



# Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural

---

## [Indice](#)

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

Ciro Arias

Oficial Regional de Servicios Agrícolas  
(Pérdidas Alimentarias Posteriores a la Cosecha)

Editor

OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE  
Santiago, Chile 1993

Las informaciones y puntos de vista que aparecen en esta publicación son de la exclusiva

responsabilidad de sus autores y no constituyen la expresión de ningún tipo de opinión de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, con respecto a la condición legal de cualquier país, territorio, ciudad o área, o de sus autoridades, o en lo concerniente a la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas específicas, marcas de productos o ciertas compañías manufactureras, no implica que ellas estén siendo recomendadas por la FAO, ni por los autores, por sobre otras de la misma naturaleza y características, que no aparezcan indicadas en el texto.

## AUTORES

### Capítulo I. LOS GRANOS Y SU CALIDAD

Ing.Agr. Leda Rita D'Antonino Faroni

### Capítulo II. LIMPIEZA DE LOS GRANOS

Ing.Agr. Mauri Martin Teixeira

### Capítulo III. SECADO DE LOS GRANOS

Ing. de Alimentos, M.Sc. José Antônio Marques Pereira

### Capítulo IV. ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN PROPIEDADES RURALES

Ing.Agr. Ana Ligia Ribeiro Marques Pereira

### Capítulo V. CONSERVACION Y PROTECCION DE LOS GRANOS ALMACENADOS

Ing.Agr. Fernando Antonio Pereira da Silva

Capítulo VI. AIREACION DE LOS GRANOS

Ing. de Alimentos, M.Sc. José Antônio Marques Pereira

Capitulo VII. PSICROMETRIA

Ing. de Alimentos, M.Sc. José Antonio Marques Pereira

---

## **Derechos de autor**

Por este medio se autoriza la reproducción digital o impresa parcial o total de este trabajo, para su utilización personal o en las aulas, sin costo y sin solicitud formal de reproducción, siempre que no se elaboren copias con fines de lucro ni comerciales, y que todas las copias lleven este aviso completo en la primera página. Los derechos de autor de los trabajos que no sean propiedad de la FAO deben respetarse. Para hacer reproducciones con otros fines, publicar, enviar a través de los servidores o redistribuir en las listas, se requiere autorización específica previa y el pago de una cuota cuando sea pertinente.

Los permisos de publicación se solicitan a:

Editor en Jefe

FAO, Viale delle Terme di Caracalla

00100 Roma, Italia

# Indice

## [Prologo](#)

## [Introducción](#)

## [I. Los granos y su calidad](#)

### [Formación del grano](#)

#### [Cobertura protectora](#)

#### [Eje embrionario](#)

#### [Tejido de reserva](#)

### [Composición química del grano](#)

#### [Proceso respiratorio](#)

##### [Proceso respiratorio bajo condiciones aeróbicas](#)

##### [Proceso respiratorio bajo condiciones anaeróbicas](#)

##### [Factores que afectan la respiración](#)

##### [Consecuencia del proceso respiratorio](#)

## Factores que influyen en la calidad de los granos

Condiciones climáticas durante el período de maduración de la semilla

Grado de maduración en el momento de la cosecha

Daños mecánicos

Impurezas

Humedad

Temperatura

Microorganismos

Insectos

Roedores

## Preservación de la calidad de los granos

Muestreo

Clasificación

Contenido de humedad de los granos

Limpieza de los granos

Secado de los granos

Almacenamiento de los granos

## Bibliografía

## II. Limpieza de los granos

## Introduccion

### Impurezas de los granos almacenados

#### Qué son las impurezas?

#### Limite de impurezas en los granos

#### Métodos para determinar el contenido de impurezas

### Limpieza de granos y cereales

#### Principios básicos de la separación

#### Métodos de limpieza

## Bibliografia

## III. Secado de los granos

### Introducción

### Cuándo secar

### Tecnologías y sistemas para el secado de los granos

### Métodos de secado

#### Secado natural

#### Secado artificial

[Secado a bajas temperaturas](#)

[Secado con aire movido por convección natural](#)

[Secado en lecho fijo](#)

[Secadores de columna](#)

[Secadores de flujos cruzados](#)

[Secadores del tipo cascada o canaleta](#)

[Secadores para secado intermitente](#)

[Secado combinado](#)

[Seca-aireación de granos](#)

## [Bibliografía](#)

# [IV. Almacenamiento de granos en propiedades rurales](#)

## [Introducción](#)

## [Sistemas de almacenamiento](#)

### [Almacenamiento de granos a granel](#)

[Tambor metálico](#)

[Silo metálico de baja capacidad](#)

[Silo de hierro-cemento](#)

[Silo de suelo-cemento "joão-de-barro" \(hornero\)](#)

[Trojes para almacenar maíz en mazorcas](#)

[Silo de albañilería](#)  
[Silo metálico](#)

[Almacenamiento de granos ensacados](#)

[Almacén convencional](#)

[Adaptación del almacén convencional para almacenamiento a granel \(piscina\)](#)

[Bibliografía](#)

## [V. Conservación y protección de los granos almacenados](#)

[Introducción](#)

[Insectos de los granos almacenados](#)

[Concepto, ciclo de vida y características](#)

[Principales insectos](#)

[Daños](#)

[Medidas de sanidad y controles preventivos](#)

[Controles curativos](#)

[Aplicación de insecticidas, fumigantes y medidas de control](#)

[Fumigación de maíz en mazorca](#)



[Fumigación de granos a granel \(en gran escala\)](#)  
[Fumigación de granos a granel con el uso de sondas](#)

[Conservación del frijol con productos naturales](#)  
[Métodos preventivos para controlar insectos en mazorca](#)

[Roedores](#)

[Especies de roedores que atacan los granos almacenados](#)  
[Identificación y características](#)  
[Presencia de roedores en el almacén](#)  
[Inspección y aseo](#)

[Hongos](#)

[Condiciones para su crecimiento](#)  
[Hongos de campo](#)  
[Hongos de almacén](#)  
[Prevención de los hongos](#)  
[Micotoxinas](#)

[Bibliografía](#)

[VI. Aireación de los granos](#)

**Introduccion**

**Objetivos generales de la aireacion**

**Masa de granos: Un sistema ecologico**

**Higroscopicidad de los granos**

**Actividad del agua**

**Disponibilidad de agua y estabilidad del grano en almacenamiento**

**Contenido de humedad**

**Microflora de los granos almacenados**

**Insectos de los granos almacenados**

**Respiración**

**Condensación de la humedad**

**Beneficios de la aireación**

**Enfriamiento de la masa de granos**

**Migración de la humedad**

**Eliminación de la "bolsa de calor" de la masa**

**Enfriamiento de los granos**

**Operación del sistema de aireación**

**Empleo de la aireación en climas tropicales**

**Manejo de la aireación**

[Caudal aire para aireación](#)

[Conservación temporal de los granos húmedos mediante la aireación](#)

[Secado por aireación](#)

[Remoción de olores en la masa de granos](#)

[Aplicación de fumigantes por medio de la aireación](#)

[Consideraciones finales sobre la aireación](#)

[Anexos](#)

[Bibliografía](#)

## [VII. Psicrometria](#)

[Introducción](#)

[Aire atmosférico](#)

[Propiedades termodinámicas del aire húmedo](#)

[Temperatura psicrometrica del bulbo húmedo](#)

[Grafico psicrometrico](#)

[Determinación de las propiedades en un punto de estado](#)

[Calentamiento y enfriamiento sensible del aire](#)

[Secado y humedecimiento adiabático del aire](#)

[Tabla psicrometrica](#)[Psicrometria - lista de simbolos](#)[Bibliografia](#)[Home":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">](#)

---

## Prologo

[Indice - Siguiente](#) ➤

El presente Manual tiene por objetivo poner a disposici3n de t3cnicos y extensionistas, informaci3n sobre diversas tecnolog3as que pueden ser aplicadas a nivel rural, para mejorar los sistemas de limpieza, secado y almacenamiento de granos de los peque3os agricultores.

Gran parte de la informaci3n contenida en este Manual fue utilizada para capacitar en 1990, a 72 t3cnicos de 18 pa3ses de Am3rica Latina y el Caribe, que recibieron un curso intensivo sobre tecnolog3as de poscosecha, en el Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR) del Brasil, bajo los auspicios del Proyecto PFL/RLA/088/JPN "Programa de Capacitaci3n en Tecnolog3as de Poscosecha de Granos, para Extensionistas Agr3colas. El Proyecto se llev3 a cabo como parte de las actividades del Programa de la FAO sobre Prevenci3n de P3rdidas de Alimentos en la Etapa de la Poscosecha, mundialmente identificado con las siglas PFL. El Programa PFL, que se inici3 en 1978, le ha dado gran importancia a la

capacitaci3n y difusi3n de tecnolog3as de poscosecha, debido a que estas actividades constituyen una de las mejores inversiones para incentivar a los agricultores a evolucionar y adecuar sus tecnolog3as al incremento mundial de la demanda de alimentos y a la din3mica de los cambios econ3micos y comerciales que peri3dicamente se vienen presentando.

Las experiencias del Programa PFL mostraron tambi3n, que aunque los factores que propician las p3rdidas en la etapa de la poscosecha, est3n fuertemente influenciados por las condiciones propias de cada localidad, los or3genes de los mismos, pueden generalizarse, lo que permite que los conocimientos y experiencias que se desarrollen en un determinado pa3s, puedan ser aprovechados para solucionar los problemas de otros paises. Bajo este concepto, el Programa PFL promovi3 la ejecuci3n de 22 proyectos de car3cter regional o subregional, incentivando un mayor intercambio de informaci3n y cooperaci3n t3cnica. El Manual se publica como parte de las actividades de esta Oficina Regional y del Proyecto PFL/RLA/002/PFL "Apoyo a la Cooperaci3n T3cnica entre Pa3ses de Am3rica Latina y el Caribe para prevenir las P3rdidas Poscosecha de Alimentos B3sicos".

---

## Introduccion

Las tecnolog3as de poscosecha empleadas en el medio rural, especialmente a nivel de los peque3os agricultores, han permanecido pr3cticamente sin evolucionar, lo que propicia

continuar utilizando estructuras poco apropiadas que facilitan el deterioro de los granos y sus productos. La mayoría de estas estructuras se caracterizan por estar mal diseñadas, sin los elementos que permitan proteger las cosechas de las plagas o de los efectos de las condiciones climáticas como la lluvia y el sol, que aceleran los procesos de transformación y deterioro, propios de los productos biológicos. Su construcción, por lo general, se realiza sin los conocimientos técnicos que permitan asegurar la conservación de las cosechas y, en muchas ocasiones, se utilizan no solo para el almacenamiento sino para otros fines, lo que hace más difícil la aplicación de prácticas para el control de plagas o para la conservación de los productos.

Otro de los aspectos que influye en la conservación de las cosechas lo constituye la poca importancia que se le da a la preservación de la calidad, especialmente por parte del productor y de quienes participan en los procesos de comercialización. Esta situación se ve incentivada por los bajos precios que recibe el agricultor por sus productos, lo que no le permite invertir para mejorar sus estructuras o para adquirir equipos que le ayuden a preservar sus cosechas. La calidad de los granos está muy relacionada con su capacidad para resistir el manejo al que serán sometidos después de la cosecha. Un producto deteriorado o con elevado contenido de humedad será más difícil de conservar que uno seco y en buenas condiciones. Desde el punto de vista de su comercialización, los productos de mejor calidad tendrán mayor probabilidad de venderse a mejores precios. Este es uno de los aspectos fundamentales que es necesario que comprenda el agricultor, ya que ello le permitirá planificar con mayor seguridad el consumo y comercialización de sus productos. Es importante que el agricultor sepa cuáles son los factores de calidad que van a influir en el deterioro para que pueda planificar los períodos de

almacenamiento. El control de la calidad se aplica casi en forma generalizada en la mayoría de las industrias que utilizan los productos agrícolas como materia prima para la obtención de sus productos.

El problema del deterioro y pérdidas de las cosechas es de particular importancia para los agricultores de subsistencia, ya que su producción forma parte de los alimentos básicos que consume la familia durante todo el año. La parte no consumida la comercializan para adquirir otros productos que les son indispensables para su vida cotidiana.

Esta situación no es exclusiva de este grupo de productores, ya que, en general, las tecnologías de almacenamiento y manejo poscosecha de los productos agrícolas no han evolucionado al mismo ritmo que aquellas destinadas a incrementar la producción. Los centros de investigación continuamente están generando nuevas variedades de plantas, capaces de incrementar los rendimientos por unidad de superficie y con otras características de cultivo que incentivan su adopción por parte de los agricultores y la sustitución de sus variedades tradicionales. El éxito logrado por la investigación agrícola y los esfuerzos que se realizan para incrementar la producción han ocasionado que, a nivel mundial, la oferta de productos agrícolas supere la demanda. Esta situación es un tanto ficticia para los países en desarrollo que no son capaces de producir los alimentos básicos que requieren y que tampoco cuentan con los recursos necesarios para adquirirlos en el mercado internacional. Cuando la producción sobrepasa la demanda, por lo general se presenta una deformación de los mercados y se requieren mayores cupos y tiempo de almacenamiento. El resultado es una disminución de los precios que reciben los agricultores por sus productos y la necesidad de almacenarlos por

períodos de tiempo más largos. En la práctica se ha demostrado que esta situación se presenta con frecuencia cuando se planifican los incrementos de la producción sin considerar las facilidades de almacenamiento y manejo poscosecha que existen y la demanda del mercado.

Si bien los trabajos que se han desarrollado en los centros de investigación han generado información como para satisfacer las necesidades de una producción mecanizada o para el manejo de volúmenes de granos, más o menos considerables, en centros de acopio y almacenamiento, los estudios realizados para comprender los fenómenos biológicos, sociales y culturales que son propios de los almacenamientos del sector rural, no han sido tan prolíficos y, en la mayoría de los casos, no se consideran los diversos factores que son decisivos para la adopción de nuevas tecnologías. Los resultados de los trabajos realizados para mejorar la producción agrícola comercial, por lo general, no son aplicables a la producción agrícola de subsistencia. El problema de alimentación de los agricultores de subsistencia no se soluciona a través de la importación de alimentos si no cuentan con los recursos necesarios para adquirirlos en el mercado nacional o internacional.

Mejorar los actuales sistemas de manejo poscosecha y almacenamiento no requiere de grandes inversiones; basta con que los agricultores y demás sectores involucrados hicieran más eficientes sus actuales prácticas de limpieza, secado, almacenamiento y control de plagas, para lograr un gran avance.

Este podría ser el primer paso para propiciar la adopción de nuevas tecnologías que son necesarias para adecuar el manejo poscosecha a la evolución de la producción.



# I. Los granos y su calidad

## Formacion del grano

En general, los granos presentan características acordes con las especies a que pertenecen. Los elementos básicos de la estructura del grano son: tegumento, embrión y tejido de reserva. Desde el punto de vista funcional, la semilla está compuesta de una cobertura protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva (figura 1).

[Figura 1. Corte longitudinal de las semillas de: a\) maíz \(Zea mays L.\); b\) arroz \(Oriza sativa L.\); y c\) trigo \(Triticum sativus L.\).](#)

## Cobertura protectora

Es la estructura externa que envuelve la semilla y puede estar constituida apenas por el tegumento y, en algunos casos, también por el pericarpio. El tegumento es una cobertura formada por una capa de células; el pericarpio se origina de la pared del ovario.

La cobertura protectora tiene como funciones.

- Mantener unidas las partes internas de las semillas
- Proteger las partes internas contra choques y abrasiones
- Servir como barrera a la entrada de microorganismos en la semilla
- Regular la velocidad de rehidratación de la semilla, evitando o disminuyendo posibles daños causados por las presiones desarrolladas durante la absorción
- Regular la velocidad de los cambios gaseosos (oxígeno y gas carbónico)
- Regular la germinación, causando en algunos casos dormancia.

En resumen, la cobertura protectora tiene funciones protectoras, reguladoras y delimitadoras .

## Eje embrionario

El eje embrionario tiene función reproductiva con capacidad para iniciar divisiones celulares y crecer. Es la parte vital de la semilla. Se trata de un eje porque inicia el crecimiento en dos direcciones: hacia las raíces y hacia el tallo. Generalmente, el eje embrionario es pequeño con respecto a las demás partes de la semilla.

## Tejido de reserva

Es una fuente de energía y de sustancias orgánicas que son utilizadas por el eje embrionario en el proceso de germinación; eso es, desde el comienzo de la germinación hasta que se vuelve autotrófico, capaz de sintetizar materias orgánicas por el proceso de fotosíntesis. Las reservas de la semilla se pueden ubicar en los cotiledones, en el endospermo o en el perispermo (figura 2).

## Composición química del grano

Las principales sustancias almacenadas por los granos son los carbohidratos, los lípidos y las proteínas. El principal carbohidrato de reserva en los granos es el almidón. Cuando el almidón es la sustancia de reserva predominante, el grano es denominado amiláceo; es llamado oleaginoso cuando los lípidos son las sustancias de reserva predominantes; y proteico cuando éstas son las proteínas.

[Figura 2. Corte longitudinal de la semilla del frijol \(\*Phaseolus vulgaris\* L.\). Los cotiledones constituyen el tejido de reserva.](#)

En el cuadro 1 se presenta la composición química de algunas semillas; en él se pueden apreciar marcadas diferencias en la predominancia del material acumulado.

**CUADRO 1: Composición química de semillas de algunas especies (100 g) (Watt y Merrill, 1963)**

Especie	Agua %	Proteína (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos		Cenizas (g)
				Total (g)	Fibra (g)	
Frijol blanco	10,9	22,3	1,6	61,3	4,3	3,9
Frijol rojo	10,4	22,5	1,5	61,9	4,2	3,7
Frijol negro y castaño	11,2	22,3	1,5	61,2	4,4	3,8
Maíz	13,8	8,9	3,9	72,2	2,0	1,2
Cacahuete	5,6	26,0	47,5	18,6	2,4	2,3
Arroz (no procesado)	12,0	7,5	1,9	77,4	0,9	1,2
Centeno	11,0	12,1	1,7	73,4	2,0	1,8
Sorgo	11,0	11,0	3,3	73,3	1,7	1,7
Soja	10,0	34,1	17,7	33,5	4,9	4,7
Trigo	13,0	14,0	2,2	69,1	2,3	1,7
Girasol	4,8	24,0	47,3	19,9	3,8	4,0

**Al considerar el principal compuesto de reserva, los granos se pueden dividir en ricos en carbohidratos, como es el caso de la mayoría de los cereales, y ricos en lípidos. Los granos ricos en lípidos son cultivados para ser utilizados como alimento o como materia prima para las industrias. Los granos cuyo material de reserva predominante es la proteína son poco**

conocidos, siendo la soja una de las pocas excepciones.

El conocimiento de la composición química de las semillas es de interés práctico, porque tanto su vigor como su potencial de almacenamiento están influenciados por los compuestos presentes.

## Proceso respiratorio

Después de cosechados, los granos continúan viviendo y, como todos los organismos vivos, respiran.

### Proceso respiratorio bajo condiciones aeróbicas

La respiración bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre) es el proceso por medio del cual las células vivas de los vegetales oxidan los carbohidratos y las grasas, por medio del oxígeno atmosférico, produciendo gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y liberando energía en forma de calor (figura 3).

[Figura 3. Respiración aeróbica.](#)

La siguiente ecuación representa este proceso:



Proceso respiratorio bajo condiciones anaeróbicas

La respiración anaeróbica se produce sin la presencia del oxígeno libre; los productos finales de la respiración se componen de gas carbónico y algunos compuestos orgánicos simples, como el alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). En la respiración anaeróbica, el oxígeno también forma parte activa de las reacciones de oxidación; no obstante, las células no reciben el oxígeno desde el exterior, sino que éste se obtiene de la propia célula. Las fermentaciones son procesos de respiración anaeróbica (figura 4).

#### Figura 4. Respiración anaeróbica

En la masa de granos se encuentran algunas especies de levaduras (hongos unicelulares) que respiran en ausencia de oxígeno y aceleran la descomposición de los carbohidratos. La siguiente reacción representa este proceso:



glucosa alcohol etílico

## **Factores que afectan la respiración**

**Según las reacciones presentadas, el proceso respiratorio va acompañado de una pérdida de sustancias nutritivas. Los principales factores que afectan la velocidad del proceso respiratorio son.**

- La temperatura**
- El contenido de humedad de los granos**
- El desarrollo de los hongos**
- La composición del aire ambiente.**

### **Temperatura**

**Al estudiar la influencia de la temperatura sobre el proceso respiratorio de los granos, diversos investigadores concluyeron que la respiración aumenta rápidamente cuando la temperatura se eleva de 30°C a 40°C, y a partir de este punto se produce un acentuado descenso del proceso. Por lo general, el aumento de la temperatura puede acelerar la respiración dos o tres veces hasta un cierto límite, arriba del cual disminuye como resultado de los efectos destructores de las altas temperaturas sobre las enzimas.**

## Nivel de humedad

**El nivel de humedad de los granos influye directamente sobre su velocidad de respiración. Los granos almacenados con humedad de entre 11 y 13 por ciento tienen un proceso respiratorio lento. Sin embargo, si se aumenta el contenido de humedad, se acelera considerablemente la respiración y, en consecuencia, ocurre un deterioro. El nivel de humedad del producto es un factor fundamental para su conservación.**

## Hongos

**Recientes investigaciones concluyeron que una parte significativa del gas carbónico (CO<sub>2</sub>) que se produce durante la respiración, se debe al metabolismo de los insectos presentes en los granos secos y a los microorganismos (sobre todo hongos) presentes en los granos húmedos. Cuando los hongos son los principales agentes responsables del aumento del proceso respiratorio se puede llegar a un punto en que los granos húmedos dejan de ser organismos vivos y pasan a ser un substrato alimenticio de los hongos, que siguen respirando y transformando la materia seca de los granos en gas carbónico, agua y calor.**

## Composición del aire ambiente



**Aparte de la temperatura y del contenido de humedad que actúan sobre todos los procesos bioquímicos, la composición del aire ambiente de almacenaje (relación entre gas carbónico y oxígeno también afecta el proceso respiratorio de la masa de granos. Cuanto mayor sea la proporción de CO<sub>2</sub> y menor la de oxígeno menor será la intensidad respiratoria de los granos almacenados en una bodega o silo.**

## **Consecuencia del proceso respiratorio**

### **Pérdida de peso**

**Mientras más alto es el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos, más intenso es el proceso respiratorio lo que implica mayor consumo de sustancias orgánicas, rápido deterioro del producto y mayor pérdida de materia seca y peso (figura 5).**

### **Calentamiento de los granos**

**Existen dos clases de calentamiento en los granos:**

- calentamiento de granos secos o calentamiento ocasionado por insectos que pueden desarrollarse en los granos con humedad cercana al 15 por ciento o menos, lo que produce temperaturas de hasta 42 C;**
- calentamiento de granos húmedos ocasionado por microorganismos que se desarrollan en los granos con humedad de 15 por ciento o superior, lo que produce**

## temperaturas de hasta 62 C.

Estos dos tipos de calentamiento se pueden desarrollar simultáneamente en la masa de granos, por lo que el calentamiento de granos secos se puede convertir en calentamiento de granos húmedos (figura 6).

