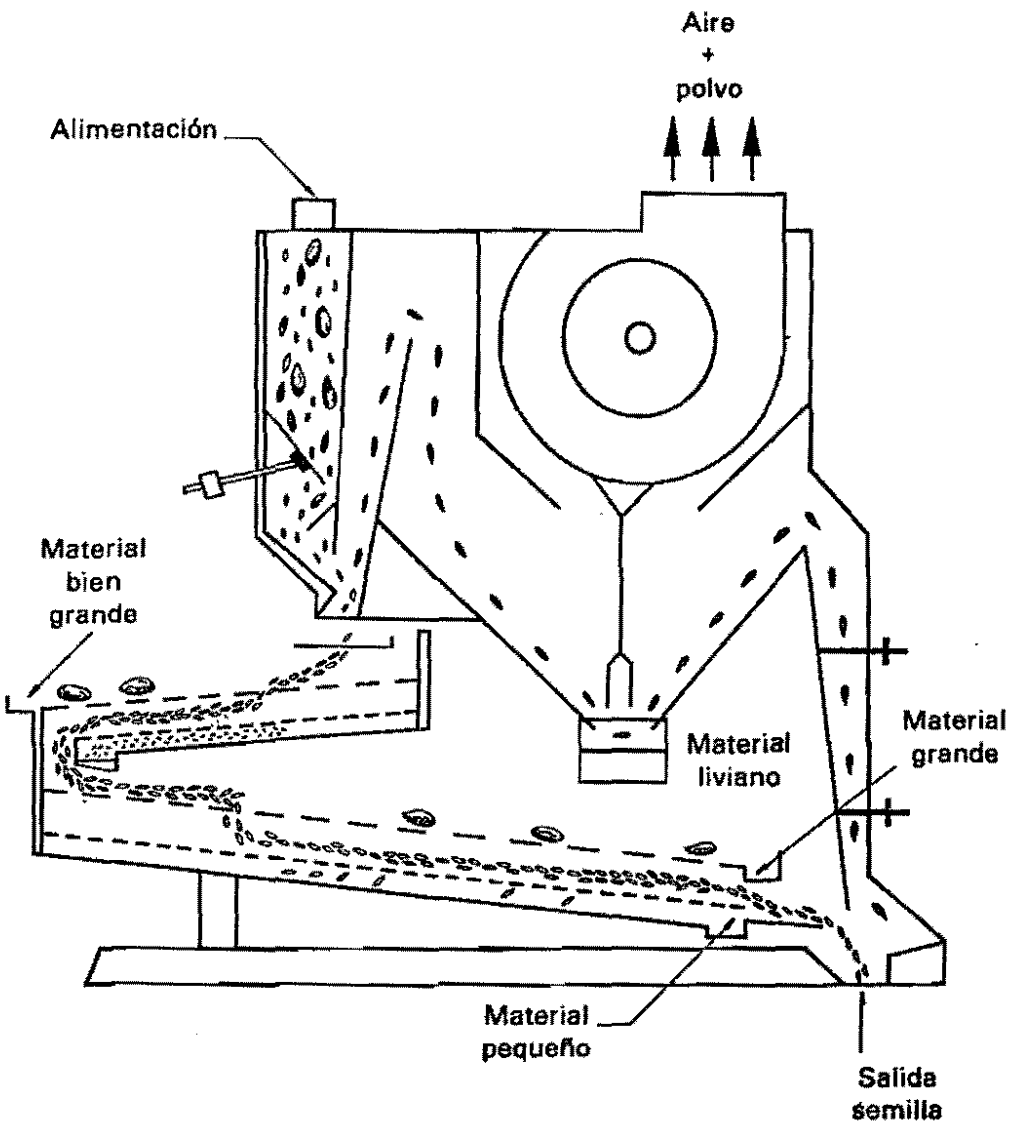


Figura 35. Diagrama de una máquina de aire y cuatro zarandas con dos separaciones por aire.

4.3.1 Tolva alimentadora

Esta parte es un depósito en forma de caja, localizada en la parte superior de la máquina (Figura 36), que permite que las semillas fluyan uniformemente sobre la primera zaranda.

El flujo de semillas puede ser regulado con la compuerta de la tolva con una manija o contrapeso, que funciona al accionarla circularmente y que abre o cierra la compuerta según se requiera.

Algunos modelos también tienen un rodillo alimentador en el interior de la tolva que ayuda a distribuir uniformemente las semillas a todo lo ancho de la primera zaranda.

4.3.1.2 Ventiladores

El propósito de los ventiladores en las MAZ es pasar una corriente de aire a través de la masa de las semillas para levantar los materiales más livianos. El aire succionado o insulflado levanta polvo, paja, pedazos de vainas, hojarasca y algunas semillas vanas, dañadas o quebradas.

La presión del aire se regula por la rotación del ventilador y por compuertas localizadas en el interior de los ductos de aire, siendo un indicador del punto de ajuste de la corriente del aire, el que se levante al menos una semilla buena.

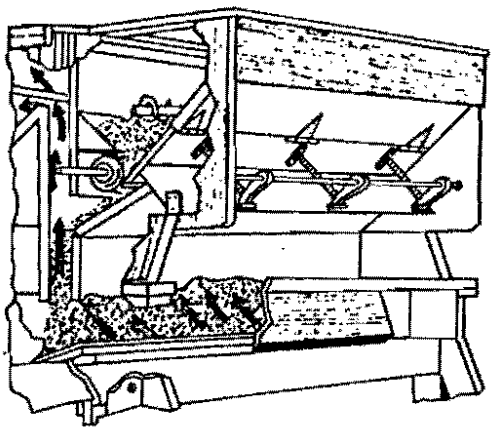
La MAZ tienen uno, dos y hasta tres ventiladores, dependiendo del modelo seleccionado; los de alta capacidad generalmente tienen tres ventiladores.

En el caso de los modelos con dos y tres ventiladores, la corriente de aire se hace pasar por la parte inferior de la tolva alimentadora y se le conoce como "aire superior" y otra de las corrientes pasa por debajo de la zaranda final y se le conoce como "aire inferior" (Figura 37).

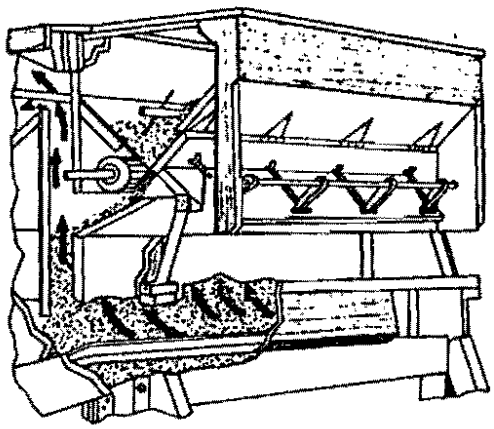
La MAZ de un solo ventilador generalmente se usa en la prelimpieza.

4.3.1.3 Zapatas y excéntricos

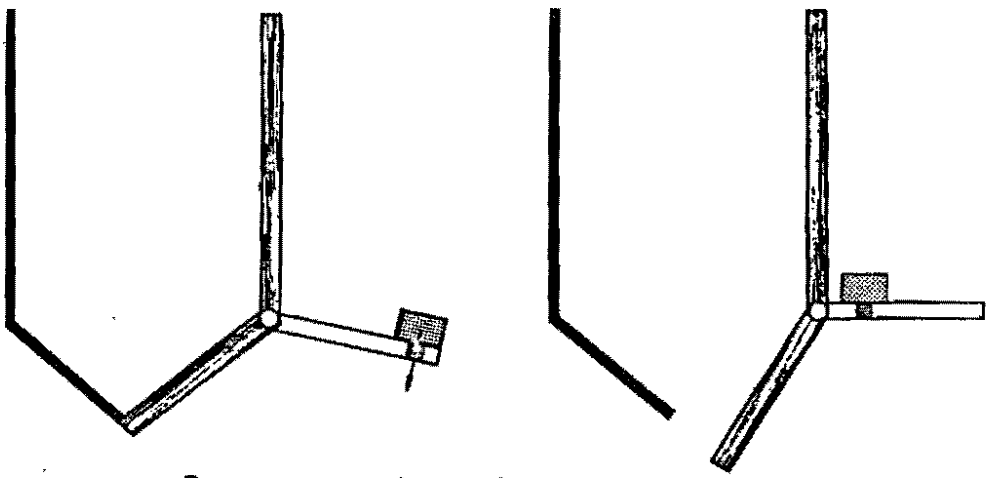
La sección vibradora en la que se colocan las zarandas se llaman zapatas; estas tienen una ligera inclinación hacia adelante de aproximadamente 10°, que permite a las semillas ir fluyendo bajo la acción de la vibración a través de las zarandas.



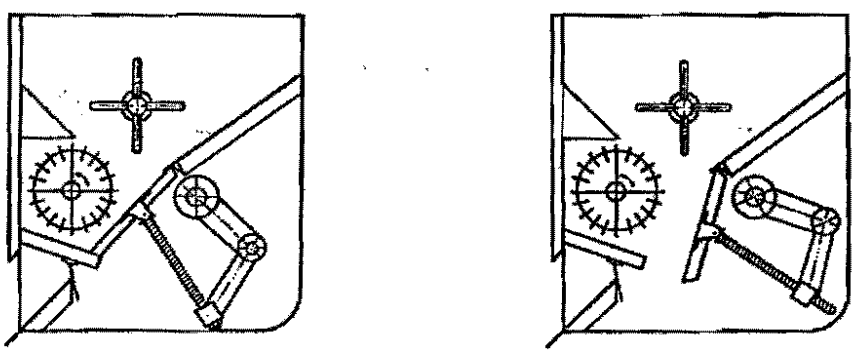
Tolva con rodillo y tornillo sin fin



Tolva con rodillo y tornillo con tenedor



Compuerta con sistema de contrapeso



Compuerta con sistema de tornillo

Figura 36. Tipos de tolvas de alimentación.

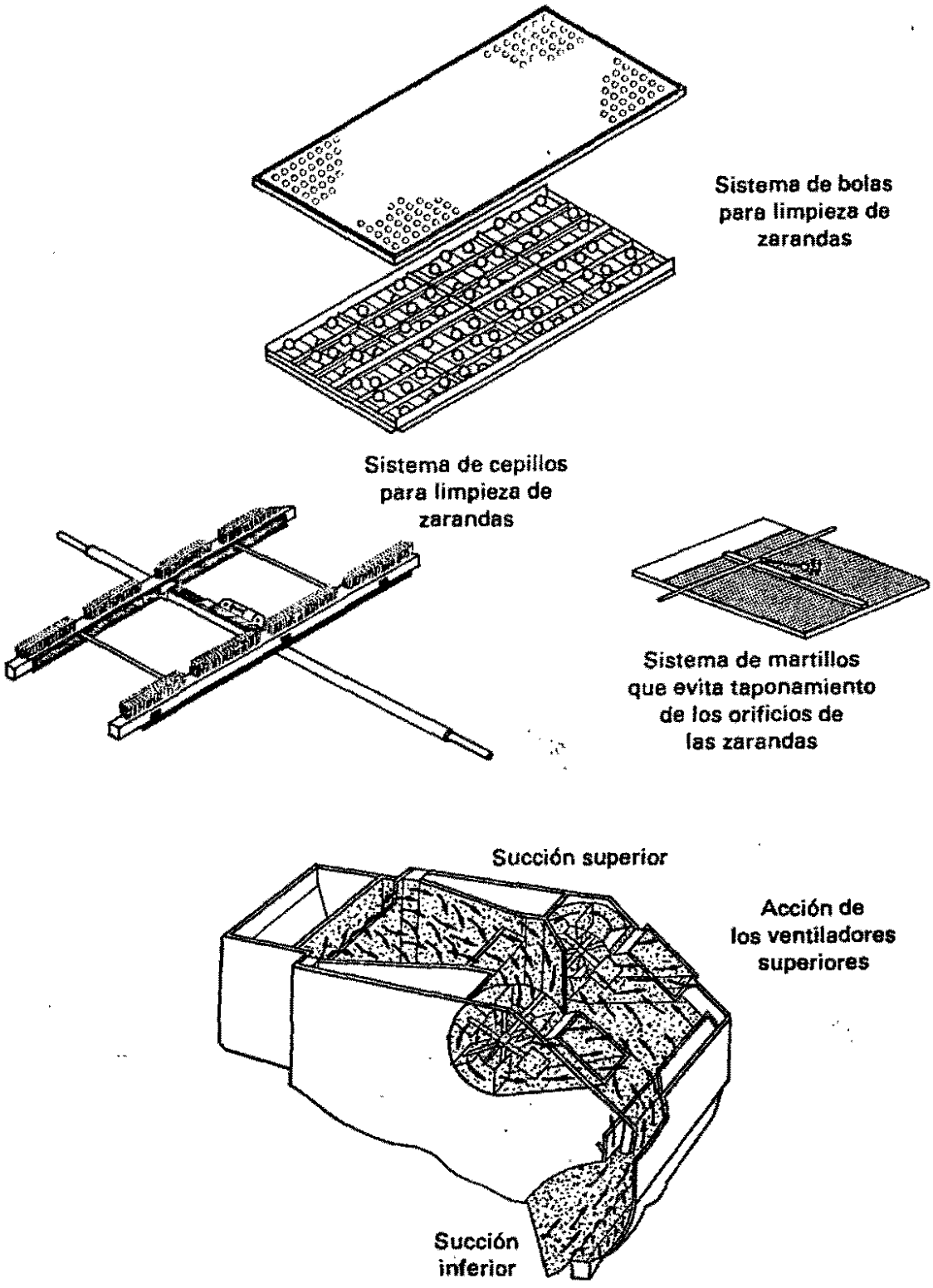


Figura 37. Detalles de la máquina de aire y zarandas.

En algunos modelos esta inclinación puede ajustarse según el cultivo de que se trate y requerir menor o mayor inclinación dependiendo de la fluidez de las semillas; la zaranda inferior usualmente necesita estar más plana para que la semilla no fluya muy rápidamente y pueda lograrse una mejor separación de los materiales más pequeños.

El excéntrico es un cojinete fuera de centro que proporciona la acción vibradora a las zapatas. Esta acción determina la calidad de la fabricación de las MAZ; si la acción de vaivén no está bien balanceada, la vida útil de la limpiadora será muy corta.

En algunas MAZ la vibración puede ser regulada para que las semillas salten rápidamente en las zarandas y rueden sobre sus lados en las aberturas de la zaranda y se acomoden mejor.

La vibración debe de ser suficiente para que las semillas alcancen a viajar sobre toda la zaranda.

4.3.1.4 Desatoradores de semillas

Algunas MAZ utilizan cepillos (Figura 37) con cerdas sintéticas que se mueven a todo lo ancho por la parte inferior de las zarandas, para desatorar materiales que se atoran en las aberturas, operación que, de no realizarse, haría inútil e ineficientes la limpieza. Los cepillos han probado ser eficientes en realizar esta operación, pero tiene desventajas: exigen mayor supervisión por parte de los operadores de la MAZ, quienes deben vigilar el desgaste de las cerdas, remplazar los cepillos cuando sea necesario y no olvidar subir los cepillos cuando se cambia de zaranda, puesto que la limpieza en ese caso sería inútil.

En otras MAZ esta operación se realiza con un sistema diferente a los cepillos; se utilizan pelotas de gaucho o hule en la parte inferior de las zarandas, las cuales, por la acción vibratoria, empiezan a rebotar desatorando las semillas (Figuras 37). Estas pelotitas sintéticas tienen 3 cm de diámetro, una vida útil larga y no requieren supervisión.

Algunas MAZ también utilizan martillo para ayudar a los cepillos a limpiar las zarandas (Figura 37).

4.3.1.5 Zarandas

Las zarandas son láminas metálicas con perforaciones de varias formas. La zaranda que separa los materiales más grandes que la semilla, se conoce

como "zaranda desbrozadora o superior" y la zaranda en la que los materiales más pequeños que la semilla la atraviesan, se conoce como "zaranda clasificadora o inferior".

El número de zarandas en una MAZ depende su uso y posición, siendo el arreglo más típico el de cuatro zarandas (Figura 34 y 35). El arreglo de cuatro zarandas es el más utilizado porque permite una limpieza más refinada al hacer que la semilla recorra un camino más largo y además porque permite trabajar a mayor capacidad.

Las zarandas pueden tener perforaciones redondas, oblongas y triangulares (Figura 38); las redondas y oblongas son las más comúnmente utilizadas. También existen zarandas de malla de alambre y tienen aberturas rectangulares o cuadradas. Las zarandas se identifican por un número que indica el tamaño y la forma de la perforación.

A continuación se describen las formas de medición de los diferentes tipos de zarandas:

a- Zarandas con perforaciones redondas. Se identifican según el diámetro de las perforaciones; en los EE.UU. la unidad de medida se da en fracciones de 1/64 de pulgada: 5.5/64, 6/64..... 80/64, y se identifican como zarandas número 5.5, 6,.....80, entendiendo que se trata de 1/64 de pulgada. Para perforaciones menores, se da en fracciones de pulgada: 1/12, 1/13....1/25. En los países con sistema métrico el diámetro se expresa en milímetros, siendo más fácil su identificación: 1, 2, 3 ,4, 5.5, ...20 mm.

b- Zarandas con perforaciones oblongas. En este caso se identifican por la anchura y longitud de las perforaciones. La anchura, al igual que en las redondas, se designa en 1/64 de pulgada y la longitud en 1/4, 1/2, 3/4 y 1 pulgada, respectivamente. En el sistema métrico se designan por sus equivalentes en milímetros. El eje largo de las perforaciones generalmente va en forma paralela al flujo de semillas.

c- Zarandas triangulares. Se identifican por el diámetro del círculo dentro del triángulo o por el lado del triángulo equilatero, en pulgadas; para no confundirlas con las redondas se indica de la siguiente manera: 7 tri, 8 tri, 9 tri, etc.; en el sistema métrico se indica su equivalente en milímetros.

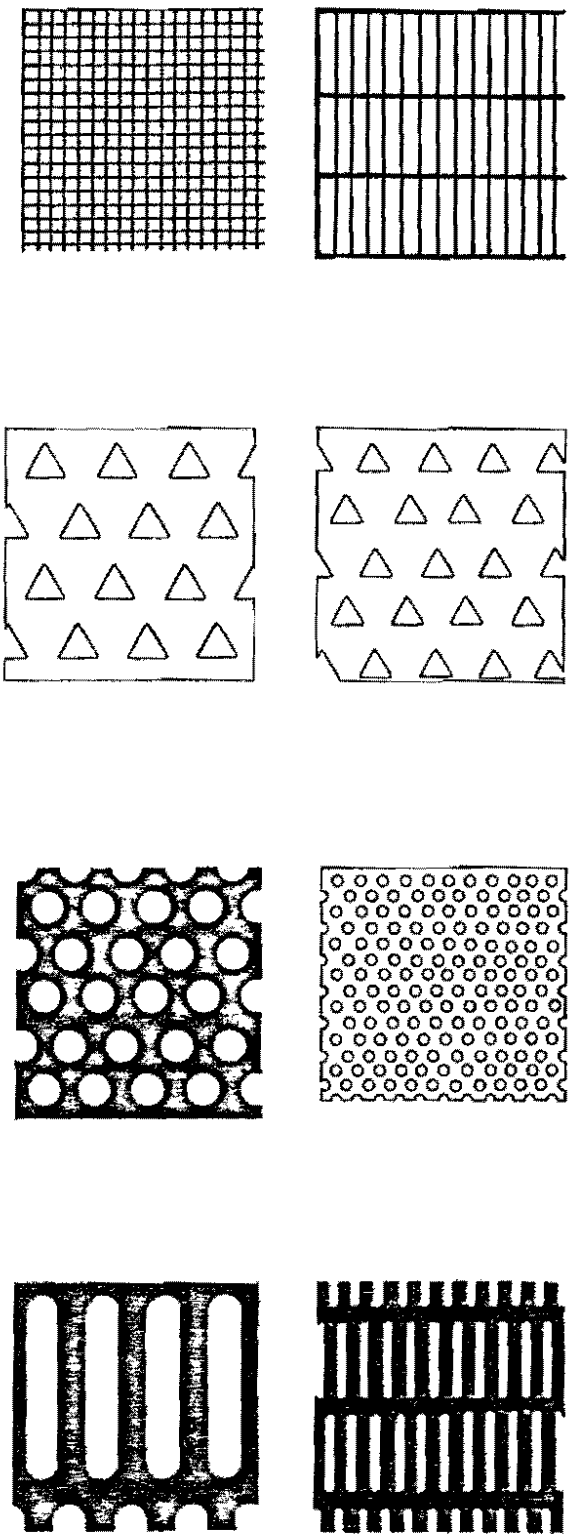


Figura 38. Diferentes tipos de zarandas.

d- Malla de alambre. Además de las zarandas de orificios redondos, oblongos y triangulares, también existen zarandas de malla de alambre. Estas zarandas tiene casi el doble de área abierta (número de orificios) y, por su construcción, facilitan la penetración de la semilla o de los contaminantes que se desean separar.

Ya sea que la zaranda tenga orificios cuadrados o rectangulares, se identifican con base en su número de orificios por pulgada en cada uno de las dos direcciones. Así, una zaranda de 4 x 10 tendrá cuatro orificios en cada pulgada en una dirección y 10 orificios en cada pulgada en la otra dirección. Para conocer las dimensiones de cada orificio es necesario saber el calibre o espesor del alambre del cual está costruída la malla.

Por ejemplo, en una zaranda 8 x 8 construída con alambre calibre 24 (0.6 mm de diámetro), el área abierta será igual a 25.4 mm-(8 x 0.6) mm = 20.6 mm. Como en cada pulgada existen 8 aberturas, cada abertura tendrá una dimensión igual a 20.6/8 = 2.58 mm. La dimensión que determinaría el paso o no del material será la diagonal de los cuadrados o rectángulos de la malla. Para este caso, el valor de la abertura será $\sqrt{2.58^2 + 2.58^2} = 3.64$ mm, o sea que toda partícula que tenga una anchura inferior a 3.64 mm pasará a través de la zaranda.

También existen zarandas que pueden utilizar cualquiera de los tipos de perforaciones ya descritas pero, en lugar de ser planas, presentan ondulaciones normales a la dirección del flujo de las semillas (Figura 39). Este tipo de zarandas se utiliza para separaciones especiales, como el caso de arroz rojo y arroz descascarado.

4.3.1.7 Selección de las zarandas

Para seleccionar la forma y el tamaño de las zarandas es conveniente que se cuente con una serie de zarandas de laboratorio que pueden ser probadas manualmente. Esta prueba podrá indicar el número y la forma de zaranda con la cual se deberá iniciar la limpieza y posteriormente el operador podrá ajustar el número de zaranda con una prueba en la limpiadora. Sin embargo, en la Tabla 4 se presenta una lista de zarandas de referencia para limpiar algunos cultivos.

Cuando se limpia semilla de forma redonda, es conveniente seleccionar una zaranda superior redonda con perforaciones ligeramente más grandes que la semilla, para que las impurezas de mayor tamaño no la atraviesen; y la

zaranda inferior sería de forma oblonga y de menor tamaño que la semilla, para eliminar materiales más pequeños que la semilla.

Cuando las semillas son alargadas es más conveniente usar zarandas oblongas, siendo la superior ligeramente mayor en anchura y longitud que la semilla para que pueda utilizar la zaranda y quedan las impurezas mayores para que sigan por encima de ella. La zaranda inferior debe ser de perforaciones oblongas y de menor tamaño que la semilla para que los materiales más pequeños la atraviesen.

4.3.1.8 **Funcionamiento**

El principio de operación de una MAZ se puede describir con base en el modelo de cuatro zarandas. En el corte seccional ilustrado en las Figuras 34 y 35 se puede seguir la secuencia de operación. Se inicia al alimentar la tolva de manera que el aire "superior" remueva el material indeseable muy liviano, mientras la semilla pasa a la primera zaranda. Aquí los materiales más grandes que la semilla no logran pasar quedando separadas en la parte superior de la zaranda.

La semilla atraviesa la primera zaranda, pero al caer a la segunda no la atraviesa; en cambio, los materiales más pequeños que la semilla sí la atraviesan.

La secuencia se repite y la semilla se deposita en la tercera zaranda para separar materiales un poco más grandes que la semilla; la semilla cae a la cuarta zaranda en la que el tamaño se ajusta para dejar pasar materiales que no fueron separados anteriormente y que son un poco menores que la semilla. Finalmente el lote de semilla de tamaño uniforme pasa por la corriente del aire "inferior", el cual levanta las semillas vanas o semienteras y el material liviano que no fue levantado por el aire "superior".

De las cuatro zarandas utilizadas, la de perforaciones mayores es la primera y la de perforaciones menores es la segunda, pues es en este sitio donde se separa el material más pequeño de todos.

Si después de limpiar un lote de semillas aún contiene materiales no deseados, se requiere selección en otro equipo más específico para realizar la separación que no fue posible hacer en la MAZ.