[Figura 5. Pérdida de peso debida a la respiración.](#)

[Figura 6. Formación de zonas de calentamiento debido a la humedad y desarrollo de insectos.](#)

## Factores que influyen en la calidad de los granos

Bajo las mismas condiciones de almacenamiento, los granos y las semillas pueden tener calidades diferentes, que dependen de variables ocurridas en etapas anteriores. De este modo, no se puede esperar que un lote de semillas de calidad mediana se comporte igual que un lote de semillas de alta calidad. La calidad inicial de los granos y de las semillas depende de los siguientes factores:

- condiciones climáticas durante el período de maduración de la semilla
- grado de maduración en el momento de la cosecha
- danos mecánicos

- impurezas
- humedad
- temperatura
- microorganismos
- insectos
- roedores.

### Condiciones climáticas durante el período de maduración de la semilla

Las condiciones del clima pueden ejercer gran influencia en dos etapas de la maduración de las semillas. La primera corresponde a la etapa en que la semilla está acumulando rápidamente materia seca en el campo, antes de ser cosechada; en esta etapa es indispensable la presencia de humedad en el suelo en cantidades adecuadas. Un período de sequía traerá como consecuencia una semilla más liviana, es decir, con menor contenido de materia seca y, por lo tanto, serán menos vigorosas y tendrán menor potencial para el almacenamiento. La segunda etapa, en que la semilla se muestra particularmente sensible, se presenta cuando alcanza su máximo contenido de materia seca; en este caso la semilla se deshidrata rápidamente para entrar en equilibrio con la humedad relativa del aire. Si durante esta etapa llueve mucho, la deshidratación será lenta y el contenido de humedad permanecerá elevado por un período mayor, lo que propicia que las semillas se deterioren con rapidez.

### Grado de maduración en el momento de la cosecha

**Las semillas recolectadas antes o después del punto de madurez fisiológica son semillas con menor potencial de almacenamiento, ya sea porque no han alcanzado su máximo vigor o porque ya se inició el proceso de deterioración.**

## **Daños mecánicos**

**Desde la cosecha hasta el momento del almacenamiento, los granos pueden sufrir impactos que les ocasionan grietas o fragmentaciones. Los granos quebrados se pueden eliminar durante el beneficio, pero no se eliminan los que presentan grietas y que permanecen con la masa de granos que va a ser almacenada. Estos granos se deterioran con gran facilidad y se convierten en focos que afectan a los granos sanos.**

**Una semilla se puede dañar mecánicamente bajo las siguientes circunstancias.**

**En la cosechadora. Se trata de una de las más importantes fuentes de daño y ocurre en el momento del desgranado, es decir, cuando se separan los granos de la estructura que los contiene (vaina, mazorca, etc.) (figura 7).**

**[Figura 7. La deficiente calibración y operación de las cosechadoras ocasiona graves daños y pérdidas de granos.](#)**

**Durante el beneficio. El daño ocurre durante las sucesivas caldas de los granos desde diversas alturas. Los granos y las semillas pasan por una serie de equipos desde que llegan del campo**

**hasta que se almacenan, presentándose rozamientos y caídas (figura 8).**

**Durante el almacenamiento. El daño ocurre tanto en el almacenamiento a granel como en sacos. Los granos que quedan debajo de una pila de sacos o de un montón a granel tienden a quebrarse por el peso de los que están arriba.**

**Durante el transporte. Este daño se produce como consecuencia de la falta de una buena supervisión durante la carga y descarga, sobre todo de camiones o vagones. Los obreros que realizan esta labor debieran estar conscientes de la importancia que tiene el no dañar las semillas y tratar los granos envasados o a granel con el debido cuidado (figura 9).**

**[Figura 8. Los equipos de transporte en mal estado y las caídas desde gran altura ocasionan la quebradura de los granos.](#)**

**[Figura 9. Deficientes prácticas de carga y descarga dañan los granos y sus envases.](#)**

## **Impurezas**

**Los granos que contienen impurezas (fragmentos del mismo producto) y materias extrañas (residuos vegetales y cuerpos extraños, como tierra, etc.) son portadores de una mayor cantidad de microorganismos y presentan condiciones que facilitan su deterioro. Las materias extrañas impurezas, bajo las mismas condiciones de humedad relativa y temperatura del aire, presentan contenidos de humedad más altos que el producto.**

La acumulación de impurezas y materias extrañas en determinadas zonas de un silo vertical o de un granero forma una masa compacta y húmeda que dificulta las operaciones de secado, aireación y fumigación. En general, los granos almacenados presentan un espacio vacío del 40 al 50 por ciento del volumen que ocupan. Si la masa de los granos contiene un alto porcentaje de polvo, fragmentos del producto y cuerpos extraños, estos ocuparán los espacios vacíos, lo que dificultará las diversas operaciones. El espacio intergranular deberá estar exento de impurezas y materias extrañas, con la finalidad de que presente condiciones óptimas para el paso del aire caliente (secado), del aire frío (aireación) y de los fumigantes.

El contenido de impurezas y materia extraña también es de gran importancia desde el punto de vista comercial. Cuando el producto está sucio es clasificado como de menor calidad y sufre una considerable reducción de precio.

## Humedad

Si bien hay otros factores que pueden ejercer influencia sobre la conservación de los granos, el contenido de humedad es el principal factor que influye en la calidad del producto almacenado. Para obtener un almacenamiento eficiente, los granos deben tener un bajo contenido de humedad, ya que los granos húmedos constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros.

## Temperatura

La acción de la temperatura sobre la conservación de los alimentos es conocida universalmente. Los alimentos y otros materiales biológicos se conservan mejor en ambientes refrigerados que en altas temperaturas, sobre todo si su contenido de humedad es alto; este hecho se basa en el principio de que la mayoría de las reacciones químicas se aceleran con el aumento de la temperatura. Los granos con alto contenido de humedad, que son inadecuados para el almacenamiento convencional, pueden conservarse en refrigeración. Los granos almacenados tienen menor posibilidad de deterioro cuando están fríos. Las bajas temperaturas pueden compensar los efectos de un alto contenido de humedad y evitar el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros que atacan los granos almacenados.

## Microorganismos

Los hongos son los principales microorganismos de la microflora presentes en los granos almacenados y constituyen la más importante causa de pérdidas y deterioro durante el almacenamiento. Prefieren ambientes o sustratos con alto contenido de humedad y son los agentes responsables por el gran aumento de la respiración de los granos húmedos. Por lo general, los hongos que atacan los granos se dividen en dos grupos: hongos de campo y hongos del almacenamiento.

**Hongos de campo.** Así son llamadas las especies que contaminan los granos antes de la cosecha, durante su desarrollo en la planta. Estos hongos necesitan para su desarrollo un alto contenido de humedad, es decir, granos en equilibrio con una humedad relativa de entre el 90 y

**el 100 por ciento. Las esporas de estos hongos pueden sobrevivir durante mucho tiempo en los granos hmedos; sin embargo, no germinan cuando el contenido de humedad est en equilibrio con humedades relativas inferiores al 75 por ciento.**

**Los hongos de campo pueden provocar pdrdida de la coloraci n natural y del brillo de los granos, con lo que se reduce el valor comercial del producto. En las semillas, adem s de reducir el poder germinativo y el vigor, pueden ocasionar putrefacci n de las ra ces y otras enfermedades de las plantas.**

**Hongos del almacenamiento. Estos hongos se desarrollan despu s de la cosecha, cuando el contenido de humedad de los granos est en equilibrio con una humedad relativa superior al 65 o 70 por ciento. Los hongos que proliferan con mayor frecuencia en los granos almacenados son algunas especies de los gneros Aspergillus y Penicillium. Las principales pdrdidas ocasionadas por hongos en granos y cereales se deben a:**

- **disminuci n del poder germinativo**
- **decoloraci n de la semilla**
- **calentamientos**
- **cambios bioqu micos**
- **posible producci n de toxinas**
- **pdrdida de la materia seca.**

**En silos y bodegas, los da os causados por los hongos del almacenamiento son mayores que los producidos por los hongos de campo (Figura 10).**



## [Figura 10. Granos invadidos y compactados por los hongos de almacenamiento.](#)

### **Insectos**

Los insectos son importantes agentes que pueden causar daños a las semillas tanto en el campo como durante el almacenamiento, reduciendo drásticamente su calidad. Si la población de insectos crece en forma desmesurada, además de reducir la calidad del grano, se produce un incremento de la temperatura y humedad de los granos, un aumento del contenido de bióxido de carbono y una reducción del contenido de oxígeno del medio ambiente.

El embrión puede sufrir diferentes grados de daño o hasta morir durante la alimentación de los insectos en su estado de adulto o larva, o durante la oviposición. Si el embrión sobrevive, las reservas del endospermo pueden ser insuficientes para el desarrollo normal de la plántula (figura 11).

## [Figura 11. Granos dañados por insectos.](#)

Los insectos son portadores de hongos que pueden debilitar o consumir las semillas o atacar la plántula que de ella se origina. Algunos insectos forman capullos y telas, que unen los granos formando conglomerados que hacen más difíciles las operaciones de aireación y control fitosanitario. Los insectos de granos almacenados más perjudiciales son aquellos que se

alimentan del embrión y que destruyen el poder germinativo de la semilla. Los insectos que viven en el interior de la semilla se alimentan principalmente del endospermo, en cuyo caso el embrión no es afectado directamente, pero la reducción parcial o total de las reservas alimenticias hace que la semilla pierda su vigor y produzca una plántula débil o incapaz de sobrevivir.

La infestación se origina tanto en el campo como en el almacén. Los insectos del almacenamiento comúnmente se encuentran presentes en almacenes, silos, trojes, depósitos en general e inclusive en casas-habitación, por lo que la semilla puede infestarse fácilmente al ser almacenada cerca de productos ya infestados. Los daños causados por la infestación de campo pueden evitarse si se cosecha la semilla tan pronto está madura y se la somete a un secado y fumigación oportuna (figura 12).

### Figura 12. Daño total de los granos por causa de los insectos.

La temperatura y la humedad son los principales factores que influyen en el desarrollo de los insectos.

**Temperatura:** La mayoría de los insectos que atacan los granos almacenados son de origen subtropical y tropical. En las regiones muy frías, los insectos alcanzan niveles de reproducción tan bajos que no llegan a caracterizarse como plagas. En los granos que se mantienen bajo los 17°C, el desarrollo de los insectos resulta insignificante. Los límites de temperatura para el desarrollo de la mayoría de los insectos que atacan los granos almacenados varían entre 20 y 35°C.

**Humedad.** El contenido de humedad de los granos es un factor crítico para la sobrevivencia del insecto. Los insectos toman de los alimentos la humedad que requieren para sus procesos vitales. El aumento del contenido de humedad favorece la proliferación de los insectos; sin embargo, por sobre un cierto límite, el desarrollo de microorganismos inhibe el de los insectos. Los granos de cereales con humedad inferior al 10 por ciento inhiben la actividad de los insectos.

Aparte de la temperatura y del contenido de humedad de los granos, la composición del aire intergranular (relación oxígeno/gas carbónico) constituye un importante factor para el desarrollo de las poblaciones de insectos que infestan los granos almacenados. En bodegas y silos, la masa de granos forma un microclima que afecta la respiración de los granos y organismos asociados a ella, por lo que la composición del aire intergranular puede resultar profundamente modificada.

---

[Indice - Siguiete](#)➤

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

Roedores

[Indice](#) - <[Precedente](#) - [Siguiete](#)>

En muchos países, los roedores ocasionan grandes daños a los cultivos y a los productos almacenados. Los cereales son muy vulnerables al ataque de los roedores, por lo que probablemente son los que ocasionan mayores daños a los productos almacenados, principalmente por parte de los pequeños agricultores (Figura 13).

### Figura 13. Ratas y ratones destruyen envases y contaminan los granos almacenados.

Las pérdidas que ocasionan los roedores a los productos almacenados pueden ser de tres tipos: en primer lugar, los roedores consumen una cierta cantidad del producto; en segundo lugar contaminan una cantidad mucho más grande de productos y, por último, causan graves daños a los envases. Además de los daños directos que ocasionan a los productos almacenados, los roedores también son portadores de enfermedades transmisibles a los seres humanos. Los productos almacenados, contaminados por deposiciones, orina y parásitos de los roedores son focos de contaminación para quienes los manejan o consuman.

## Preservación de la calidad de los granos

Cuando la semilla alcanza el punto máximo de su calidad fisiológica (madurez) es necesario eliminar ciertos factores adversos que afectan dicha calidad. Después de que la semilla ha sido cosechada y se han eliminado los factores desfavorables que reducen su calidad fisiológica, la preservación de la calidad depende de las siguientes operaciones: muestreo, clasificación, determinación del contenido de humedad, limpieza, secado y condiciones de almacenamiento.

## Muestreo

Consiste en retirar pequeñas cantidades de granos, que en su conjunto forman una muestra representativa del lote de granos (figura 14).

### [Figura 14. Muestreo de granos envasados.](#)

Para que sea representativa, la muestra de granos deberá poseer todas las características del lote. La recolección de la muestra es una operación muy importante para la clasificación del lote de granos y debe ser efectuada de una manera correcta para evitar distorsiones en los datos, lo que podría traer consecuencias desastrosas para el almacenamiento o comercialización del producto.

### Equipos de muestreo

**Muestreador simple.** Se utiliza para el muestreo de productos envasados. Los muestreadores simples son metálicos y tienen forma cónica con una abertura para recibir los granos y un orificio por donde pasa el producto (figura 15).

### [Figura 15. Muestreador simple.](#)

**Muestreador compuesto o sonda de alvéolos.** Se utiliza para el muestreo de productos a granel.

**Posee varias aberturas que permiten la retirada de pequeñas muestras a diversas profundidades. Se utiliza para recolectar muestras en camiones graneleros, silos, vagones de ferrocarril, etc. (figura 16).**

**[Figura 16. A: Muestreador compuesto o sonda de alvéolos. B: Muestreo de un camión.](#)**

**Sonda manual o de profundidad. Esta sonda puede introducirse a distintas profundidades, por lo que es utilizada para recolectar muestras de productos a granel hasta los seis metros de profundidad (figura 17).**

**Sonda neumática. Esta sonda permite recolectar muestras a grandes profundidades por medio de la succión de granos. Puede ocasionar errores en el muestreo debido a que extrae una mayor cantidad de impurezas livianas (figura 18).**

**Recipiente tipo pelicano o cucharón. Es un recolector de muestras para productos a granel que, por lo general, se utiliza cuando el producto está en movimiento, a la salida de los transportadores, ductos de descarga, cintas transportadoras, etc. (figura 19).**

**[Figura 17. A: Sonda manual o de profundidad. B: Muestreo de un silo.](#)**

**[Figura 18. Muestreador o sonda neumática.](#)**

## Momento en que se realiza muestreo

Cuando se recibe el producto. El muestreo tiene por finalidad determinar el contenido de humedad, impurezas y daños y la clasificación del producto; en el caso específico del trigo, calcular el peso por hectolitro (figura 20).

Durante el almacenamiento. El muestreo se realiza para inspeccionar y clasificar el producto. La inspección tiene por objetivo comprobar la existencia de insectos, hongos y roedores, y si existe deterioro; además, está destinado a cuantificar el contenido de humedad del producto (figura 21).

[Figura 19. Muestreador tipo pelcano o cucharón.](#)

[Figura 20. Muestreo durante la recepción del producto.](#)

[Figura 21. Muestreo durante el almacenamiento.](#)

Durante la transferencia y comercialización del producto. El muestreo tiene la finalidad de clasificar el producto.

## Forma del muestreo

**En productos ensacados. Primero se establece el número de sacos a maestrear. Cuando el lote contiene menos de 10 sacos, todos los envases deben maestrear; si el lote contiene de 10 a 100 sacos, se recomienda maestrear por lo menos 10 sacos. Para lotes mayores de 100 sacos, el muestreo debe realizarse siguiendo las recomendaciones del cuadro 2.**

**CUADRO 2: Número de sacos a maestrear para lotes de más de 100 sacos**

<b>Lote</b>	<b>Muestreo</b>	<b>Lote</b>	<b>Muestreo</b>
101 - 121	11	1090- 1156	34
122-144	12	1157-1225	35
145-169	13	1226-1296	36
170-196	14	1297-1369	37
197-225	15	1370-1444	38
226-256	16	1445-1521	39
257-289	17	1522-1600	40
290-324	18	1601 - 1681	41
325-361	19	1682-1764	42
362-400	20	1765-1849	43
401 -441	21	1850- 1936	44



<del>442-484</del>	<del>22</del>	<del>1937-2025</del>	<del>45</del>
485-529	23	2026-2126	46
530-576	24	2117-2209	47
577-625	25	2210-2304	48
626-676	26	2304-2401	49
677- 729	27	2402 - 2500	50
730-784	28	2501 -2601	51
785-841	29	2602-2704	52
842-900	30	2705-2809	53
901-961	31	2810-2916	54
962-1024	32	2917-3000	55
1025 - 1089	33		

Después de establecer el número de sacos que deben ser maestreados se recolectan las muestras con un calador simple. El calador debe introducirse desde abajo hacia arriba, con un movimiento de "vaivén" para hacer más fácil la salida del producto (figura 22). Después de retirar el producto, se debe hacer una "X" con la punta del calador en el orificio con el objeto de reacomodar la malla del saco. Para la homogeneización y división de la muestra se recomienda usar un homogeneizador; la homogeneización es importante para que la muestra sea representativa del lote.

### **Figura 22. Muestreo de productos envasados.**

La división de la muestra tiene por objetivo hacer más fácil su manejo; la parte de la muestra que no se utiliza en el análisis debe ser devuelta al lote de extracción (figura 23). Durante la recepción del producto, normalmente se preparan dos muestras de aproximadamente un kilo cada una; una servir para el análisis y la otra para el archivo. Durante el almacenamiento, por lo general se prepara una sola muestra para el análisis. En la transferencia y comercialización de los granos se preparan dos muestras, una para análisis y otra para el archivo.

### **Figura 23. Equipo para homogeneizar y dividir la muestra.**

Las muestras deben ser envasadas en recipientes apropiados e identificadas, anotando por lo menos: nombre de la unidad almacenadora, nombre del depositante, número del lote, tipo de producto, contenido de humedad, contenido de impurezas, fecha del muestreo y firma del que lo llevó a cabo (figura 24).

### **Figura 24. Envasado e identificación de la muestra.**

Muestreo de productos a granel. El número de puntos a muestrear en los vehículos varía en función de su capacidad. En vehículos de hasta 15 toneladas se establecen por lo menos cinco puntos de muestreo (figura 25). Los puntos de muestreo deben variar de un vehículo a otro para evitar posibles fraudes.

### **Figura 25. Esquema de muestreo para vehículos de hasta 15 toneladas de capacidad.**

En vehículos de 15 a 30 toneladas se establece, por lo menos, ocho puntos de muestreo (figura 26).

**[Figura 26. Esquema de muestreo para vehículos de hasta 30 toneladas de capacidad.](#)**

En vehículos de más de 30 toneladas se establecen por lo menos 11 puntos de muestreo (figura 27).

**[Figura 27. Esquema de muestreo para vehículos de más de 30 toneladas de capacidad.](#)**

Para realizar el muestreo en silos se deben considerar cinco puntos de muestreo; se recomienda que uno de ellos esté ubicado en el centro del silo (figura 28).

**[Figura 28. Esquema para muestreo de silos verticales.](#)**

En los graneros horizontales o bodegas es conveniente aumentar el número de puntos de muestreo, cuidando que estén bien distribuidos en la superficie de los granos. Tanto en silos como en bodegas, las muestras se deben tomar a cada metro de profundidad con la sonda manual o neumática (figura 29). Después de recolectar las muestras de cada lugar de muestreo es necesario homogeneizarlas y dividir las.

Para el muestreo en ductos de descarga y cintas transportadoras se recomienda establecer los siguientes números de recolección:

- lotes de hasta 10 toneladas: 20 tomas
- lotes de hasta 50 toneladas: 22 tomas
- lotes de hasta 100 toneladas: 25 tomas
- más de 100 toneladas: mínimo 25 tomas por cada 100 toneladas.

Las muestras se deben recolectar con el muestreador apropiado, a la salida de los ductos de descarga o en las cintas transportadoras.

[Figura 29. Muestreo de silos y bodegas con granos a granel.](#)

## Clasificación

La clasificación de los granos según los estándares de calidad fijados por las autoridades correspondientes, constituye un requisito básico para racionalizar la comercialización de los granos y, al mismo tiempo, proporciona elementos que hacen más fácil mantener las existencias que sirven de reserva. La comercialización de granos en los países cuya producción agrícola está más organizada, obedece siempre a patrones oficiales. Según estos patrones oficiales, los granos de cereales y leguminosas se clasifican, de acuerdo a su calidad, en: clase, grupo y tipo.

A cada clase corresponde cierto contenido de humedad, determinada cantidad de granos

**dañados o defectuosos, y determinado porcentaje de impurezas y materias extrañas. La clasificación del producto en una clase o grupo incluye la referencia sobre la especie, variedad, forma, estado de presentación y uso.**

**Después de clasificar un producto, se elabora un documento que se denomina CERTIFICADO DE CALIDAD, en el que se incluye la información indispensable para la identificación del lote, es decir, la empresa, la naturaleza del producto, el sitio de almacenaje, el peso neto y el bruto, el peso de la muestra, la zona de producción, la clase, el grupo y el tipo.**

**Generalmente, las normas de calidad contienen los elementos necesarios para la emisión del CERTIFICADO DE CALIDAD, el cual puede ser utilizado para fines de inspección y comercialización. Este documento, además de facilitar los trabajos de inspección a las entidades e instituciones que intervienen en el proceso, sirve también como documento para las exportaciones.**

### **Contenido de humedad de los granos**

**Los granos están constituidos por una sustancia sólida, denominada materia seca, y por cierta cantidad de agua. La materia seca está formada por las proteínas, los carbohidratos, las grasas, las vitaminas y las cenizas. El agua existente en la estructura orgánica de los granos se presenta bajo distintas formas, pero para fines prácticos se consideran dos tipos de agua: el agua libre que se retira fácilmente por medio de calor, y el agua que retiene la materia sólida y**

que solo se libera por la acción de altas temperaturas, lo que puede originar la volatilización y descomposición de las sustancias orgánicas y, por lo tanto, la destrucción del producto.

El contenido de humedad de los granos se expresa, por lo general, como porcentaje del peso total del grano (base húmeda):

$$\% \text{ en base húmeda} = \frac{PA}{PT} \times 100$$

PA = peso del agua

PT = peso del agua + peso de la materia seca (peso total del grano)

### Métodos para determinar el contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad de los granos debe realizarse en todas sus etapas de manejo desde la cosecha hasta la salida del almacenamiento. La medición de humedad debe ser exacta, ya que el contenido de humedad de los granos es muy importante para mantener la calidad del producto almacenado. Esta determinación presenta también una gran importancia desde el punto de vista comercial, ya que el precio varía en función de la humedad del grano.

Existen varios métodos para determinar el contenido de humedad de los granos, que se clasifican básicamente en dos grupos: directos e indirectos.

### a) Métodos directos

Se consideran los métodos básicos, siendo los principales los métodos de la estufa, la destilación y los rayos infrarrojos.

**Método de la estufa.** Para determinar la humedad de los granos se somete una muestra de granos de peso conocido al secado y se calcula el porcentaje de humedad a través del peso que se pierde durante el secado (figura 30). Para obtener el porcentaje de humedad se divide la pérdida de peso de la muestra entre el peso original de ella y el resultado se multiplica por 100:

$$\text{Contenido de humedad (en \%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

P<sub>i</sub> = peso de la muestra antes del secado

P<sub>f</sub> = peso de la muestra después del secado

#### [Figura 30. Estufa para la determinación de humedad.](#)

Con relación a la temperatura y tiempo de secado de las muestras existen diversos métodos cuyas referencias se encuentran en la bibliografía especializada. Los métodos se diferencian, sobre todo, en lo que concierne a la temperatura de la estufa, al período de secado y al estado físico de la muestra (granos enteros o molidos).

En el Brasil, el método oficial del Ministerio de Agricultura para la determinación de humedad en las semillas se basa en las Reglas Internacionales aprobadas por el ISTA (International Seed Testing Association). En este método se recomienda el secado de algunos granos a 103 °C por un período de 17 horas, o a una temperatura de 130 °C por un período de cuatro horas para el caso del maíz, dos horas para los demás cereales y una hora para otros granos. Las reglas internacionales especifican cuáles granos deben molerse. Para todas las especies de semillas, este Reglamento recomienda también el método de la estufa a 105 °C por un período de 24 horas, sin moler el grano.

Rayos infrarrojos. En este método, la humedad de los granos se determina también secando una muestra de peso conocido y calculando el porcentaje de humedad a través de la pérdida de peso. La muestra se muele y se coloca sobre el plato de una balanza, exponiéndola a los rayos infrarrojos por un determinado tiempo, según la especie de grano. La diferencia entre el peso inicial y el final corresponde al agua que fue eliminada. Este proceso requiere de cinco a treinta minutos por cada determinación, según la especie de grano (figura 31).

### [Figura 31. Equipo de rayos infrarrojos para determinación de la humedad.](#)

Método por destilación. Este proceso (método de "Brown Duvel") se basa en la eliminación del agua de los granos (molidos o enteros) por medio del calentamiento del material que se encuentra cubierto por un líquido cuya temperatura de ebullición es superior a la del agua. El vapor de agua procedente de los granos se condensa y se mide en una probeta graduada (figura 32).



**Determinador de humedad "Latat".** Para simplificar la determinación de la humedad, el **CENTREINAR**, del Brasil, desarrolló un aparato llamado **Latat**, de fácil construcción, bajo costo y tan exacto como los aparatos más sofisticados. El aparato se basa en el calentamiento de una muestra de peso conocido a la que se le ha agregado aceite vegetal. La humedad que se evapora y se condensa es recolectada en una probeta, estando estrechamente relacionada la cantidad de agua recolectada en la probeta con el contenido de humedad (Figura 33). Para determinar el contenido de humedad de los granos por medio de este método se deben seguir los siguientes pasos:

- Pesar una muestra de 100 gramos de granos. La muestra debe estar libre de impurezas, es decir, pajas, hojas, y piedras. Para productos con mayor contenido de humedad, como el café en grano, se recomienda utilizar 50 gramos de muestra.
- Colocar la muestra en la cantimplora con el auxilio de un embudo.
- Colocar aceite en la cantimplora y taparla con el tapón correspondiente. La extremidad del termómetro deberá estar sumergida en el aceite a 1 cm del fondo de la cantimplora. Si se pone el termómetro muy cerca del fondo, la medición podrá presentar errores.
- Llenar el condensador con agua y poner la probeta debajo de la salida del condensador.
- Llenar la lamparilla con alcohol y encenderla.
- Apagar la lamparilla cuando el termómetro marque la temperatura recomendada para el producto en el Cuadro 3.

- Esperar que la temperatura baje a menos de 100°C para efectuar la lectura en la probeta.

[Figura 32. Determinación de la humedad por destilación. Método de "Brown Duval".](#)

[Figura 33. Determinador de humedad "Latat".](#)

### CUADRO 3: Temperatura del aceite según el producto

Producto	Temperatura
Frijol	180 gradua
Arroz	200 grados
Soja	180 grados
Café en grano	200 grados
Cacahuete	200 grados
Maíz	195 grados

Fuente: Sasseron et al., 1986.

La cantidad de agua que se mide en la probeta corresponde a la humedad expresada en porcentaje. Se recomienda guardar el equipo limpio y seco. El aceite puede ser usado nuevamente para otras determinaciones de humedad, pero es necesario colarlo. Ejemplo: si la

**cantidad de agua en la probeta es de 12,5 ml esto quiere decir que la humedad es igual al 12,5 por ciento.**

## **b) Métodos indirectos**

**Son los más usados en la práctica e incluyen, sobre todo, los métodos eléctricos. Los aparatos eléctricos tienen que ser calibrados con los métodos directos.**

**Equipos eléctricos. Algunas propiedades físicas de los granos dependen en gran medida del contenido de humedad. Basado en este principio se construyeron diversos tipos de determinadores de humedad, los cuales se calibran con uno de los métodos directos (estufas, etc.). El método eléctrico es utilizado frecuentemente para determinar la humedad de los productos vegetales en razón de la rapidez de su operación, fácil manejo, lectura directa y otras características importantes. Los aparatos eléctricos son de gran utilidad durante el almacenamiento de los granos porque, periódicamente y con gran facilidad, se puede determinar su contenido de humedad.**

**Medidor de humedad modelo "Universal". Los aparatos modelo "universal" ofrecen resultados aceptables de aplicación práctica para contenidos de humedad del 8 al 22 por ciento. Su fácil manejo, solidez, facilidad de operación y mantenimiento mínimo, justifican su amplia utilización. Sin embargo, deben tenerse algunas precauciones: cuando los granos están secos en la superficie pero húmedos en la parte interna, el aparato registrará un contenido de**

humedad demasiado bajo. Por otra parte, si las superficies de los granos están húmedas debido al rocío, la lluvia o las condensaciones, el determinador registrará un contenido de humedad demasiado alto. Su utilización para medir la humedad durante la operación de secado puede producir resultados que no corresponden a la verdadera humedad del grano (figura 34).

#### [Figura 34. Medidor de humedad modelo "Universal".](#)

Determinador de humedad del tipo capacidad dieléctrica. Los aparatos de este tipo pueden presentar algunas ventajas con respecto a los que están basados en la resistencia eléctrica. Están menos sujetos a los errores que resultan de una mala distribución del contenido de humedad en los granos y son más exactos cuando los granos tienen una humedad muy alta o muy baja (figura 35).

#### [Figura 35. Medidor de humedad del tipo "capacidad dieléctrica".](#)

### Limpeza de los granos

En general, la limpieza y clasificación de los granos influye en su comercialización. La limpieza es la operación que tiene por finalidad reducir el contenido de impurezas (fragmentos del mismo producto) y de materias extrañas (residuos vegetales, semillas de otras especies, terrones, piedras, etc.) existentes en la masa de granos. Se recomienda efectuar la limpieza de los granos antes de su secado o beneficio o durante el almacenamiento.

Esta operación se puede realizar en forma manual, aventando el grano sobre una lona plástica, o mecánicamente por medio de máquinas de limpieza. Las máquinas de limpieza no solo limpian los granos, sino que también se pueden utilizar para separarlos, de acuerdo con su forma; están diseñadas para separar los materiales aprovechando las diferencias en los pesos específicos de los componentes de la masa de granos. El proceso consiste en hacer flotar los residuos más livianos de los granos sobre una corriente de aire, mediante el auxilio de agitación mecánica (figura 36).

### Figura 36. Limpieza de granos: manual y mecanizada.

## Secado de los granos

El secado consiste en la eliminación de gran parte del agua que contienen los productos agrícolas. El contenido de humedad final del producto debe ser aquel que permita su almacenamiento a la temperatura ambiente por períodos de tiempo prolongados, sin que se deteriore. La cantidad de agua que se elimina durante el proceso de secado puede llegar a ser hasta 6,5 veces mayor que la masa total del producto seco, como en los productos que tienen una humedad de 85 por ciento y su humedad final es cercana al 3 por ciento. Los cereales generalmente se cosechan con humedad que va del 20 al 30 por ciento y el almacenamiento se debe llevar a cabo cuando su contenido de humedad es de 12 a 14 por ciento. El secado artificial tiene las siguientes ventajas.

- **Cosecha anticipada. Reduce las pérdidas de campo debido a lluvias y desastres naturales. Cosechar más temprano también permite al agricultor preparar con anticipación el terreno para el próximo cultivo.**
- **Planificación del período cosecha. Permite una mejor planificación de las labores de campo, ya que la cosecha no depende de las fluctuaciones del contenido de humedad del grano.**
- **Mayor tiempo de almacenaje. El tiempo de almacenamiento seguro aumenta considerablemente al bajar el contenido de humedad de los granos.**
- **Mejora de precios después de la cosecha. Es bastante usual que los precios de los granos aumenten considerablemente después de la cosecha, lo que constituye una evidente ventaja, ya que permite al agricultor vender su producto a mejor precio y con mayor calidad.**
- **Se mantiene la viabilidad del grano. Al bajar el contenido de humedad de los granos disminuye la posibilidad de que se formen focos de calentamiento natural que reducen la germinación de la semilla.**

**El principal objetivo del secado es reducir el contenido de humedad. La temperatura del aire de secado tiene influencia significativa en la calidad del grano; temperaturas excesivamente altas ocasionan fisuras y fragmentación de los granos. En los granos de maíz se produce una separación de los carbohidratos, que afecta la calidad de la proteína y la recuperación del aceite durante su industrialización.**

**Para establecer las temperaturas máximas que serán utilizadas durante el proceso de secado,**

**es necesario considerar que la temperatura del aire casi siempre es mayor que la temperatura del grano y que, en muchos secadores, parte de la masa de granos alcanza la temperatura del aire del secado. La temperatura máxima permitida en el grano depende de: que utilización tendrá, su contenido de humedad y el tipo de semilla.**

**Los granos que van a ser utilizados como semillas deben conservar un alto porcentaje de germinación; las altas temperaturas matan el germen. Para garantizar la viabilidad de las semillas se recomienda no dejar que la temperatura del grano sobrepase los 40°C durante el secado. La calidad de molienda e industrialización de los granos se ve afectada gravemente por las temperaturas excesivas. Con el fin de asegurar una buena calidad se recomienda no secar los granos para molienda y para procesos industriales a temperaturas superiores a los 50 o 55°C; en los granos que se utilizarán en la fabricación de alimentos balanceados se puede usar como máximo hasta 60°C.**

**Actualmente, los especialistas en nutrición todavía no están de acuerdo si las altas temperaturas del secado influyen benéfica o negativamente en el valor nutritivo del maíz. Sin embargo, se sabe que una temperatura del grano superior a los 90°C produce una pérdida de humedad tan rápida que propicia que el producto se fisure, lo que trae como consecuencia un aumento de los granos quebrados en las sucesivas operaciones de manejo, carga y descarga, y una mayor vulnerabilidad a los hongos durante el almacenamiento. Por tales motivos, se recomienda no someter los granos destinados a la alimentación a temperaturas superiores a los 90-100°C, excepto por períodos de tiempo muy cortos.**

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Almacenamiento de los granos

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

El objetivo del almacenamiento es guardar los granos por un periodo más o menos largo después de su cosecha y secado. Durante el almacenamiento se debe conservar la viabilidad de los granos que serán utilizados como semillas, las calidades requeridas por la molienda e industrialización y las propiedades nutritivas (Figura 37).

### [Figura 37. Planta de silos para el secado y almacenamiento de granos.](#)

Durante el almacenamiento, la calidad del grano no se mejora a lo sumo se mantiene. Un buen almacenamiento no mejora la calidad si ésta se da en la cosecha o el secado. Muchas quejas respecto a la mala calidad de los granos no se deben a un almacenamiento inapropiado, sino a una cosecha prematura (alto contenido de humedad), a una operación inadecuada de las cosechadoras (alta velocidad del cilindro), o a un proceso de secado demasiado rápido (alta temperatura de secado).



La principal fuente de pérdidas de calidad y cantidad de los granos durante el almacenamiento son los hongos, insectos y roedores. La respiración puede contribuir, en algunos casos, a la pérdida de materia seca; sin embargo, esta pérdida es mucho menor que la causada por los organismos vivos.

### Prevención de hongos

El desarrollo de los hongos en granos de cereales puede ser controlado por medios físicos y químicos. Los ácidos propiónico y acético se usan para prevenir el desarrollo de los hongos en granos con alto contenido de humedad (20 a 35% b.h.). La cantidad de producto químico que se requiere para proteger al grano húmedo varía según su contenido de humedad, la temperatura del almacén, la cantidad de granos dañados y el período de almacenamiento.

El grano que fue tratado adecuadamente no se enmohece, pero su viabilidad baja a cero. En muchos granos, el embrión se torna marrón y se desprende un fuerte olor a ácido. Cuando los granos se secan tras varios meses de almacenamiento, el olor del ácido desaparece, pero la presencia del embrión marrón disminuye la calidad y el valor del producto. El tratamiento químico, aunque prolonga por un período de tiempo considerable el almacenamiento, sólo es apropiado para determinados usos de los granos.

La prevención del crecimiento de los hongos sin emplear productos químicos, se puede llevar a cabo controlando el contenido de humedad de los granos, la temperatura y el medio ambiente del almacenamiento. Para evaluar las condiciones de almacenamiento del grano, por lo general se utilizan tres criterios: generación de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), capacidad germinativa y

## **crecimiento visible de hongos.**

### **Micotoxinas**

**Algunos hongos que se desarrollan en los granos tienen la capacidad de producir sustancias químicas que son tóxicas para el ser humano y para los animales. Estos venenos químicos reciben el nombre de micotoxinas. Un grupo específico de micotoxinas, las aflatoxinas, ha sido considerado de gran peligro para los seres humanos y animales. La aflatoxina es producida por los hongos del género *Aspergillus* (particularmente *Aspergillus flavus*) cuyas esporas se encuentran muy diseminadas en la naturaleza. Cantidades muy pequeñas de aflotoxinas pueden causar graves enfermedades y a veces, hasta la muerte.**

**Los granos contaminados con estas toxinas no deben utilizarse en la alimentación. Para prevenir la formación de micotoxinas necesario inhibir el crecimiento de los hongos en los granos.**

**Para un período largo de almacenamiento, se debe tener la precaución de:**

- **que el contenido de humedad del grano almacenado sea bajo (menos de 13% para maíz, trigo, arroz, cebada, centeno y sorgo).**
- **que la temperatura del grano sea baja**
- **que también sea bajo el porcentaje de daños ocasionados durante la cosecha y el secado.**

**Cuando no se almacenan adecuadamente los granos, aparte de las aflatoxinas se pueden producir otras micotoxinas, que también son peligrosas para la salud humana y de los animales.**

## **Control de insectos**

**Existen algunas prácticas de manejo que limitan o previenen el desarrollo de los insectos en los granos almacenados, como:**

- **limpiar y espolvorear con insecticida todo el depósito antes de almacenar el grano.**
- **almacenar los granos en depósitos bien contruidos.**
- **almacenar sólo granos limpios.**
- **impedir la entrada de pejaros y roedores en los depósitos.**
- **fumigar y espolvorear los granos con insecticida en la época adecuada.**
- **mantener los granos lo más fríos posible.**
- **inspeccionar los granos a intervalos frecuentes.**

**Fumigación.** Esta operación consiste en tratar el grano con un fumigante (insecticida gaseoso) bajo condiciones de hermeticidad. Durante la fumigación se debe tratar de alcanzar un 100 por ciento de mortalidad de los insectos en sus estados de huevo, larva o ninfa y adulto (figura 38).

**Pulverización.** Esta operación consiste en tratar la masa de granos con un insecticida líquido

o en polvo, el cual puede ser aplicado por aspersión o en capas sucesivas. Esta práctica se recomienda cuando existen riesgos de infestaciones continuas en los granos (figura 39).

## Control de roedores

Todo sistema de almacenaje de granos debe considerar la necesidad absoluta de establecer un programa continuo de combate de los roedores-plagas, ya que los roedores más comunes como el ratón casero y la rata, además de ser sumamente destructores y causar enormes daños, son también una fuente de infección y de enfermedades para los seres humanos y los animales domésticos.

[Figura 38. Fumigación de granos a granel.](#)

[Figura 39. Aplicación de insecticida, por aspersión, a las caras externas de una estiba de sacos con granos.](#)

## Migración de la humedad

En la masa de granos de un silo o de una bodega granelero, normalmente existen diferencias de temperaturas. Las capas de granos que se encuentran próximas a las paredes de los silos o a la

superficie tienen una temperatura más alta o más baja, debido a que las estructuras de almacenamiento (de hormigón o metálicas) sufren los efectos de los cambios de temperatura del exterior. El aire intergranular de una masa de granos no es estático, pues está en continuo movimiento a través de las corrientes de convección originadas por la diferencia de densidad del aire caliente y del frío (Figura 40).

[Figura 40. Representación esquemática de la migración de humedad en un silo. A: invierno: B: verano.](#)

El movimiento del aire intergranular hace que los granos de las zonas frías se vuelvan más húmedos y los de las regiones más calientes, más secos. A este fenómeno se le denomina "migración de la humedad". Durante el invierno, el aire frío de la pared del silo baja, mientras que el aire caliente, más liviano, del interior del silo tiende a subir, formando una corriente de convección. Durante el verano, cuando aumenta la temperatura, la circulación del aire en el silo cambia de dirección porque las capas de granos que están junto a la pared y en la superficie se calientan más que las que están en el centro.

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura y el contenido de humedad de una masa de granos, más intensa será la migración de humedad, por lo que es necesario tomar las debidas precauciones. La migración de humedad, que es ocasionada por el movimiento natural del aire de los granos, puede ser prevenida por medio de la aireación que elimina las diferencias de temperatura.

## Bibliografia

- BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W. and HALL, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company. 265 p.**
- CHRISTENSEN, C.M., KAUFMANN, H.H. 1974. Storage of cereal grains and their products. 2a. ed. St. Paul, Minnesota, U.S.A., American Association of Cereal Chemists. 549 p.**
- COMPANHIA ESTADUAL DE SILOS E ARMAZENS. 1974. Graos; beneficiamento e armazenagem. Porto Alegre, Salina, Brasil. 148 p.**
- FARONI, L.R.A. 1987. Fatores que influenciam a qualidade dos graos armazenados. Vicosa, Brasil, CENTREINAR. 30 p.**
- HALL, C.W. 1957. Drying farm crops. Ann Arbor, Michigan, U.S.A., Edwards Brothers. 336 p.**
- HALL, C.W. 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. Roma, FAO. 400 p. Cuadernos de Fomento Agropecuario No 90.**
- HARRIS, K.L. and LINBLAND, C.J. 1976. Postharvest grain loss assessment methods. U.S.A., American Association of Cereal Chemists. 193 p.**
- POPINGS, F. 1977. Fisiologia da semente. Brasilia, Brasil, AGIPLAN. 289 p.**

**PUZZI, D. 1986. Abastecimento e armazenagem de grãos. Campinas, SP, Brasil, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 604 p.**

**SINHA, R.M. and MUIR, W.E. 1973. Grains storage; part of a system. Westport, Connecticut, U.S.A. The Avi Publishing Company. 481 p.**

---

## II. Limpieza de los granos

### Introduccion

Los granos y cereales cosechados manual o mecánicamente siempre contienen impurezas. Para la conservación de los granos durante el almacenamiento es necesario considerar dos aspectos importantes de las impurezas; uno de ellos es el hecho de que su presencia hace más difícil la conservación de los granos, y el otro se refiere a la dificultad que presentan para la buena operación de las unidades almacenadoras. El exceso de impurezas influye en forma negativa en la conservación de los productos almacenados, porque normalmente son higroscópicas y tienden a humedecer los granos, además de ser un medio favorable para el desarrollo de insectos y microorganismos. Con respecto a la operación de las unidades almacenadoras, las

**impurezas afectan el rendimiento de las secadoras, dificultan el movimiento de los granos y crean una barrera para el paso del aire de secado. Las impurezas constituyen un riesgo de incendio cuando quedan depositadas en el interior de las secadoras, ya que pueden entrar fácilmente en combustión.**

**En el caso de la aireación y el control de los insectos, las impurezas son perjudiciales porque ocupan los espacios intergranulares, dificultando el movimiento del aire. En consecuencia, se puede concluir que un alto contenido de impurezas disminuye la eficiencia de las secadoras, dificulta la aireación de los productos almacenados y reduce la eficacia de los insecticidas y fumigantes.**

## **Impurezas de los granos almacenados**

**¿Qué son las impurezas?**

**Las impurezas que normalmente se encuentran en los productos agrícolas, por lo general, son fragmentos provenientes de la propia planta, como rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, pajas, etc. Asimismo, existen otras impurezas que no provienen de la propia planta, a las cuales se les denomina materias extrañas y que generalmente están constituidas por semillas silvestres, parte de otras plantas, además de terrones, arena, piedras, etc. (figura 1). Las**



**impurezas presentes en los productos agrícolas son consecuencia del descuido durante el cultivo, principalmente en el control de malezas, y de los métodos utilizados para la cosecha. Con un poco de cuidado durante la cosecha es posible evitar el corte de partes innecesarias de la planta, lo que disminuye la cantidad de impurezas en el producto cosechado. Cuando la cosecha es mecanizada, es necesario regular bien la cosechadora para obtener un producto más limpio (figura 2).**

[Figura 1. Impurezas presentes en diversos productos.](#)

[Figura 2. Cosecha manual.](#)

### Limite de impurezas en los granos

Por lo general, cada país tiene su norma que establece los porcentajes máximos de impurezas para cada producto. Estas normas generalmente siguen las recomendaciones básicas que rigen las leyes del comercio internacional para la clasificación de granos y semillas (cuadro 1).

**CUADRO 1: Contenido máximo de impurezas permitidas de acuerdo con el tipo de grano según el CONCEX, Brasil**

Tipos	Arroz con cascara	Frijol	Maíz	Soja	Sorgo	Trigo

	H%	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%
1	13	0,50	15	0,50	14,5	1,50	14	1,00	14	1,00	14	0,00
2	13	0,75	15	1,00	14,5	2,00	14	1,50	14	2,00	14	1,00
3	13	1,00	15	1,50	14,5	3,00	14	3,00	14	4,00	14	1,50
4	13	1,25	15	2 00	-	-	14	6,00	-	-	-	-
5	13	1,50	15	3 00	-	-	-	-	-	-	-	-
6	13	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	13	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**H = Contenido de humedad, base hmeda;**

**I = Contenido de impurezas.**

La limpieza del producto en las unidades almacenadoras se realiza, por lo general, antes de pasar los granos por la secadora. Esta operaci3n, que se denomina "pre-limpieza", deja un m3ximo de 2 por ciento de impurezas, facilita el secado, economiza tiempo y combustible, y disminuye el riesgo de incendios en la secadora. Despu3s del secado se puede continuar eliminando las impurezas hasta que su contenido sea del 0,5 por ciento como m3ximo. Esta 3ltima operaci3n se llama "limpieza" propiamente tal y permitir3 una mejor conservaci3n del producto durante el almacenamiento.

**M3todos para determinar el contenido de impurezas**

La determinación del contenido de impurezas de un producto se realiza a través de una muestra de granos. Esta determinación es importante porque proporciona información sobre las condiciones para el almacenamiento del producto. Los métodos que se emplean pueden ser manuales o mecánicos.