4.3.1.9 Procedimiento de operación

A continuación se sugieren los pasos que se deben de seguir para que un operador puedea manejar sin problemas una MAZ.

a- Limpiar completamente la máquina antes de iniciar cualquier prueba.

b- Seleccionar las zarandas para el cultivo que se va a limpiar.

c- Ajustar los cepillos firmemente o las pelotas de caucho.

d- Cierre las compuertas de la tolva alimentadora y de los ventiladores.

e- Llene la tolva con semilla.

f- Encienda la máquina.

g- Regule la vibración (si es posible).

h- Abra la compuerta de la tolva para que fluya un poco de semilla.

i- Aumente la vibración.

j- Abra la compuerta del aire superior hasta que los materiales livianos sean levantados.

k- Abra la compuerta del aire inferior hasta que la semilla vana y material ligero sean levantados.

l- Reajuste los pasos g, h, i, j, k, l para lograr la máxima capacidad y eficiencia de operación de la máquina.

4.4 Separadora de Precisión

Para realizarla eficientemente, la siembra mecánica exije semilla bien clasificada en tamaño. Un caso típico es el de semillas de maíz; una mazorca tiene semillas grandes, planas, redondas, pequeñas y largas, las cuales requieren ser clasificadas para una siembra adecuada. La separadora con zaranda cilíndrica permite clasificar las semillas con base en su anchura o espesor.

4.4.1 Partes principales

La parte más importante de esta máquina es una zaranda metálica cilíndrica horizontal que normalmente gira a 65 rpm (Figura 40), con perforaciones que tienen una depresión en el interior de las identaciones para que la semilla quede alineada.

Para desatorar las semillas de las perforaciones, la máquina tiene un rodillo de hule que está montado sobre la zaranda cilíndrica y que al girar va presionando a las semillas atoradas para que caigan otra vez al interior de la zaranda.

Existen varias zarandas cilíndricas con perforaciones redondas y oblongas de fabricación especial.

a- Perforaciones oblongas con bordes acanalados, i.e. para separar maíces redondos de planos.

b- Perforaciones oblongas en cilindros de alambre, i.e. para maíces comerciales, maní.

c- Perforaciones redondas con depresiones en su interior, i.e. para separar maíz de semilla grande, mediana y pequeña, frijol.

d- Perforaciones redondas con varillas a lo largo del cilindro para que la semilla de vueltas y alinie sus dimensiones con las perforaciones (ésto en el caso de perforaciones menores de 4 mm).

En la parte inferior de la máquina se cuenta con un transportador vibratorio cuya función es la de recolectar todas las semillas que atraviesan las perforaciones, transportarlas y descargarlas en un extremo de la máquina.

4.4.2 Funcionamiento

El principio de operación de esta separadora es simple. Las semillas se alimentan por un extremo y hacia el interior de la zaranda. Al girar ésta, las semillas se acomodan para alinear sus dimensiones en las perforaciones redondas u oblongas; las que atraviesan las perforaciones se recolectan en el vibrador inferior y se transportan y descargan en un extremo de la máquina. Las semillas que permanecen en el interior siguen su viaje hacia el otro extremo.

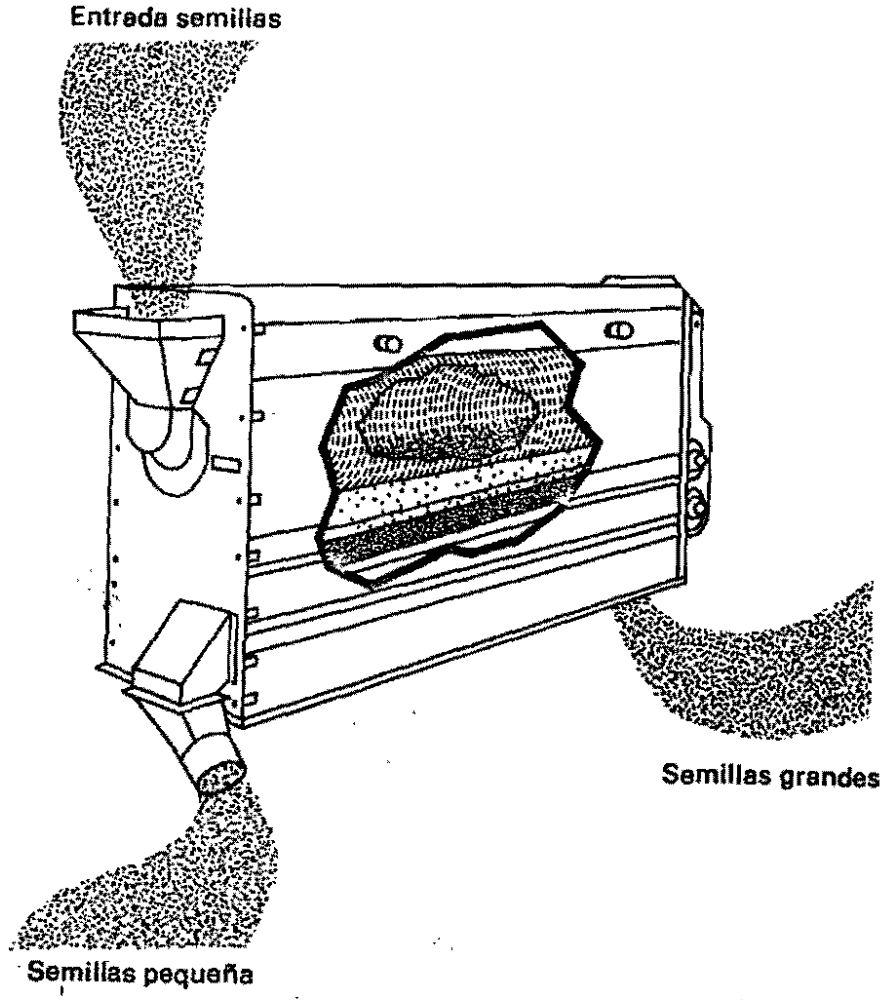


Figura 40. Separador de precisión.

4.4.3 Usos

Las separadoras de precisión se fabrican en varios tamaños, que van desde una a seis zarandas cilíndricas en un mismo cuerpo para tener una capacidad determinada; el uso más común es en la separación de semillas de maíz de diversos tamaños, para lo cual comúnmente se instala sobre otra para lograr un flujo continuo. En la Figura 41 se ilustra la manera como se clasifica el maíz en diversos tamaños utilizando varias separadoras.

4.5 Separadora por Longitud

Algunas veces las semillas poseen la misma anchura y espesor que los materiales no deseados, y no pueden ser separados con zarandas quedando la posibilidad de hacer una separación por la diferencia en longitud. La separadora de discos y la separadora de cilindros dentados hacen esta separación.

4.5.1 Separador de discos

Este separador consta de una serie de discos con cavidades en sus caras y que giran juntos en un eje horizontal. Los discos presentan cavidades que pueden tener diferente forma y tamaño. También se pueden combinar varias máquinas para obtener un flujo continuo y que las semillas puedan quedar expuestas a un sinnúmero de discos con cavidades de diferente tamaño para lograr mayor precisión y flexibilidad en el proceso de separar semillas por su diferencia en longitud (Figura 42).

4.5.1.1 Partes principales

Los discos se fabrican en tres formas para resolver separaciones específicas (Figura 43). El tamaño de la cavidad se indica según su anchura en milímetros; la profundidad es aproximadamente la mitad de la anchura.

Las formas de los alvéolos pueden ser:

a- Cavidad en V. Este disco fue diseñado para remover semilla de vicia redonda del trigo. El borde superior es recto y el borde inferior es redondo.

b- Cavidad en R. La cavidad de este tipo se utiliza para separar semilla entera de arroz de los granos quebrados por mitad; la parte superior es redonda y el borde inferior es recto.

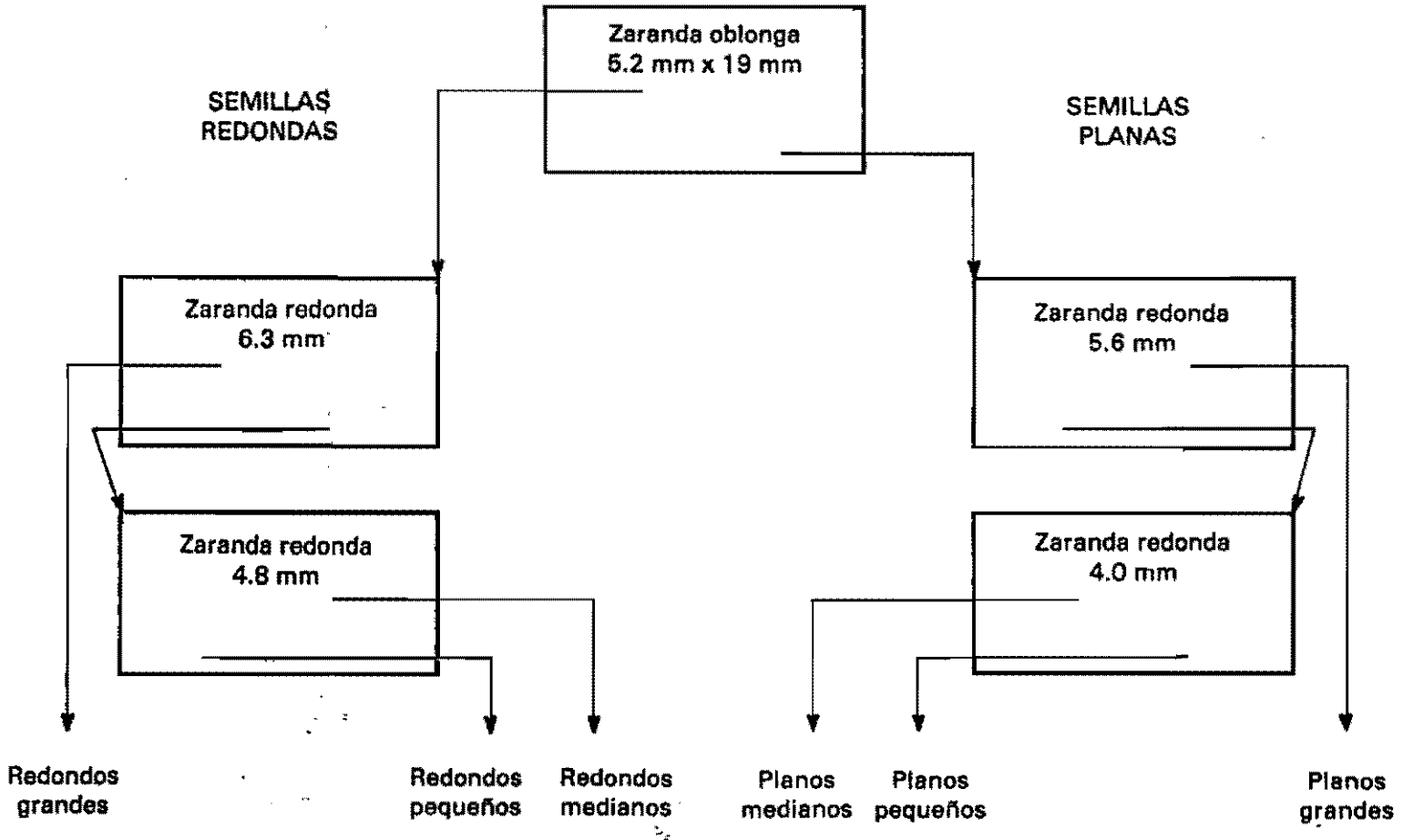


Figura 41. Clasificación de semilla de maíz por anchura y espesor utilizando separadores de precisión.

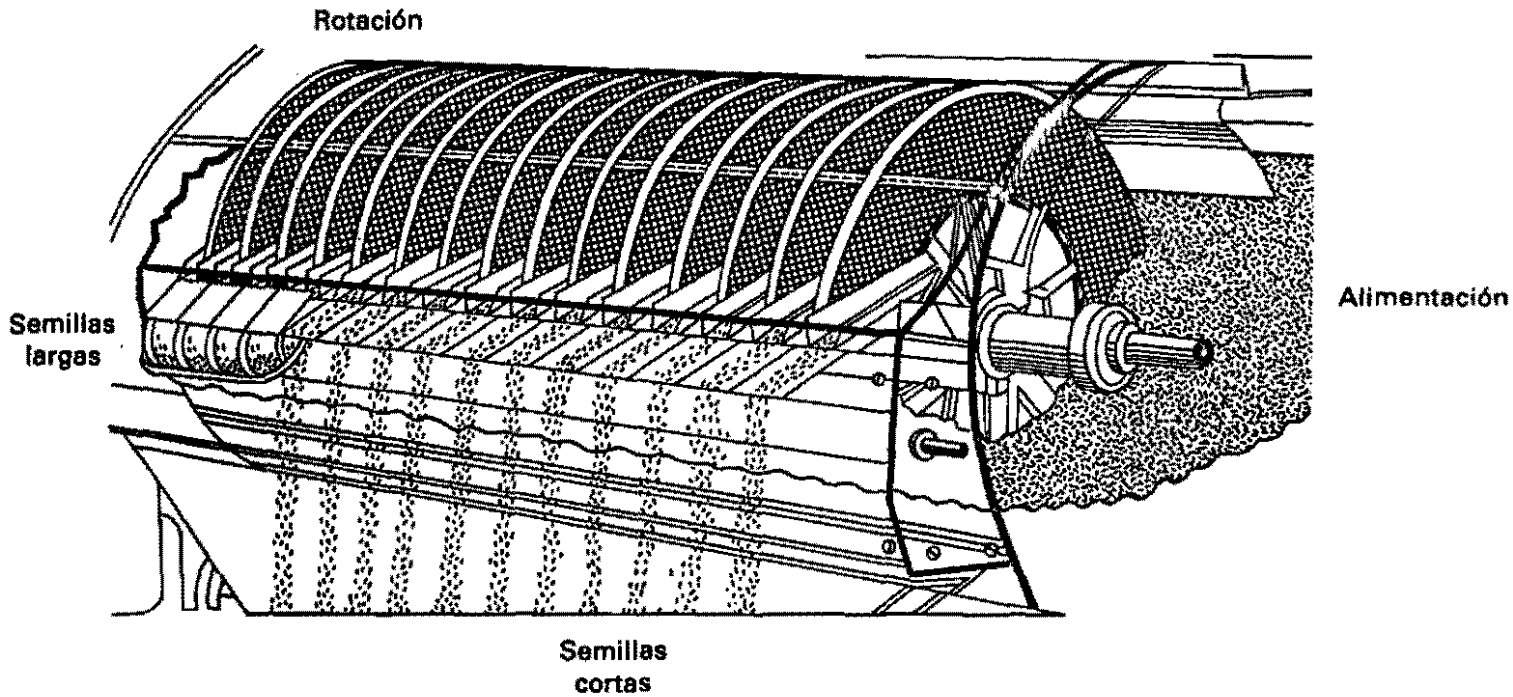


Figura 42. Diagrama de una máquina separadora de discos alveolados.

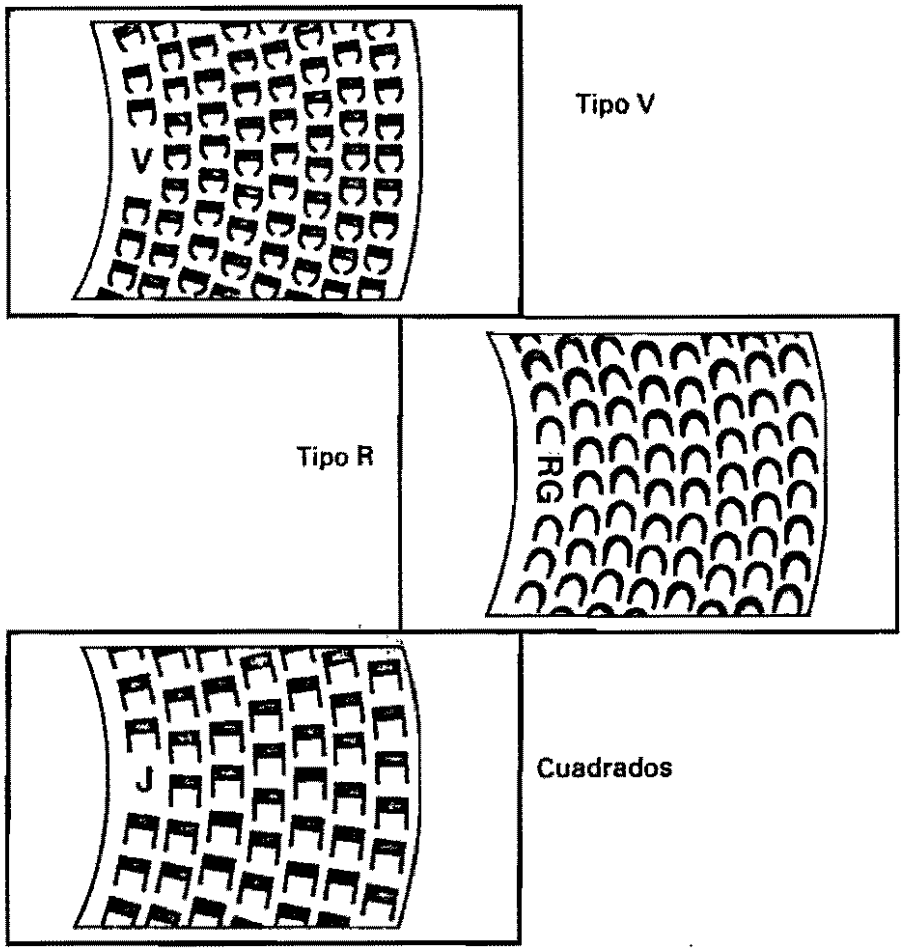


Figura 43. Tipos de alvéolos.

c- Cavidad cuadrada. Este tipo de disco fue diseñado con cavidades de bordes rectos y su tamaño se indica alfabéticamente por las letras A, B, C, etc., excepto la V y R; no tienen designación numérica y se utilizan para separar del lote de semillas, los tallos y la paja.

Los tipos de cavidades en V y R se fabrican en tamaños pequeños que van de 2.5 a 6.0 mm; se identifican anteponiendo la letra V o R al número correspondiente; i.e. V6 se trata de un disco en V de 6 mm.

4.5.1.2 **Funcionamiento**

Las semillas se alimentan por la tolva que está en un extremo del equipo. Al pasar la masa de semillas, los discos entran en contacto con todos los materiales; al girar los discos, levantan los materiales del tamaño de la cavidad y los descargan a un lado por la fuerza centrífuga. De esta manera, las semillas más largas no caben en la cavidad y no tienen oportunidad de ser levantadas, siendo transportadas al extremo opuesto de la máquina, operación que realizan las cuchillas transportadoras que están en los mismos discos (Figura 44).

4.5.1.3 **Usos**

Por lo general, la cavidad del disco seleccionado debe ajustarse lo más cerca posible a la forma del material que se quiere levantar, lo cual permite que la separación sea más precisa. El arreglo de los discos en una máquina generalmente se hace en selecciones de discos con el mismo tamaño de cavidades, iniciando por los más pequeños y aumentando progresivamente los tamaños, de tal manera que los materiales cortos tienen más oportunidad de ser levantados.

Esta máquina se utiliza en semillas de la gran mayoría de cultivos que estén mezcladas con semillas de hierbas comunes (Tabla 5). Entre los usos más comunes están la separación de trigo de la avena fatua, el arroz del pasto Johnson y de mitades de arroz.

4.5.2 **Separador de cilindro indentado**

Este separador se ha diseñado para separar materiales largos de materiales cortos. En principio, realiza el mismo trabajo que el separador de discos, pero en algunos casos, como en maíz, el separador de discos no trabaja bien debido a que el grano de maíz tiende a alojarse en las cavidades.

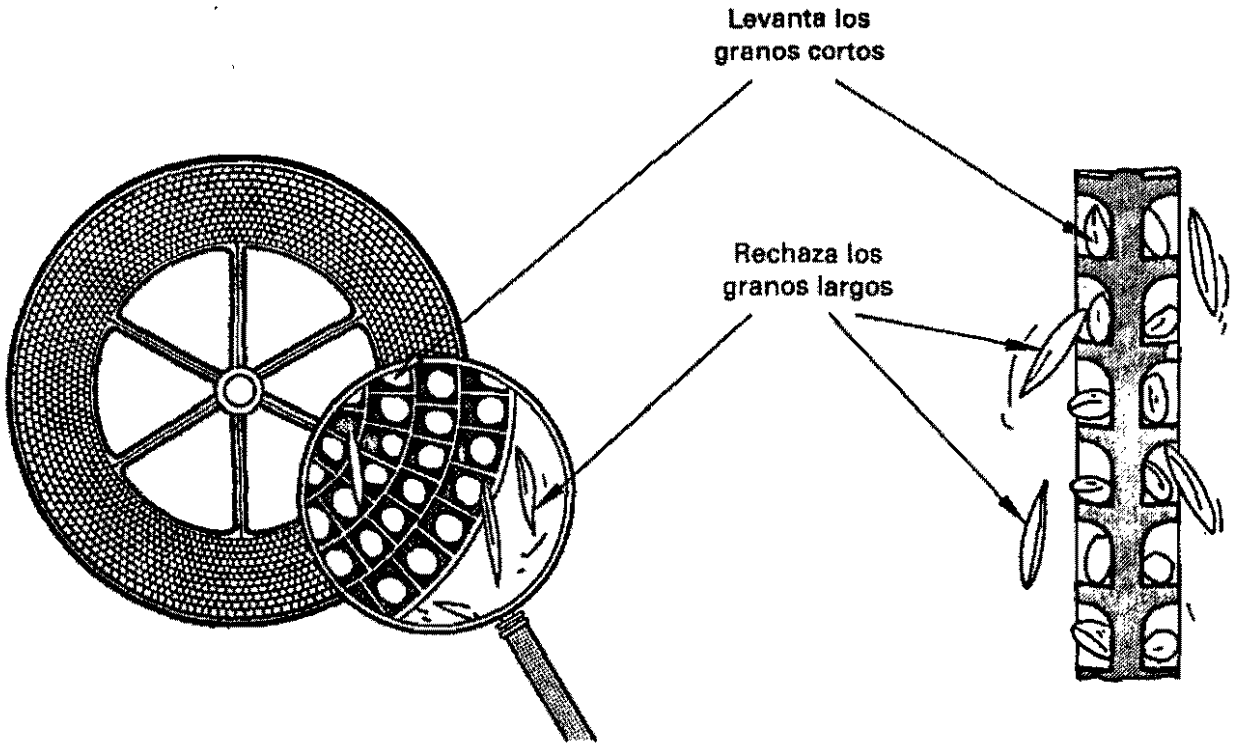


Figura 44. Disco alveolado utilizado en la separación por longitud.

Tabla No. 5 Separaciones más comúnes con discos alveolados

Tipo de alvéolo	Levantará	Rechazará
V3 ½ V3 3/4	Alfalfa, trébol hubram, Echinochloa crusgalii.	Agropyron repens linaza
AE-AD	Cacahuate.	Varas, tallos.
B	Cebada	Avena, avena silvestre, varas.
RR-SS DD	Cebada despuntada, avena	Varas, tallos.
V5 3/4 V6 ½	Linaza, Githago spp. extra grande, veza, trigo pequeño, Polygonum convolvulus	Grama del norte sin descascarar, avena descalificada, trigo, cebada, avena, centeno.
V4 ½	Polygonum convolvulus, Githago spp. grande, veza, granos partidos.	Trigo, avena, cebada, centeno.
K L	Polygonum convolvulus grande, trigo partido, cebada partida.	Trigo, cebada, avena descalificada, centeno.
R4 ½ R5	Semillas pequeñas, granos partidos, Polygonum convolvulus, zacate azul plantago.	Trigo, cebada, avena, descalificada centeno, zacate alta fescue, zacate bromo.
V2 ½	Tréboles	Plantago lanceolata.
M AC EE	Trigo pequeño o partido, cebada partida o desnuda, zacate fescue	Trigo, cebada, avena

El separador de cilindro dentado está conformado por un cilindro rotatorio horizontal que tiene un recipiente receptor en su interior. Las paredes interiores del cilindro tienen miles de pequeños alvéolos (cavidades) hemisféricos espaciados uniformemente y del mismo tamaño.

4.5.2.1 Partes principales

El cilindro dentado forma la parte más importante de este separador; sus alvéolos son de un mismo tamaño y el cilindro puede ser cambiado por uno con alvéolos diferentes. Algunos separadores se fabrican con dos cilindros diferentes para aumentar su capacidad y precisión de separación. El tamaño de los alvéolos se basa en el diámetro medido en la parte superior del alvéolo y se identifica en 1/64 de pulgada, con se explicó en las zarandas; de igual manera, en el sistema métrico se identifican en milímetros.

4.5.2.2 Funcionamiento

El principio de operación se inicia al alimentar la máquina por un extremo, formándose una masa de semillas de aproximadamente 6 cm de espesor; al rotar el cilindro, las semillas o materiales cortos tendrán oportunidad de acomodarse en los alvéolos. En un momento dado, la rotación del cilindro invierte los alvéolos, de tal manera que las semillas caen por gravedad en el recipiente receptor que está a todo lo largo del cilindro. Este recipiente tiene un transportador helicoidal que mueve la semilla hacia la descarga situada en el extremo de la máquina (Figura 45). La semilla larga que no fue levantada se mueve gradualmente hacia la descarga respectiva. Para ser levantado, el material tiene que entrar en el alvéolo con por lo menos 5/8 de su longitud.