### Método manual

El método manual consiste en separar las impurezas por medio de cernidores o zarandas manuales; por lo general se utilizan dos cernidores, uno sobre el otro. Los orificios del primer cernidor deben ser de un tamaño que permita el paso del producto y que no deje pasar las impurezas mayores. Los orificios del segundo cernidor deben retener los granos y deben dejar pasar las impurezas menores (Figura 3). En el Cuadro 2 se presentan las dimensiones de los orificios de las zarandas para cada producto.

### [Figura 3. Determinación manual del contenido de impurezas.](#)

**CUADRO 2: Dimensiones básicas de los cernidores recomendados para cada producto (en milímetros)**

Producto	Primera Zaranda	Segunda Zaranda
Maíz	13	5
Trigo Sarraceno	14 x 10	3
Frijol	9	5

Sorgo	6	3
Arroz	4 x 12	1,75 x 22
Soja	9	3,165

Para determinar el contenido de impurezas por este método se procede de la siguiente manera.

- Se toma una muestra representativa, de más o menos 500 g de peso.
- Se limpia el producto utilizando el juego de zarandas adecuadas, mediante un movimiento de vaivén (figura 3).
- Se pesa la totalidad de las impurezas.
- Se determina el valor porcentual de impurezas presentes en el producto, como aparece en el siguiente ejemplo

**Peso de la muestra original = 500 g**

**Peso total de las impurezas = 20 g**

**Por lo tanto:**

**Porcentaje de impurezas = [Peso de las impurezas (g) x 100] / Peso de la muestra (g)**

**Porcentaje de impurezas = [20 g x 100] / 500 g = 4 %**

## Método mecánico

El método mecánico para la determinación de impurezas consiste en pasar una muestra del producto por una pequeña máquina de limpieza. Esta máquina separa las impurezas más livianas utilizando una corriente de aire y usa un juego de zarandas para retirar las más pesadas. Por tratarse de un método mecánico, evita los errores que puedan ser cometidos por el operador y realiza una mejor separación de las impurezas del producto.

Para determinar el contenido de impurezas por este método se procede de acuerdo con los siguientes pasos.

- Pesar una muestra de 500 g.
- Escoger una zaranda de acuerdo con el producto.
- Regular la velocidad del aire para la separación de las impurezas livianas.
- Encender la máquina colocando la muestra en el depósito y el agitador.
- Pesar las impurezas contenidas en el cajón de impurezas.
- Determinar el porcentaje de impurezas presentes en el producto por medio de la fórmula.

## Limpieza de granos y cereales

**La limpieza de granos y cereales consiste en la eliminación total o parcial de las impurezas, para facilitar su conservación durante el almacenamiento y para cumplir las normas sobre el contenido de impurezas en el momento de la comercialización.**

### **Principios básicos de la separación**

**La separación de las impurezas de los granos se basa en las diferencias que existen entre las propiedades físicas de los mismos y las impurezas. Cuando estas propiedades son similares o idénticas, la separación se torna difícil, como por ejemplo, cuando las piedras tienen el mismo tamaño que el grano que se está limpiando. En este caso, siempre que sea posible, la separación debe basarse en la propiedad cuya diferencia sea más pronunciada. Las máquinas de limpieza realizan la separación en función de tres características básicas: tamaño, forma y velocidad terminal. Las características de tamaño y forma de un producto interactúan durante el proceso de separación, por lo que es muy importante definir correctamente estas características.**

### **Tamaño**

**Los granos tienen tres dimensiones: largo, ancho y grosor. En las máquinas de limpieza, para realizar la separación se utilizan únicamente las dimensiones de largo y grosor (figura. 4).**

**[Figura 4. Dimensiones de varios granos: c = largo; l = ancho; y e = grosor.](#)**

**Separación en función del ancho:** Para separar los granos de un mismo ancho se puede utilizar una zaranda de orificios redondos, considerando que los granos tienen el mismo largo y espesor (figura 5).

**[Figura 5. Separación en función del ancho.](#)**

**Separación en función del grosor.** Los granos que poseen grosores diferentes pueden ser separados con una malla de orificios alargados u oblongos, si tienen el mismo largo y ancho (figura 6).

**[Figura 6. Separación en función del grosor.](#)**

**Separación en función de la longitud.** Los materiales o granos que poseen idéntico ancho y grosor pero diferentes longitudes, pueden separarse mediante el uso de un separador de disco o cilindro alveolado; no es posible separarlos por medio de limpiadoras de zarandas.

## Forma

La elección del tipo de perforación de las mallas usadas como separadores en las máquinas de limpieza está relacionada con la forma del producto. De acuerdo con el tipo de granos e impurezas, es necesario elegir una malla apropiada a la forma del producto que se pretende separar.

## Velocidad terminal (o resistencia al aire)

La velocidad terminal es una propiedad física muy utilizada en la separación de impurezas de un producto. Si el producto es sometido a una corriente de aire ascendente y comienza a flotar, la velocidad de la corriente de aire en equilibrio con las fuerzas del producto se conoce como "velocidad terminal" de ese producto. Si la velocidad del aire aumenta o disminuye, el producto tenderá a desplazarse.

Las máquinas de limpieza que utilizan la velocidad terminal para la separación de impurezas, someten al producto a una corriente de aire que tiene una velocidad menor que la velocidad terminal de los granos, por lo que las impurezas más livianas (como pajas y polvo) son impulsadas por la corriente de aire, facilitando su separación (Figura 7).

### [Figura 7. Separación de impurezas por medio del aire.](#)

En las máquinas de limpieza, el ventilador aspira el aire, formando una corriente que al pasar por una capa delgada de granos elimina las impurezas más livianas y deja las más pesadas; estas son separadas después por medio de mallas o zarandas. En las máquinas de limpieza más eficientes, se utiliza además una segunda aspiración de las impurezas después de que los granos han pasado por las zarandas, con la finalidad de lograr una limpieza más completa.

---

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">



## Métodos de limpieza

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

La limpieza de los productos agrícolas es una práctica adoptada hace miles de años y que poco ha cambiado desde entonces, pues en la actualidad se utilizan los mismos principios mecánicos. No obstante que las máquinas modernas permiten una buena limpieza de los productos, poseen un rendimiento bajo, lo que muchas veces limita la recepción de éstos en las grandes unidades de almacenamiento.

En el medio rural, los sistemas de limpieza son bastante rudimentarios; por lo general, las impurezas se separan por medio del viento, utilizando cernidores manuales; ocasionalmente equipos más complejos, como máquinas con sistemas de aspiración de aire y juego de mallas o zarandas. En las unidades almacenadoras o en las grandes propiedades agrícolas, donde se requiere limpiar grandes cantidades de granos, se utilizan máquinas de limpieza con sistemas de aspiración de aire y zarandas. Estas máquinas tienen una alta capacidad para una eficiente limpieza, pero su operación es relativamente compleja.

### Sistemas y equipos

Existen varios sistemas para la limpieza de los granos. Los más utilizados, tanto en pequeñas como en grandes propiedades, son:

- **limpieza con viento**
- **limpieza con zarandas manuales**
- **limpieza con ventilador**
- **limpieza con zarandas cilíndricas rotativas**
- **limpieza con ventilador y zarandas.**

**Limpieza mediante el viento.** Uno de los métodos más simples y antiguos de limpiar de granos es aquel que utiliza el viento. Este método es muy utilizado en la actualidad por los pequeños productores rurales, que tienen un bajo poder adquisitivo. Este sistema consiste en levantar los granos a una determinada altura, dejándolos caer para que el viento separe las impurezas más livianas, como polvo, hojas, granos vacíos, etc. Este método de limpieza tiene el inconveniente de que no elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas, como arena, piedras, terrones etc., que caen junto con los granos (figura 5).

**Limpieza con zaranda manual.** Este método es el más utilizado por los pequeños agricultores. El método consiste en utilizar mallas o zarandas manuales y realizar un movimiento hacia arriba con la zaranda, lanzando el producto al encuentro de la corriente de aire; el viento se encarga de eliminar las impurezas más livianas. Enseguida se realiza un movimiento de vibración o vaivén de la zaranda, para propiciar que las impurezas menores pasen por los orificios (figura 9).

[Figura 8. Limpieza de granos por medio del viento.](#)

[Figura 9. Limpieza con zaranda manual.](#)

Las zarandas manuales son muy utilizadas porque permiten la limpieza de pequeñas cantidades de productos de manera muy eficiente y pueden ser construidas fácilmente por los propios agricultores. Estas características permitieron su difusión en casi todos los países del mundo. En Brasil, actualmente la casi totalidad de la cosecha de café se limpia mediante las zarandas manuales. La capacidad de limpieza con las zarandas manuales es del orden de 120 a 180 kg por hora de trabajo. Tiene la desventaja de ser una operación de bajo rendimiento y de exigir gran esfuerzo físico y habilidad del operador. Por esta razón, la técnica es penosa y perjudicial para la salud, pues el trabajador permanece en constante contacto con la polución causada por el polvo (figura 10).

#### [Figura 10. Limpieza con zaranda manual suspendida.](#)

Limpieza con ventilador. El uso de ventiladores para la limpieza de los granos está bastante difundido en algunos países. Consiste básicamente en un ventilador que produce un flujo de aire, el que realiza la separación de las impurezas del producto. Esta separación se efectúa a base de las diferencias de la velocidad terminal de las impurezas y de los granos.

Este sistema de limpieza sirve para eliminar impurezas livianas, tales como polvo, hojas, tallos, ramillas, etc., y se recomienda para la limpieza de maíz, arroz y frijoles a nivel de pequeños productores. La limpieza se lleva a cabo haciendo pasar una corriente de aire por los granos; las impurezas más livianas son lanzadas fuera de la máquina por la acción del aire del ventilador. Cuando el producto contiene muchas impurezas pesadas, como terrones y arena, no es posible con este método realizar una buena limpieza.

El ventilador está constituido por una caja con forma de caracol, en cuyo interior existe un rotor formado por un conjunto de paletas o aspas dispuestas en círculo, que al ser accionadas en forma manual o mecánica generan una corriente de aire. El producto se coloca en la tolva superior, que es un depósito en forma de "V", con una pequeña abertura en la parte inferior, provista de una válvula o compuerta mediante la cual se regula la cantidad de producto que entra a la limpiadora. Al pasar el producto por la corriente de aire se separan las impurezas livianas y cae el producto limpio en el colector (figura 11).

### [Figura 11. Equipo con ventilador para la limpieza de los granos.](#)

Limpieza con mallas cilíndricas. Las máquinas de limpieza con mallas cilíndricas rotativas son muy utilizadas en las grandes haciendas, debido a su gran capacidad para limpiar y porque requieren baja potencia para su funcionamiento. Están constituidas básicamente por dos mallas cilíndricas, colocadas una dentro de otra. La malla interior tiene forma de cono, para que los granos se deslicen cuando se opera el equipo a una velocidad más baja (figura 12).

### [Figura 12. Equipo de limpieza con mallas cilíndricas.](#)

Durante su funcionamiento, los granos entran por la malla interna que posee orificios más grandes que los granos, lo que permite que el producto pase y se retengan las impurezas mayores. La malla externa posee orificios menores que retienen los granos y permiten el paso de las impurezas menores. Normalmente, estas máquinas poseen un sistema que permite sustituir a las mallas, lo que permite la limpieza de diferentes productos.

**Limpieza en máquinas con aire y zarandas. Las máquinas de limpieza con ventilador y zarandas constituyen el sistema más eficiente para la limpieza de los granos. Estas máquinas se utilizan cuando se requiere una limpieza más eficiente del producto. Para separar las impurezas utilizan un ventilador y un conjunto de zarandas (figura 13).**

Estas máquinas pueden ser utilizadas en la operación de pro-limpieza para eliminar parte de las impurezas de los granos, o en la operación de limpieza, después del secado. La diferencia entre máquinas de limpieza y pro-limpieza está determinada básicamente por la eficiencia de la separación. Las máquinas de limpieza tienen ventiladores más potentes, o un mayor número de zarandas con orificios, cuya dimensión se aproxima más al tamaño de los granos, lo que permite realizar una limpieza más eficiente.

Por lo general, las máquinas con ventilador y zarandas están constituidas por un depósito o alimentador, un sistema de aspiración de polvo (que se encuentra a la entrada o salida del producto) un conjunto de zarandas intercambiables y un dispositivo para producir la vibración u oscilación del conjunto de zarandas.

### [Figura 13. Máquina de limpieza con ventilador y zarandas.](#)

#### **Partes que componen los equipos de limpieza**

El conocimiento de las partes que constituyen las máquinas de aire y zarandas es importante para obtener un buen rendimiento. El operador que conoce la función de cada pieza tendrá más seguridad para corregir los defectos y los puntos más críticos que influyen en el perfecto

**funcionamiento del conjunto. El operador debe estar apto en cualquier momento para realizar las reparaciones de las máquinas cuando sea necesario, y para reponer las piezas dañadas correctamente y con rapidez. Los conocimientos, la buena voluntad y perspicacia del operador son muy importantes para permitir el perfecto funcionamiento de los equipos, sin que existan interrupciones durante su funcionamiento. En general, las máquinas de aire y zarandas están constituidas básicamente por:**

- un alimentador
- un sistema de ventilación
- un conjunto de zarandas.

**El alimentador. Los alimentadores de las máquinas de limpieza tienen la finalidad de regular el flujo del producto que entra a la máquina y distribuirlo uniformemente sobre la zaranda. Existen varios modelos de alimentadores, que posibilitan una mayor precisión de la operación; sin embargo, los más complejos encarecen el costo de la máquina y pueden dificultar su operación y mantenimiento. En el Brasil, con el propósito de minimizar los costos de los equipos y facilitar su operación, las industrias utilizan modelos más simples que facilitan su mantenimiento y su reparación.**

**Los alimentadores están compuestos generalmente por un depósito o caja que recibe el material, un registro para regular el flujo de los granos y un eje con aletas en el fondo del depósito para forzar el desplazamiento del material, lo que hace que éste caiga sobre la malla o zaranda. Algunos alimentadores poseen abajo del registro regulable del alimentador, en el**

**tope de la zaranda superior, una bandeja de distribución con inclinación en sentido contrario a la zaranda, la que distribuye el producto sucio; esto aumenta el rendimiento de la máquina (figura 14).**

**Figura 14. Esquema del alimentador de la máquina de limpieza de aire y zarandas.**

**Los granos húmedos y sucios recién cosechados presentan serios problemas para la limpieza, pues atascan los alimentadores de las limpiadoras, disminuyendo considerablemente su capacidad de procesamiento; por ello es muy importante considerar cuidadosamente el diseño del alimentador y de la limpiadora en general cuando sea necesario trabajar con granos difíciles, como el arroz con cascara, con un contenido de humedad superior al 22 por ciento.**

**El sistema de ventilación: El sistema de ventilación es responsable de la eliminación de las impurezas livianas presentes en los productos y esta se realiza por la acción del aire que se genera en el interior de la máquina. Los sistemas de ventilación están formados básicamente por:**

- a) un ventilador**
- b) una cámara gravitacional**
- c) el ducto de succión de impurezas.**

**a) El ventilador. Se utiliza para producir un flujo de aire en el interior de la máquina, que separa las impurezas livianas del producto. Generalmente, los ventiladores trabajan succionando el aire, como un exhaustos, con lo que se evita la contaminación ambiental causada por el equipo. La**

extracción del aire en el interior de la máquina forma una corriente que pasa por los granos, eliminando las impurezas del producto. Las impurezas más pesadas son eliminadas por los cernidores o zarandas. En algunos tipos de máquinas, después de pasar los granos por las zarandas se succiona el aire a través del producto para efectuar una limpieza más completa.

Las máquinas de aire y zarandas pueden poseer de uno a cuatro ventiladores, lo que determina en gran parte su eficiencia. Cuanto mayor sea el número de ventiladores, mejor será la distribución de aire que pasa por el producto, aumentando la eficiencia de la limpieza. Cuando se tienen cuatro ventiladores, normalmente se utilizan dos extractores en la parte superior, que se sitúan después del alimentador, y dos en la parte inferior, que se sitúan después de que el producto pasa por las zarandas (figura 15).

b) y c) Cámara gravitacional y ducto de succión de impurezas. El ducto de succión de impurezas termina en la entrada de la cámara gravitacional, que posee un volumen mayor; esto provoca una disminución de la velocidad del aire que transporta las impurezas. Esta disminución del aire hace que las impurezas se sedimenten en el fondo de la cámara para luego ser descargadas. En el fondo de la cámara gravitacional está localizada la válvula de descarga de las impurezas, las cuales son eliminadas a medida que se van acumulando. En la entrada de la cámara se encuentra el registro de aire, que permite regularle la velocidad; este debe ser suficiente para extraer únicamente las impurezas más livianas evitando la succión de los granos.

[Figura 15. Ventilación de la máquina de limpieza de aire y zarandas.](#)



El conjunto de zarandas. Este tiene por finalidad eliminar las impurezas que quedaron retenidas en el producto después de pasar por la corriente de aire. El conjunto debe estar formado por lo menos por dos zarandas. En la primera, el tamaño de los orificios debe permitir el paso de los granos y retener todas las impurezas mayores que los granos. En la zaranda inferior, el tamaño de los orificios debe permitir únicamente el paso de las impurezas que son menores que los granos (figura 16).

[Figura 16. Esquema del conjunto de zarandas. El conjunto de zarandas está formado por los siguientes elementos:](#)

- a) las zarandas y las mallas
- b) el sistema de vibración
- c) el limpiador de zarandas.

a) Las mallas o zarandas. Las zarandas de las máquinas de limpieza están construidas de láminas o chapas metálicas perforadas y delgadas. Pueden también confeccionarse utilizando hilos metálicos, en forma de mallas; estas mallas están provistas de un marco o moldura de madera o metal, que facilita su manejo e instalación.

Las zarandas se instalan normalmente con una pequeña inclinación que varía entre 6 y 12 grados. En algunos casos se instalan en posición horizontal, pero deben poseer un mecanismo de vibración similar al de las zarandas inclinadas, para permitir el desplazamiento del producto y un mayor contacto de los granos con las zarandas. Algunas veces es necesario utilizar una tela o un plástico para cubrir la zaranda superior y así evitar que los granos caigan fuera de la

**zaranda. Los orificios de las zarandas pueden ser redondos, ovalados, triangulares, etc. Las mallas de hilos metálicos poseen orificios de forma rectangular o cuadrada. Se recomienda utilizar la zaranda apropiada para cada tipo de producto que se va a limpiar, para que sus orificios produzcan mejores resultados durante la separación.**

**Zaranda de orificios redondos. Las zarandas de orificios redondos se utilizan para la separación de materiales en los que predomina la forma esférica o redondeada. Para las máquinas que clasifican los granos se recomiendan las zarandas de orificios redondos, porque realizan la separación sobre la base del ancho de los granos. Las zarandas de orificios redondos se especifican a base de su diámetro en milímetros fracciones de pulgadas. Cuando las dimensiones se dan en fracciones de pulgada se puede especificar el orificio de la zaranda, considerando el numerador de la fracción comprendida entre 6/64 y 80/64 de pulgada. Para orificios con diámetro menor de 6/64 de pulgada se utiliza el valor de la fracción completa, o sea numerador y denominador.**

**Ejemplo: 4,8 mm 12/64"**

**En razón de que 4,8 mm es equivalente a 12/64 pulgadas, este caso corresponderá a una zaranda del número 12.**

**Zaranda de orificios oblongos. Las zarandas de orificios oblongos generalmente se utilizan en la separación de materiales en los que predomina la forma alargada, por lo que son más utilizadas para separar los granos en función de su grosor. Las zarandas de orificios oblongos se especifican tomando la dimensión del ancho y la dimensión del largo del orificio. Como en el**

caso anterior, el ancho de los orificios entre 6/64 y 80/64 de pulgada se especifica con el numerador de la fracción. Cuando el ancho es inferior a 6/64 de pulgada se utiliza el valor de la fracción completa. El largo del orificio está dado por la fracción en pulgadas como 3/4, 5/6, etc. Por lo tanto, las zarandas de orificios oblongos se denominan como 12 x 3/4", 22 x 1/2", designando primero la dimensión del ancho del orificio. Las zarandas o cernidores de orificios oblongos generalmente se instalan con el eje mayor del orificio en la dirección del movimiento de los granos, ya que de esta forma se facilita la separación.

Ejemplo 1 - Zaranda: 1,75 x 22 mm

Ejemplo 2 - Zaranda: 5 x 3/4"

**Zaranda de orificios triangulares.** Las zarandas de orificios triangulares se utilizan más para la separación de impurezas que presentan forma triangular, como las semillas de algunas malezas. La especificación de los orificios de las zarandas triangulares se realiza de dos modos. En el primero se pueden designar los orificios por la dimensión en milímetros de uno de los lados del triángulo equilátero, o en 64 avos de pulgada. En el segundo, se considera el diámetro del círculo inscrito en el triángulo, en milímetro o 64 avos de pulgada, seguido de la letra V, o sea, 6 V, 10 V o 15 V.

**Zaranda de malla cuadrada.** Las zarandas de malla cuadrada se especifican por el número de aberturas que contiene una pulgada cuadrada, considerado los dos lados del área, tales como 3 x 14, 18 x 18, etc.

**Zaranda de malla rectangular.** Las zarandas de malla rectangular se especifican en forma similar a

la cuadrada, considerando el número de aberturas contenidas en una pulgada cuadrada, considerando los dos lados del área, tales como 4 x 12; 3 x 21; 6 x 60, etc. Las mallas rectangulares se instalan de tal forma que el largo de la malla coincida con la dirección del movimiento de la masa de granos.

b) **El sistema de vibración.** El sistema de vibración se utiliza para hacer oscilar las zarandas, con lo que el producto se pone en contacto con los orificios, se facilita la separación y se propicia un deslizamiento del producto sobre las zarandas. El sistema de vibración debe poseer dispositivos capaces de modificar la amplitud y frecuencia de los movimientos oscilantes de las zarandas, de manera tal que la masa de granos, con formas y tamaños diferentes a la esférica, quedar con los ejes longitudinales de los granos en forma perpendicular a la superficie. De esta manera, la zaranda al oscilar con movimientos precisos permitir el paso de los granos de punta por los agujeros, como en el caso del arroz. En el caso de productos de forma esférica se recomienda una vibración menor para permitir una mejor separación. Las máquinas que se utilizan para beneficiar productos con formas y tamaños diferentes, deben permitir el ajuste de la vibración para cada tipo de producto (figura 17).

c) **El limpiador de zarandas.** Durante el funcionamiento de las máquinas de limpieza de aire y zarandas, es común que se presente la obstrucción de los orificios de las zarandas por granos o impurezas. Esto dificulta la separación, reduciendo la eficiencia y el rendimiento de la máquina. Para evitar estos problemas se utilizan algunos dispositivos que son capaces de limpiar los orificios de las zarandas. Los dispositivos más utilizados son:

- i. bolas de goma de hule
- ii. cepillos o escobillas
- iii. martillos o percusores.

### [Figura 17. Separación de los granos en la zaranda.](#)

i) Bolas de goma o hule. Constituyen uno de los dispositivos más utilizados, debido a su bajo costo y buen desempeño y a que no exigen gran mantenimiento. Las bolas de goma se colocan, en número que varía de 3 a 5 en los compartimientos debajo de las zarandas, de forma tal que al moverse golpean contra la superficie inferior como consecuencia de la vibración de las zarandas (figura 18).

### [Figura 18. Esquema del limpiador de zarandas a base de bolas de goma.](#)

ii) Cepillos o escobillas. El uso de cepillos o escobillas de limpieza también está muy difundido. Consiste en instalar cepillos sobre carros móviles que se deslizan de un extremo a otro, debajo de las zarandas. Los cepillos se instalan sobre el carro de tal forma que puedan barrer la superficie inferior de la zaranda, removiendo las partículas que están obstruyendo los orificios. Los cepillos tienen el inconveniente de exigir cuidados en su mantenimiento y regulación (figura 19).

### [Figura 19. Esquema del limpiador de zarandas a base de cepillos.](#)

iii) Martillos. Los martillos normalmente se utilizan junto con los cepillos. Las semillas que

**obstruyen los orificios y no son eliminadas con los cepillos, se liberan con la vibración de los golpes del martillo bajo las zarandas. El movimiento de los martillos se logra con la vibración de la propia zaranda (Figura 20).**

**[Figura 20. Esquema del limpiador de zarandas con martillo.](#)**

## **Bibliografía**

**ALEXANDROV, M. 1976. Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte. Moscú, Editorial Mir. 450 p.**

**CHERKASKI, V.M. 1960. Pumps, fans, compressors. Moscow, Mir Publishers. 388 p.**

**DRAPINSKI, J. 1973. Manual de mantenimiento mecánica básica. Editora São Paulo, Brasil, Mc.Graw-Hill. 239 p.**

**FOUST, A.S. et al. 1982. Princípios das operações industriais. Rio de Janeiro, Brasil, Editora Guanabara Dois. 670 p.**

**GENEL, M.R. 1978. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. México, Compañía Editorial Continental. 300 p.**

**HALL, D.W. 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales. Roma, Italia, FAO. 400 p.**

**KOSTRYKIN, M.I. 1972. Applied mechanics. Moscow, Mir Publishers. 467 p.**

**LINBLAND, C.; DRUBEN, L. 1979. Almacenamiento del grano; manejo-secado-silos; control de insectos y roedores. México, Concepto. 331 p.**

**O'KELLEY, E. 1979. Processing and storage of food grains by rural families. Rome, Italy, FAO. 214 p.**

**PUZZI, D. 1980. Manual de armazenamento de grãos. Armazens e silos. São Paulo, Brasil, Editora Agronômica CERES. 405 p.**

**RICHARDSON, A. 1962. Tratado de molinería. Barcelona, España, Editorial Sintés. 627 p.**

**SOUZA, Z. y BRAN, R. 1980. Máquinas de flujo; turbinas-bombas-ventiladores. Rio de Janeiro, Brasil, Ao Livro Técnico. 262 p.**

**TEIXEIRA, M. M. 1988. Desenvolvimento e desempenho de arma máquina de limpeza para grãos ao ar e peneira cilíndrica rotativa. Viçosa, Brasil, Imprensa Universitária. 72 p. Tese de Mestrado.**

**TOLEDO, F.F. y MARCOS FILHO, 1. 1977. Manual das sementes. Tecnologias da produção. São**

Paulo, Brasil, Editora Agronómica CERES. 244 p.

VAUGHAN, C.E., GREGG, B.R. y DELOUCHE, J.C. 1976. Beneficiamiento e manuseio de sementes. Brasilia, Brasil, Ministerio da Agricultura, AGIPLAN/Banco Interamericano de Desenvolvimento. 195 p.

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

### III. Secado de los granos

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

#### Introducción

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración (figura 1). Una



definición clara y completa de lo que es el secado puede ser la siguiente: "es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla".

### Figura 1. Etapas entre la producción de granos y el almacenamiento.

Con los métodos tradicionales de producción de granos de los pequeños agricultores se producen considerables pérdidas antes y durante el almacenamiento. Una de las principales fuentes de pérdidas es la falta de un secado adecuado, ya que la mayoría los agricultores deja secar sus productos en el campo, expuestos a la intemperie y sujetos al ataque de insectos. A pesar de las pérdidas, los pequeños agricultores continúan empleando este método por su bajo costo y también debido al desconocimiento de otras técnicas.

## Cuando secar

Los granos tienen su máximo contenido de materia seca al llegar a la maduración, por lo que es conveniente cosecharlos en ese momento para así obtener el máximo rendimiento de producción. Sin embargo y por varias razones, el alto contenido de humedad de los granos limita su cosecha y hay que mantenerlos en el campo hasta que el contenido de humedad permita su cosecha o hasta que alcancen un contenido de humedad apropiado para su

## almacenamiento.

Se recomienda cosechar los granos húmedos tan pronto como sea posible y después secarlos, con los siguientes objetivos: obtención de un mayor porcentaje de materia seca, menores pérdidas debidas al ataque de depredadores, mayor porcentaje de vigor y germinación, menor contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento) y otros más. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11 a 13 por ciento, base húmeda, para los principales tipos de granos.

## Tecnologías y sistemas para el secado de los granos

Un sistema de secado-almacenamiento de granos exige una inversión considerable de dinero. En la adquisición o construcción de un sistema para el secado y almacenamiento de granos, a nivel rural, se debe considerar la capacitación y el entrenamiento del agricultor, con el fin de utilizar al máximo los beneficios que le pueden ofrecer las nuevas tecnologías.

Además de conocer las características de la estructura del sistema de secado-almacenamiento, es necesario que el agricultor esté consciente de que su poder de negociación aumenta durante la comercialización si puede entregar granos de mejor calidad y en el momento oportuno. La explicación correcta de ese poder de negociación permite al agricultor

**incrementar las ganancias y, por consiguiente, pone a su disposición mayores recursos para mejorar su producción y su nivel de vida.**

**Con el fin de que las tecnologías y equipos de secado sean económicamente viables, deben estar de acuerdo con el nivel de la producción. Hay tecnologías y equipos que se adaptan a diferentes condiciones de la producción de granos, pero hay otros que han sido diseñados para condiciones muy específicas. En general, mientras mayor cantidad de productos se procesen, mejor tratamiento podrán recibir, ya que se podrá invertir más en los equipos y sistemas. En los procesos de secado artificial, el secado se realiza con equipos en los que el movimiento del aire se efectúa por medio de ventiladores o sea por convección forzada. La falta de energía eléctrica para accionar los ventiladores es uno de los mayores obstáculos en la introducción de sistemas de secado-almacenamiento en el medio rural de los países en desarrollo.**

**Los procesos de secado-almacenamiento dependen, en general, de las condiciones del medio ambiente. Muchos de los parámetros de estos dos procesos fueron establecidos para climas templados, ya que fueron desarrollados en Estados Unidos y Europa, por lo que no son recomendables para condiciones tropicales. Por lo tanto, es necesario adaptar las tecnologías desarrolladas en países con características climáticas diferentes a las condiciones de producción, económica, aspectos sociales y tecnológicos de los países latinoamericanos. Esto quiere decir, por ejemplo, que rara vez un equipo diseñado en los países desarrollados tendrá buen rendimiento en un país tropical. Por lo tanto, es de primordial importancia seleccionar cuidadosamente las tecnologías que van a ser recomendadas, tomando en**

**consideración su costo inicial, su operación y el rendimiento.**

**La adaptación debe incluir la adecuación de los parámetros del secado-almacenamiento, los materiales utilizados en la construcción de equipos y edificios, como asimismo de las políticas de almacenamiento que deben atender las necesidades específicas de cada país. Una alternativa que debe ser considerada por los países que son deficientes en su capacidad de almacenaje es la implantación de un programa de almacenamiento de granos a nivel rural, lo que traerá los siguientes beneficios.**

- **Anticipación de la cosecha, lo que deja libre el suelo para nuevas siembras.**
- **Cosecha de un producto con menos daños ocasionados por insectos y hongos.**
- **Comercialización del producto a mejores precios, ya que su almacenamiento en la propia hacienda permite venderlo fuera de la época de cosecha, a mejores precios.**
- **Menores costos de transporte porque el producto se transporta seco.**
- **Seguridad nacional, ya que la producción del país queda dispersa en muchos lugares, en vez de estar concentrada en grandes unidades almacenadoras.**
- **Mejor adaptación de las tecnologías ya existentes.**

**Antes de recomendar la construcción de un número considerable de unidades de secado y almacenamiento en regiones rurales, es necesario realizar un estudio económico y financiero para conocer si el valor agregado de la producción, o sea, el mayor precio que ese grano va a obtener (probablemente, pero no siempre) en el mercado, paga las inversiones y hace rentable la construcción. Existen casos en que los canales y formas de mercadeo no establecen precios**

diferenciales para el grano seco y de mejor calidad, como por ejemplo cuando la cosecha es comprada por intermediarios y procesadores a quienes no les interesa que el grano est❖ seco.

Hay varios sistemas de secado-almacenamiento que se pueden construir con materiales simples, siguiendo las recomendaciones de construcci❖n y manejo de la informaci❖n moderna sobre procesamiento de granos. A continuaci❖n, se presentan algunas tecnolog❖as para el secado de granos que incluyen su uso, tama❖o, manejo, materiales y pasos para su construcci❖n.

## M❖todos de secado

El secado de granos frecuentemente es el eje del proceso integral de cosecha-secadoalmacenamiento. El m❖todo de secado generalmente es el principal factor que determina la selecci❖n de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los paises en desarrollo, los m❖todos disponibles para secar los productos agr❖colas a nivel del agricultor est❖n limitados, la mayor❖a de las veces, al uso de una combinaci❖n de radiaci❖n solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el secado natural. Otros m❖todos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; ❖stos corresponden al secado artificial.

Los m❖todos para el secado artificial de granos se dividen, de una manera general, en dos clases principales: aqu❖lla en la que el grano se seca por lotes y aqu❖lla en que el grano se seca por

medio de un flujo continuo. Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. Esto es especialmente importante cuando existen métodos que ya han sido empleados desde hace mucho tiempo por los agricultores de una comunidad. Los métodos alternativos no pueden ser recomendados sin una investigación previa de todas las posibles consecuencias, ya sea positivas o negativas, para los agricultores.

## Secado natural

Se entiende por secado natural aquel en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar (figura 2). El secado natural en el campo se realiza directamente en la planta y después de la cosecha, cuando se colocan las espigas y mazorcas en montones, pilas, manojos o hileras que se dejan secar al sol. Para reducir el tiempo de secado es común construir patios de secado o secadores simples que aprovechan la acción del viento y la energía solar. Este método de secado es muy utilizado por la mayoría de los agricultores de los países en vías de desarrollo, a veces por desconocimiento de técnicas más modernas y porque las condiciones climáticas permiten su uso a un costo muy reducido. Otra gran limitante para el uso de tecnologías más elaboradas lo constituye el nivel de inversiones que se requiere y que, por lo general, se encuentran muy por encima de las

**posibilidades de muchos productores rurales.**

### **Figura 2. Diversas formas de secado natural, de uso común en el medio rural.**

Existen algunas estructuras simples para el secado natural de granos, cuyo uso ha sido comprobado en algunas regiones de América Latina. Su utilización depende, en general, del clima del lugar y tienen en común que son simples y fáciles de construir; su costo es bajo y los materiales de construcción se encuentran fácilmente en la localidad.

#### **Secado en patios**

El patio es un piso de ladrillos, de hormigón o de tierra compactada que se construye en un lugar plano y asoleado. Cuando es de ladrillos, se cubre con una mezcla de cemento y arena, y en sus bordes se construye un pequeño muro de 10 centímetros de alto. El piso de los patios debe tener una inclinación mínima de 1,5 por ciento para facilitar el deslizamiento de las aguas de lluvia (figura 3). El secado en patios es un proceso natural, que consiste en esparcir el producto sobre un piso, en capas generalmente de menos de 10 centímetros de espesor. El secado se realiza por la acción del viento y la energía solar que incide sobre la superficie de los granos; por ello es necesario mezclar frecuentemente el producto para que el secado sea homogéneo. El uso de patios para el secado de granos está muy difundido, debido a la simplicidad de su construcción y operación, al bajo costo inicial y a su versatilidad, ya que pueden ser secados casi todos los tipos de granos.

### **Figura 3. Patio para el secado de granos.**

**Inconvenientes.** Las principales objeciones para la utilización de esta técnica son: baja capacidad de secado por unidad de área; dependencia de las condiciones climáticas; necesidad de mano de obra para la operación; y necesidad de utilizar grandes superficies de secado, en comparación con otras técnicas más sofisticadas que requieren menos espacio. Por esta razón, el uso de los patios de secado se limita a propiedades con bajos volúmenes de producción.

**Dimensiones.** El área de un patio de secado se calcula en base a la producción media esperada, tiempo aproximado de secado, días destinados a la cosecha y espesor de la capa de granos que se esparce sobre el patio. La siguiente fórmula se puede emplear para calcular el área de secado, considerando que la capa de granos tendrá 5 centímetros de espesor:

$$A = \frac{20 PT}{N}$$

A = área del patio en metros cuadrados

P = producción media de la cosecha en metros cúbicos

T = tiempo medio de secado en la región, expresado en días

N = número de días en que se realiza la cosecha

**Ejemplo.** Calcular el área de un patio de secado para una producción de 5 metros cúbicos de arroz en cascarilla, considerando que el tiempo medio para el secado del arroz en la región es de dos días, que la cosecha se realiza en 10 días y que la capa que se esparce en el piso tiene



**5 centímetros de espesor.**

**Solución:**

$$A = 20 \frac{5 \times 2}{10} = 20 \text{ metros cuadrados}$$

**Manejo del secado en patios.** El manejo del secado en patios es simple, dependiendo del producto que se va a secar. Se pueden secar productos a granel, espigas, mazorcas, y productos que aún no han sido separados de la planta. Para secar los productos que todavía están en la planta, como frijol, maní (cacahuete) etc., el espesor de la capa debe ser de aproximadamente 20 centímetros y se debe mezclar periódicamente el producto para que el secado sea uniforme. En el caso del frijol, cuando el contenido de humedad del grano lo permite, se desgrana y se termina de secar en una capa de 5 centímetros de espesor. Las vainas del maní se separan de las ramas tan pronto como sea posible, completando el secado de las vainas en el piso.

Para secar el grano de arroz con cáscara, se esparce en el patio una capa de hasta 10 centímetros de espesor, después se nivela y se mezcla varias veces con un instrumento semejante a un rastrillo. Con posterioridad, la masa de granos se divide en hileras anchas y profundas, que permiten que las capas de abajo pasen a la parte superior y viceversa. Después, estas hileras se deshacen y se esparce nuevamente el grano, repitiendo este ciclo hasta que el arroz esté seco. Para obtener un arroz de mejor calidad, con más granos enteros, se

**recomienda secar en varias etapas. En la primera etapa, cuando el contenido de humedad llega al 16 por ciento, se amontona y se cubre con lonas y se deja reposar por 3 a 4 horas. Después de este reposo, el arroz se esparce nuevamente y se completa el secado hasta que su contenido de humedad sea de más o menos 12 a 13 por ciento.**

**El secado del café recién cosechado se inicia esparciendo el producto en una capa delgada, de 3 a 4 centímetros de espesor, y revolviéndolo frecuentemente porque su contenido de humedad es de aproximadamente 60 a 70 por ciento. Mientras el producto tenga una humedad superior al 35 por ciento, no se amontona ni se cubre durante la noche; cuando va perdiendo humedad, puede aumentarse el espesor de la capa. Al atardecer, el café se amontona y se cubre con una tela o lona de plástico. El período total de secado varía de 12 a 20 días, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar.**

**Materiales necesarios. Para un patio de 10 m x 10 m, o sea, 100 m<sup>2</sup>, con capacidad para 5 m<sup>3</sup> de granos esparcidos en una capa de 5 centímetros de espesor, se necesitan los siguientes materiales:**

- **7.400 ladrillos macizos bien quemados**
- **7 metros cúbicos de arena lavada**
- **30 litros de arena de los terrenos de acarreo**
- **42 sacos de cemento**
- **3 metros cúbicos de cascajo número 2**
- **4 kilos de cal.**

**Construcción (figura 4).** Elija el lugar para construir el patio de secado, de preferencia en un área plana y sin sombra durante todo el día. A continuación:

- limpie el terreno (1);
- nivele el terreno; deje un desnivel de 1 por ciento, o sea, de 1 cm por cada metro;
- marque el alineamiento de las dimensiones del patio (2);
- excave una fosa de 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad (3);
- construya los cimientos del muro perimetral con una hilera de ladrillos sobre la base de 10 cm de hormigón, trazo 1:3:6 (4);
- apisone bien el piso (5);
- ponga los ladrillos directamente encima del suelo (6);
- prepare una mezcla o argamasa de cemento y arena, con relación 1:3;
- distribuya y nivele la mezcla sobre los ladrillos para que quede con un espesor de 2 cm (7);
- construya el muro perimetral con una hilera de ladrillos hasta una altura de 10 cm con relación al piso (deje una abertura en el muro de 10 cm a cada 3 m en la parte más baja del patio (8);
- moje el piso tres veces al día, durante tres días, sin pisarlo (9);
- si lo desea, pinte el muro perimetral (10).
- patio de secado, listo para usarlo.

### Secador solar rotativo

El secador solar rotativo consta de una caja de madera con el frente y el fondo de tela de

alambre. La caja tiene un eje central, que es un tubo de hierro galvanizado de 3/4 de pulgada, que se apoya en dos pequeños pilares de madera, que permiten la rotación. El secador es de inclinación variable, y su eje de rotación está alineado en la dirección norte-sur. La inclinación debe acompañar los movimientos del sol para aprovechar mejor la energía solar, por lo que el secador se debe mover de posición varias veces durante el día (figura 5).

Las variables que influyen en el proceso de secado, en el secador rotativo, son las mismas que en el secado de patios. La diferencia principal radica en que los secadores rotativos, además de aprovechar mejor la energía solar, aprovechan también la acción del viento. El secador solar rotativo es una opción para el secado de granos a nivel del pequeño agricultor y puede sustituir totalmente el uso de los patios.

[Figura 4. Construcción del patio de secado.](#)

[Figura 5. Secador solar rotativo para el secado de granos: A = Embudo de alimentación; B = Vista general.](#)

El secador solar rotativo puede ser utilizado para todo tipo de granos; sin embargo, se debe tener cuidado de que los orificios de la malla de alambre que se utiliza en su construcción sean lo suficientemente pequeños para evitar la salida del producto que va a secarse.

**Dimensiones.** La dimensión básica de la caja del secador solar rotativo es de 1,20 metros de ancho por 1,20 m de alto y 0,15 m de espesor. En un secador de este tamaño caben aproximadamente 200 litros de granos (100 kg - 150 kg de maíz desgranado). La cantidad de

secadores rotativos que son necesarios para una propiedad agrícola se calcula de acuerdo con la producción media, el tiempo medio de secado y el número de días que se requieren para la cosecha (figura 6).

La siguiente fórmula puede emplearse para calcular el número de secadores solares rotativos de 1,20 x 1,20 x 0,15 m:

$$n = 4,63 \frac{PT}{N}$$

Donde:

n = número de secadores rotativos de 1,20 x 1,20 x 0,15 m

P = producción media de la cosecha, en metros cúbicos

T = tiempo medio de secado en la región, en días

N = número de días de cosecha.

Ejemplo. Calcule el número de secadores rotativos para una producción de 5 metros cúbicos de arroz con cascara (aproximadamente de 2.500 - 2.800 kg) siendo el tiempo medio de secado del arroz en la región de dos días y 10 el número de días de cosecha.

Solución:

$$n = 4,64 \times \frac{5 \times 2}{10} = 4,64 \text{ o sea } 5 \text{ secadores}$$

### Figura 6. Dimensiones del secador solar rotativo.

Durante el secado del café con secador rotativo, el volumen del café disminuye dentro del secador ya que los granos se marchitan. Según trabajos realizados en la Universidad Federal de Viçosa, el volumen del café disminuye hasta un 40 por ciento después de cinco días de secado. Cuando esto sucede, el café de un secador se transfiere a otro para completar su volumen y el que queda vacío se carga nuevamente con café recién cosechado. En promedio se requieren 13 días de secado para que la humedad del café pase del 60 por ciento (cosecha) al 13 por ciento (almacenaje), por lo que cada secador estará ocupado durante 13 días; después de este tiempo, el secador se vacía y empieza el proceso de secado de otro lote.

El número total de secadores se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$n = 13_{nd} \frac{8_{nd}}{3}$$

Donde:

$n$  = número total de secadores solares rotativos

$n_d$  = número de secadores usados en cada día

**Ejemplo.** ¿Cuál es el número total de secadores solares rotativos (1,20 x 1,20 x 0,15 metros) cuando se cosechan 600 litros (0,60 metros cúbicos) de café por día?

**Solución.** Para 600 litros por día son necesarios tres secadores de 1,20 x 1,20 x 0,15 metros (cada secador puede cargar 200 litros); entonces:

$$n = 13 \times 3 - \frac{8 \times 3}{3}$$

**Donde:**

**n = 31 secadores solares rotativos**

**Manejo del secador solar rotativo (figuras 7, 8 y 9).** Los granos húmedos se colocan en el secador solar rotativo por medio de un embudo. Los secadores deben colocarse en dirección norte-sur y cambiar su posición cuatro veces al día, como se muestra en las figuras 7 y 8. Antes de poner el secador en la posición indicada, el producto tiene que homogeneizarse por medio de 8 a 10 rotaciones del secador. Este procedimiento se debe llevar a cabo durante el día, siempre que se cambie la posición de los secadores. Durante la noche hay que cubrir el secador con una lona de plástico para impedir el rehumedecimiento del grano y protegerlo de las lluvias.

**Cuando los granos tienen un contenido de humedad del 13 por ciento aproximadamente se descargan los secadores, ya que el producto está listo para ser almacenado.**

### [Figura 7. Vista general de los secadores solares rotativos.](#)

### [Figura 8. Posición de los secadores rotativos durante el día.](#)

### [Figura 9. Sistema de carga de los secadores solares rotativos.](#)

**Materiales para el secador solar rotativo. Para un secador solar rotativo de 1,20 x 1,20 x 0,15 m, con capacidad para 200 litros, son necesarios los siguientes materiales:**

- 3 tablas de madera con dimensiones de 1,20 m de largo por 0,15 m de ancho por 2,5 cm de espesor
- 2 tablas de madera con dimensiones de 1,25 m de largo por 0,15 m de ancho por 2,5 cm de espesor
- 1 tubo galvanizado de 1,65 m de largo y 314 de pulgada de diámetro
- 2 viguetas de madera de 1,5 m de largo y 8 x 8 cm de espesor
- 30 clavos del número 17 x 21
- 2 pedazos de tela de malla cuadrada (dimensiones de acuerdo con el producto que se va a secar) de 1,25 x 1,25 m
- 10 varillas de madera de 2,5 x 2,5 cm, de 1,25 m de largo
- 2 litros de pintura de aceite para pintar la madera
- 4 bisagras o goznes de 5 cm de largo con tornillos
- 2 pedazos de lámina o chapa metálica de 40 x 10 cm
- 2 tarabillas pequeñas (5 cm de largo con tornillos).