4.5.2.3 Ajustes

Los ajustes en este separador determinan su eficiencia de operación, lo cual dependerá, en gran medida, de la posición del recipiente, la velocidad del cilindro y la alimentación.

Los ajustes se deberán hacer cuando: alguna semilla larga caiga en un recipiente junto con la semilla corta, lo cual puede ser causado por:

a- Alvéolos muy grandes.
b- Borde del recipiente muy bajo.
c- Velocidad del cilindro muy rápida.
d- Alimentación muy alta.

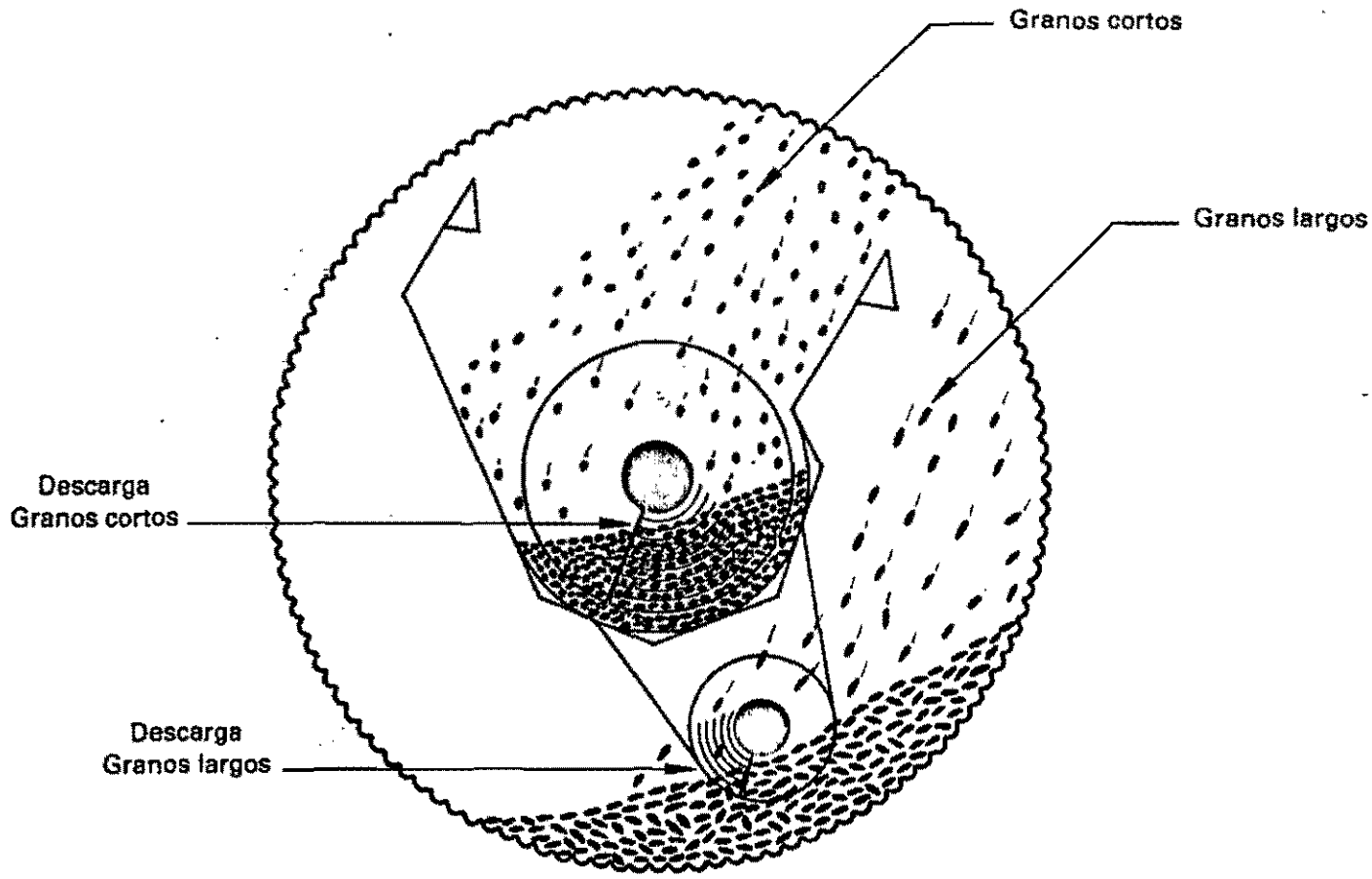


Figura 45. Vista transversal del cilindro indentado para la separación por longitud.

Si alguna de la semilla corta no está siendo separada de la semilla larga, puede deberse a que:

a- Los alvéolos son muy pequeños.
b- El borde del recipiente está muy alto.
c- La velocidad del cilindro está muy lenta.
d- La alimentación es muy alta.

4.5.2.4 Usos

Algunos de los usos más comunes de este separador son: en la separación de granos de arroz partidos por la mitad; en la clasificación de semillas de maíz largas y cortas; en la separación de semillas de trigo de semillas de avena fatua; en la separación de un sinnúmero de granos pequeños, como de pastos y de hortalizas (Tabla 6).

4.6 Separadoras por Peso Específico

4.6.1 Mesa de gravedad

La separadora por peso específico (para efectos prácticos, considérese igual que densidad), mejor conocida como mesa de gravedad, es una de las máquinas más populares y efectivas en la industria semillera, pero a la vez más difícil de operar; la falta de dominio en su operación hace que muchas empresas las dejen de usar. El operario debe conocer muy bien sus partes y los principios de su operación para obtener una separación más efectiva y, lo más importante, debe saber cuándo utilizarse. Por lo general, los lotes de semillas que ya se han limpiado previamente en otras máquinas pueden contener materiales indeseables que tienen el mismo tamaño o son similares en la forma y las características de su testa; sin embargo, pueden diferir en su peso específico.

Es el caso de las semillas del mismo cultivo que han sido dañadas por insectos, las semillas vanas o estériles y más ligeras, así como también las partículas como terrones y piedras que se mezclan con el lote de semillas y tienen la forma y el tamaño similar al de la semilla buena. Las diferencias en su estructura, morfología y, por su puesto, su composición química, permitirán que la mesa de gravedad las separe por diferencias en su peso específico.

Tabla No. 6 Separaciones más comunes con cilindros indentados.

Número de la cavidad	Levantará	Rechazará
2	Chenopodium album cuscuta pequeña, Verbascum thapsus, arena etc.	Plantago, timothy. zacate azul, alfalfa, trébol carmesí, lespedeza,
3	Trébol hubam pequeño, quelite, cuscuta, tréboles blancos y alsike, etc.	Cardo, plantago, varas, alfalfa, trébol rojo, etc.
4	Timothy, tréboles pequeños cuscuta, mostaza, Rumex acetosella.	Cardo, grama del norte, varas, alfalfa, zacate azul, etc.
5	Trébol rojo, alfalfa, linaza pequeña, Echinochloa crus-galli, mostaza.	Zacate fescue, zacate bromo, plantago grande.
6½	Grano pequeño roto, Polygonum convolvulus, Githago spp. mostaza silvestre.	Zacate fescue, trigo, Lolium spp., Agropyron smithii, linaza, etc.
8½	Trigo sarraceno, Githago spp. veza, zacate sudán.	Trigo, centeno, zacate, fescue, Lolium spp., zacate orchard.
11	Grano roto, veza, semillas pequeñas de ajo y cebolla silvestre	Trigo, arroz, zacate alto fescue.
13	Trigo pequeño, cebada rota o desnuda, linaza.	Trigo, cebada, avena descalificada
19	Trigo.	Avena, cebada.
22	Trigo, centeno.	Avena, avena silvestre.
24	Cebada.	Avena, avena silvestre, cebada con aristas, etc.
26	Arroz quebrado	Arroz entero
28	Usado principalmente en la clasificación por longitud de maíz y semillas de tamaño similar.	
S-3	Igual a la cavidad núm. 22, pero tiene base plana, usada principalmente en maíz.	

4.6.1.1 Partes

Existen varios tamaños y tipos de mesas de gravedad que operan bajo el mismo principio. La Figura 46 ilustra sus partes principales.

a- Base y armazón. La base y el armazón de la mesa son una misma unidad; la base tiene que estar anclada al piso para evitar falsas vibraciones y el armazón sirve como soporte estructural de las demás partes de la máquina.

b- Ventiladores. Los ventiladores acarrean una corriente de aire atraída del exterior, para forzarla a entrar en la cámara de aire ubicada en la parte inferior de la plataforma. La corriente de aire se puede controlar independientemente al abrir o cerrar las compuertas de los conductos de los ventiladores, utilizando las manivelas respectivas.

c- Cámara de aire. La cámara de aire se forma entre la plataforma y el armazón de la máquina; el ventilador forza el aire hacia su interior y origina una presión estática que distribuye el aire uniformemente en toda la plataforma.

d- Plataforma. Esta parte de la máquina proporciona la superficie para que los materiales fluyan y sean separados, a la vez que forma el techo de la cámara de aire. Su función principal es llevar el movimiento oscilatorio y permitir el paso uniforme del aire a través de su cubierta de tela de alambre o lámina perforada.

La plataforma puede cambiarse; tiene un marco a su alrededor para darle consistencia y retener la semilla en la superficie. Además, sirve para fijar la plataforma a la base, utilizando pernos que permitan intercambiar plataformas cuando así se requiera.

La plataforma puede tener forma triangular o rectangular. Tiene un declive de aproximadamente 5° de la horizontal en dos direcciones. Su oscilación es producida por un excéntrico situado en la cabecera de la base. La plataforma está montada sobre soportes que permiten la acción de vaivén. Conviene usar una plataforma triangular cuando en un lote de semillas hay que separar una pequeña cantidad de material pesado de una gran cantidad de material ligero. La rectangular opera mejor cuando se desea eliminar un pequeña cantidad de material ligero de una gran cantidad de semillas pesadas, siendo éste el caso que más se presenta en la industria semillera (eliminar semillas vanas).

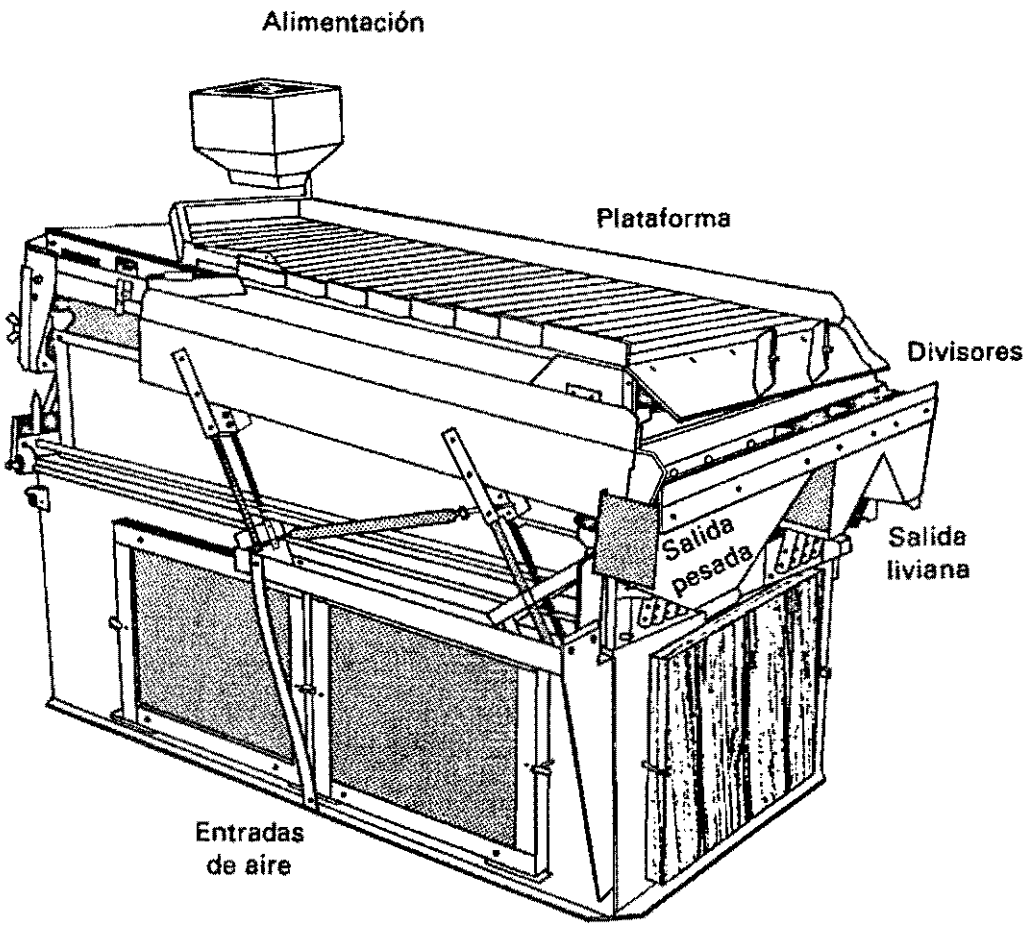


Figura 46. Mesa de gravedad.

La cubierta de la plataforma de tela de algodón o malla de alambre cerrada es más usada para semillas pequeñas, puesto que ayuda a realizar mejor la estratificación de los materiales; para semillas más grandes como frijol, maíz y sorgo, la más recomendable es la cubierta de malla de alambre más abierta.

4.6.1.2 **Funcionamiento**

a- Estratificación. Las semillas se descargan en la plataforma abriendo la compuerta de la tolva alimentadora. En la plataforma ocurre una estratificación vertical; es decir, las semillas más pesadas pasan a la parte inferior y las más ligeros quedan en la parte superior (Figura 44). Esta estratificación sucede al hacer que el aire pase de abajo hacia arriba a través de la camada de semillas e iniciar su separación al moverse lateralmente hacia salidas diferentes para ser descargadas.

b- Separación. La plataforma tiene un movimiento vibratorio de vaivén, haciendo este movimiento al mismo tiempo hacia arriba y al frente junto a la parte superior de la plataforma, y pendiente hacia abajo y atrás junto a la parte inferior (Figura 47).

La plataforma se mueve entonces hacia atrás y pendiente abajo; el golpe hace que la semilla pesada cambie su posición a un punto más alto de la plataforma; es decir, entre más pesada sea la semilla, más se desplaza hacia la dirección lateral del vaivén. En cambio, la semilla ligera flota por la acción del aire que no le permite casi estar en contacto con la plataforma y se va moviendo por su propia gravedad hacia la parte más baja de la plataforma.

c- Zonas de acción en la plataforma. La separación de las semillas y materiales indeseables ocurre en las zonas de estratificación y la separación se debe a la acción del aire y del movimiento de la plataforma. Existe una zona de semillas con peso intermedio localizada entre la de peso bajo y la de peso alto y que es la más difícil de distinguir; en la práctica se sugiere separar este lote de semillas, el cual seguramente contiene semilla buena, y volver a separarlo con un nuevo ajuste en la máquina para recuperar la semilla buena.

En resumen, para tener bien definidas las zonas de acción en la plataforma y lograr una separación efectiva, el Dr. Vaughn, et al (1969), establece las siguientes reglas:

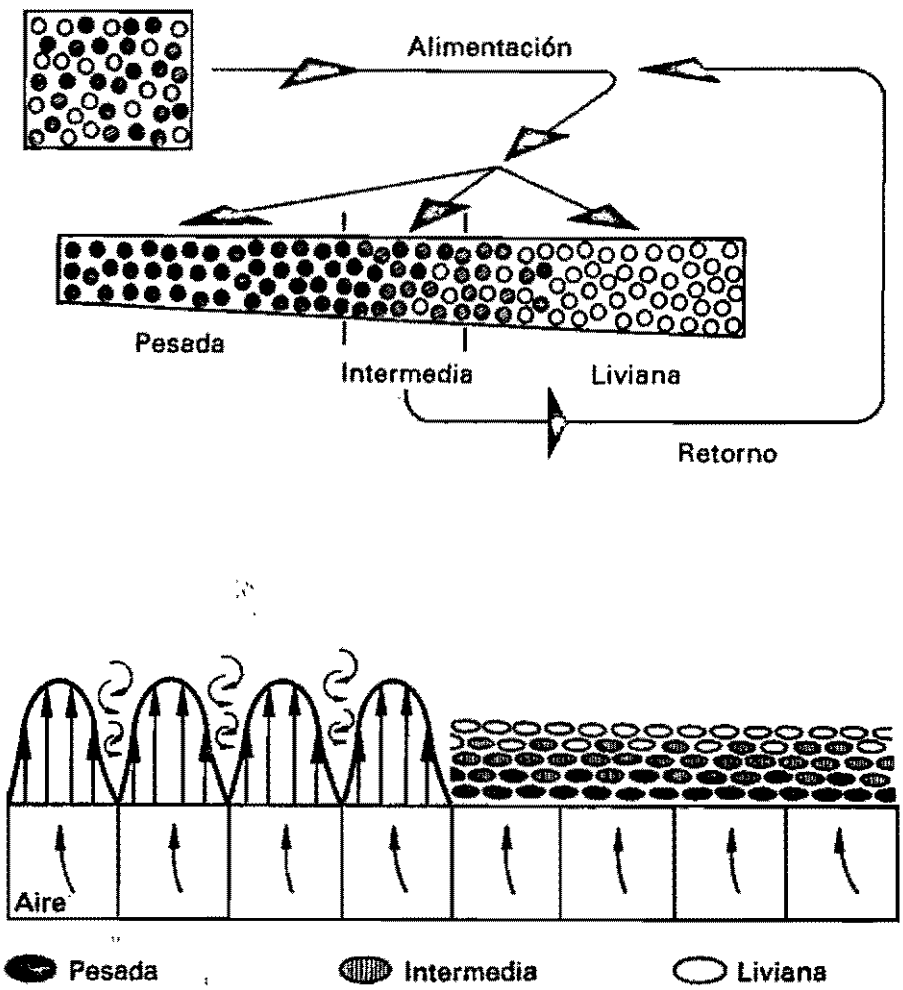


Figura 47. Distribución de las semillas en la mesa de gravedad.

1- Las semillas del "mismo tamaño" serán estratificados y separadas por su diferencia en peso específico.

2- Las semillas del mismo peso específico serán estratificadas y separadas por su diferencia en tamaño.

3- De lo anterior resulta que una mezcla de semillas diferentes en tamaño y peso específico no puede estratificarse y separarse en forma efectiva.

4.6.1.3 **Usos**

La mesa de gravedad puede usarse en todas las especies cuyos lotes de semillas aún contengan semillas de mala calidad.

La mesa de gravedad es muy usada en lotes de semillas de maíz, soya y frijol de tamaño uniforme, pero que han sido dañados por insectos; al eliminar éstas junto con las semillas estériles o vanas, se está mejorando la calidad fisiológica del lote. En alfalfa y semilla de tréboles se utiliza mucho para separar la arena y pequeños terrones; en las semillas de hortalizas se eliminan las semillas vanas. La mesa de gravedad es el equipo que tiene el mayor potencial de mejorar la calidad fisiológica de un lote de semilla, debido a la alta relación entre el peso específico y la calidad fisiológica.

4.6.1.4 **Ajustes**

Una de las operaciones más difíciles en la mesa de gravedad es coordinar los ajustes para que funcione a su mayor capacidad y eficiencia. Entre los ajustes más importantes están los siguientes:

a- Flujo de aire. El aire debe ajustarse para que la semilla se estratifique y cubra toda la plataforma; si el flujo de aire es muy fuerte, la semilla pesada se mezclará con la ligera y se desplazarán hacia la parte inferior de la plataforma. Si el aire es insuficiente, la semilla ligera no será levantada y se dirigirá junto con la pesada hacia la parte superior de la plataforma.

b- Pendiente lateral. Una vez que la semilla ha sido estratificada, la pendiente lateral permitirá separar las semillas pesadas de las ligeras.

c- Pendiente terminal. La inclinación terminal de la plataforma regulará la velocidad a la que la semilla se desplazará hacia la descarga de la plataforma.

d- Velocidad de oscilación. Si la velocidad del excéntrico se modifica, las semillas se desplazarán más rápido o más despacio hacia el lado superior de la plataforma.

e- Alimentación. Una alimentación alta sobrecargará la plataforma y dificultará la estratificación y la separación de las semillas; lo mismo ocurrirá si la plataforma está vacía intermitentemente.

Son dos problemas los que generalmente se presentan durante el funcionamiento de la mesa de gravedad:

1. Cuando todo el material tiende a desplazarse hacia el lado superior de la plataforma.

2- Cuando todo el material tiende a desplazarse hacia el lado inferior de la plataforma.

Ambos problemas pueden corregirse fácilmente siguiendo las indicaciones que se describen en la Figura 48. Es importante mencionar que los ajustes deberán hacerse uno por uno e ir observando el efecto que se produce en el flujo de semillas hasta que se logre el ajuste más efectivo posible. Una medida práctica consiste en repasar la primera tonelada de semilla hasta tener la seguridad que la mesa de gravedad ha quedado bien ajustada.

4.6.2 **Despedradoras**

Esta separaradora funciona con base en el mismo principio que la mesa de gravedad, excepto que separa las fracciones de materiales ligeros y se descargan en los extremos opuestos de la plataforma (Figura 49). Se utiliza principalmente para separar lotes de semillas que han sido pasados por la mesa de gravedad y que aún contienen una pequeña cantidad de materiales pesados (terrones, arena, piedras).

4.6.2.1 **Partes**

Las partes de esta separadora son muy similares a las de la mesa de gravedad. El excéntrico en la despedradora produce un movimiento oscilatorio de vaivén. La plataforma es de forma rectangular con bordes de lámina para retener la semilla. El extremo, inferior está abierto para descargar gran parte de las semillas; el extremo opuesto, ubicado más alto, tiene una pequeña descarga para los materiales pesados.

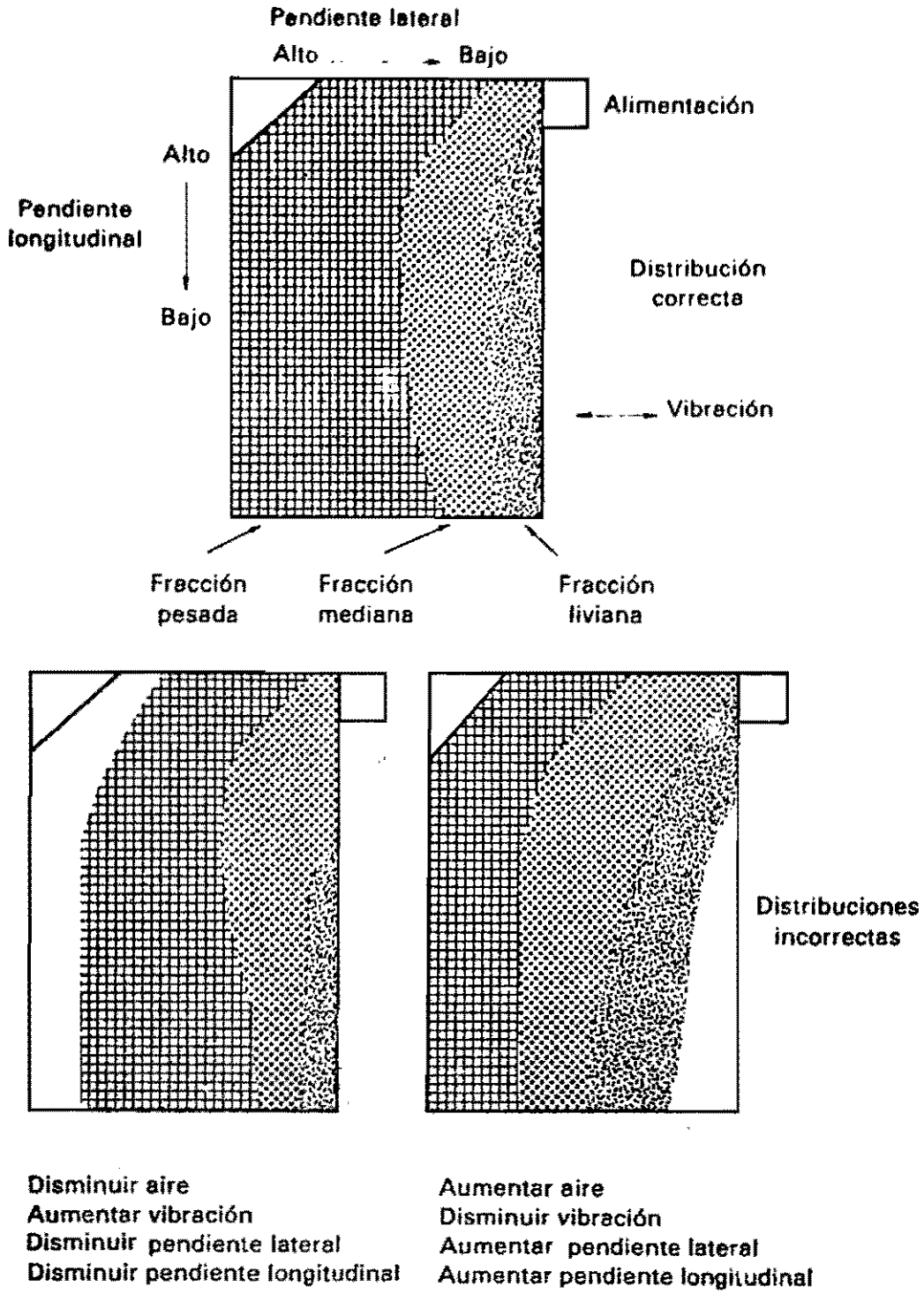


Figura 48. Distribución del material en la plataforma de la mesa de gravedad.