**Construcción (figura 10).**

- Corte 3 tablas de 1,20 m por 15 cm de ancho por 2,5 cm de espesor (1).
- Corte 2 tablas de 1,25 por 15 cm de ancho por 2,5 cm de espesor (1).
- Corte 1 pedazo de 1,65 m de tubo galvanizado de 3/4 de pulgada de diámetro (1).
- Corte 2 viguetas de madera de 1,50 m de largo, de 8 x 8 centímetros
- Corte 10 varillas de madera de 2,5 x 2,5 cm por 1,20 m de largo (1).
- Corte un pedazo de 1,25 por 1,25 m de malla de alambre galvanizado con orificios de 0,5 cm (2).
- Marque el centro geométrico de las 3 tablas de 1,20 m de largo, y haga un agujero de 3/4 de pulgada para pasar el tubo galvanizado (3).
- Abra dos rectángulos de 56 x 38 mm en una de las tablas de 1,25 m de largo para hacer la puerta de carga del secador (4).
- Construya la caja de madera que formará el cuerpo del secador utilizando los clavos (5).
- Pinte el interior del cuerpo del secador (6).
- Fije la tela de alambre galvanizado en los dos lados del cuerpo del secador, empleando las varillas de madera y los clavos (7).
- Construya las puertas de carga del secador utilizando las bisagras (8 y 9)
- Pinte el exterior del cuerpo del secador (10).
- Fije las viguetas en el suelo cuidando que queden orientadas en la dirección norte-sur (12).
- Corte dos triángulos en la punta de las viguetas para colocar el tubo de hierro galvanizado que sirve de soporte del secador.
- Ponga el cuerpo del secador encima de las viguetas (13).

## [Figura 10. Construcción del secador solar rotativo.](#)

[\(Continuación figura 10\)](#)

[\(Continuación figura 10\)](#)

### **Secado artificial**

Para el secado artificial de granos existen básicamente dos métodos: uno que emplea altas temperaturas (entre 45 y 120 C, o más en algunos casos) y el otro, que emplea bajas temperaturas. El secado a bajas temperaturas (con o sin calentamiento suplementario del aire de secado) es un proceso de gran eficiencia energética, con el cual se obtiene un producto final de óptima calidad cuando se realiza en forma adecuada, ya que la temperatura sólo se incrementa unos pocos grados más arriba de la temperatura ambiente (1 -5 C).

El principal problema que se presenta en el secado de granos a bajas temperaturas lo constituye el peligro de deterioración del producto debido al largo tiempo que se requiere para el secado. El secado artificial con altas temperaturas es más rápido; sin embargo, la eficiencia energética es menor.

Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve

el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado. Cuando el grano se va a secar en flujos continuos, los secadores requieren equipos especiales para llenarlos con granos húmedos y para vaciarlos cuando los granos están secos. En los secadores estacionarios o por lotes, el grano se retira del secador después que se ha secado y enfriado. Cuando el secado se realiza a bajas temperatura, el grano puede ser almacenado en el lugar del secado.

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Secado a bajas temperaturas

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

El secado a bajas temperaturas es el método artificial de secado que utiliza aire natural o ligeramente caliente (1 a 5°C arriba de la temperatura ambiente). Generalmente, este proceso se realiza en silos secadores-almacenadores, donde el producto permanece almacenado después del secado (figura 11). Para poder utilizar un silo se requieren algunas características especiales que no son necesarias para los silos que se emplean solamente para el almacenamiento. La

primera característica se refiere al piso que debe consistir en una placa metálica que tenga por lo menos el 10 por ciento del área perforada para facilitar la distribución uniforme del aire, lo cual es muy importante para la eficiencia del proceso. El ventilador debe proveer la cantidad suficiente de aire para secar toda la masa de granos, sin que se presente deterioro. Las dimensiones del silo (diámetro y altura) se tienen que elegir de acuerdo a la potencia del ventilador.

El secado a bajas temperaturas es similar al secado natural en el campo. El producto pierde humedad hasta que se establece el equilibrio entre la humedad del aire y la humedad del grano. Como este proceso es lento, al final casi toda la masa de granos queda en equilibrio térmico e higroscópico con las condiciones psicrométricas del ambiente. La diferencia entre los dos tipos de secado lo constituye la forma de mover el aire: en el secado a bajas temperaturas, el aire es forzado a pasar por la masa de granos por medio de un ventilador, mientras que en el campo, el secado se realiza por la acción del viento.

### [Figura 11. Silo con el piso perforado para secado a bajas temperaturas.](#)

Las condiciones atmosféricas (humedad relativa y temperatura ambiente) bajo las cuales se realiza el secado determinan la humedad final que puede alcanzar la masa de granos, ya que cada combinación de temperatura y humedad relativa del aire corresponde a un contenido de humedad en equilibrio con el producto y este contenido varía para cada producto. En los cuadros A1 a A6 del capítulo VI, se presentan los valores de humedad de equilibrio para el maíz, soja, trigo, sorgo y frijol. La temperatura y humedad relativa cambian durante todo

**el proceso, por lo que sus valores promedio determinan el contenido de humedad final. Los ventiladores generalmente calientan el aire de 1 °C a 2 °C, disminuyendo ligeramente su humedad relativa. Para aumentar la temperatura en por lo menos 6 °C es necesario utilizar colectores solares u otros medios de calentamiento, como el uso de combustibles.**

**Un sistema de secado a bajas temperaturas diseñado y manejado correctamente, es un método económico y técnicamente eficiente. En las unidades de almacenamiento pequeñas, el sistema es muy interesante porque la inversión inicial de capital es menor que la que se requiere para instalar sistemas que emplean altas temperaturas; sin embargo, existe un límite a partir del cual los costos pueden ser mayores, esto es, cuando se requiere un gran número de silos de secado debido a los grandes volúmenes de granos que se manejan. Estudios comparativos de los costos de secado en los dos sistemas, realizados en los Estados Unidos, mostraron que para unidades de hasta 530 toneladas, los sistemas de secado a bajas temperaturas tienen un costo más bajo. No obstante, estos datos deben estudiarse con más cuidado antes de ser aplicados en América Latina.**

**Algunos grandes productores de granos para semillas están utilizando el secado a bajas temperaturas para obtener una semilla de mejor calidad, en comparación con la que se obtiene con los secadores que utilizan aire a altas temperaturas. En el secado a bajas temperaturas, la pérdida de humedad es lenta y el producto no está sometido a cambios bruscos, lo que evita las tensiones internas de los granos; además, el producto tiene menos movimientos, con lo que se reducen los daños mecánicos y todo esto influye para conservar la calidad del grano.**

**Una de las grandes limitantes del secado a bajas temperaturas lo constituye la humedad inicial del producto. Cuanto mayor sea la humedad del producto, más rápida es su deterioración si no se reduce rápidamente dicha humedad hasta un nivel seguro para el almacenamiento. Esto significa que a mayor humedad del producto es necesario aumentar considerablemente la cantidad de aire que se requiere para el secado y, por lo tanto, se necesitan ventiladores con motores más potentes.**

**La temperatura media del aire es otro factor que es necesario considerar, ya que el proceso de deterioración también se acelera con el aumento de la temperatura. En el Brasil se ha recomendado la utilización del secado a bajas temperaturas para granos cuyo contenido de humedad es menor del 22 por ciento, ya que para humedades superiores, los requerimientos de aire y, consecuentemente, la potencia de los ventiladores, serían de tal magnitud que impedirían la viabilidad económica del sistema. En los países de clima templado, este límite es más flexible, pudiendo llegar hasta el 28 por ciento de humedad.**

**Como ocurre el secado en el silo. El secado a bajas temperaturas se inicia en la parte inferior del silo y va progresando hasta alcanzar la parte superior. Durante el período de secado se pueden distinguir, en el silo, tres capas con distinto contenido de humedad (figura 12). En la primera capa, que está formada por granos secos, el producto alcanza su equilibrio higroscópico con las condiciones del aire. En la segunda capa, llamada frente de secado, el aire está absorbiendo humedad del producto; generalmente el espesor de esta capa varía entre los 30 y los 60 centímetros. La tercera capa está formada por granos húmedos, cuyo contenido de humedad puede ser superior al inicial, ya que el aire pasa por esta capa saturado, sin capacidad de secado;**

**la temperatura de esta capa habitualmente es inferior a la temperatura del aire que entra al silo, debido a que el aire se enfria en el frente de secado por la evaporación de la humedad.**

**[Figura 12. Capas con diferente contenido de humedad en un silo durante el secado de granos a bajas temperaturas.](#)**

**Deterioro del producto. Los hongos son unas de las principales causas del deterioro de los granos en los sistemas de secado a bajas temperaturas. El ataque de estos microorganismos puede ocasionar.**

- **Disminución del poder de germinación.**
- **Decoloración parcial o total del grano.**
- **Transformaciones bioquímicas.**
- **Producción de toxinas venenosas y que pueden producir cáncer en los seres humanos y en los animales.**
- **Pérdida de peso.**

**Lo anterior reafirma la necesidad de calcular con sumo cuidado los sistemas del silo secador en climas tropicales. El cuadro 1 presenta las especies de hongos más comunes y el contenido de humedad mínimo para su desarrollo en maíz, sorgo y soja. El cuadro 2 muestra las temperaturas mínimas y óptimas para el desarrollo de algunas especies de hongos, ya que la temperatura también influye en su desarrollo. Si el contenido de humedad no se mantiene bajo los niveles citados en el cuadro i, siempre existirá el peligro del ataque de hongos.**

Otro factor que influye en la deterioración de los granos lo constituye el proceso de respiración, ya que se libera energía a través de la oxidación de carbohidratos y otros nutrientes orgánicos. Si esa energía no se disipa, los granos aumentan volviendo más propicio al medio para el desarrollo de los hongos.

**CUADRO 1: Contenido de humedad mínimo en algunos granos para el desarrollo de los hongos de almacén (%)**

Especie de Hongos	Producto		
	Maíz	Sorgo	Soja
Aspergillus restrictas	13,5 - 14,5	14,0 - 14,5	12,0 - 12,5
A. glaucus	14,0 - 14,5	14,5 - 15,0	12,5 - 13,0
A candidus	15,0 - 15,5	16,0 - 16,5	14,5 - 15,0
A. flavus	18,0 - 18,5	19,0 - 19,5	17,0 - 17,5
Penicillium sp.	16,5 - 19,0	17,0 - 19,5	16,0 - 18,5

**Fuente: Christensen, 1974.**

**CUADRO 2: Temperatura mínima y óptima para el desarrollo de algunas especies de hongos**

Especie de Hongos	Temperatura



	Mínima	Optima
Aspergillus restrictas	5 - 10	30 - 35
A. glaucus	0 - 5	30 - 35
A. candidus	10 - 15	45 - 50
A. flavus	10 - 15	40 - 45
Penicillium sp.	-5 - 0	20 - 25

**Fuente:** Christensen, 1974.

Para cuantificar la pérdida de materia seca del producto en función del contenido de humedad, la temperatura y los daños mecánicos se ha usado la producción de CO<sub>2</sub> por la masa de granos. El cuadro 3 muestra el tiempo que puede permanecer el maíz en determinadas condiciones de humedad y de temperatura, sin que la pérdida de materia seca supere el 0,5 por ciento. Estos valores se obtuvieron utilizando el modelo matemático de deterioro propuesto por Steele (Thompson, 1972). Los datos del cuadro se elaboraron bajo condiciones constantes de humedad y temperatura del producto. Es importante recordar que el secado a bajas temperaturas es un proceso dinámico y que si la masa de granos se deja en un silo sin ventilación, con alto contenido de humedad, podrá deteriorarse en menos tiempo que el previsto en el cuadro 3. Sin ventilación, los granos se calentarán como resultado de su proceso respiratorio y del de los hongos, acelerando el proceso de deterioración.

**CUADRO 3:** Tiempo en días que pueden permanecer los granos de maíz en determinadas

**condiciones para que la pérdida de materia seca no supere el 0,5%**

	<b>Contenido de humedad (% b.h.)</b>				
<b>Temperatura de los granos (°C)</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>
16	158	60	27	16	11
18	116	45	23	14	9
20	94	36	18	11	8
22	78	29	15	9	6
24	63	24	12	8	5
26	51	19	10	6	5
28	41	16	8	5	4
30	33	13	7	4	3

**Flujos mínimos de aire para el secado a bajas temperaturas. Para la buena operación de los sistemas de secado a bajas temperaturas es muy importante la elección de un flujo de aire adecuado. Los flujos de aire por debajo del valor adecuado, retardan el proceso de secado y**

**ponen en peligro la calidad del producto; por otra parte, los flujos superiores al valor adecuado reducen el tiempo de secado, pero ocasionan un aumento del consumo de energía y de los costos de operación, y una mayor inversión de capital inicial.**

**Por lo general, los silos y equipos para el secado de granos se venden en unidades completas, fabricados por compañías especializadas, por lo que en la mayoría de los casos, el usuario común no tiene que preocuparse de calcular y seleccionar los ventiladores y el flujo de aire que son aspectos técnicos especializados. A continuación se dan algunas recomendaciones que son una guía para quienes quieren modificar instalaciones ya existentes o diseñar nuevas. Los flujos de aire que se recomiendan para el secado se llaman generalmente flujos mínimos y se expresan por unidad de volumen del producto. El flujo mínimo de aire depende de los siguientes factores:**

- tipo de producto.
- clima de la región.
- contenido inicial de humedad.

**El tipo de producto o grano influye, en función de su susceptibilidad, a la deterioración, composición química y facilidad con que los hongos pueden penetrar en su interior; por esta razón, las necesidades de aire para el secado de arroz son menores que para el maíz.**

**El clima de la región es muy importante también para determinar el potencial de secado; las regiones con altas humedades relativas durante el periodo del secado requieren mayores flujos de aire, con o sin calentamiento suplementario. El contenido de humedad inicial del producto**

es, asimismo, un factor que influye en la determinación del flujo mínimo de aire, pues está relacionado directamente con la susceptibilidad del producto al ataque de hongos.

Los flujos mínimos para secar un producto se determinan mediante el uso de un modelo matemático de simulación de secado que se procesa en un computador. El modelo matemático que se elige debe ser validado para cada producto, comparando los resultados obtenidos en la simulación con los obtenidos en forma experimental secando el producto.

En el modelo matemático se deben incorporar los parámetros que permitan cuantificar la pérdida de calidad, en función del contenido de humedad y temperatura del producto.

Para determinar el flujo de aire de secado en una determinada localidad, es necesario contar con una estación meteorológica y los registros de la temperatura y humedad relativa de, por lo menos, diez años consecutivos. Con estos datos se determina para cada año el flujo mínimo de aire que se requiere para el secado de granos sin que se afecte su valor comercial.

El flujo mínimo de aire se establece en base al flujo de aire mayor que se obtiene con los datos meteorológicos considerados en los cálculos, o utilizando el flujo inferior más próximo a este valor. El valor inferior más próximo al mayor flujo de aire es muy utilizado en la proyección de sistemas de secado a bajas temperaturas porque ofrece una probabilidad de éxito del 90 por ciento, y porque en los años de clima muy adverso, el proceso de secado se puede controlar con un adecuado manejo del sistema.

Cuando las dimensiones se calculan sobre la base del año que ha tenido peores condiciones

climáticas, se corre el riesgo de sobredimensionar la capacidad de los ventiladores.

Si no existen estudios locales para determinar los flujos mínimos para el secado de maíz a bajas temperaturas, la elección del flujo de aire se puede realizar utilizando los cuadros 4, 5, 6 y 7. Los datos de estos cuadros se elaboraron, en simulaciones de secado, con el modelo de Morey, bajo condiciones de aire constante, capaz de reducir el contenido de humedad del producto hasta cerca del 13 por ciento.

**CUADRO 4: Influencia del flujo de aire y del contenido de humedad inicial en el tiempo de secado y la pérdida de materia seca de maíz, para una temperatura de bulbo seco de 30°C y humedad relativa de 70% \***

Humedad del producto		Flujo de de aire m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .m <sup>-3</sup>		Tiempo de secado (h)	Pérdida de materia seca (%)
Inicial (%)	Final (%)				
	12,6	3,75	10-2	312	0,90
	12,6	5,00	10-2	240	0,53
	12,7	6,25	10-2	192	0,37
	12,6	7,50	10-2	168	0,28

22	12,6	8,75	10-2	168	0,23
	12,7	1,00	10-1	144	0,19
	12,6	1,13	10-1	144	0,16
	12,8	1,25	10-1	120	0,13
	12,6	2,50	10-2	384	0,63**
	12,6	3,75	10-2	264	0,34
	12,6	5,00	10-2	216	0,22
	12,7	6,25	10-2	168	0,16
20	12,8	7,50	10-2	144	0,13
	12,7	8,75	10-2	144	0,10
	12,8	1,00	10-1	120	0,09
	12,7	1,13	10-1	120	0,07
	12,7	1,25	10-1	120	0,06
	12,6	1,25	10-2	600	0,55**

	12,7	2,50	10-2	312	0,21
	12,7	3,75	10-2	216	0,13
	12,8	5,00	10-2	168	0,09
18	12,8	6,25	10-2	144	0,07
	12,7	7,50	10-2	144	0,05
	12,7	8,75	10-2	120	0,04
	12,7	1,00	10-1	120	0,04
	12,8	1,13	10-1	96	0,03
	12,8	1,35	10-1	96	0,03

\* Calentamiento de aire por el ventilador: 1°C

\*\* Condiciones del flujo de aire no recomendable.

**CUADRO 5: Influencia del flujo de aire y del contenido de humedad inicial en el tiempo de secado y la pérdida de materia seca de maíz para una temperatura de bulbo seco de 25°C y humedad relativa de 67% \***

					Pérdida de
--	--	--	--	--	------------

Humedad del producto		Flujo de aire $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		Tiempo de secado (h)	materia seca (%)
Inicial (%)	Final (%)				
	12,6	2,50	$10^{-2}$	456	0,91**
	12,6	3,75	$10^{-2}$	312	0,45**
	12,6	5,00	$10^{-2}$	264	0,30
	12,7	6,25	$10^{-2}$	216	0,22
22	12,7	7,50	$10^{-2}$	192	0,17
	12,7	8,75	$10^{-2}$	168	0,14
	12,7	1,00	$10^{-1}$	168	0,11
	12,8	1,13	$10^{-1}$	144	0,10
	12,7	1,25	$10^{-1}$	144	0,08
	12,6	2,50	$10^{-2}$	384	0,34
	12,6	3,75	$10^{-2}$	288	0,19



	12,7	5,00	$10^{-2}$	216	0,13
	12,7	6,25	$10^{-2}$	168	0,10
20	12,7	7,50	$10^{-2}$	144	0,08
	12,8	8,75	$10^{-2}$	144	0,06
	12,7	1,00	$10^{-1}$	120	0,05
	12,9	1,13	$10^{-1}$	120	0,05
	12,8	1,25	$10^{-1}$	120	0,04
	12,6	1,25	$10^{-2}$	624	0,30
	12,6	2,50	$10^{-2}$	336	0,13
	12,7	3,75	$10^{-2}$	240	0,08
	12,7	5,00	$10^{-2}$	192	0,06
18	12,7	6,25	$10^{-2}$	168	0,04
	12,8	7,50	$10^{-2}$	144	0,03
	12,9	8,75	$10^{-2}$	120	0,03

	12,8	1,00	10 <sup>-1</sup>	120	0,02
	12,7	1,13	10 <sup>-1</sup>	120	0,02
	12,9	1,25	10 <sup>-1</sup>	96	0,02
			10 <sup>-1</sup>		

\* Calentamiento de aire por el ventilador: 1°C

\*\* Condiciones del flujo de aire no recomendable.

[Continue](#)

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Continue -1

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

**CUADRO 6: Influencia del flujo de aire y del contenido de humedad inicial en el tiempo de secado y la pérdida de materia seca de maíz para una temperatura de bulbo seco de 20°C y humedad relativa de 67% \***

Humedad del producto		Flujo de aire m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .m <sup>-3</sup>		Tiempo de secado (h)	Pérdida de materia seca (%)
Inicial (%)	Final (%)				
	12,7	3,75	10 <sup>-2</sup>	336	0,27**
	12,7	5,00	10 <sup>-2</sup>	264	0,18
	12,8	6,25	10 <sup>-2</sup>	216	0,13
22	12,8	7,59	10 <sup>-2</sup>	192	0,11
	12,7	8,75	10 <sup>-2</sup>	192	0,09
	12,8	1,00	10 <sup>-1</sup>	168	0,07
	12,9	1,13	10 <sup>-1</sup>	144	0,06
	12,8	1,25	10 <sup>-1</sup>	144	0,05
	12,6	1,25	10 <sup>-2</sup>	768	0,51**
	12,7	2,50	10 <sup>-2</sup>	408	0,20

	12,7	3,75	$10^{-2}$	288	0,12
	12,7	5,00	$10^{-2}$	240	0,09
20	12,8	6,25	$10^{-2}$	192	0,06
	12,8	7,50	$10^{-2}$	168	0,05
	12,8	8,15	$10^{-2}$	168	0,04
	12,8	1,00	$10^{-1}$	144	0,04
	12,8	1,13	$10^{-1}$	144	0,03
	12,9	1,25	$10^{-1}$	120	0,03
	12,6	1,25	$10^{-2}$	672	0,18
	12,7	2,50	$10^{-2}$	360	0,08
	12,7	3,75	$10^{-2}$	264	0,05
	12,8	5,00	$10^{-2}$	192	0,04
18	12,8	6,25	$10^{-2}$	168	0,03
	12,8	7,50		144	0,02

	12,8	8,75	$10^{-2}$	144	0,02
	12,9	1,00	$10^{-1}$	120	0,02
	12,8	1,13	$10^{-1}$	120	0,01
	12,8	1,25	$10^{-1}$	120	0,01

\* Calentamiento de aire por el ventilador:  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$

\*\* Condiciones del flujo de aire no recomendable.

**CUADRO 7: Influencia del flujo de aire y del contenido de humedad inicial, en el tiempo de secado y la pérdida de materia seca de maíz gura una temperatura de bulbo seco de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 62% \***

Humedad del producto		Flujo de aire $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$		Tiempo de secado (h)	Pérdida de materia seca (%)
Inicial (%)	Final (%)				
	12,6	1,25	$10^{-2}$	984	0,63

	12,7	2,50	$10^{-2}$	528	0,23
	12,7	3,75	$10^{-2}$	384	0,14
	12,8	5,00	$10^{-2}$	312	0,10
22	12,8	6,25	$10^{-2}$	264	0,08
	12,8	7,50	$10^{-2}$	240	0,06
	12,8	8,75	$10^{-2}$	216	0,05
	12,9	1,00	$10^{-1}$	192	0,04
	12,8	1,13	$10^{-1}$	192	0,04
	12,9	1,25	$10^{-1}$	168	0,03
	12,6	1,25	$10^{-2}$	840	0,26
	12,7	2,50	$10^{-2}$	456	0,11
	12,7	3,75	$10^{-2}$	336	0,07
	12,8	5,00	$10^{-2}$	264	0,05
20	12,8	6,25	$10^{-2}$	240	0,04

	12,9	7,50	$10^{-2}$	192	0,03
	12,8	8,75	$10^{-2}$	192	0,03
	12,9	1,00	$10^{-1}$	168	0,02
	12,8	1,13	$10^{-1}$	168	0,02
	12,9	1,25	$10^{-1}$	144	0,02
	12,7	1,25	$10^{-2}$	720	0,10
	12,8	2,50	$10^{-2}$	384	0,05
	12,8	3,75	$10^{-2}$	288	0,03
	12,8	5,00	$10^{-2}$	240	0,02
18	12,9	6,25	$10^{-2}$	192	0,02
	12,9	7,50	$10^{-2}$	168	0,01
	12,8	8,75	$10^{-2}$	168	0,01
	12,9	1,00	$10^{-1}$	144	0,01
	12,8	1,13	$10^{-1}$	144	0,01
	13,0	1,25	$10^{-1}$	120	0,01

**\* Calentamiento de aire por el ventilador: 1°C**

**\*\* Condiciones del flujo de aire no recomendable.**

**Resistencia al flujo de aire. Después de establecer la cantidad de aire que se requiere para el secado, en el caso de que se utilice una secadora comercial, es necesario determinar la energía mecánica que tiene que transferir el ventilador al aire para vencer la resistencia que presentan los granos. Esta resistencia generalmente se expresa como "presión estática" y depende básicamente de los siguientes factores:**

- tipo de grano
- contenido de impurezas y presencia de granos quebrados
- relación diámetro/altura del silo
- grado de compactación del producto.