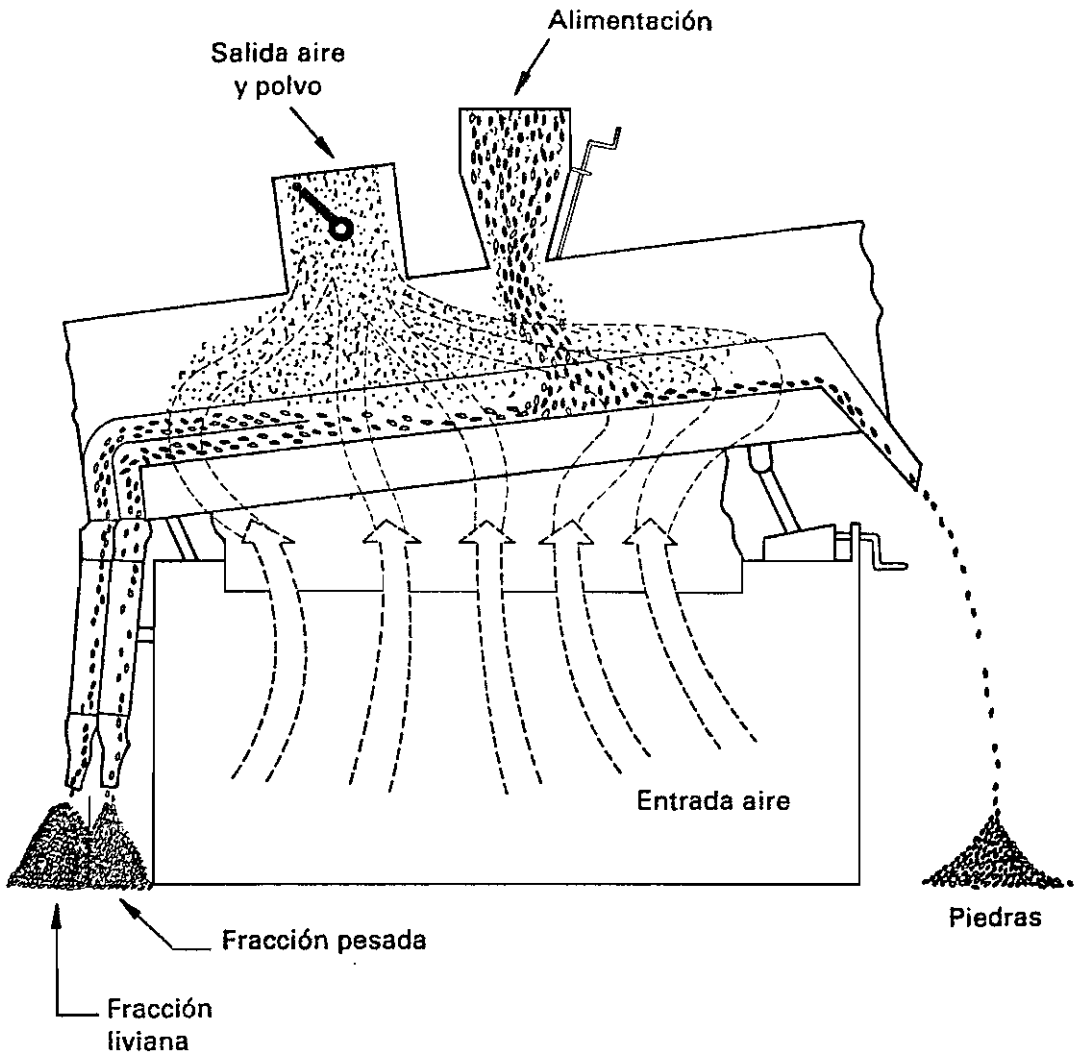


Figura 49. Diagrama de una máquina despedradora.

4.6.2.2 Funcionamiento

La semilla es alimentada por la tolva que está en el centro de la plataforma; la plataforma oscila hacia adelante y hacia atrás, y al pasar el aire por la masa de semillas las estratifica. Las camadas se van separando por el movimiento de vaivén; los materiales pesados no logran flotar y se desplazan hacia el extremo más alto; la semilla no permanece en contacto con la plataforma y por su gravedad se desplaza hacia el extremo inferior.

4.6.2.3 Ajustes

Son cuatro los ajustes que deben hacerse:

a- Alimentación. Debe ser uniforme y no debe cubrir más de un tercio del área de la plataforma para lograr una buena estratificación.

b- Flujo de aire. Superficie para estratificar los materiales en forma vertical según su peso específico.

c- Declive de la plataforma. Obtener una mayor o menor pendiente para que el material pesado se desplace libremente hacia arriba y el ligero hacia abajo.

d- Velocidad de oscilación. La velocidad de oscilación de la plataforma podrá regularse una vez que el declive y la corriente de aire hayan sido ajustados.

4.6.2.4 Instalación

La despedradora usualmente se instala junto a la mesa de gravedad para que la fracción de semillas más pesadas que aún va mezclada con terrones y piedras, sea descargada en la despedradora. Otra forma de uso es como prelimpiadora en cultivos (frijol) que se reciben con un alto contenido de terrones, para posteriormente pasar a la MAZ.

4.7 Separadoras por Textura Superficial

Son muy usados en la separación de semillas de leguminosas forrajeras. Existen varias máquinas basadas en el principio de separación por textura superficial.

4.7.1 Separador de rodillos

Este equipo no tiene una alta capacidad, pero realiza un buen trabajo de separación. En caso de requerir mayor capacidad, hay modelos con varios pares de rodillos en serie. Estos equipos se acomodan fácilmente en el proceso y son muy compactos.

4.7.1.1 Partes

Las partes más importantes de este separador son los rodillos recubiertos de terciopelo, instalados en pares. Están en contacto a lo largo de toda su longitud pero giran en direcciones opuestas. Los rodillos tienen una cubierta de paño o terciopelo para que las semillas se mantengan sobre ellos; el número de rodillos, su longitud y diámetro dependen del tipo y modelo que se trate. Generalmente las máquinas tienen 5 ó 10 pares de rodillos.

4.7.1.2 Funcionamiento

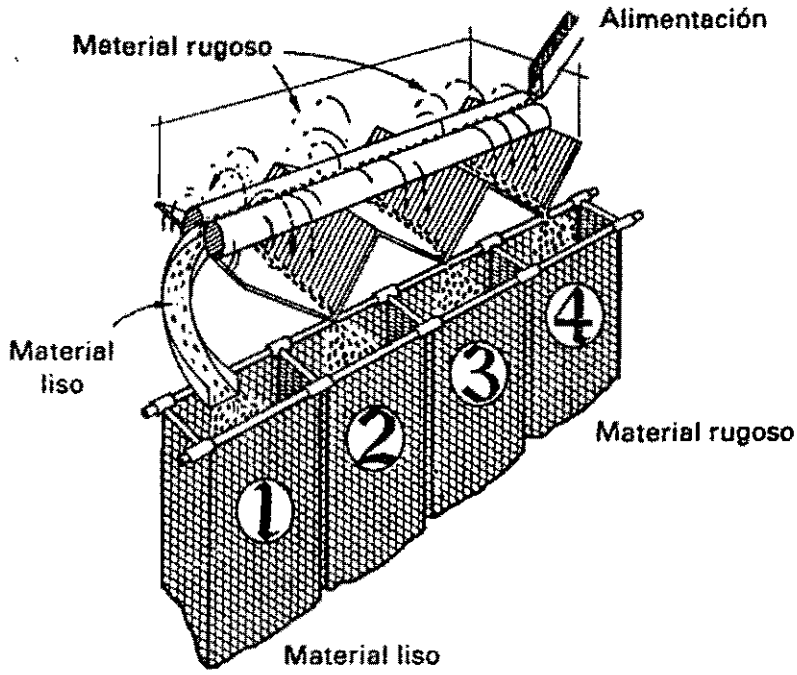
El lote de semillas fluye sobre los rodillos al ser alimentados por la tolva en un extremo de la máquina. Al girar los rodillos, las semillas o materiales rugosos se adhieren al paño y son descargados o lanzados hacia los extremos (Figura 50) y recolectados en tolvas con cuatro grados de separación que van ocurriendo a medida que las semillas se van desplazando a lo largo de los rodillos; los grados mezclados pueden ser separados otra vez para recuperar la semilla buena.

4.7.1.3 Ajustes

Son tres los ajustes más importantes:

a- Velocidad de los rodillos. Los rodillos pueden trabajar a una velocidad variable que va desde 0 hasta 350 rpm. Esto permite que se regule la velocidad para que no se lance semilla lisa hacia los extremos. El punto de ajuste será aquel en el que se adhiera y lance un mínimo de semilla lisa en las tolvas 2 y 3.

b- Alimentación. Se ajusta la compuerta individual de alimentación hasta obtener un flujo uniforme a través de todos los rodillos y que la semilla tenga oportunidad de estar en contacto con el terciopelo.



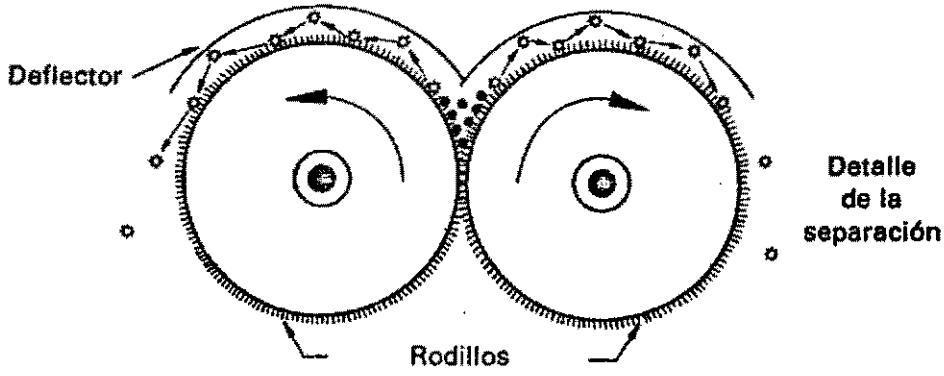


Figura 50. Diagrama de una máquina separadora de rodillos.

o- Cubierta. La cubierta metálica que cubre los rodillos debe tener un ajuste que permita levantar o bajar la cubierta dependiendo del tamaño de la semilla y el grado de separación que se desea. Si el paso está muy separado las semillas rugosas no golpearán la cubierta y caerán sobre las lisas repetidamente; al ajustarse correctamente el paso, las rugosas chocan y caen sobre el terciopelo que las lanzará hacia la orilla para quedar separadas.

4.7.1.4 Usos

Este equipo compacto, relativamente fácil de operar, es muy utilizado para separar:

- Leguminosa forrajera de Cúscuta y Rumex
- Trébol alsike de Timothy
- Tréboles de mostaza y zanahoria silvestre
- Lespedeza descascarada de lespedeza con cáscara

4.7.2 Separadora magnética

Como se mencionó antes, las semillas de testa lisa son usualmente las semillas que se desean separar de las semillas o materiales que tienen testa rugosa. Sin embargo, algunas veces también se pueden modificar las características de un material indeseable para que su superficie se haga rugosa, agregando algún material como limadura de hierro; ésta se adhiere a su testa previamente tratada con agua y aceite para que sea separada del lote de semillas buenas. Los materiales recubiertos con la limadura de hierro pueden pasarse sobre un campo magnético y ser atraídos para su separación. El separador con tambor magnético es el más común para hacer este tipo de separación (Figura 51).

4.7.2.1 Partes

Las partes más importantes son:

a- Mezcladora. Es una cámara especial donde se lleva a cabo la mezcla de limadura de hierro, agua o aceite (o ambos) y semilla. Algunos modelos tienen un sistema automático que regula la dosificación de la mezcla.

b- Tambor giratorio. Es un tambor metálico que puede ser un electromagneto cuyo magnetismo es regulado dependiendo de la clase de semilla que se esté separando.

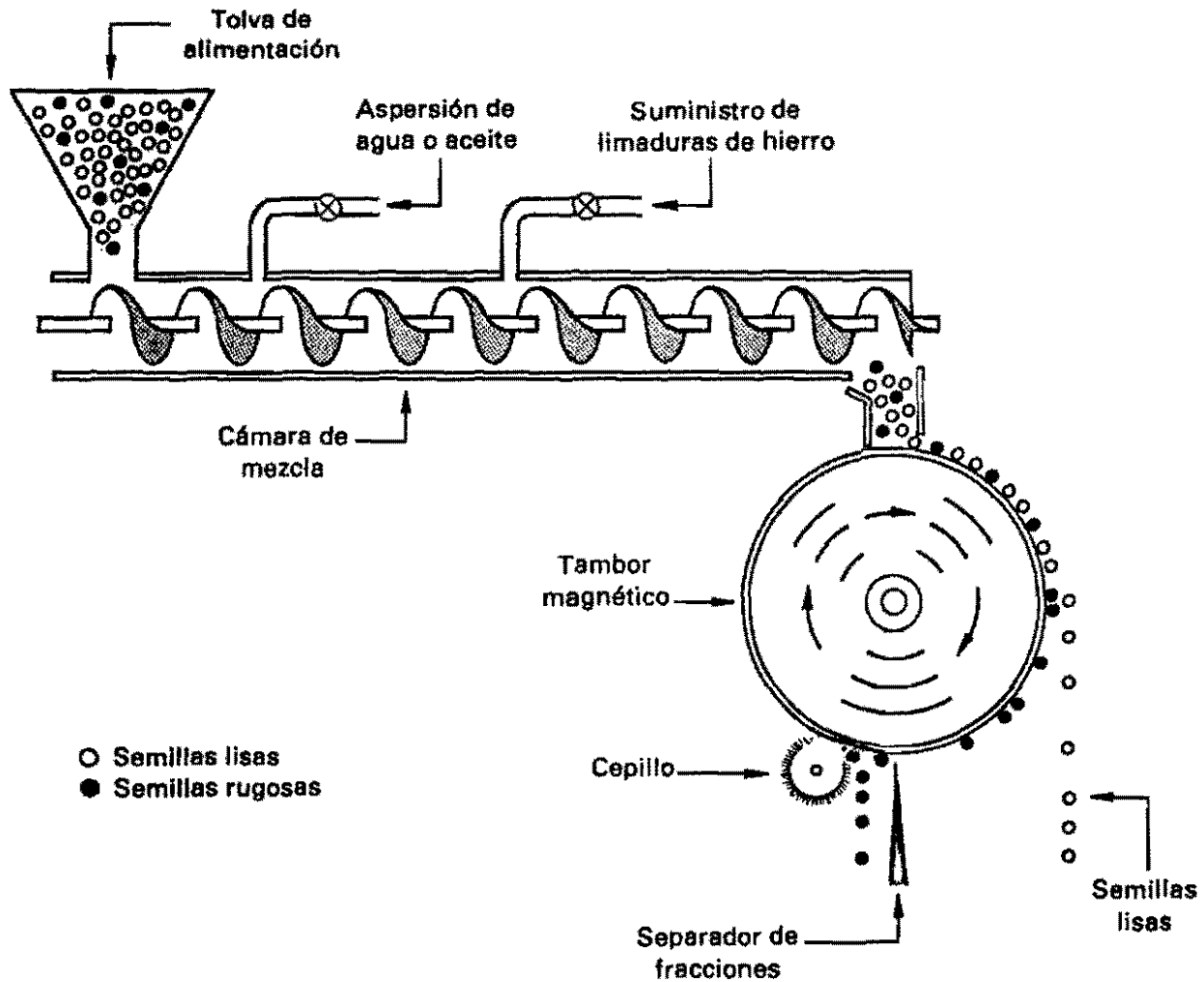


Figura 51. Diagrama esquemático del separador magnético.

4.7.2.2 Funcionamiento

En la cámara mezcladora, la limadura de hierro se adhiere fácilmente a la superficie de las semilllas que han perdido su cubierta, a las mitades de semillas, a los materiales de forma irregular y a semillas rugosas, debido a lo pegajoso de dichas superficies por la acción del agua. Al pasar todos estos materiales sobre uno o varios tambores giratorios magnetizados, se adhieren debido a la atracción que ejerce el campo magnético del tambor sobre las limaduras de hierro; las semillas buenas o lisas no son atraídas y se lanzan hacia adelante para ser descargadas a una tolva. Las semillas rugosas se despegan del tambor por la acción de un cepillo y se depositan en otra tolva.

4.7.2.3 Ajustes

Es muy importante que se dosifiquen muy bien las cantidades de limadura, semillas, agua o aceite, y todo depende de la experiencia que se tenga con el cultivo. La insuficiencia de la mezcla no producirá una separación completa; el exceso del líquido desprenderá fácilmente la limadura de las semillas. La velocidad de alimentación y la intensidad de la imantación deberá ajustarse de tal manera que el tambor quede cubierto con una capa uniforme de semilla y los materiales rogusos se adhieran al tambor.

4.7.2.4 Usos

Los principales usos que se le han dado a este separador son muy específicos: trébol y cúscuta; semillas de hierbas contaminantes en los cultivos de alfalfa, trébol y veza.

4.7.3 Separadora de banda inclinada

Este separador también realiza separaciones con base en la textura superficial de las semillas y, en algunos casos, la forma de las mismas (Figura 52).

4.7.3.1 Partes

La parte más importante es el transportador, que tiene una posición inclinada así como una banda de paño que se mueve en dirección pendiente arriba donde realiza la separación.

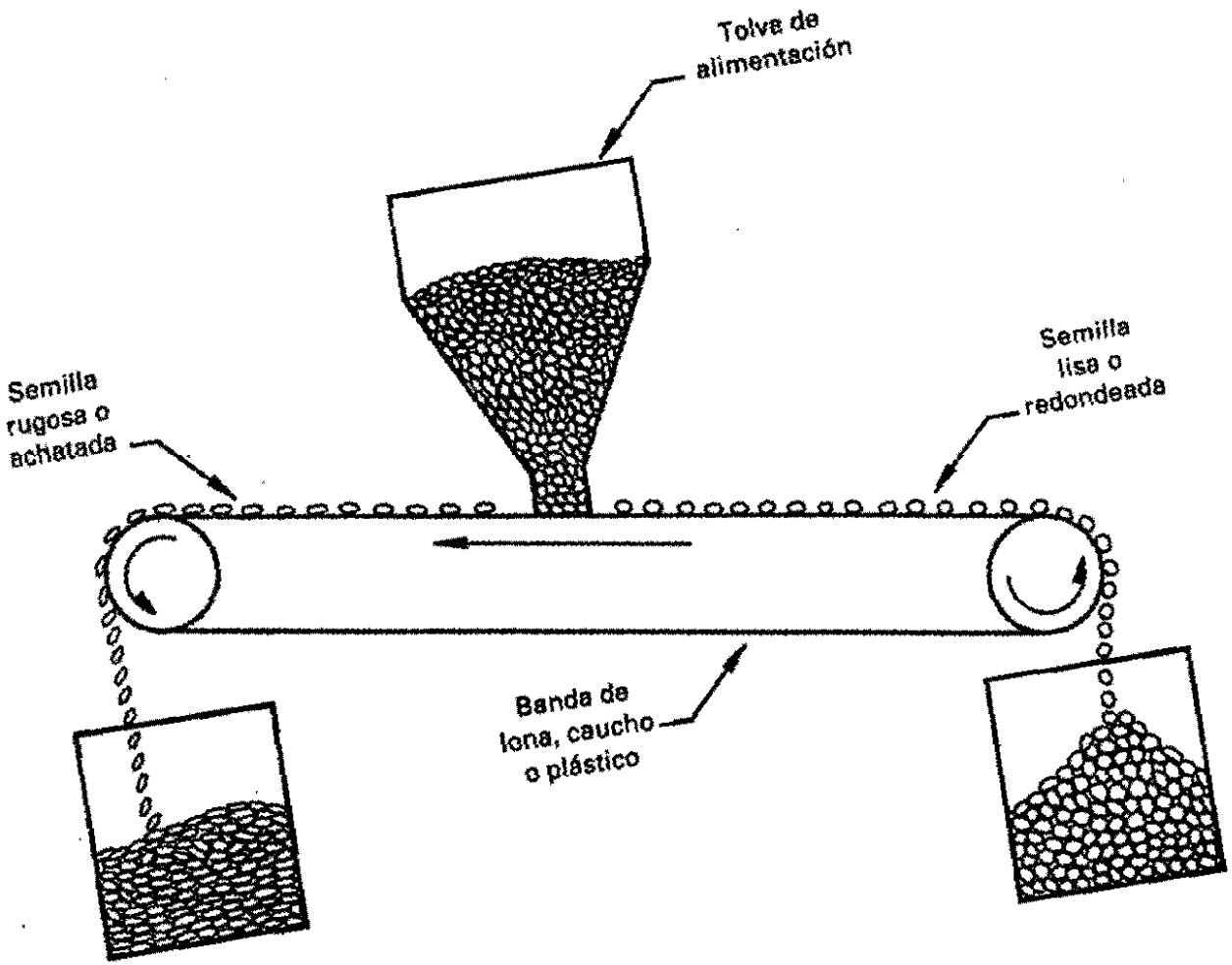


Figura 52. Diagrama esquemático del separador de banda inclinada.

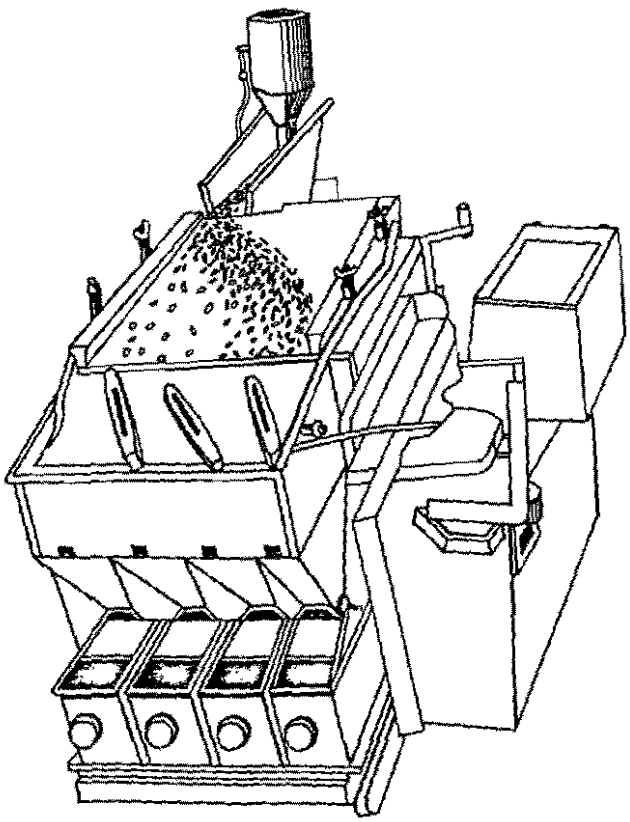


Figura 53. Separador vibratorio.

4.7.3.2 Funcionamiento

Al alimentar la banda inclinada, las semillas rugosas se adhieren al paño y se transportan hacia la pendiente más alta; las semillas con cubierta lisa o de forma redonda ruedan hacia abajo a mayor velocidad que el avance de la banda y se depositan en alguna tolva.

4.7.3.3 Ajustes

Los ajustes más importantes son la inclinación y la velocidad de la banda, lo cual debe hacerse de tal manera que las semillas que rueden no sean llevadas pendiente arriba; la alimentación deberá ajustarse para que las semillas se acomoden individualmente sobre la banda.

4.7.3.4 Usos

Las separaciones que se practican con esta máquina incluyen la veza de avena; trébol carmesí de semillas de pastos; y cualquier mezcla de semillas esféricas o lisas de las semillas planas o rugosas.

4.7.4 Separadora vibratoria

Esta separadora consta de una plataforma vibratoria accionada por un vibrador electromagnético de pistón regulable. La cubierta de la plataforma puede ser lisa o de material rugoso, y se inclina en forma diagonal y hacia adelante. La acción vibratoria hace que las semillas rugosas o planas asciendan por el plano; las más redondas recorren distancias más cortas y ruedan hacia el lado inferior de la plataforma. Al estar inclinada hacia adelante, se forman bandas de diferentes fracciones de semillas desde el principio hasta el final de la plataforma, donde los divisores apartan las fracciones (Figura 53).

La separadora vibratoria es un equipo de acabado y puede efectuar muchas separaciones difíciles. Podrá eliminar semillas de Rumex spp. del trébol carmesí; anthemis cotula del thimothy y el claviceps pupurea; y platago del Agostis spp.

4.7.5 Separadora de fricción

La mesa de fricción se utiliza para separar partículas lisas y rugosas. La separación se efectúa al poner en contacto la mezcla con pares de barras dispuestas en ángulo a través de una banda trasportadora en movimiento (Figura 54). Cada para consta de una barra separadora seguida por una

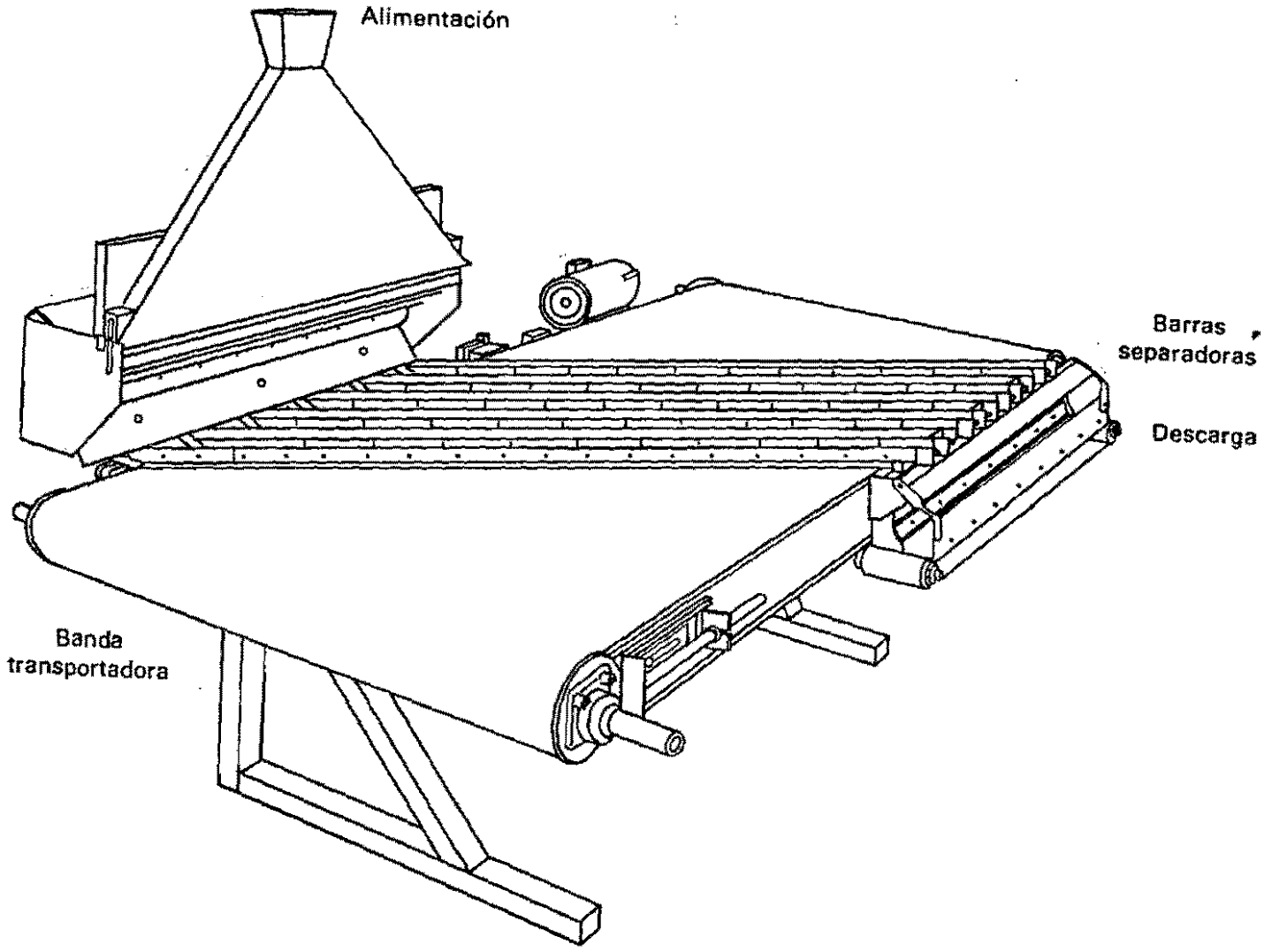


Figura 54. Vista general de la mesa de fricción.

barra retenedora. En una operación de separación, se alimenta la mezcla de partículas rugosas y lisas en la banda enfrente de cada barra separadora. Las partículas lisas se desplazan diagonalmente a través de la banda frente a la barra separadora y se recogen en un colector. Las partículas rugosas pasan por debajo de la barra separadora y son interceptadas por la barra retenedora y llevadas fuera de la banda hacia otro colector.

El paso de las partículas por debajo de la barra separadora está determinado por:

1. La rugosidad de las partículas; las partículas rugosas pasan mucho más fácilmente que las lisas.

2. El ángulo vertical de la barra. Entre mayor sea el ángulo, más fácilmente se moverán las partículas por debajo. Este ángulo se debe ajustar según la rugosidad de las partículas.

3. El ángulo horizontal de la barra. Este es el ángulo entre la barra y la banda y se ha fijado de manera experimental en 45°.

4. La forma de las partículas. Las partículas redondeadas pasan más fácilmente que las achatadas. Estas últimas tienden a rotar en un plano horizontal, resistiéndose al paso.

5. La compresibilidad y la fricción entre la banda y las barras. Un coeficiente de fricción alto y un material fácilmente comprimible facilitan el paso de las partículas.

Además de estas características, otras que también afectan la facilidad con la cual una partícula pasa por debajo de las barras incluyen el tamaño de las partículas, la distancia entre las barras y la banda y la velocidad de ésta última.

4.8 Separadoras de Aire

Desde tiempos ancestrales, el aire ha sido uno de los medios que más se ha utilizado para separar impurezas de las semillas; los materiales livianos son arrastrados por el aire cuando se deja caer un puñado de semillas al suelo. En los procesos de beneficio de semillas se utiliza el mismo principio, al hacer pasar una corriente de aire por la masa de semillas. Como se mencionó anteriormente en este capítulo, son varias las máquinas que incorporan un sistema de aire a su principio de operación, como por

ejemplo las MAZ, la mesa de gravedad, la despedradora, etc. Sin embargo, en este sección se describirá el funcionamiento de las máquinas que utilizan el aire como fuente principal de funcionamiento. Entre las más comúnmente utilizadas están las aspiradoras y la separadora neumática.

4.8.1 Principios de operación

La diferencia en la velocidad terminal que tienen las semillas y los materiales indeseables es la propiedad que se utiliza en este tipo de máquinas para efectuar la separación.

La velocidad terminal es aquella que alcanza un material en su caida, antes que la resistencia del aire le impida seguir cayendo más aprisa.

En este equipo, el principio se aplica de la siguiente manera: si la velocidad del aire se ajusta a un nivel determinado y la corriente de aire se hace pasar en forma vertical sobre una mezcla de semillas, cada semilla cuya velocidad terminal sea inferior a la del aire, será levantada y, a la inversa, la semilla de mayor peso tendrá una velocidad terminal superior a la del aire y no será levantada.

Hay otras características que pueden influir en la velocidad terminal de los materiales, pero el peso es la más determinante y es la que más se utiliza para separar los materiales pesados de los ligeros.

4.8.2 Usos de las separadoras del aire

Las separadoras del aire pueden realizar dos funciones:

a- La limpieza general. Las separadoras de aire realizan un buen trabajo para retirar polvo, material inerte liviano y mitades y fracciones de semilas vanas.

b- Separaciones específicas. Las separadoras de aire pueden usarse para remover alguna impureza específica que no se logró eliminar en las operaciones anteriores. Regulando los niveles de velocidad, se ajusta para algún material específico que se desea eliminar de la mezcla de semillas.

4.8.3 Tipos de separadoras

La separadora neumática y la separadora fraccionaria son los tipos más comunes de separadoras que utilizan aire exclusivamente.

4.8.3.1 Separadora neumática

Este tipo de separadora está formada por un ventilador y una columna separadora (Figura 55). El aire es forzado de abajo hacia arriba por la columna, creándose una presión mayor a la atmosférica; esto permite que, al alimentar la columna con semillas, los materiales indeseables de velocidad terminal inferior a la del aire sean levantados y descargados en la parte superior de la columna. Las semillas más pesadas caen sobre una zaranda o tela de alambre y se desvían hacia la salida de descarga que está en la parte casi inferior de la columna. Existen modelos que tienen dos columnas en las que se pueden hacer hasta tres separaciones y aumentar su capacidad de operación.

4.8.3.1.1 Ajustes

El ajuste más importante es el volumen de aire, el cual se hace mediante una compuerta según la velocidad del aire que se necesite para hacer más eficiente la separación.

4.8.3.2 Aspiradora

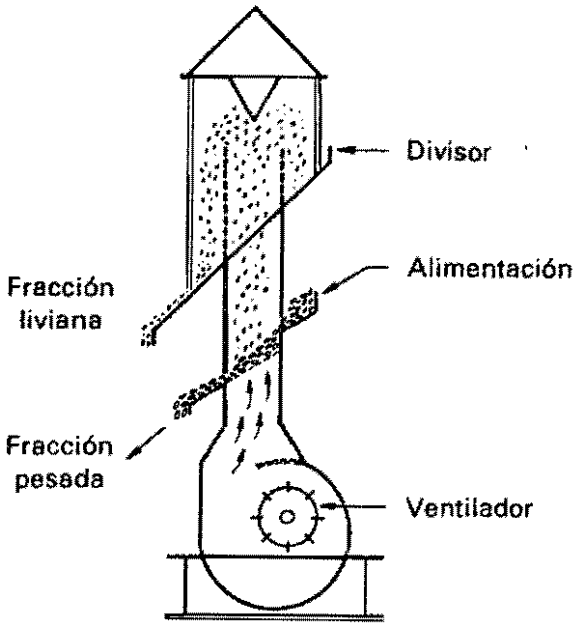
A la aspiradora comúnmente se le conoce como aspiradora fraccionaria; no solo hace separaciones de materiales ligeros y pesados, sino que hace cuatro fraccionamientos de materiales de diferentes pesos (Figura 55).

El ventilador se encuentra en la parte final de la descarga dentro del interior del armazón de la máquina. Al funcionar el ventilador induce una corriente de aire del exterior (presión reducida) hacia adentro de la separadora.

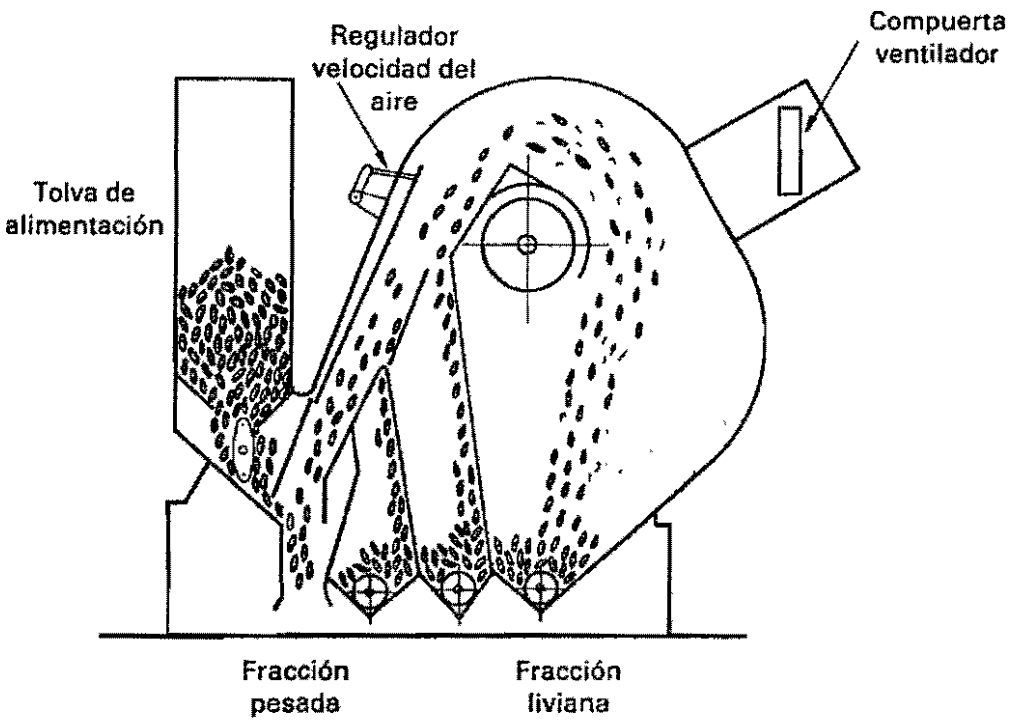
La mezcla de semilla es alimentada por la parte superior, la cual tiene un rodillo para que se regule la capacidad de alimentación. Las semillas chocan contra la corriente de aire y las más pesadas siguen su camino hacia la descarga de salida; los materiales ligeros ascienden en la misma dirección del aire hasta que van venciendo su velocidad, separándose en las tres descargas siguientes del separador.

4.8.3.2.1 Ajustes

El ajuste más importante es el flujo de aire el cual debe hacerse con la mayor precisión para que los materiales sean fraccionados adecuadamente. Por ello se requiere ajustar la velocidad del ventilador o una compuerta que está en el interior de la descarga de alimentación de la máquina para



Separadora neumática



Separadora de fracionamiento

Figura 55. Diagramas de máquinas separadoras por peso.

que la semilla se exponga uniformemente a la corriente de aire. Si la velocidad es alta o demasiado baja, levantará semilla buena o dejará impurezas en la mezcla de la semilla deseada.

4.9 Separadoras Electrónicas

Este tipo de separadoras no son comunes en la industria de las semillas, principalmente por su costo. Estas máquinas pueden clasificar casi cualquier material granulado, como las semillas; sin embargo, lo que determina su uso es el costo de la operación y el costo de la selección hecha a mano. Actualmente estos equipos no han sido desarrollados lo suficiente como para lograr una amplia aplicación en la separación de semillas por diferencias en color y conductividad eléctrica.

4.9.1 Clasificadora eléctrica por color

Dentro de estas separadoras, la de color ha tenido mayor aplicación en operaciones de acabado.

4.9.1.1 Partes

a- Celda fotoeléctrica. Dispositivo que es muy sensible a cambiar su característica eléctrica ante la presencia de una radicación con una cantidad y longitud de onda, determinadas por el color de un material específico.

b- Sistema de separación. Un rasgo de luz producido por un multiplicador fotoeléctrico forma el área de selección o aceptación de materiales de color. Una válvula de aire con una boquilla eyectora accionada por un electromagneto, componen el sistema de separación.

4.9.1.2 Funcionamiento

Su principio de operación se ilustra en la Figura 56. Una tolva de alimentación hace que las semillas fluyan una por una para ser expuestos al área de selección; si la radiación reflejada no corresponde a la longitud de onda del color elegido, la semilla será expulsada por la boquilla eyectora accionada por un electromagneto que recibe la señal de la caja óptica.

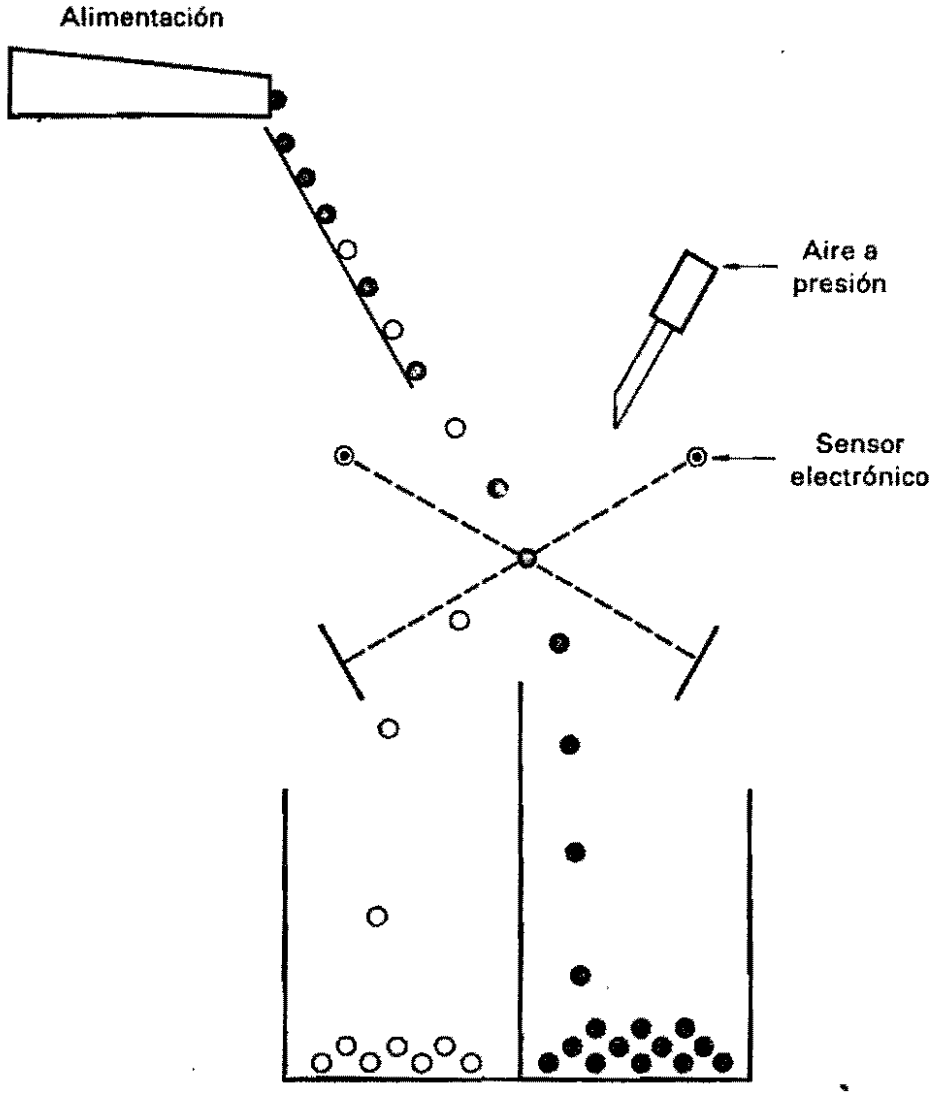


Figura 56. Principio de funcionamiento de una separadora por color.

4.9.1.3 Usos

Son pocos los usos de estas separadoras en la industria de las semillas. Se utilizan principalmente en la remoción de semillas de maní que han perdido su cutícula, garbanzos y semillas de hortalizas. En frijoles manchados, los procesadores de semillas prefieren la selección a mano por no ser económicamente factible la operación de separación con estos equipos. También se utiliza mucho en la industria de arroz descascarado.

4.9.2 Separadoras electrostáticas

La separadora electrostática aún es materia de investigación. Su aplicación ha sido muy limitada por su propia inconsistencia. Su principio se basa en separar las semillas de los materiales no deseados por las diferencias en sus propiedades eléctricas.

4.9.2.1 Partes

La parte principal es la unidad de energía que provee una corriente eléctrica de hasta 50,000 voltios por medio de un transformador y un electrodo ensamblado que crea el campo eléctrico.

4.9.2.2 Funcionamiento

Son varias las formas de operar una separadora electrostática; la más común es la conocida como el efecto de alta intensidad (Figura 57) que consiste en hacer pasar las semillas por un campo eléctrico de alta intensidad producido por el electrodo. Las semillas que son malas conductoras retienen más tiempo la carga eléctrica y se adhieren al rotor giratorio que está conectado a la tierra; las semillas que son buenas conductoras descargan rápidamente su carga y se depositan en las tolvas respectivas, utilizando los divisores ajustables.

4.9.2.3 Usos

Ejemplos de las separaciones que pueden hacerse incluyen: ajonjolí de pasto johnson; quelite de trébol blanco; Rumex spp del trébol carmesí; y ajo silvestre de trigo.

4.9.3 Separadora de espiral

En muchos casos, una mezcla de semillas que ha sido pasada por la MAZ u otras máquinas no puede separarse del todo; la forma y la facilidad de

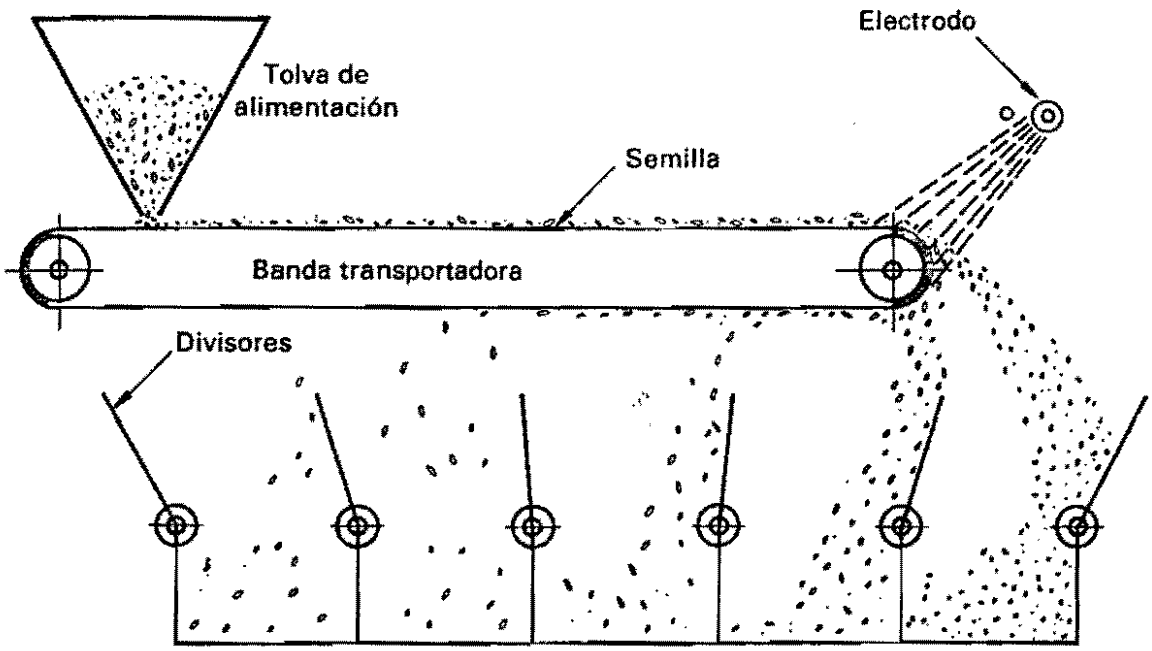


Figura 57. Diagrama de una separadora electrostática.

rodar pueden ser características aprovechables para mejorar la selección mediante la separadora de espiral (Figura 58).

4.9.3.1 **Partes**

La parte más importante es una columna vertical que está rodeada de uno a cinco planos espirales de metal, de tal manera que su pendiente desciende hacia la columna. El grado de peralte e inclinación lo determina el fabricante.

4.9.3.2 **Funcionamiento**

La separadora de espiral es una máquina que no requiere energía eléctrica. Usualmente se instala después de la MAZ. La semilla es alimentada por la tolva superior y al empezar a rodar sobre los espirales, las de forma redonda alcanzan una mayor velocidad que las semillas de forma irregular (planas). Al descender más rápidamente, la fuerza centrífuga hace que las semillas redondas se salgan de los bordes de los espirales para caer en una tolva que está en la parte inferior del espiral. Las semillas de forma plana e irregular van bajando lentamente por la pendiente del espiral, tendiendo hacia el centro de la columna vertical, para descargar en otra tolva. Estas separadoras son de baja capacidad, pero una instalación en serie puede suplir esta desventaja.

4.9.3.3 **Ajustes**

Este equipo no requiere ajustes significativos. La alimentación se regula mediante la compuerta de la tolva, haciendo que la semilla pase por el divisor cónico para que su alimentación sea uniforme hacia las pendientes del espiral.

En este equipo se separan fácilmente granos de soya partidos, semillas de caupí (Vigna unguiculata) y de Ipomoea turbinata. La soya bajará fácilmente por su redondez y las otras lo harán lentamente por su forma plana e irregular. Otras separaciones pueden ser semillas de Rumex spp. y Lotus; sin embargo tiene que ser con espirales internos de 7,5 cm de ancho con 15 cm de paso en vez de las grandes (15-20 cm) usadas para soya.