**Los granos de mayor tamaño, como el maíz y la soja, tienen mayores espacios intergranulares, por lo que ofrecen menor resistencia al paso del aire; mientras que los granos pequeños como el trigo, arroz y sorgo ofrecen mayor resistencia. La presencia de granos quebrados y material fino incrementa la resistencia al flujo de aire; además, este tipo de material tiende a concentrarse en algunos sitios de la masa de granos provocando una deficiente distribución del aire que pone en peligro los buenos resultados del proceso. Para minimizar este problema es indispensable limpiar los granos antes de llenar el silo.**

**La relación entre el diámetro y la altura del silo tiene una influencia significativa en la presión estática. Cuanto mayor sea el valor de la relación, menor será la presión estática que debe**



**vencer el ventilador, ya que la altura de la masa de granos y la velocidad del aire en los espacios intergranulares serán menores. Esto es importante porque se reduce la potencia del motor necesaria para mover el ventilador, aunque tiene el inconveniente de aumentar el precio del silo, debido a que aumenta el diámetro de la base del silo y el área de la lámina o chapa perforada.**

**En la práctica, se emplea mucho la relación diámetro/altura igual a 5/3. Respecto a la altura del silo, se recomienda que no pase de 6 m, para evitar las presiones estáticas muy altas. En los Cuadros 8 al 11 se proporcionan datos de la resistencia que ofrecen algunos productos al flujo del aire.**

**La compactación es otro factor que influye en la resistencia al flujo del aire, ya que a medida que aumenta, también aumenta la resistencia. La utilización de esparcidoras de granos generalmente provoca un aumento de la compactación de la masa del producto, disminuyendo el flujo del aire. A pesar de ello, se recomienda el uso de estos equipos porque ayudan a nivelar la masa del producto reduciendo la concentración de material fino en el centro del silo. El uso de sistemas para homogeneizar el grano disminuye el grado de compactación, además de mezclar la masa de granos.**

**Presión estática (kPa) requerida para el maíz**

Altura
--------

de la capa de granos (m)	Flujos del aire ( $10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-3}$ )											
	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,50	3,13	3,75	4,38	5,00	5,63	6,25
0,25												
0,50												
0,75								0,029	0,039	0,039	0,049	0,059
1,00						0,029	0,049	0,059	0,069	0,078	0,098	0,11
1,25				0,029	0,039	0,059	0,078	0,098	0,12	0,14	0,17	0,20
1,50		0,029	0,039	0,049	0,059	0,088	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,31
1,75		0,39	0,049	0,069	0,088	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,44
2,00	0,029	0,049	0,069	0,088	0,12	0,17	0,23	0,29	0,36	0,44	0,52	0,61
2,25	0,039	0,059	0,088	0,12	0,15	0,22	0,29	0,38	0,48	0,59	0,70	0,82
2,50	0,049	0,078	0,11	0,15	0,19	0,28	0,38	0,50	0,63	0,76	0,91	1,07
2,75	0,059	0,098	0,14	0,19	0,24	0,35	0,49	0,64	0,79	0,97	1,16	1,36
3,00	0,069	0,12	0,17	0,23	0,29	0,43	0,60	0,78	0,99	1,20	1,45	1,70
3,25	0,088	0,14	0,21	0,27	0,35	0,53	0,73	0,96	1,21	1,48	1,77	2,09
3,50	0,098	0,17	0,24	0,32	0,42	0,64	0,88	1,16	1,45	1,78	2,15	2,53

3,75	0,12	0,20	0,28	0,38	0,50	0,75	1,04	1,37	1,73	2,13	2,56		
4,00	0,14	0,23	0,33	0,45	0,58	0,88	1,22	1,61	2,04	2,51			
4,25	0,16	0,26	0,38	0,52	0,68	1,02	1,42	1,88	2,38				
4,50	0,18	0,29	0,44	0,60	0,78	1,18	1,65	2,17					
4,75	0,20	0,34	0,50	0,68	0,88	1,34	1,88	2,49					
5,00	0,23	0,38	0,56	0,77	1,00	1,53	2,15	2,88					
5,25	0,25	0,42	0,63	0,86	1,13	1,72	2,42						
5,50	0,27	0,48	0,71	0,97	1,26	1,94							
5,75	0,30	0,53	0,78	1,08	2,17	2,17							
6,00	0,34	0,59	0,87	1,20	2,42	2,42							

### Presión estática (kPa) requerida para la soja

Altura de capa de granos	<b>Flujos del aire (<math>10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}</math>)</b>											
	<b>(m)</b>	<b>0,63</b>	<b>0,94</b>	<b>1,25</b>	<b>1,56</b>	<b>1,88</b>	<b>2,50</b>	<b>3,13</b>	<b>3,75</b>	<b>4,38</b>	<b>5,00</b>	<b>5,63</b>

0,25												
0,50										0,020	0,200	0,020
0,75						0,020	0,020	0,029	0,029	0,039	0,030	0,049
1,00				0,020	0,020	0,029	0,039	0,049	0,059	0,068	0,078	0,088
1,25		0,020	0,020	0,029	0,029	0,049	0,059	0,078	0,098	0,12	0,14	0,16
1,50	0,020	0,020	0,029	0,039	0,049	0,069	0,098	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
1,75	0,020	0,029	0,049	0,059	0,069	0,098	0,14	0,17	0,21	0,24	0,29	0,34
2,00	0,039	0,039	0,059	0,078	0,098	0,14	0,19	0,24	0,28	0,34	0,40	0,47
2,25	0,039	0,059	0,078	0,098	0,13	0,18	0,24	0,30	0,38	0,45	0,54	0,63
2,50	0,049	0,069	0,098	0,13	0,16	0,23	0,30	0,39	0,49	0,59	0,70	0,80
2,75	0,059	0,088	0,12	0,16	0,20	0,28	0,38	0,49	0,61	0,73	0,87	1,02
3,00	0,078	0,098	0,15	0,19	0,24	0,35	0,47	0,61	0,75	0,91	1,09	1,26
3,25	0,088	0,12	0,18	0,23	0,28	0,42	0,57	0,73	0,91	1,11	1,32	1,55
3,50	0,098	0,15	0,21	0,26	0,34	0,50	0,67	0,88	1,10	1,33	1,59	1,86
3,75	0,12	0,17	0,24	0,31	0,40	0,59	0,80	1,04	1,30	1,58	1,88	2,20
4,00	0,14	0,2	0,27	0,36	0,46	0,68	0,94	1,21	1,52	1,85	2,21	
4,25	0,16	0,22	0,31	0,42	0,54	0,79	1,09	1,41	1,77	2,16		
4,50	0,18	0,25	0,36	0,48	0,61	0,91	1,24	1,63	2,04	2,49		

4,75	0,2	0,28	0,4	0,54	0,70	1,04	1,42	1,85	2,33				
5,00	0,22	0,31	0,46	0,62	0,78	1,18	1,62	2,11					
5,25	0,24	0,35	0,51	0,69	0,88	1,31	1,82	2,38					
5,50	0,26	0,39	0,57	0,76	0,98	1,48	2,04						
5,75	0,28	0,43	0,63	0,85	1,10	1,65	2,27						
6,00	0,34	0,48	0,7	1,2	1,21	1,82	2,53						

[Continue](#)

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Continue - 2

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Presión estática (kPa) requerida para el trigo

Altura de la	
--------------	--

Flujo del aire (10<sup>-2</sup> m/s - 1 m/s)

**Flujos del aire (10 - m<sup>3</sup> - m<sup>3</sup>)**

capa de granos (m)	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,50	3,13	3,75	4,38	5,00	5,63	6,25
0,25												
0,50						0,029	0,039	0,049	0,059	0,069	0,069	0,079
0,75		0,029	0,029	0,039	0,049	0,069	0,088	0,11	0,15	0,18	0,18	0,20
1,00	0,029	0,049	0,059	0,078	0,098	0,13	0,17	0,21	0,28	0,32	0,32	0,36
1,25	0,049	0,069	0,098	0,13	0,15	0,21	0,26	0,32	0,46	0,53	0,53	0,61
1,50	0,069	0,098	0,14	0,18	0,22	0,30	0,39	0,49	0,69	0,79	0,79	0,91
1,75	0,088	0,14	0,20	0,24	0,30	0,42	0,55	0,69	0,97	1,13	1,13	1,29
2,00	0,12	0,19	0,25	0,32	0,40	0,56	0,73	0,92	1,31	1,53	1,53	1,76
2,25	0,16	0,24	0,32	0,42	0,52	0,72	0,92	1,20	1,72	2,01	2,01	1,31
2,50	0,20	0,29	0,41	0,53	0,66	0,92	1,21	1,52	2,20	2,57	2,57	2,96
2,75	0,24	0,36	0,50	0,65	0,80	1,14	1,50	1,88	2,74	3,21	3,21	3,71
3,00	0,28	0,44	0,61	0,78	0,97	1,37	1,83	2,30	3,36	3,95	3,95	
3,25	0,33	0,52	0,71	0,93	1,16	1,65	2,18	2,76	4,07			
3,50	0,38	0,61	0,84	1,10	1,36	1,95	2,59	3,28				
3,75	0,44	0,71	0,98	1,27	1,59	2,27	3,03	3,86				

4,00	0,51	0,80	1,13	1,47	1,83	2,64	3,52						
4,25	0,58	0,92	1,28	1,68	2,10	3,03	4,06						
4,50	0,65	1,04	1,46	1,91	2,39	3,45							
4,75	0,73	1,17	1,64	2,15	2,70	3,91							
5,00	0,72	1,30	1,83	2,41	3,04								
5,25	0,91	1,45	2,05	2,69	3,39								
5,50	1,00	1,61	2,26	2,99	3,77								
5,75	1,11	1,76	2,50	3,30	4,17								
6,00	1,21	1,94	2,75	3,63									

### Presión estática (kPa) requerida para el arroz

Altura de la capa de granos (m)	Flujos del aire ( $10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ )												
	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,5	3,13	3,75	4,38	5,00	5,63	6,25	
0,25													

0,50								0,029	0,029	0,039	0,039	0,049
0,75					0,029	0,039	0,049	0,059	0,069	0,078	0,098	0,11
1,00				0,039	0,049	0,069	0,088	0,11	0,13	0,15	0,18	0,1
1,25	0,029	0,039	0,049	0,069	0,078	0,11	0,15	0,18	0,22	0,24	0,28	0,32
1,50	0,039	0,059	0,078	0,098	0,12	0,17	0,22	0,26	0,31	0,37	0,43	0,49
1,75	0,049	0,078	0,11	0,14	0,17	0,23	0,29	0,36	0,44	0,52	0,61	0,69
2,00	0,069	0,098	0,14	0,18	0,22	0,30	0,39	0,49	0,60	0,71	0,81	0,94
2,25	0,088	0,13	0,18	0,23	0,28	0,39	0,51	0,64	0,77	0,92	1,07	1,23
2,50	0,11	0,17	0,23	0,28	0,35	0,49	0,65	0,81	0,99	1,18	1,36	1,57
2,75	0,13	0,20	0,27	0,35	0,43	0,61	0,80	1,01	1,22	1,46	1,70	1,97
3,00	0,16	0,24	0,32	0,42	0,52	0,73	0,97	1,22	1,50	1,78	2,09	2,42
3,25	0,18	0,28	0,39	0,50	0,63	0,88	1,17	1,47	1,80	2,17	2,53	2,92
3,50	0,21	0,33	0,45	0,59	0,73	1,04	1,38	1,74	2,15	2,57	3,01	3,49
3,75	0,24	0,38	0,53	0,69	0,85	1,21	1,62	2,05	2,52	3,02	3,55	
4,00	0,27	0,44	0,61	0,79	0,99	1,41	1,87	2,38	2,93	3,52		
4,25	0,31	0,50	0,70	0,90	1,13	1,62	2,16	2,74	3,38			
4,50	0,35	0,56	0,78	1,03	1,28	1,84	2,46	2,94				
4,75	0,40	0,63	0,88	1,16	1,45	2,09	2,79	3,13				



5,00	0,44	0,71	0,99	1,29	1,63	2,34	3,14	3,57				
5,25	0,49	0,78	1,10	1,44	1,81	2,63	3,53					
5,50	0,54	0,86	1,21	1,60	2,01	2,92						
5,75	0,60	0,95	1,34	1,77	2,22	2,23						
6,00	0,66	1,05	1,49	1,95	2,45	2,58						

**Como cargar el silo. Hay dos maneras de llenar los silos para el secado a bajas temperaturas: en una sola etapa o por capas sucesivas (figura 13).**

**[Figura 13. Formas para cargar el silo durante el secado a bajas temperaturas.](#)**

En una sola etapa, el silo se carga en un periodo de uno a tres días. La ventaja de este sistema es que la recepción del producto no depende de la operación de secado. Durante el llenado del silo, las capas superiores del grano permanecerán con niveles de humedad cercanas o superiores a la inicial, por lo que la elección del ventilador tendrá que realizarse muy cuidadosamente, ya que deberá proveer un flujo de aire que permita que el frente de secado alcance las capas superiores sin que se inicie el deterioro del grano.

En la segunda forma (por capas) el llenado del silo está condicionado por el contenido de humedad de los granos que han sido depositados con anterioridad. Se agrega una nueva capa solamente cuando la primera ya está parcialmente seca. La ventaja de este sistema es que el secado se inicia inmediatamente después de la entrada del producto en el silo, disminuyendo el

**tiempo que permanece con altas humedades. El flujo que suministra el ventilador es mayor al inicio del secado, debido a que en el silo se encuentra una menor cantidad de producto, lo que es conveniente al inicio de la cosecha, cuando el producto tiene mayor humedad. Cuando se trata de una batería de silos, el llenado deberá ser planificado de tal forma que se distribuya el producto de manera cíclica. El flujo de aire necesario para el secado por capas es inferior al requerido para el secado en una sola etapa.**

**Cuando conectar el ventilador. Una de las dudas que tiene todo usuario del sistema de secado a bajas temperaturas, principalmente al inicio de la adopción del sistema, es cómo usar el ventilador. La mejor manera de usar el ventilador dependerá básicamente del contenido de humedad del producto que está en el silo y del clima.**

**Se recomienda mantener el ventilador conectado continuamente si el silo contiene granos con una humedad superior al 16 por ciento con el fin de evitar la respiración, la actividad de los hongos y la liberación de energía que provocan el calentamiento de la masa de granos y aceleran el proceso de deterioro. En las horas de mayor humedad relativa, por ejemplo durante las noches, la operación del ventilador ayuda a mantener fría la masa de granos. En este caso, el producto prácticamente no sufrirá rehumedecimiento, ya que el calentamiento que ocasiona el ventilador (de 1 °C a 2 °C) reduce la humedad relativa del aire del 5 al 10 por ciento.**

**Cuando el producto en el silo tiene una humedad inferior al 16 por ciento, el ventilador puede permanecer funcionando continuamente hasta el final del secado, si el sistema se opera en una**

región que presenta una humedad relativa media inferior al 75 por ciento. Si el ventilador se conecta solamente durante el día, se pueden presentar problemas de sobresecado. En las regiones más húmedas, con humedades relativas superiores al 75 por ciento, el ventilador deberá permanecer funcionando solamente durante las horas en que la humedad relativa es más baja, las cuales corresponden generalmente a las horas del día, siempre y cuando el silo no contenga lotes de granos con humedades superiores al 16 por ciento.

Dimensionamiento de los silos para el secado a bajas temperaturas. La elección de los silos para el secado a bajas temperaturas incluye la selección de las dimensiones adecuadas de altura y diámetro, y la especificación del ventilador que va a ser utilizado para mover el aire. En los cuadros 12 y 13 se proporciona la capacidad estática de silos cilíndricos de diferentes diámetros para alturas de hasta 6 m, que es la máxima recomendable. Como ya se dijo con anterioridad, la relación entre el diámetro y la altura debe ser la más próxima posible a 5:3.

Ejemplo 1. Determinar las medidas de un silo para el secado del maíz a bajas temperaturas con capacidad de 200 tan (267 m<sup>3</sup>).

Solución. Según el cuadro 12, el silo que tiene una capacidad más cercana a 200 tan (198 ton) y una relación diámetro/altura más próxima a 5:3 es el que presenta:

- un diámetro de 8,2 m y
- una altura de la capa de granos de 5,0 m.

La especificación del ventilador se obtiene considerando el flujo mínimo del aire que se

requiere en la región para secar los granos y la resistencia al flujo de aire que presenta el producto que va a ser almacenado en el silo. En ausencia de datos de flujos mínimo del aire, se pueden utilizar los datos de los cuadros 4 al 7. La resistencia al flujo de aire se expresa como presión estática que el ventilador tiene que vencer y depende del flujo de aire en  $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  y de la altura de la capa de granos. Los cuadros 8 a 11 muestran los valores de presión estática para el maíz, soja, trigo y arroz, respectivamente.

**Ejemplo 2.** Determinar el flujo del aire, la presión estática y la potencia de un ventilador para el silo del ejemplo 1, en una localidad en que las condiciones climáticas medias son: temperatura de bulbo seco,  $25^\circ\text{C}$ ; y humedad relativa media del aire, 67 por ciento. El contenido de humedad inicial del producto es de 22 por ciento. El llenado del silo se realizará en un sola etapa.

**Solución.** De acuerdo al cuadro 5, el flujo mínimo para un contenido de humedad inicial de 22 por ciento, una temperatura de bulbo seco de  $25^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire de 67 por ciento es:

$$q = 0,0375 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$$

La capacidad estática del silo es de  $267 \text{ m}^3$  de maíz; por lo tanto, el flujo de aire que el ventilador tiene que proveer es:

$$Q = 0,0375 \times 267 = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Cuadro 12. Capacidad de silos, en toneladas, para maíz, soya y trigo (masa específica aparente igual a  $750 \text{ kg.m}^{-3}$ )**

	Diámetro del silo (m)								
Altura de la capa de granos (m)	2,3	3,7	5,5	6,4 *	7,8	8,2	9,1	10,1 *	11
0,25	0,78	2,0	4,5	6,0	9,0	9,9	12,0	15,0	18,0
0,50	1,6	4,0	8,9	12,0	18,0	20,0	24,0	30,0	36,0
0,75	2,3	6,0	13,0	18,0	27,0	30,0	37,0	45,0	53,0
1,00	3,1	8,1	18,0	24,0	36,0	40,0	49,0	60,0	71,0
1,25	3,9	10,0	22,0	30,0	45,0	50,0	61,0	75,0	89,0
1,50	4,7 **	12,0	27,0	36,0	54,0	59,0	73,0	90,0	107,0
1,75	5,5	14,0	31,0	42,0	63,0	69,0	85,0	105,0	125,0
2,00	6,2	16,0	36,0	48,0	72,0	79,0	98,0	120,0	143,0
2,25	7,0	18,0 **	40,0	54,0	81,0	89,0	110,0	135,0	160,0

2,50	7,8	22,0	45,0	66,0	89,0	109,0	124,0	150,0	178,0
3,00		24,0	53,0	72,0	108,0	119,0	146,0	180,0	214,0
3,25		26,0	58,0	78,0	116,0	129,0	159,0	195,0	232,0
3,50		28,0	62,0 **	84,0	125,0	139,0	171,0	210,0	249,0
3,75		30,0	67,0	90,0 **	134,0	149,0	183,0	225,0	267,0
4,00			71,0	97,0	143,0	158,0	195,0	240,0	285,0
4,25			76,0	103,0	152,0	168,0	207,0	255,0	303,0
4,50			80,0	109,0	161,0	178,0	220,0	270,0	321,0
4,75			85,0	115,0	170,0 **	188,0**	232,0	285,0	339,0
5,00			89,0	121,0	179,0	198,0	244,0	300,0	356,0
5,25			94,0	127,0	188,0	208,0	256,0	315,0	374,0
5,50			98,0	133,0	197,0	218,0	268,0 **	330,0	392,0
5,75				139,0	296,0	228,0	280,0	346,0	410,0
6,00				145,0	215,0	238,0	293,0	361,0**	428,0**

\* Dimensiones todavía no comercializadas en Brasil.

\*\* Relación diámetro: altura más próxima de 5:3.

[Continue](#)[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Continue - 3

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

**Cuadro 13. Capacidad de silos, en toneladas, para arroz (masa específica aparente igual a 600 kg.m<sup>-3</sup>)**

	Diámetro del silo (m)								
Altura de la capa de granos (m)	2,3	3,7	5,5	6,4 *	7,8	8,2	9,1	10,1 *	11
0,25	0,62	1,6	3,6	4,8	7,2	7,0	9,8	12,0	14,0
0,50	1,2	3,2	7,1	9,7	14,0	16,0	20,0	24,0	29,0

0,75	1,9	4,8	1,1	14,0	22,0	24,0	29,0	36,0	43,0
1,00	2,5	6,5	14,0	19,0	29,0	32,0	39,0	48,0	57,0
1,25	3,1	8,1	18,0	24,0	36,0	40,0	49,0	60,0	71,0
1,50	3,7 **	9,1	21,0	29,0	43,0	48,0	59,0	72,0	86,0
1,75	4,4	11,0	25,0	34,0	50,0	55,0	68,0	84,0	100,0
2,00	5,0	13,0	29,0	39,0	57,0	63,0	78,0	96,0	114,0
2,25	5,6	15,0 **	32,0	43,0	65,0	71,0	88,0	108,0	128,0
2,50	6,2	16,0	36,0	48,0	72,0	79,0	98,0	120,0	143,0
2,75		18,0	39,0	53,0	79,0	87,0	107,0	132,0	157,0
3,00		19,0	43,0	58,0	86,0	95,0	117,0	144,0	171,0
3,25		21,0	46,0	63,0	93,0	103,0	127,0	156,0	185,0
3,50		23,0	50,0 **	68,0	100,0	111,0	137,0	168,0	200,0
3,75		24,0	53,0	72,0 **	108,0	119,0	146,0	180,0	214,0
4,00			57,0	77,0	115,0	127,0	156,0	192,0	228,0
4,25			61,0	82,0	112,0	135,0	166,0	204,0	242,0
4,50			64,0	87,0	129,0	143,0	176,0	216,0	257,0
4,75			68,0	92,0	136,0 **	151,0 **	185,0	228,0	271,0



5,00			71,0	97,0	143,0	158,0	195,0	249,0	285,0
5,25			75,0	101,0	151,0	166,0	205,0	252,0	299,0
5,50			78,0	106,0	158,0	174,0	215,0**	264,0	314,0
5,75				111,0	165,0	182,0	224,0	276,0	328,0
6,00				116,0	172,0	190,0	234,0	288,0**	342,0**

\* Dimensiones todavía no comercializadas en Brasil.

\*\* Relación diámetro: altura más próxima de 5:3.