4.10 **Pulidoras**

Algunas semillas requieren brillo en su textura superficial para eliminar el polvo y su apariencia opaca. Otras, como algunas variedades de sorgo,

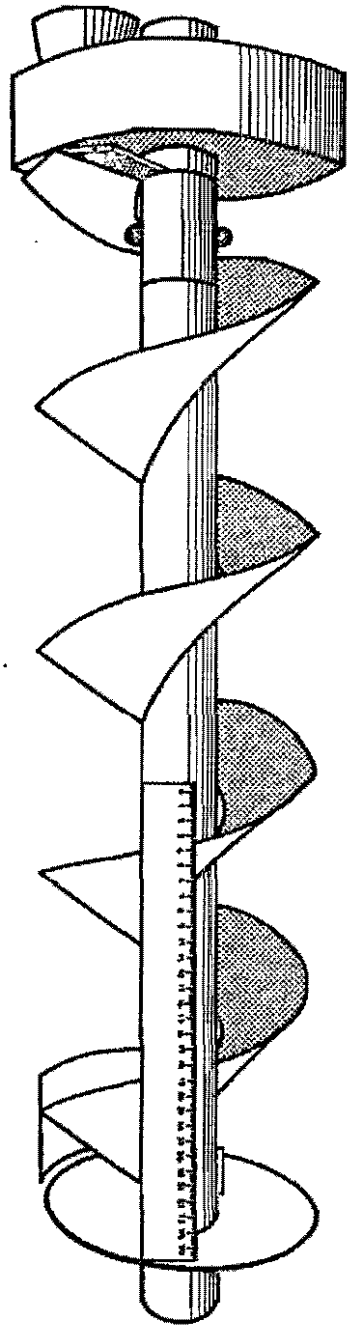


Figura 58. Separador de espiral.

deben pulirse para eliminar sus glumas que no se remueven en la trilla. Para realizar estas operaciones de prebeneficio, se puede incluir las pulidoras (Figura 59).

4.10.1 Tipos de pulidoras

Existen dos tipos de pulidoras. Una de ellas es la que usa un agente pulidor como el aserrín o el salvado solo o en mezcla con harina gruesa para remover las manchas. La semilla se mezcla en una cámara, que puede ser un tambor giratorio, hasta que la semilla quede pulida. La mezcla pasa por una zaranda para separar la semilla del agente pulidor.

El otro tipo es el pulidor de cepillos, en el cual las semillas se someten a un ligero frotamiento con cepillos para eliminar manchas y glumas, con el fin de que las semillas puedan posteriormente ser beneficiadas o para darle más brillo en su presentación de venta.

Como se mencionó anteriormente, se puede dar brillo a semillas de chícaro, antes de pasar a la sorteadora de color; brillo al maíz aplomero y eliminar glumas en algunas variedades de sorgo de grano y sorgo forrajero.

4.11 Banda de Selección

La banda de selección es un equipo que realiza una operación de prebeneficio, principalmente en la selección de mazorcas de maíz fuera de tipo, dañadas o con hongos, y que deben removerse a mano. Una manera eficiente de hacerlo es con una banda transportadora en la que las semillas o material por separar puedan separarse a mano. El frijol manchado, el descascarado del maní, vainas y otras impurezas pueden eliminarse de esa manera.

Las bandas de selección son iguales a las bandas transportadoras para semillas, excepto que la altura debe ser adecuada a la de una persona que pueda estar parada o sentada sobre un banco para trabajar cómodamente. El ancho de la banda varía, siendo la de 31 cm la más usada, por tener espacio para colocar personal a los dos lados. La longitud del transportador usualmente debe ser para aproximadamente 10 trabajadores o según lo que se requiera.

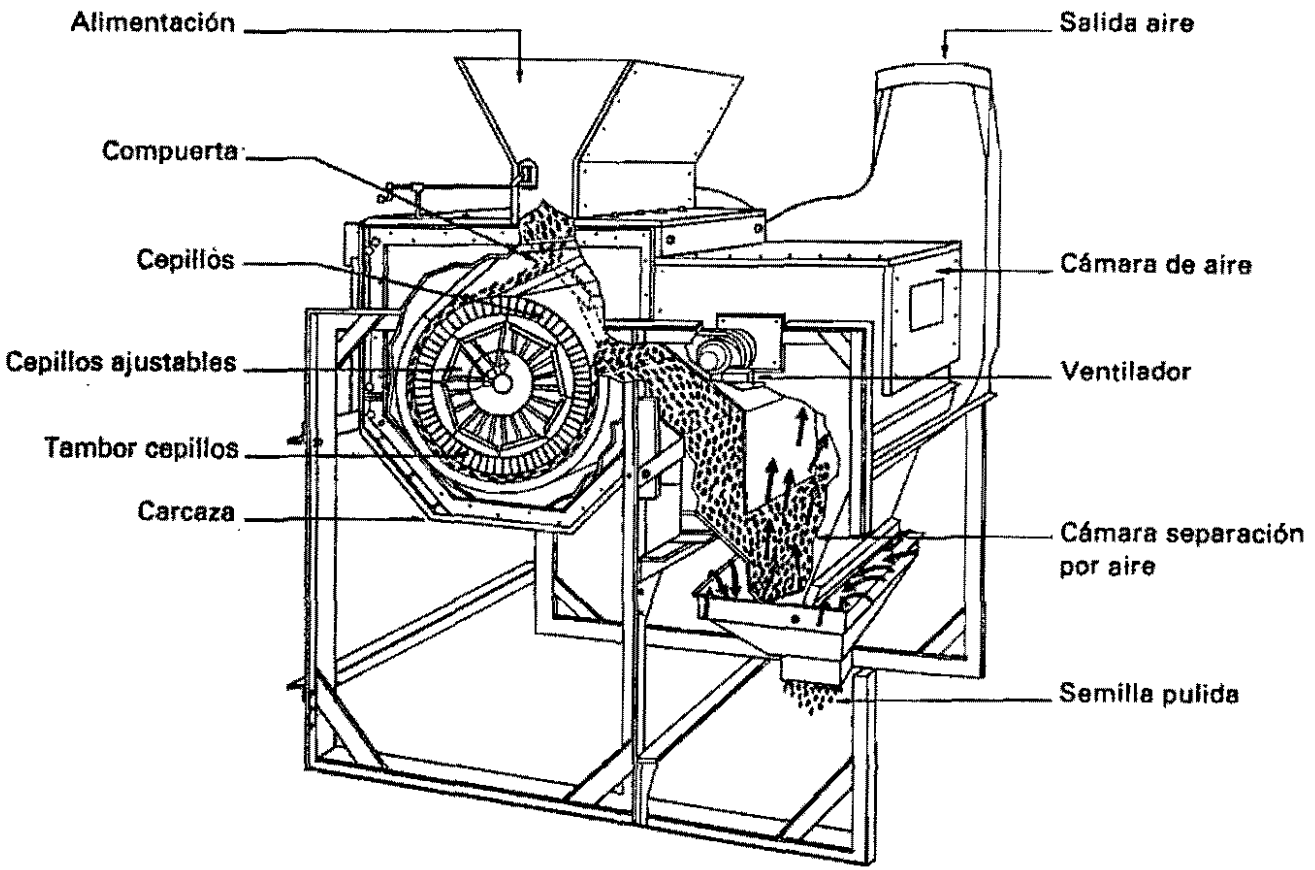


Figura 59. Máquina pulidora de semillas.

5.0 TRATAMIENTO DE SEMILLAS

5.1 Introducción

Existen dos tipos de tratamientos de semilla: el físico y el químico. Sin embargo, desde los años cincuenta, la aplicación de productos químicos ha sido una operación normal en las empresas de semillas y de los propios agricultores. En cambio, por sus procedimientos un tanto imprácticos, los tratamientos físicos son muy poco utilizados en la industria semillera.

5.2 Preceptos Básicos para el Tratamiento Químico de las Semillas

Para lograr desinfectar y/o proteger las semillas y obtener los resultados deseados, es necesario tener en cuenta los siguientes preceptos:

a. Analizar cuidadosamente la naturaleza del problema; cuáles son las enfermedades o insectos que se deben controlar para la especie que se va a tratar y las condiciones que se corregirán.

b. Familiarizarse con los productos químicos que se van a usar; conocer su espectro de control, su manera de acción, formulación, grado de toxicidad, antídoto, riesgos físicos tales como su calidad inflamable o si es corrosivo y su margen de fitotoxicidad.

c. Conocer los principios básicos del funcionamiento y la calibración de los equipos y accesorios para el tratamiento de las semillas.

d. Conocer la reglamentación legal y las normas aplicables al uso de los productos químicos en el tratamiento de las semillas.

5.3 Tratamiento Químico

Los productos químicos que se utilizan en el tratamiento de semillas pueden identificarse de tres maneras:

1. Por el tipo de fórmula

   a. Líquidos (emulsiones).
   b. Productos fluentes; concentrados y listos para usar.
   c. Polvos solubles en agua o polvos humectables.
   d. Fórmulas en polvo (tiene la desventaja de propiciar alta exposición de los operarios al producto).

2. Por su función o propósito

   a. Fungicidas; controlan hongos durante la emergencia de plántulas y protegen a la semilla tanto interna como externamente.

   b. Insecticidas; controlan los insectos y ácaros que atacan a las semillas en las condiciones del almacenamiento y en el suelo durante los primeros días de la emergencia.

   c. Otros químicos auxiliares; reguladores y estimulantes de la emergencia de plántulas.

3. Por su estructura química; debido a la gran cantidad de productos químicos que existen en el mercado, es importante conocer su principio activo para identificarlos correctamente.

5.4 Equipos para el Tratamiento Químico de Semilla

Básicamente, existen dos métodos para aplicar los productos químicos a la semilla: el método húmedo y el seco. Este último es exclusivo para aplicaciones de fórmulas en polvo. El método húmedo puede aplicarse en varias formas, pero en principio se busca el mismo objetivo: cubrir uniformemente las semillas con productos de formulación líquida o acuosa utilizando un equipo específico para ello.

5.4.1 Tratadoras para aplicación en húmedo

Existen diferentes modelos de tratadoras para aplicación de líquidos o soluciones humectables, las cuales difieren en la manera de aplicarle el líquido a la semilla:

1. Aplicación directa medida

   Se aplica una cantidad determinada de producto, el cual se mezcla con la semilla en una cámara metálica en movimiento, cubriendo la semilla uniformemente (Figura 60). Este sistema se recomienda para grandes volúmenes de semilla que deban tratarse con soluciones acuosas.

2. Atomización

   Esta forma de aplicación generalmente se realiza cuando es necesario aplicar pequeñas dosis de productos químicos costosos, en especial, soluciones de líquidos fluentes de baja viscosidad.

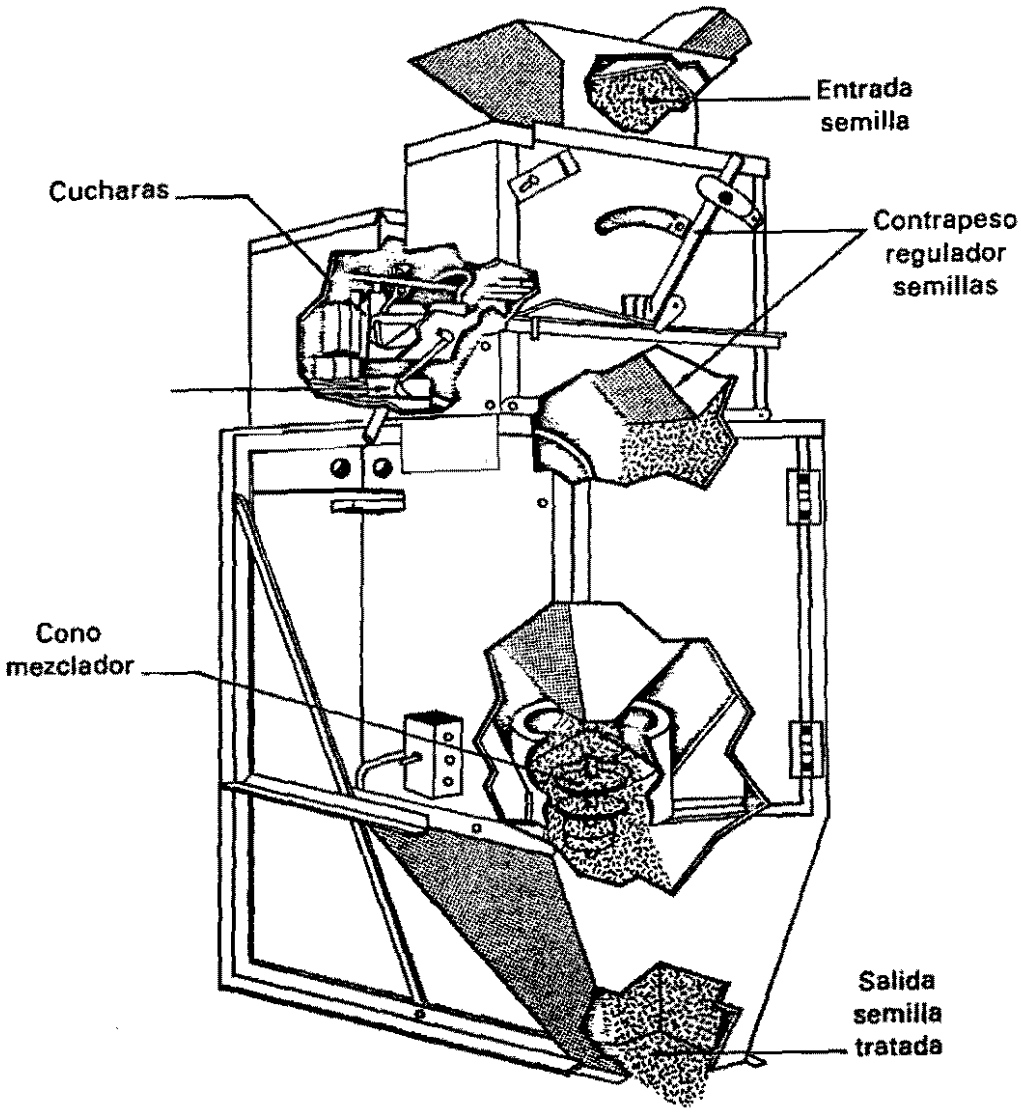


Figura 60. Tratadora para líquidos.

Este principio difiere del anterior en que el líquido se hace pasar por algún medio que nebulice o atomice la solución química sobre la semilla para que su recubrimiento sea más uniforme.

5.4.2 Tratadoras para aplicación en seco

Las formulaciones en polvo generalmente se aplican mediante un dosificador que permita introducir, en una cámara mezcladora, la cantidad de polvo requerida para tratar un volumen determinado de semillas. Generalmente la cámara mezcladora es un tambor giratorio (Figura 61) que, al girar, hace que el polvo se adhiera a la semilla.

5.4.3 Partes y funcionamiento de las tratadoras

La semilla se alimenta por la parte superior de la tratadora (Figura 60) y se deposita en un volcador con un divisor, el cual permite cargar y descargar una misma cantidad de semilla simultáneamente; mediante un contrapeso, se mide la cantidad exacta de semilla que luego se vuelca por su propio peso hacia el interior de la tratadora. Al realizarse este movimiento, el contrapeso tiene un mecanismo que vuelca una pequeña taza o cuchara localizada en el interior del tanque dosificador, la cual deposita una cantidad determinada de producto químico por una manguera que hace llegar el líquido a la cámara mezcladora o al disco giratorio, según sea el tipo de tratadora.

Algunos modelos utilizan transportadores helicoidales para ayudar a mover las semillas en la cámara y mejorar el recubrimiento del tratamiento, así como para desalojar la semilla de la tratadora. Otros utilizan los tambores giratorios que son más efectivos para realizar esta operación.

Debe prestársele especial atención a las tazas para el tratamiento; éstas se fabrican en acero inoxidable y vienen en capacidades desde 2.5 hasta 40 cm^3. La elección del tamaño adecuado depende de la dosis de producto que va a aplicarse y de la rata de alimentación de la semilla.

5.4.4 Calibración de las tratadoras

Para una calibración adecuada de las cantidades de producto químico y semillas que se van a tratar, es necesario tener en cuenta:

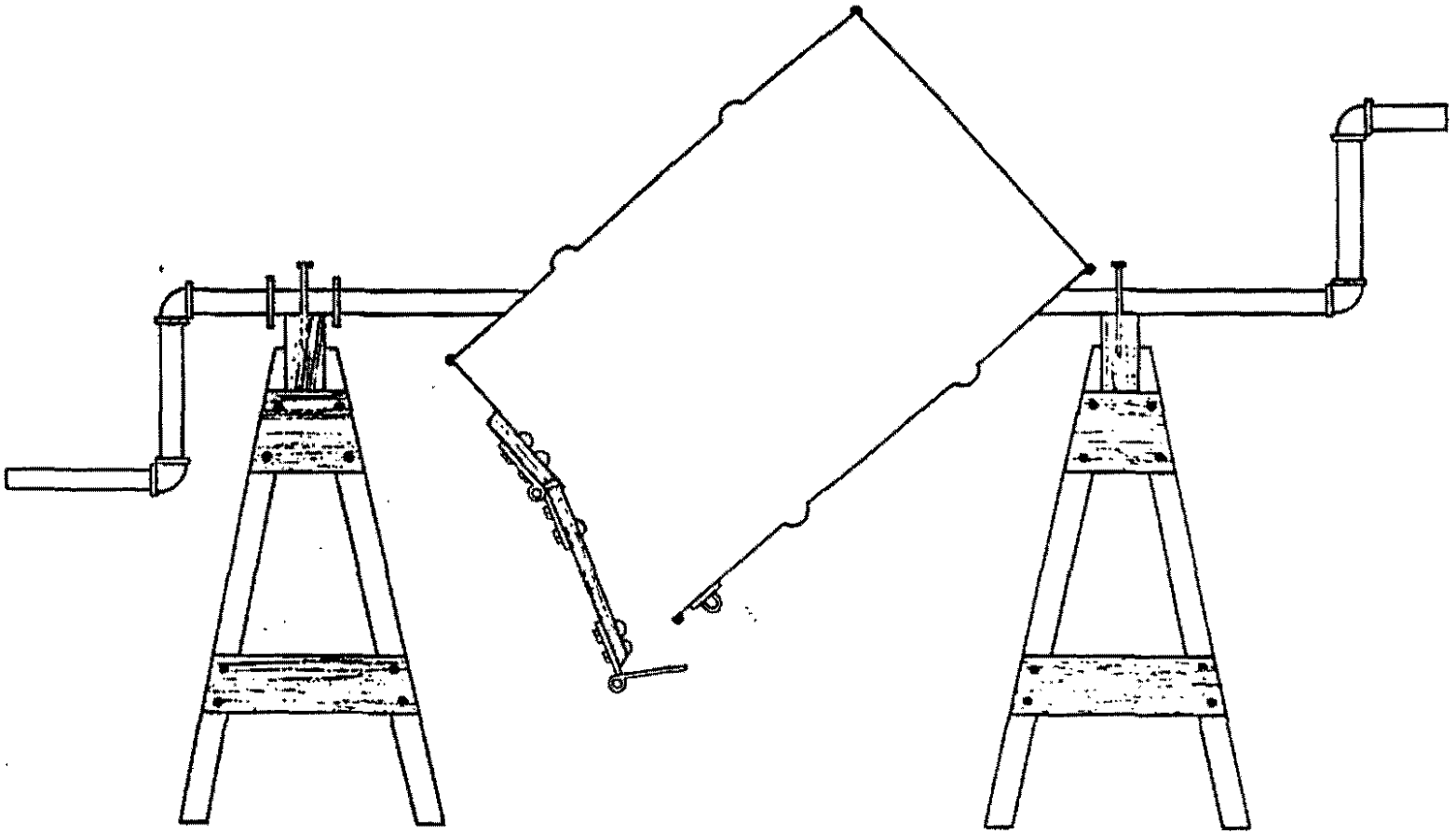


Figura 61. Tratadora manual.

1. La cantidad exacta de producto químico que se desea aplicar.

2. La cantidad de semilla que debe ser alimentada en cada oscilación del contrapeso del volcador.

3. El tamaño de las tazas con el tratamiento químico.

A continuación se describe un procedimiento comúnmente utilizado para calibrar las tratadoras:

Paso 1

Determine la cantidad de producto químico que se utilizará por cada 100 kg de semilla (por ejemplo, 800 cm^3/100 kg de semilla).

Paso 2

Antes de empezar a tratar la semilla, opere la tratadora con 100 kg de semilla y cuente el número de veces que se vuelca el depósito de semillas.

Divida la cantidad de semilla por el número de viajes que realizó el volcador para encontrar la cantidad de semillas por viaje. (Por ejemplo, se requirieron 20 viajes para volcar 100 kg; 100/20 = 5 kg de semilla/viaje).

Paso 3

Matemáticamente, determine el tamaño apropiado de la taza en centímetros cúbicos: primero, divida el peso por viaje obtenido en el paso 2 (100/5 = 20 viajes por cada 100 kg de semilla); luego, divida la dosis recomendada en el paso 1 entre los viajes necesarios para obtener 100 kg (800 cm^3/20 viajes = 40 cm^3/viaje; las tazas deben tener una capacidad de 40 cm^3).

Paso 4

La calibración matemática es sólo un punto de partida. Para asegurarse que la cantidad de producto aplicado es la correcta, se deben seguir los siguientes métodos:

Método 1. Medir la cantidad de producto. Para hacer ésto, se desconecta la manguera del depósito y se acciona la tratadora durante 10 viajes para verificar, por ejemplo, si corresponde a 400 cm^3 de la solución química

(tazas de 40 cm^3). Si no es así, se hacen los cambios correctivos necesarios.

Método 2. Cantidad de semilla tratada versus cantidad de producto usado. Este es el método más exacto. Por ejemplo; si se utilizaron 100 litros de producto químico y se requiere un litro por cada 100 kg de semilla, se deben obtener 10,000 kg de semilla tratada.

La calibración puede ajustarse con base en un cambio en:

- el tamaño de las tazas
- la posición del contrapeso del volcador
- la proporción de agua en la solución química

6.0 ENVASADO

Después de beneficiarlas y antes de almacenarlas, las semillas deben envasarse en un recipiente adecuado que contendrá el producto que va a ser almacenado, distribuído y comercializado en un mercado de alta competencia, en el cual el agricultor asociará año tras año, la calidad de las semillas con la imagen que proyecta el envase.

Además, el envase protegerá a las semillas de las condiciones climáticas y de los daños mecánicos y físicos que ocurren durante dichas operaciones, y su elección más apropiada para cada situación en particular depende de varios factores.

6.1 Selección de Envases

Son varios los factores que se deben tener en cuenta para elegir un envase que tenga (1) el tamaño apropiado, (2) el material adecuado y (3) que proyecte una imagen buena y atractiva. Para que el envase reuna las condiciones anteriores, es importante considerar lo siguiente:

a- Tipo y valor de las semillas. Se ha encontrado que las semillas con altos contenidos de almidones y con contenidos de humedad superiores al 12%, así como oleaginosas con humedades superiores al 10% deberán almacenarse en recipientes porosos para que no se deterioren.

Para que no pierdan su calidad, las semillas de alto valor económico se pueden almacenar a un contenido de humedad del 4-9%, en recipientes resistentes a la humedad.

La Tabla 7 presenta ejemplos del contenido de humedad que deberán tener las semillas de algunos cultivos durante su almacenamiento en envases sellados a prueba de humedad para que no se deterioren.

b- Protección deseada. El tipo de envase influye directamente en el intercambio de humedad con el medio ambiente. Un envase poroso permitirá que la semilla se equilibre más rápidamente con el medio que lo rodea.

Si la semilla se envasa en recipientes a prueba de humedad de tal manera que la humedad relativa del aire alrededor de la semilla permanezca bajo, la calidad de la semilla se mantendrá por más tiempo.

c- Condiciones de almacenamiento. Las semillas deberán almacenarse en lugares frescos y secos. Al conocer las condiciones ambientales, se puede determinar el tipo de envase requerido; en un lugar húmedo y caliente, el recipiente deberá ser a prueba de humedad o se tendrán que modificar las condiciones del almacén.

d- Capacidad del empaque. Son varios los elementos que se tienen en cuenta para decidir el peso de semillas que contendrá un envase. El límite de peso para manejar un envase es de aproximadamente 60 kg; un mayor peso dificulta el estibado y, además, los operarios pueden lastimarse.

El contar con envases que contengan un peso de semillas aproximado a la densidad de siembra por unidad de superficie (ej., una hectárea) para cada cultivo, es el factor más determinante. Por ejemplo, para sembrar una hectárea de maíz se requieren 20 a 25 kg de semilla y las compañías usualmente presentan envases con 22.5, 25, 45 y 50 kg; en el caso de la soya y el fríjol, envases de 25 y 50 kg; en el caso de la avena, el trigo y la cebada, envases de 50 kg. Todos estos pesos tienen relación con la densidad de siembra y son cifras enteras o múltiplos de 100 que facilitan su conteo; además, el agricultor puede estimar sus necesidades de semilla con base en la superficie que planea sembrar.

En especies como las hortalizas, los envases pequeños, con capacidades de 0.5 y 1 kg, son los más adecuados. En el caso de las semillas de pastos, los envases son muy voluminosos y vienen en capacidades de 10 y 15 kg, pesos también relacionados con la densidad de siembra.

Tabla No. 7 Contenido de humedad máxima para almacenar varias clases de semillas en recipientes sellados hasta por tres (3) años.

Cultivo	Contenido de humedad (% BH)
Alfalfa	6.0
Apio	7.0
Avena	10.0
Ballico	8.0
Betabel	7.5
Brócoli	5.0
Cebada	10.0
Cebolla	6.5
Centeno	10.0
Coliflor	5.0
Lechuga	5.5
Maíz	10.0
Mostaza	5.0
Pepino	6.0
Soya	8.0
Trébol crimson	8.0
Trigo	10.0
Zanahoria	7.0

e- Costo de embalaje. El tamaño de los envases se ajusta al peso que deben contener y a las dimensiones de las tarimas de estibalo. Las tarimas usualmente tienen una dimensión de 1.20 x 1.50 m para poder utilizar un montacarga automático o manual que disminuye el costo de maniobras en el almacén. Las tarifas para manejo de envases se basan en el peso de las semillas; sin embargo, un envase resistente con el peso apropiado facilitará las maniobras y el transporte de las semillas sin pérdidas ni daños mecánicos.

6.2 Tipos de Envase

A continuación se presentan los tipos de envases más utilizados en la industria semillera:

- Impermeables: Metal
  Cristal
  Papel laminado

- Semipermeables: Plástico
  Combinación de papel y fibras sintéticas

- Permeables: Fibras naturales: Ixtle
  Henequén
  Algodón

  Sintéticas: Polietileno
  Polipropileno

  Papel

La selección del envase más adecuado depende de la clase y de los volúmenes de semilla que se van a manejar, la duración del almacenamiento, las condiciones ambientales, el lugar donde se van a vender las semillas y el uso que se les va a dar (investigación, multiplicación o comercial).

6.2.1 Recipientes impermeables

En este tipo de envases es posible almacenar las semillas por varios años sin que pierdan calidad, cuidando que la humedad de la semilla mantenga un nivel 2-3% más bajo que en recipientes porosos para evitar que en su interior se forme un ambiente de alta humedad y aumente el metabolismo de la semilla.

Las botellas de cristal se pueden utilizar para muestras de semilla para investigación en los laboratorios; para el manejo comercial y los bancos de germoplasma, los recipientes de lámina con sus costuras bien selladas, son los recipientes más adecuados para guardar semillas. El papel laminado y bien sellado se utiliza para guardar muestras pequeñas de materiales valiosos de investigación que requieren ser almacenados por varios años.

En los envases sellados no hay cambio de peso en la semilla; además, constituye una barrera contra insectos, roedores y plagas de almacén, y existe menos oportunidad de que ocurran mezclas o errores en el etiquetado y generalmente son de fácil manejo en el almacén y en el campo. También presentan desventajas: la semilla que se vende presenta menor peso (menos agua); no es fácil muestrear los envases; su costo de fabricación puede ser alto; y en algunos casos, son difíciles de etiquetar e inventariar. Por otra parte, la semilla muy seca tiende a dañarse muy fácilmente.

6.2.2 **Recipientes semipermeables**

Estos tipos de envases pueden retener la transmisión del vapor de agua por un tiempo determinado, lo cual depende, principalmente, del grado de densidad o espesor del material.

Los recipientes de plástico de alta densidad o espesor de más de 0.25 mm pueden servir para almacenar semillas durante un período relativamente largo de tiempo. El espesor y la pigmentación de los plásticos son factores que influyen directamente en el aumento o disminución de la transmisión de vapor de agua. El envase de plástico puede ser útil para guardar muestras de laboratorio y material de investigación por períodos muy largos de tiempo. No obstante, el plástico puede ser atrayente para los roedores.

Los sacos de papel con recubrimientos de fibras sintéticas como el polietileno y polipropileno, son los envases preferidos por los productores de semillas para guardar semillas en climas cálido y húmedos y climas templados, debido a su alta resistencia a la humedad.

En esta categoría hay diferentes variaciones, con envases de papel fabricados con diferentes capas y recubrimientos; el papel es del tipo Kraft, material resistente a la humedad y al desgaste, principalmente por fricción.

A continuación se describen las combinaciones más comunes de sacos de papel Kraft con recubrimientos de polietileno o polipropileno:

a- Sacos de papel Kraft con cubierta delgada de polietileno en la capa interior del saco para prevenir la contaminación del producto con la fibra de papel; otra en la capa intermedia para prevenir la entrada y salida de vapor de agua; y una cubierta externa como barrera contra la humedad.

b- Sacos de papel Kraft de cuatro capas con recubrimientos de propileno en la cuarta capa.

c- Sacos de papel Kraft de cuatro capas con recubrimientos de polietileno en la capa exterior.

d- Sacos de cuatro capas con cubierta de polipropileno en la segunda capa.

e- Sacos de tres capas con capa de asfalto en la última capa en contacto con la semilla.

f- Sacos de cinco capas con recubrimiento de polipropileno en la quinta capa.

Los sacos de este tipo generalmente se fabrican cosidos o pegados en los dos extremos, para su uso en ensacadoras de válvula; también son comunes los sacos que quedan libres en un extremo para su llenado y cosido.

En estos envases la calidad de la semilla se mantiene adecuadamente durante períodos de 6 a 18 meses; el peso de las semillas no cambia considerablemente y, además, se pueden etiquetar fácilmente, los logotipos de la compañía lucen más claros e impactantes, son de fácil manejo y pueden ser fácilmente estibados en los almacenes. Sin embargo, pueden romperse durante su transporte debido a un manejo inadecuado; al tomar muestras de la semilla contenida en ellos deben sellarse de nuevo con alguna cinta especial para evitar derrames de semilla. Su costo es relativamente alto.

6.2.3 Recipientes permeables

Los envases de semilla más comunes y de bajo costo son los manufacturados con fibras sintéticas, naturales y de papel. La resistencia que ofrecen al intercambio de la humedad es la de la propia semilla; al estar estibados, los sacos exteriores protegen o hacen más lenta la transmisión de la humedad hacia la semilla ubicada en el centro de la estiba, debido a la propiedad aislante que tienen las semillas.

Estos envases se fabrican en varios tamaños para cada tipo de semilla; su costo es relativamente bajo, son resistentes al manejo y de fácil transporte, pero no son resistentes a la humedad y no protegen a la semilla contra plagas y roedores.

A continuación se describen brevemente las características de estos envases:

a- De fibras naturales. Estos sacos se fabrican en telares donde se tejen con diferentes mallas dependiendo del tamaño de la semilla. Los sacos de ixtle, henequén y yute generalemente se usan para manejar las semillas como material prima y los de tela de algodón para producto terminado.

b- De fibras sintéticas. Estos sacos son los más comunes y actualmente se utilizan para envasar las semillas que van a ser vendidas inmediatamente. Los sacos se fabrican de polipropileno o polietileno. Los de polipropileno son los más populares por presentar mayor resistencia y están tejidos con hilos de polipropileno en diferentes tamaños de malla; pueden muestrearse fácilmente sin romper la malla, a diferencia de los de polietileno que deben romperse y luego sellarse con alguna cinta especial.

c- De papel. Los sacos de papel para empacar semillas se fabrican en papel tipo Kraft en varias capas, dependiendo de la resistencia que se requiera. Los sacos de cuatro capas son los más comunes y si se desea mayor resistencia a la humedad, es conveniente combinarlos con capas de polietileno.

En resumen, los envases porosos son los que están más a la disposición del productor de semillas, pero su resistencia a la humedad es mínima.

6.3 Equipo Accesorio

El equipo necesario para envasar las semillas incluye básculas y cosedoras o selladoras de los sacos. Dicho equipo accesorio debe ser el más adecuado para realizar esta operación y no representar un cuello de botella en el proceso por no tener la capacidad apropiada para envasar la semilla. Existen diversos equipos que pueden seleccionarse según las necesidades de la operación y dependiendo, principalmente, de la capacidad y el tipo de semillas que se manejen.

6.3.1 Báscula-envasadora

Entre las báculas envasadoras hay tres categorías de equipo:

a- Manuales. Este tipo de básculas es el de menor costo y no es muy apropiada para manejar grandes volúmenes de semilla; se requiere de más mano de obra. La báscula consiste en una plataforma portátil donde se coloca el saco para su pesaje.

b- Semiautomáticas. Estas básculas son muy sencillas de manejar y son las más utilizadas en la industria de semillas. Se conectan a la salida del tubo de descarga de la tolva de compensación. El saco se coloca en la boquilla de la báscula y al abrirse la compuerta, el saco se llena con el peso exacto que el operador fijó previamente. Estas básculas se fabrican en diferentes modelos y con una capacidad que oscila entre 100 y 400 kg/minuto.

c- Automáticas. Estas básculas envasadoras se utilizan para semillas muy pequeñas y de alto vapor. Algunos modelos toman el envase, lo colocan en la boquilla, sueltan el saco lleno y lo transportan a la cosedora; todas estas operaciones ocurren automáticamente.

6.3.2 Cerradoras de envases

Para sellar o cerrar los sacos, se debe tener en cuenta el material del envase; si es de papel o polipropileno, deberá cerrarse con una cosedora industrial; si es de plástico o polietileno, con selladores térmicos; si son cajas de cartón, con grapas o papel engomado; y si son envases de metal, con selladores especiales.

a- Cosedora de sacos. Los sacos se pueden cerrar con cosedoras industriales de uno y dos hilos. Estas pueden instalarse en forma permanente en un pedestal con una banda transportadora para facilitar la operación. La cosedora portátil puede auxiliar en el cerrado de sacos en el almacén.

b- Selladores térmicos. Los selladores térmicos industriales son eficientes para cerrar bolsas de polietileno. Estos consisten en un par de resistencias que, al contacto con el plástico, sellan permenentemente las bolsas.

c- Selladores de botes de lámina. Los envases de metal requieren de un sellado hermético, por lo cual se requiere un equipo especial. Las semillas de hortalizas usualmente se empacan en pequeños botes o latas de lámina enrollada para su venta comercial, por lo cual es necesario contar con una envasadora automática que selle las latas rápida y herméticamente. Estas empacadoras deben mandarse a fabricar, especificando el tamaño del envase y la tapa apropiada, para que funcionen adecuadamente.

7.0 TRANSPORTADORES DE SEMILLAS

Manejar eficientemente las semillas en una planta de beneficio no sólo es reducir la mano de obra en las diferentes operaciones, sino también evitar la mezcla de variedades y el daño mecánico. Los transportandores deben diseñarse de tal manera que se puedan limpiar fácilmente y que tengan el tamaño y la capacidad adecuada para mantener un flujo uniforme de semillas en todas las operaciones de la UBS.

Existen diferentes trnasportadores de tipo horizontal, inclinado y vertical, que tienen distintos tamaños y variadas capacidades.

7.1 Elevadores de Cangilones

Los elevadores de cangilones son los transportadores verticales más utilizados para elevar la semilla y forman parte esencial de cualquier UBS.

Un elevador consiste en una base por la cual se alimenta la semilla, una columna y un cabezal de descarga generalmente fabricados en estructuras metálicas. En su interior presentan una banda de tipo industrial o cadenas sinfín que están en movimiento ascendente y descendente por medio de un mecanismo de poleas. Dicha banda lleva fijada una serie de cangilones uniformemente espaciados, los cuales contiene la semilla. Al accionar mecánicamente la banda en dirección vertical, los cangilones en la parte alta se invierten para seguir su viaje descedente, vaciando la semilla por el tubo de descarga del elevador (Figura 62).

Se recomienda que los cangilones sean fabricados de plástico o fibra de vidrio para evitar daños mecánicos. La velocidad de la banda en el transporte de semillas debe ser menor en comparación con la de la banda que mueve granos comerciales; usualmente la banda debe tener velocidades entre 54 u 80 m por minuto. Los elevadores vienen construídos con diferentes capacidades que normalmente varían entre 1 y 50 ton/hora.

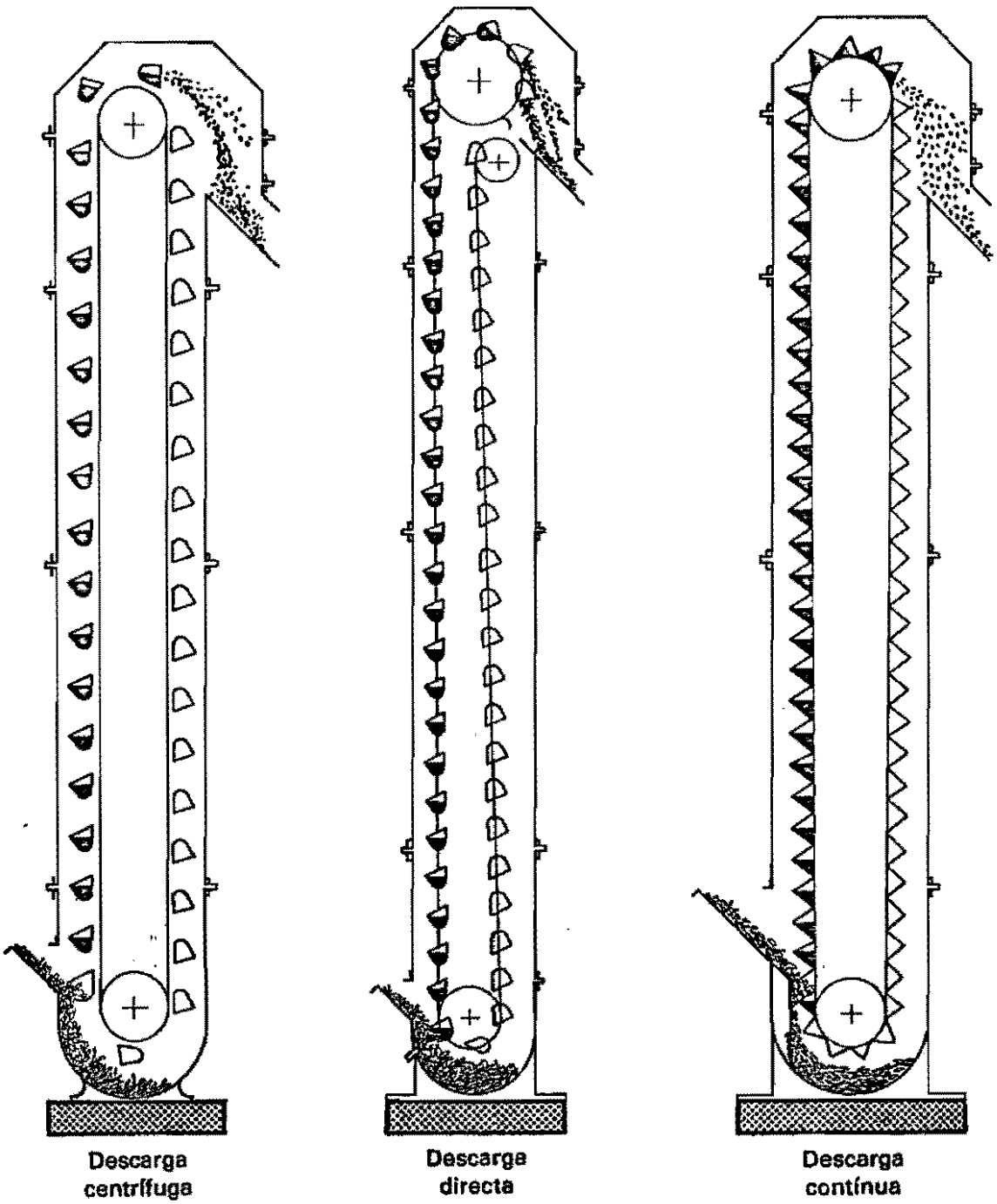


Figura 62. Tipos de elevadores de cangilones.

La forma de descarga de estos elevadores también varía: centrífuga, directa y continua externa e interna.

7.1.1 Descarga centrífuga

Este tipo de descarga en los elevadores es la más común. La forma del cangilón y la velocidad y el diámetro de la polea en el cabezal deben tener una relación tal, que la acción de la gravedad y la fuerza centrífuga no dañen la semilla al ser descargada por el tubo de descarga. La variación en cualquiera de estos factores hará que las semillas sean golpeadas y dañadas con el movimiento de los cangilones.

7.1.2 Descarga directa

Este tipo de elevador no es muy común. Se recomienda su uso en semillas livianas de pastos que no son fáciles de manejar en los de descarga centrífuga. En elevadores con este tipo de descarga, los cangilones son movidos y elevados por un par de cadenas, de tal manera que al llegar al cabezal de descarga, se invierten y las semillas caen por gravedad sobre el cangilón precedente que sirve como base para que descarguen por el tubo de descarga del elevador.

7.1.3 Cangilones continuos

En este tipo de transportador, los cangilones van uno seguido del otro y son movidas por una banda o cadena sinfín. Su velocidad es lenta y su capacidad es alta, por lo cual el daño a las semillas es menor pero su costo es un poco más alto comparado con el de otros tipos de elevadores.

7.1.4 Descarga interna

Actualmente este tipo de elevadores puede ser uno de los más recomendables para manejar semillas, especialmente para el manejo de cultivos frágiles como la soya y el frijol. Su movimiento es lento pero su capacidad es muy alta debido al gran número y tamaño de los cangilones. Su carga y descarga ocurre directamente sobre el cangilón y tubo de descarga, respectivamente. Ocupa más espacio en la planta y es relativamente más costoso (Figura 63). La elección de este elevador depende del cuidado y valor de la semilla que se quiere manejar; el daño mecánico es mínimo, tiene una alta capacidad y es prácticamente autolimpiable.

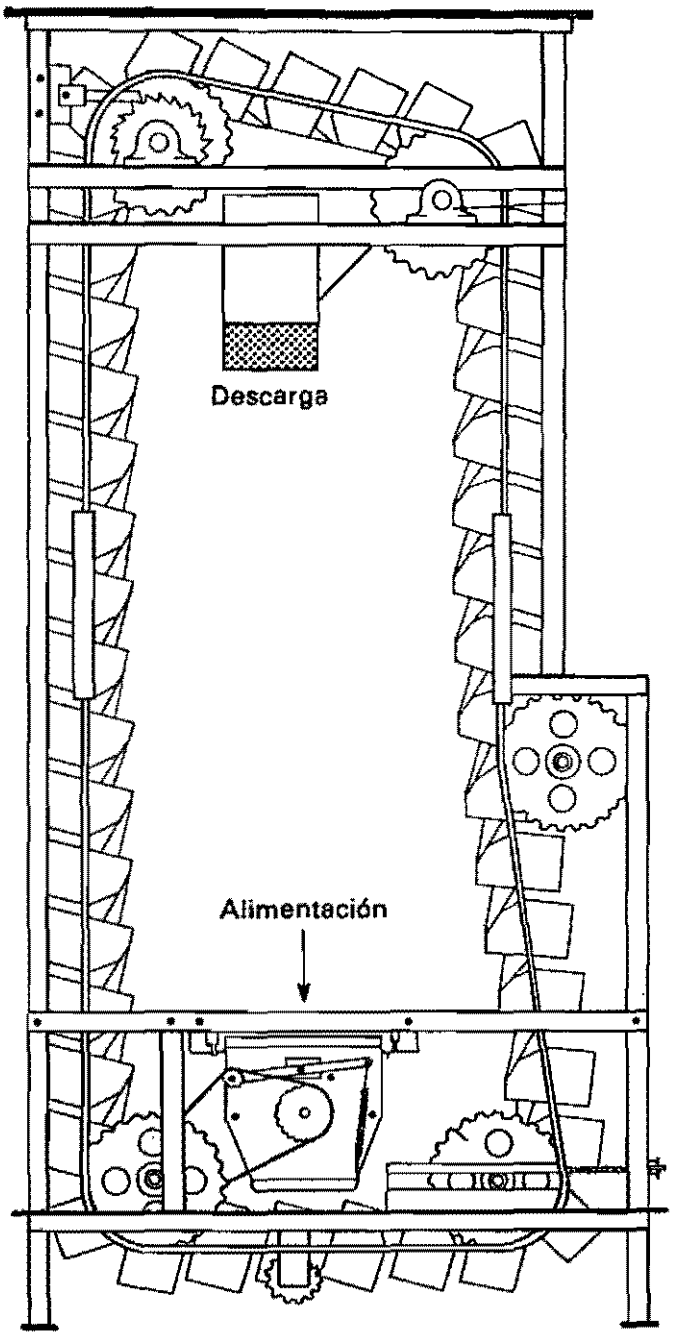


Figura 63. Elevador de cangilones de descarga interna.

7.2 Transportadores Neumáticos

Los transportadores neumáticos no son muy comunes en el manejo de semillas. Su alto costo y falta de información sobre el posible daño que puedan sufrir las semillas, hacen que su uso aún sea muy limitado. Entre los equipos de este tipo que transportan semilas por medio de aire, están principalmente los de alta presión, que son los más comunes en el manejo de granos en los molinos. En semillas, se tiene un poco más de experiencia en los de tipo aspirador que transportan semillas en distancias cortas.

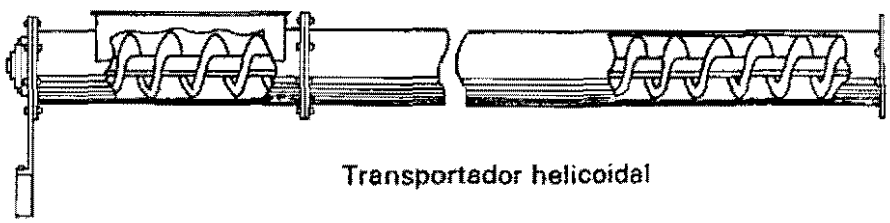
7.3 Transportadores Helicoidales

Este tipo de transportadores es uno de los que causa más daño a las semillas; sin embargo, es uno de los medios de transporte de semilla más conocidos y accesibles a los agricultores (Figura 64). Es muy usual ver como se manejan grandes volúmenes de semillas en estos transportadores. Para algunos agricultores el daño causado a la semilla puede resultar despreciable comparado con el costo de mano de obra que implicaría mover el mismo volumen de semilla. Definitivamente no son recomendables para mover semillas en trayectos de más de 3 m. No obstante, su flexibilidad y bajo costo los hacen más atractivos para el manejo de grano.

Este transportador consiste en un tubo en forma de "U" que contiene una barra horizontal con una tira metálica en forma helicoidal, la cual arrastra los granos para moverlos de un lugar a otro. En el caso de los transportadores portátiles tipo bazzoka, la alta velocidad con que accionan el helicoidal daña sustancialmente las semillas y son difíciles de limpiar. Siempre que sea posible, se debe evitar el uso de este transportador; pero si es necesario hacerlo, debe estar lleno de semillas ya que así el daño es menor.

7.4 Transportadores de Cadena Sinfín

Este transportador mueve la semilla con un sistema de paletas de una aleación de aluminio, unidas a una cadena sinfín (Figura 64). Como todos los transportadores, tienen diferentes medidas y capacidades; su movimiento es lento y es un excelente transportador de semillas que no causa daño mecánico y que tiene las ventajas de instalación del tipo helicoidal. Se puede instalar hasta con 45° de inclinación y puede tener múltiples descargas a todo lo largo del transportador.



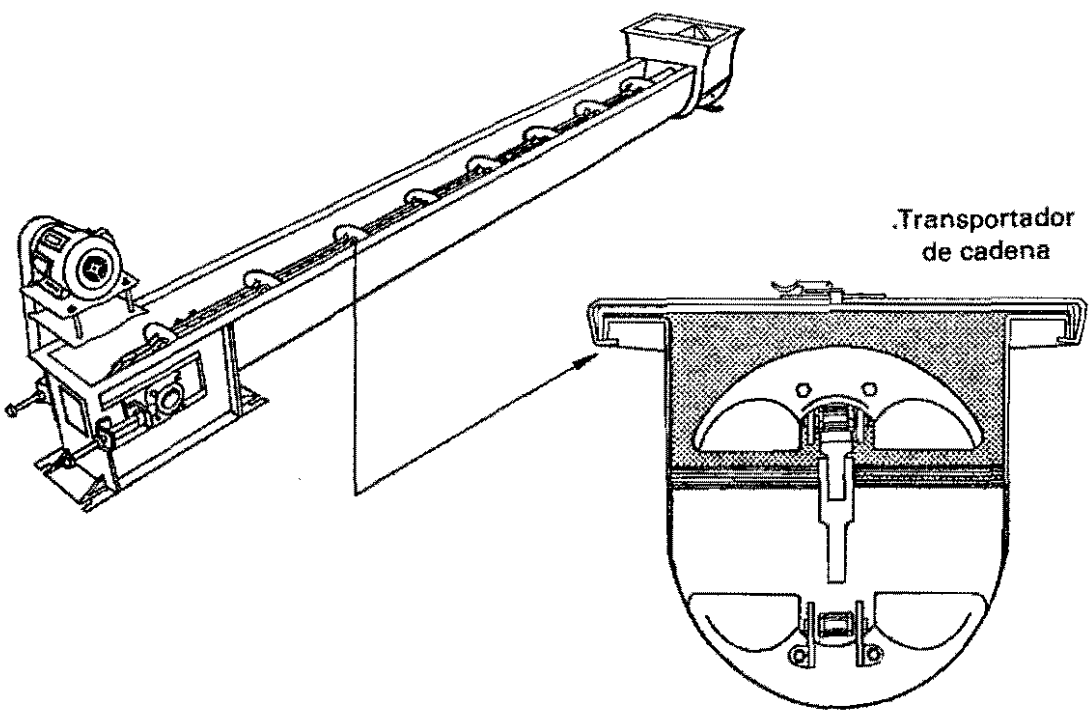


Figura 64. Transportador helicoidal y transportador de cadena.

7.5 Banda Transportadora

La banda transportadora es de los equipos más utilizados en cualquier industria para mover diversos materiales en forma horizontal e inclinada. En la de semillas no es una excepción. Su uso múltiple va desde alimentar grandes cantidades de semillas a granel hasta la estibación de sacos de semilla en pequeños transportadores inclinados. En principio, el transportador consiste en una base metálica o rodillos con una banda de varias capas de tipo industrial, accionada por un mecanismo electromotriz que produce el movimiento en una dirección hasta alcanzar su máxima longitud y regresarla a su punto inicial. Su velocidad puede ser variable y su dirección reversible. Al multiplicar la cantidad de semilla en 1m de banda por la velocidad de la banda se conoce la capacidad de descarga del transportador. La anchura de la banda comúnmente varía entre 0.2 y 0.6 m, y la longitud se determina por la distancia que se desee mover la semilla. Normalmente las semillas se descargan en el extremo de la banda. Cuando se desea descargar en varios puntos de la banda, es necesario utilizar un vehículo especial móvil ubicado encima de la banda. Su mayor ventaja es que no daña la semilla durante su viaje y es casi autolimpiable. Su desventaja es que, cuando se instala a la intemperie, requiere de una cubierta que la proteja (Figura 65).

Los transportadores de bandas se fabrican en varios modelos, tipos y capacidades, todos con el mismo fin, siendo la de base metálica la única que se modifica según los requerimientos de una UBS en particular.

7.6 Transportadores por Gravedad

A este tipo de transportador también se le conoce como "mata caídas" o escalera amortiguadora. Su función es detener la caída libre de la semilla desde alturas de más de 3 m. Generalmente, al llenar grandes tolvas, depósitos ó silos de semillas desde grandes alturas, las semillas pueden dañarse al caer. El "mata caídas" es un transportador metálico vertical que se instala en las paredes de los silos y su forma hace que la semilla baje en forma de "zig zag", aminorando su velocidad hasta llegar al fondo del silo. Esto permite que el silo se llene paulatinamente de semillas, sin que ocurra daño alguno (Figuras 66 y 67).

7.7 Transportadores Vibratorios

Los transportadores vibratorios están siendo muy utilizados en las UBS. Prácticamente es un transportador autolimpiable, aspecto de diseño muy

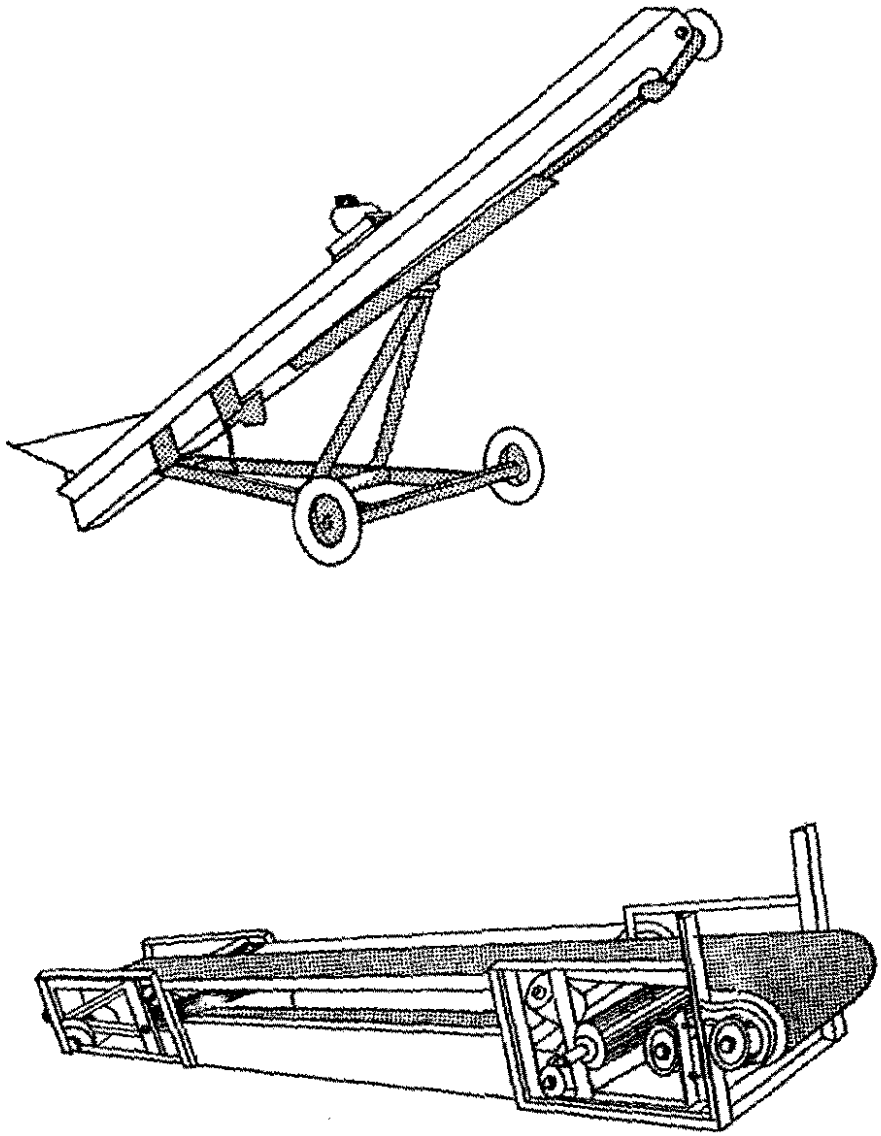


Figura 65. Transportadores de banda.

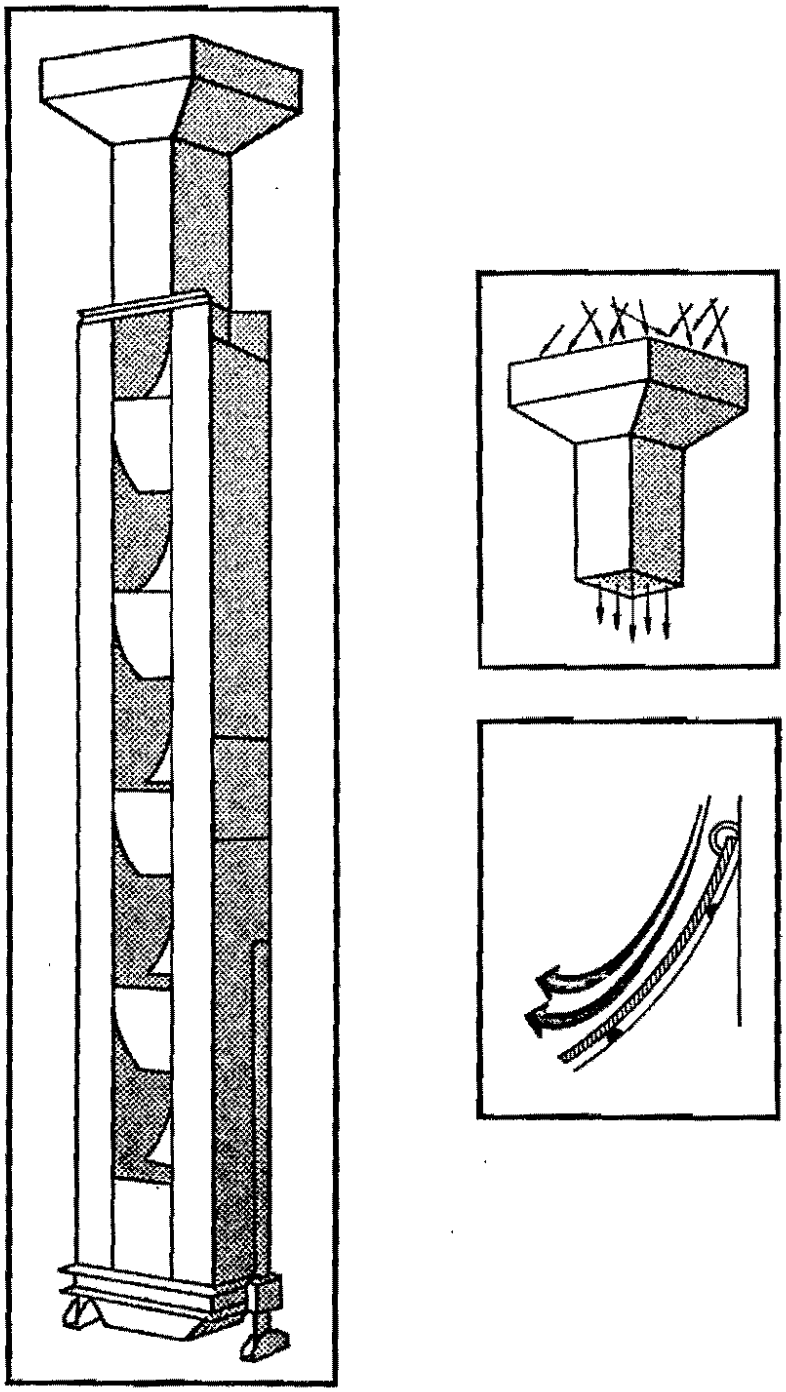


Figura 66. Amortiguador de caída.

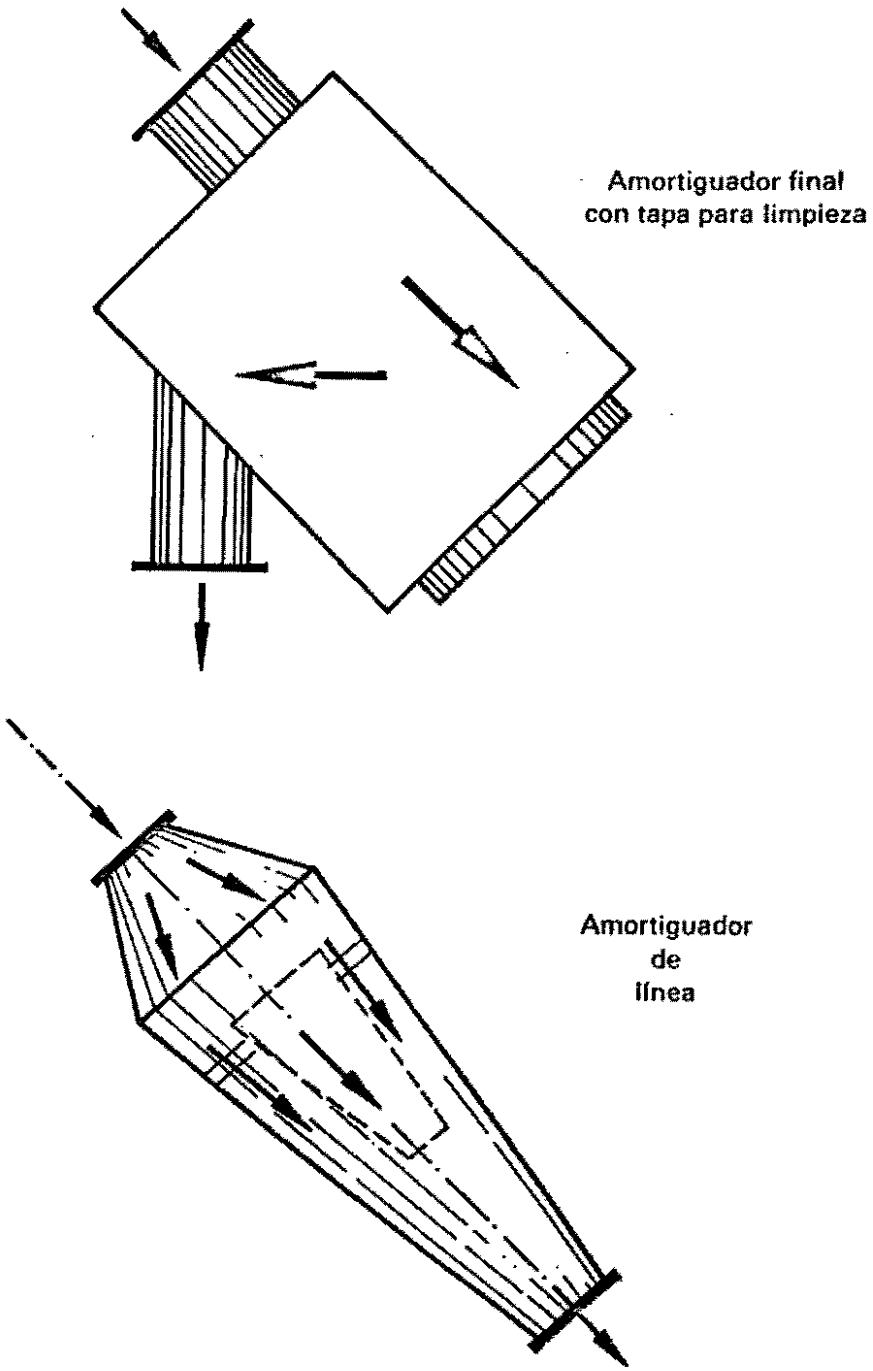


Figura 67. Tipos de amortiguadores.

importante en una planta que maneje varias variedades o cultivos en un mismo período de cosecha.

El trasportador consiste en un canal de lámina galvanizada con sostenes flexibles y un mecanismo automotriz que produce un efecto vibratorio que hace que la semilla avance sobre el transportador (Figura 68).

Se fabrican en varios modelos y con distintas capacidades. Su longitud normal es de 4 m, pero puede instalarse en serie para alcanzar una mayor distancia y descargar semilla en cualquier punto del camino.

7.8 Montacargas

Actualmente el uso de montacargas es limitado. Debido a su alto costo y para que sea rentable, es necesario que se utilice durante gran parte del año y moviendo grandes volúmenes de semillas. Los montacargas pueden ofrecer la ventaja de mover rápidamente la semilla en una línea de alta capacidad de beneficio para que la semilla sea adecuadamente almacenada y acomodada por lotes. También existen modelos de montacargas hidraúlicos con un costo inicial no muy elevado, los cuales permiten que un operario mueva media tonelada de semillas fácilmente.

7.9 Otros

Otros medios de transporte de semillas a granel pueden ser los remolques tirados por un tractor o con un sistema hidráulico para levantar su caja al descargar en tolvas. El uso de remolques puede disminuir la inversión inicial en la mecanización del transportador de semillas en un sistema de silos de recepción o secado.

8.0 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y LA OPERACION DE UNA UBS

La persona que diseñe una planta de semillas debe apoyarse en otros aspectos que no necesariamente son de ingeniería del proyecto. Todo diseñador debe considerar la información más importante de la situación actual de los programas de producción de semillas que están o serán establecidos en la zona de influencia del proyecto. La información adicional más importante que se debe tener en cuenta como marco de referencia es la siguiente:

1- Cultivos comerciales; su oferta y demanda

2- Situación de los programas de producción de semillas

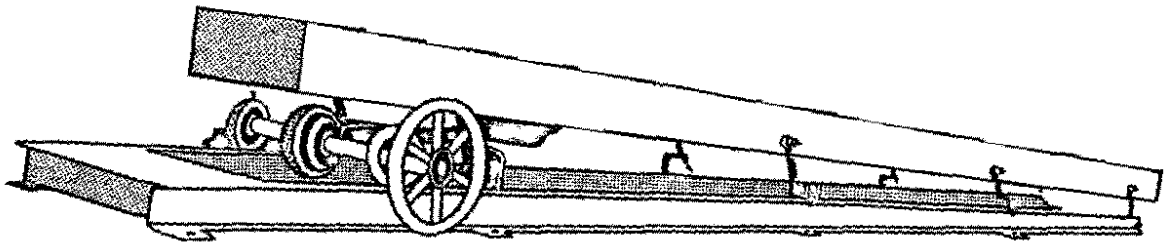


Figura 68. Transportador vibratorio.

3- Grado de mecanización de los agricultores

4- Condiciones ambientales

5- Labores culturales de la región

6- Organizaciones de los productores

7- Estudios y proyecciones del mercado

8- Experiencias en el beneficio de semillas

9- Sistemas de acopio más utilizados

10- El establecimento de la demanda de semillas actual y futura de la empresa

8.1 Planeación

La elaboración de planos que contengan el flujo de la operación del proceso y la distribución del equipo son la mejor forma de planificar no solo la operación del beneficio, sino también analizar si cumple con los supuestos programas de producción de semillas que se van a establecer. El análisis de varias alternativas siempre llevará a determinar el mejor diseño de un proyecto y a tomar la decisión más indicada.

Para realizar una buena planeación es importante contar con la siguiente información:

1- Información relacionada con los cultivos.

a- Tipos
b- Problemas con semillas de malezas
c- Variedades y volúmenes
d- Contenidos de humedad

2- Definición referente al edificio que se piensa construir

a- Topografía del sitio
b- Instalaciones permanentes
c- Restricciones de las construcciones
d- Tipo de edificio

3- Selección del equipo

a- Capacidades
b- Operación mecánica-eléctrica
c- Fabricación de la máquina (detalles)

4- Distribución del equipo

a- Flujo continuo
b- Flexibilidad
c- Espacio entre máquinas

Una vez que se tiene esta información, el segundo paso es:

1- Elaborar un diagrama de flujo que muestre la secuencia de máquinas para un cultivo en particular.

2- Localizar la MAZ y el elevador que la va a alimentar.

3- Localizar el sitio del elevador que alimentará de semilla limpia y la primera separadora.

4- Colocar la separadora lo más cerca de la MAZ y el elevador que alimentará a la siguiente separadora o tratadora.

5- Continuar localizando el lugar de los siguientes separadores que se requieren en el proceso hasta terminar la operación.

6- Permitir suficiente espacio entre las máquinas para que los operarios puedan caminar libremente.

8.2 Selección del Sitio

Las UBS usualmente se localizan en los terrenos agrícolas aledaños y en las zonas de producción y comercialización de las semillas. Algunas veces el sitio o terreno agrícola no se puede elegir; las restricciones de carácter ambiental influyen en la decisión de escoger un sitio en particular. Sin embargo, es conveniente analizar los siguientes factores y jerarquizarlos en función de la cercanía a las zonas de producción y comercialización de las semillas:

a- Acceso a las vías de comunicación

b- Disponibilidad de mano de obra: costos, especialización y sindicatos.

c- Servicios primarios: electricidad, agua, teléfono y gas.

d- Cercanía a los centros urbanos: materiales, bancos, oficinas del gobierno, otros servicios, etc.

e- Obligaciones fiscales.

Una vez escogida la localidad que presente mayores ventajas, es importante conocer las características del terreno elegido donde se edificará la planta como:

a- Linderos
b- Pendientes y tipos de suelos
c- Distancias de los servicios de electricidad, agua, teléfono y gas
d- Tipos de construcciones aledañas (evitar escuelas y hospitales)
e- Drenajes
f- Accesos

8.3 Secuencia de las Operaciones

La experiencia y el conocimiento que se tenga sobre las bases de la separación de materiales indeseables de las semillas, determinarán más eficientemente la secuencia de operaciones que debe seguir el beneficio de un cultivo en particular y el equipo que se utilizará. Es recomendable un diseño que presente una secuencia versátil, en el que se puedan manejar varias opciones para que los operadores de la planta puedan determinar la secuencia de las operaciones, dependiendo del problema en particular que se les presente.

8.4 Capacidades de Operación

Una vez determinada la capacidad total de operación de una planta, es importante obtener un flujo contínuo a través de todo este proceso. Para lograr ésto, se deberá conocer la capacidad de operación de cada equipo seleccionado. Si una MAZ tiene una capacidad de 3 ton/hora, las otras máquinas tendrán que tener la misma capacidad. Es difícil tener una línea con equipo que tenga la misma capacidad, por lo cual se necesita hacer uso de tolvas compensadoras entre los equipos; cuando las diferencias en

capacidades sean muy grandes, se deberán utilizar dos o más equipos para equilibrar la línea.

El siguiente ejemplo ilustra dos maneras como se puede acondicionar una línea con equipo de diferente capacidad para semilla de frijol, en un turno de 8 horas:

Opción A:

Capacidad de 1 ton/hora.

MAZ	Mesa de gravedad	Tratadora	Envasadora
4 ton/hora	1 ton/hora	2 ton/hora	4 ton/hora

Opción B:

Capacidad de 2 ton/hora

MAZ	Tolva	Mesa de gravedad 1 ton/hora	Tratadora	Tolva	Envasadora
4 ton/hora	8 ton	Mesa de gravedad 1 ton/hora	2 ton/hora	8 ton	4 ton/hora

En la opción A se pierde la eficiencia de operación en casi todas las máquinas; en la B se anexan dos tolvas de compensación de 8 toneladas y una máquina más, logrando duplicar la capacidad del proceso y sobre todo, todas las máquinas pueden trabajar a su capacidad. Para equilibrar una línea existe ésta y muchas otras opciones.

8.5 Transporte

La elección de la capacidad de los elevadores y transportadores se debe determinar con base en el equipo o tolva que va a alimentar o descargar, sin causar daño mecánico, y que su instalación sea accesible a la limpieza. Los fabricantes de estos equipos generalmente proporcionan su capacidad, pero se debe tener en cuenta qué cultivo se va a beneficiar; no es lo mismo manejar semillas de soya que mazorcas o semillas de pastos y hortalizas.

8.6 Selección del Equipo

Es importante conocer el equipo disponible en el mercado y que se ajuste a las necesidades del diseño. La fabricación del equipo de semilla es limitada debido a su especialización, por lo cual es recomendable seguir los siguientes pasos para elegir el equipo adecuado:

1- Revisar los catálogos de los fabricantes para conocer capacidades y especificaciones de operación mecánica y eléctrica del equipo deseado.

2- Consultar con expertos en este campo.

3- Visitar otras plantas donde utilicen el equipo que se busca.

4- Preguntar a los operadores la opinión que tiene de algunos equipos en particular.

5- Verificar si tienen un sistema seguro de inventarios de reposición de piezas.

8.7 Tipos de Distribución

Después de analizar las operaciones y su secuencia y la capacidad y selección del equipo necesario para el diseño elegido, se puede iniciar un plan de distribución de toda la maquinaria y el equipo de la planta. La utilización de los diagramas de flujo que se realizaron para establecer la secuencia de las operaciones será la base para elaborar planos con los diagramas de distribución de maquinaria y equipo en la planta. Esto ofrece la oportunidad de poder corregir errores de operación; una vez construída e instalada la planta, sería muy costoso tratar de corregir alguna operación del proceso.

Generalmente existen tres tipos de distribución: de un nivel, de varios pisos a una combinación de ambos.

8.7.1 De varios pisos

Este tipo de distribución consiste en acomodar la maquinaria y el equipo en varios pisos para eliminar principalmente elevadores y transportadores que puedan dañar la semilla y para mover la semilla por su propia gravedad. Por supuesto, la construcción de edificios requiere mayores alturas, pero menor área que una bodega normal. En principio, el procedimiento en este

tipo de distribución es elevar la semilla a la parte superior de la planta e iniciar el proceso en orden descendente hasta completarlo.

8.7.2 De un solo nivel

Actualmente, la disponibilidad de elevadores continuos de velocidad lenta y alta capacidad y los altos costos en construcción de edificios de gran altura, hace que algunos prefieran distribuciones en un solo nivel, en los que se requiere un mayor número de transportadores y elevadores y se ocupa un mayor espacio. La supervisión de las máquinas puede facilitarse mejor en esta distribución y probablemente sea de menor costo.

8.7.3 Diseño combinado

Para muchos diseñadores es más conveniente combinar el equipo disponible y los costos de construcción, de tal manera que la distribución del equipo responda más a sus propias características y a las necesidades existentes, prefiriendo una distribución combinada, que sea versátil y que permita manejar varios cultivos en la misma planta.

8.8 Análisis de las operaciones

También es necesario conocer el programa de producción para determinar el número de cultivos y variedades que se manejarán, los volúmenes esperdos, las fechas de siembra y recepción, el grado de humedad del grano recibido, los problemas más comunes de separación de semilla de malezas, etc. Esto permitirá definir no solo las operaciones del beneficio, sino también la localización de la planta y la capacidad, selección, tipos y distribución de maquinaria y equipo para operar con la mayor eficiencia y al menor costo posible.

8.9 Automatización

El grado de automatización que existe actualmente en la industria resulta muy alto por el gran uso de maquinaria e instrumentos eléctricos. Sin embargo, la industria de semillas, por su propia naturaleza de manejar un elemento vivo, no puede avanzar hacia una total automatización como se está haciendo en otras áreas industriales.

La automatización en el manejo de las semillas llega hasta manejar eficientemente la capacidad de operación deseada y eliminarles maniobras pesadas a los operarios. El uso de instrumentos electrónicos de control en

las operaciones de secado, transporte y llenado de depósitos de semillas ha incrementado la eficiencia de operación, ha ayudado al mantenimiento de la calidad de las semillas en estos procesos especializados y ha ido eliminando la supervisión contínua de los operadores. La simplicidad en la operación mecánica de la maquinaria y el equipo para beneficiar semillas, propicia la automatización del proceso.

8.10 Construcciones e Instalaciones

Las construcciones e instalaciones en una UBS quizás representan la inversión inicial más fuerte de una empresa de semillas que, si no opera eficientemente por contar con edificios e instalaciones inadecuadas, puede representar un cargo altamente oneroso al costo de la semilla. El diseñador debe comprender los objetivos que se desean alcanzar y tener conocimiento y experiencia en el proceso de las operaciones del beneficio de las semillas.