La presión estática para el flujo de aire de 0,0375 m/s y una altura de la capa de granos de 5 m según el cuadro 8 es:

$$P_e = 2,88 \text{ KPa}$$

De ese modo, aceptando 1,25 como coeficiente de seguridad para el flujo del aire, el ventilador debe tener las siguientes especificaciones:

$$Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_e = 2,88 \text{ KPa}$$

La potencia del motor eléctrico,  $N_v$  en watts, para el ventilador se calcula en función del flujo

de aire [ $Q$ , en  $m^3/s$ ] de la presión estática [ $P_e$ , en  $KPa$ ] y de la eficiencia del sistema [ $n$ , expresado en decimal] usando la siguiente ecuación:

$$N_v = \frac{Q \times P_e \times 100}{n}$$

Admitiendo 50 por ciento como eficiencia del sistema, la potencia del motor eléctrico es:

$$N_v = \frac{12,5 \times 1,88}{0,5} = 72.000 = 72KW (96H_p)$$

Esta potencia es muy elevada cuando se trata de secar tan sólo 200 ton de maíz. Una de las opciones para reducir este valor es llenar el silo por capas en lugar de llenarlo en una sola etapa. En el llenado por capas, el flujo de aire que se utiliza generalmente es menor que el volumen que se requiere para el secado en una sola etapa.

El flujo de aire recomendable para el llenado por capas es de 0,0125 a 0,0156  $m^3/s$  por metro de capacidad estática del silo secador. La presión estática que el ventilador tiene que vencer se calcula en base a la altura final de la capa de granos. La cantidad máxima de producto que puede ser colocada en cada etapa de llenado, se calcula sobre la base del flujo de aire mínimo.

**Ejemplo 3.** Determinar el flujo, la presión estática y la potencia de un ventilador para el silo del ejemplo 2, suponiendo que el llenado se realiza por capas.

**Solución.** Suponiendo un flujo de aire de  $0,0125 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  para el llenado por capas, el flujo de aire que el ventilador tiene que proveer es:

$$Q = 0,0125 \times 267 = 3,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

La presión estática para un flujo de aire de  $0,0125 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  y una altura de la capa de granos de 5 m, según el cuadro 8 es:

$$P_e = 0,56 \text{ KPa}$$

De esa manera, admitiendo 1,25 como coeficiente de seguridad para el flujo de aire, el ventilador tendrá las siguientes especificaciones:

$$Q = 4,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_e = 0,56 \text{ KPa}$$

Admitiendo 50 por ciento como eficiencia del sistema de movimiento de aire, la potencia del motor eléctrico debe ser:

$$N_v = \frac{4,16 \times 0,56 \times 100}{0,5} = 4.660\text{W} = 4,66 \text{ KW} (6,2 \text{ Hp})$$

Esta potencia es inferior al valor encontrado en el ejemplo 3, por lo que el sistema es más

**viable.**

**Ejemplo 4.** ¿Cuál es la cantidad máxima de maíz que puede ser introducida en el silo de los ejemplos 2 y 3 en cada etapa del llenado?

**Solución.** El flujo de aire mínimo para un contenido de humedad inicial de 22 por ciento según el ejemplo 3 es de 0,0375 m<sup>3</sup>/s/m<sup>3</sup>. Como la capacidad de aire nominal del ventilador es de 3,33 m<sup>3</sup>/s la cantidad máxima de producto que puede ser colocada en cada etapa es:

$$V = \frac{3,33}{0,0375} = 88,9 \text{ m}^3 \text{ de maíz}$$

o sea, que con una densidad de 0,75 ton/m<sup>3</sup> se tiene:

$$m = \frac{88,9 \text{ m}^3}{0,75} = 66,7 \text{ t de maíz}$$

Por lo tanto, cada capa de producto que va a ser introducida en el silo con un contenido de humedad inicial de 22 por ciento, no debe ser mayor de 66,7 ton de maíz. Solamente se podrá añadir otra capa cuando el frente de secado alcance la superficie de la masa de granos. El secado de la nueva capa de granos se lleva a cabo con el mismo volumen de aire, sin que se deteriore el producto.

**Ejemplo 5.** Si los contenidos de humedad inicial de los ejemplos 2 y 3 son 22 por ciento y 18 por ciento ¿cuáles serán las cantidades máximas de producto que podrán ser introducidas en cada etapa de llenado?

**Solución.** Para una temperatura de 25°C con humedad relativa de 67 por ciento y contenido de humedad inicial de 20 por ciento, el flujo de aire mínimo según el cuadro 5 es:

$$q_{\min} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^3$$

De esa manera, la cantidad máxima del producto que podrá ser introducida en el silo en una etapa será:

$$V = \frac{3,33}{0,025} = 133,3 \text{ m}^3 \text{ de maíz}$$

$$m = 133,3 \times 0,75 = 100 \text{ t de maíz}$$

Para el contenido de humedad inicial de 18 por ciento, el flujo mínimo de aire según el cuadro 5 es:

$$q_{\min} = 0,0125 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^3$$

Así, la cantidad máxima de producto que podrá ser introducida en el silo será:

$$V = \frac{3,33}{0,0125} = 237 \text{ m}^3, \text{ o sea:}$$

$m = 267 \times 075 = 200 \text{ t}$  de maíz, para el llenado en una sola etapa.

A través de estos ejemplos se puede observar que para silos de mayor capacidad, el secado a bajas temperaturas es interesante solamente si el llenado se realiza por capas. En el caso de proyectar un silo secador para secar y almacenar varios productos, el ventilador tiene que calcularse tomando en consideración el producto que opone más resistencia al paso del aire y con más requerimientos para el secado oportuno.

**Ejemplo 6.** Calcular un silo para el secado de soja y trigo a bajas temperaturas, con capacidad para 177 tan (277 m<sup>3</sup>) suponiendo que en vista del lugar donde se va a instalar el equipo y al contenido de humedad inicial, el flujo de aire mínimo necesario es de 0,05 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> y que el llenado del silo se realizará por capas.

**Solución.** En el cuadro 12 las dimensiones de un silo que más se aproximan a la relación de 5 es a 3 son:

- diámetro: 7,8 m, y
- altura de la capa de granos: 4,75 m

Suponiendo un flujo de aire de 0,0125 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> para el llenado por capas, el ventilador tendrá que proveer la siguiente cantidad de aire:

$$Q = 0,0125 \times 227 = 2,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

Según los cuadros 9 y 10, las presiones estáticas que el ventilador tiene que vencer son:

Para la soja :  $P_e = 0,40 \text{ KPa}$

Para el trigo:  $P_e = 1,64 \text{ KPa}$

Ya que el trigo es el producto que ofrece mayor resistencia al flujo del aire, el ventilador tiene que ser calculado de acuerdo con sus características. Suponiendo un coeficiente de seguridad de 1,25 para el flujo de aire, la especificación del ventilador será la siguiente:

$$Q = 3,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_e = 1,64 \text{ KPa}$$

La potencia aproximada del motor eléctrico, suponiendo una eficiencia del sistema de 50 por ciento, es:

$$N_v = \frac{3,54 \times 1,64 \times 1000}{0,5} = 11.600 \text{ W} = 11,6 \text{ K W (15,6 Hp)}$$

La cantidad máxima de producto que puede ser puesta en el silo en cada etapa para un flujo de aire nominal de 2,83 m<sup>3</sup>/s y un flujo de aire mínimo de 5,00 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>, es:

$$V = \frac{2,83}{0,05} = 56,7 \text{ m}^3 \text{ de maíz, o sea:}$$

$$m = 56,7 \times 0,75 = 42,5 \text{ t de maíz}$$

En todos estos ejemplos se considera que los ventiladores estaban conectados directamente al "plenum" de los silos y que la pérdida de carga debida al paso de aire por la Lmina perforada y el sistema de distribución de aire era insignificante.

Como en el sistema se introducen elementos que ocasionan pérdidas significativas de la carga del ventilador, se debe incluir esa pérdida de carga en el valor de la presión estática.

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

**Secado con aire movido por convección natural**

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)



Los secadores cuyo aire se mueve por efecto de la convección natural pueden ser una opción para solucionar los problemas de secado en las pequeñas propiedades rurales. Estos secadores pueden construirse con materiales simples; ocupan mano de obra poco especializada; y pueden utilizar como combustible leña o sub-productos agrícolas, tales como residuos de tallos, hojas y ramas para el calentamiento del aire de secado (figura 14).

El aire se mueve por las variaciones de presión, sin necesidad de un ventilador. Las variaciones de presión en el aire son ocasionadas por las diferencias de temperatura y humedad del aire de secado y del aire ambiente. En este tipo de secador, los productos de combustión -como la leña o los sub-productos agrícolas- no entran en contacto con el producto, lo que evita que se contamine con olor y sabores desagradables.

En general, este tipo de secador está formado por: una cámara para uniformar la temperatura del aire de secado; un quemador/intercambiador de calor principal; otros quemadores adicionales; chimeneas para sacar los gases de combustión; una entrada de aire; una estructura para fijar el piso perforado; un piso perforado; una puerta de entrada a la cámara de combustión; una puerta de inspección de los intercambiadores de calor; y una cámara de distribución de los gases de combustión con regulación de la salida de los mismos. En este tipo de secador se pueden secar productos a granel, tales como maíz, sorgo, arroz, frijol, además de otros granos.

**Dimensiones del secador.** A continuación se describe un modelo de secador de seis metros cuadrados de superficie (2,5 m x 2,5 m) cuya capacidad máxima de carga es de 11 sacos de 60 kg

de maíz desgranado. El secador se puede construir para una mayor capacidad de carga, pero no se recomienda que sea mayor de 3 m x 3 m. Para construir secadores con dimensiones diferentes a 2,5 m x 2,5 m se requiere realizar los cambios necesarios a las recomendaciones que se proporcionan en el cuadro 14, correspondientes a materiales y pasos para la construcción.

**Figura 14. Secador en el que el aire se mueve por convección natural.**

**CUADRO 14: Dimensiones, capacidad y altura máxima de la capa de algunos productos en el secador de convección natural**

Capacidad máxima				Altura máxima de			
Dimensiones		Por carga (sacos de 60 kg)			carga del producto (cm)		
Ancho (m)	Largo (m)	Maíz	Arroz	Frijol	Maíz	Arroz	Frijol
2,0	2,0	7,0	4,0	6,0	15	10	12
2,5	2,5	11,0	6,5	9,5	15	10	12
3,0	3,0	16,0	9,0	13,5	15	10	12

Materiales necesarios para la construcción del secador de convección natural. A continuación se enumeran los materiales para un secador con capacidad para 700 kg de maíz desgranado; en la lista no se incluye el material que se requiere para construir la cobertura del secador.

- 8 caños o tubos de 15 cm de diámetro y de más o menos 70 cm de largo.
- 16 recipientes de lmina o latas de 26 cm de diámetro por 35 cm de altura.
- 3 barriles de 58 cm de diámetro por 87 de altura.
- 8 m de tela de alambre galvanizado de 1 m de ancho y de malla 1,5 por 1,5 mm.
- 3 viguetas de madera de 8 por 4 cm con 2,70 m de largo.
- 2 tablas de 3 por 12 cm por 1/2 m de largo.
- 2 tablas de madera de 3 por 12 cm por 56 cm de largo.
- 2 tiras de madera de 2 por 2 cm por 1/2 m de largo.
- 2 tiras de madera de 2 por 2 cm por 46 cm de largo.
- 5 tiras de madera de 2 por 1 cm por 2 m de largo.
- madera prensada contrachapada de 10 mm de espesor de 1/2 m x 1/2 m
- 2 tablas de 2 por 5 por 10 cm.
- 11 listones de madera de 2,5 por 5 cm por 1,50 m de largo.
- 8 sacos de 60 kg de cemento.
- 2.000 ladrillos macizos.
- 1 kg de alambre del número 12.
- 40 latas de cascajo del número 1.
- 35 latas de arena lavada.
- 50 latas de arena de los terrenos de acarreo.
- 5 kg de cal (para pintar).
- 60 m de hierro para la construcción CA-50 de 6 mm de diámetro.
- 2 pedazos de lmina o chapa galvanizada del número 16, de 20 por 30 cm.
- trozo de lmina o chapa galvanizada del número 16, de 35 por 3 cm.

- **2 bisagras o goznes de 7 cm de altura.**
- **1 1/2 kg de clavos del tipo usado para asentar tarugos.**
- **15 lincos de hierro de 3 mm de diámetro por 6 mm de largo.**

### **Preparación de los barriles (figura 15)**

- **Corte las tapas de los tres barriles.**
- **Corte el fondo de los dos barriles.**
- **Marque el fondo del otro barril.**
- **Corte el fondo del barril en la marca.**
- **Perfore los barriles para ensamblarlos.**
- **Ensamble los barriles usando alambre y alicates.**

### **Preparación de las latas (figura 16)**

- **Corte las tapas y los fondos de las 16 latas.**
- **Aplane las orillas.**
- **Perfore todas las latas para que puedan ensamblarse.**
- **Ensamble las latas usando alambre y alicate formando dos conjuntos. Las latas y los barriles pueden ensamblarse con soldadura eléctrica.**

**[Figura 15. Preparación de los barriles.](#)**

**[Figura 16. Preparación de las latas.](#)**

### Construcción de la puerta para cargar la leña (figura 17).

- Marque el fondo del barril donde va a quedar la puerta de carga de leña.
- Corte en la marca.
- Doble el pedazo de chapa de 35 cm de largo para construir el tirador o manilla de la puerta para cargar la leña.
- Perfore la puerta de carga y el tirador.
- Perfore la puerta y el barril para instalar las bisagras o goznes.
- Fije las bisagras o goznes en el barril y en la puerta.

### Figura 17. Construcción de la puerta para cargar la leña.

### Construcción de la rejilla (Figura 18).

- Corte 15 pedazos de hierro de construcción de 1 m de largo.
- Corte 3 pedazos de hierro de construcción de 1/2 m de largo.
- Suelde los pedazos de hierro para formar la rejilla. Para soldar la rejilla use soldadura eléctrica o amarre los pedazos de hierro con alambre.

### Figura 18. Construcción de la rejilla.

Elección del terreno. El terreno debe ser seco; la capa freática debe estar por lo menos a 1/2 m de profundidad; si al excavar a más de 1 m se encuentra agua, el terreno no sirve. El borde superior del barril debe quedar alineado con la parte exterior de la pared (figura 19).

- Limpie el terreno y marque un área de 3,7 m de ancho por 4,5 m de largo.
- Excave 40 cm de profundidad en el área marcada.
- Nivela el terreno y compacte el área.
- Llene el área compactada con 5 cm de hormigón, en una relación 1:3:6.
- Marque las paredes del secador.
- Ponga una hilada de medio ladrillo en la marca de las paredes con mezcla o argamasa, en una relación 1:3.
- Construya dos soportes de albañilería para los barriles.
- Construya cuatro soportes de albañilería para las latas.
- Pegue los barriles y las latas en los apoyos con mezcla o argamasa.

### Construcción de la parte superior (figuras 20 y 21).

- Construya en las paredes laterales la caja de distribución del aire caliente y las entradas de aire frío de 20 por 20 cm, espaciadas a 18 cm.
- Construya la puerta de inspección de 56 por 56 cm en una de las paredes laterales, a 50 cm del piso.
- Construya el marco de la puerta de inspección.
- Coloque 28 pedazos de hierro de construcción sobre las paredes de la caja.
- Enmarque la puerta de inspección.

### Terminado del secador (figura 22).

- Levante las paredes de albañilería del secador hasta una altura de 1,8 m en relación con

**el piso.**

- **Construya las tapas laterales de protección a 20 cm de las entradas del aire frío con una altura de 50 cm.**
- **Construya la base de las chimeneas de 35 cm por 35 cm por 90 cm de altura.**
- **Haga un agujero de 50 cm por 20 cm para los registros de las chimeneas a 80 cm de altura.**
- **Construya el apoyo para la tela usando las tres viguetas, de 8 por 4 cm, en los agujeros dejados en la pared.**
- **Clave en las viguetas los 11 listones de madera de 2,5 por 5 cm a espacios iguales.**
- **Clave la tela sobre los listones.**
- **Cubra todas las paredes con mezcla o argamasa en una relación 1:7 y pinte las paredes internas y externas del secador con cal.**
- **Para cubrir el secador, construya el tejado de dos aguas con un alero de 50 cm.**

[Figura 19. Elección del terreno y construcción de la planta baja.](#)

[Figura 20. Construcción de la parte superior del secador.](#)

[Figura 21. Construcción de la puerta de inspección.](#)

[Figura 22. Terminado del secador.](#)

**Operación de secado.** Para dar inicio al secado de los granos siga los siguientes pasos:

- **Limpie los granos y haga el muestreo.**
- **Determine la humedad inicial de los granos (si es posible).**
- **Llene el secador hasta la altura de la capa de granos recomendada.**
- **Nivele la superficie de los granos con un rastrillo de madera.**
- **Encienda el horno (importante: la puerta para cargar leña u otros combustibles debe permanecer cerrada después de encender el fuego).**

Para la combustión se puede utilizar leña o subproductos agrícolas, como corontas (olotes o tazas) de maíz, bagazo de caña, etc. La temperatura del aire de secado depende del tipo de grano y de su utilización, ya sea para semilla o como alimento. Al inicio del secado, la temperatura tarda en estabilizarse aproximadamente 20 minutos. Los siguientes son los pasos a seguir:

- **Ponga un termómetro con escala de 0 a 200°C en medio de la masa de granos.**
- **Lea la temperatura después de 5 minutos.**
- **Ajuste los registros de las chimeneas para mantener la temperatura deseada durante el secado (importante: si es necesario ponga más leña o subproductos agrícolas en el horno).**
- **Revuelva los granos cada hora usando una pala (después de revolver los granos, nivele la superficie con el rastrillo de madera).**
- **Muestree cada dos horas y si es posible determine la humedad de los granos (si la humedad es mayor a 13 por ciento continúe el proceso de secado).**



**Se recomiendan las siguientes temperaturas máximas de secado (la temperatura se controla ajustando los registros de las chimeneas y la cantidad de combustible que se quema):**

Producto	Finalidad de los granos	
	Semilla	Consumo
Arroz con cáscara	40°C	45°C
Frijol	40°C	50°C
Maíz	40°C	80°C

**La altura de la capa depende del tipo de grano; las alturas máximas recomendadas son las siguientes:**

Producto	Altura de la capa de granos (cm)
Arroz con cáscara	10
Frijol	13
Maíz	15

**Después de cargar el secador se debe nivelar el producto para que el secado sea homogéneo (figura 23).**

**[Figura 23. Operación del secador de convección natural.](#)**

**Frecuencia de remoción.** Es el intervalo de tiempo para revolver los granos. La capa de granos que está en contacto directo con el piso perforado se seca más rápidamente que el producto de las capas superiores; por esta razón es necesario revolver los granos a intervalos regulares de tiempo; se recomienda hacerlo cada hora.

**Horno.** La temperatura del secado se obtiene a través del calentamiento de los barriles metálicos y de las latas que están debajo de la capa del producto. El calor almacenado en el secador se puede utilizar en forma más eficiente realizando varios secados durante el día.

**CUADRO 15: Resultados de secado obtenidos en el CENTREINAR con un secador de convección natural**

Producto	Altura de la capa de granos (cm)	Temp. media del aire de secado (°C)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Tiempo de secado (horas)	Intervalo remoción de los granos (horas)
Maíz	15,0	60	17,5	14,3	8,0	1
Maíz	15,0	80	20,3	13,4	9,0	1
Maíz	11,0	85	17,4	11,0	8,0	1
Maíz	11,0	80	18,3	12,3	6,0	1
Arroz	6,0	50	16,8	11,6	5,5	1

Aff8z	8,0	60	16,7	17,9	3,0	1
-------	-----	----	------	------	-----	---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

## Secado en lecho fijo

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

**Descripción y aspectos generales.** El secado de lotes de granos y semillas en un secador de lecho fijo es una operación simple. El costo inicial para la instalación de este sistema de secado puede estar al alcance de la gran mayoría de los agricultores, ya que es más bajo que el de un secador comercial. Otro aspecto interesante de este tipo de secador es su versatilidad, puesto que se pueden secar diferentes granos y semillas: café en "cereza", frijol en vaina, maíz en mazorca, yuca en trozos y cacahuate en rama o desgranado. Este tipo de secador también puede ser utilizado para curar bulbos de ajo y cebolla. Las partes que componen el secador de lecho fijo son: i) la cámara de secado, ii) un piso de lámina o chapa metálica perforada, iii) una cámara de distribución del aire con expansión gradual, iv) un ventilador para mover el aire y v) un horno de calentamiento. La construcción en su mayor parte es de albañilería

(figura 24).

**Cámara de secado.** La cámara de secado se encuentra arriba de la chapa perforada y en ella se coloca el material que va a ser secado. Sus dimensiones varían en función de la cantidad de granos que se va a secar. En el Brasil, por lo general se utiliza una capa de granos de 0,40-0,60 m de altura, ya que si se secan los granos con una altura superior se pueden presentar problemas de falta de uniformidad en el secado. Para evitar este problema se recomienda revolver los granos a intervalos regulares, de modo que al final del proceso su contenido de humedad sea uniforme. Si la capa de granos es muy alta, es difícil revolver los granos en forma manual. La altura de la cámara de secado es de 0,70 m y debe estar provista de puertas en sus paredes laterales con el objeto de permitir la descarga y el envasado del producto, y se deben colocar deflectores en sus esquinas para evitar la canalización del aire.

#### Figura 24. Vista general del secador de lecho fijo.

**Lamina chapa perforada.** La cámara de secado está separada de la cámara de distribución de aire por una lámina o chapa metálica perforada de 1,5 mm de espesor. Esta chapa debe tener perforaciones circulares de hasta 1,5 mm de diámetro, en un mínimo del 10 por ciento de su superficie total. La chapa perforada tiene el objetivo de sustentar el producto y permitir el paso de aire por la masa de granos.

**Cámara de distribución de aire con expansión gradual.** La cámara de distribución de aire está debajo de la chapa perforada. La altura de esta cámara se dimensiona de modo que la velocidad del aire proveniente de la expansión gradual sea la menor posible, para evitar

**pérdidas de la presión del ventilador y facilitar la distribución del aire en la masa de granos. Generalmente, esta cámara se construye con una altura de 0,5 m, lo que facilita el proceso de envasar los productos durante la descarga del secador. La expansión gradual es la parte del secador de lecho fijo que conecta el ventilador con la cámara de distribución del aire. Su principal función, por lo tanto, es reducir la velocidad del aire que sale del ventilador. La expansión se debe calcular de modo que el ángulo de apertura sea el menor posible para que la pérdida de presión del ventilador no sea muy elevada; sin embargo, se debe tener en cuenta la longitud de la expansión para que el ventilador no quede muy lejos de la cámara de distribución del aire, y para no aumentar innecesariamente el tamaño del conjunto.**

**Ventilador. El tipo de ventilador más empleado en el secador de lecho fijo es el centrífugo de aspas inclinadas hacia atrás. Las dimensiones del ventilador se calculan en base al flujo de aire que se desea pasar por la masa de granos y la altura de la capa de granos. El flujo de aire que se utiliza para el secado de granos en este tipo de secador varía de 10 a 30 m<sup>3</sup> de aire por cada metro cúbico de producto. La temperatura del aire de secado varía entre 35°C a 70°C. Se recomienda que el ventilador esté conectado al motor por medio de correas o bandas de transmisión, ya que el aire de secado (aire caliente) pasa por el ventilador. La presión que el ventilador suministra al aire se debe calcular considerando el producto que presenta mayor resistencia al paso del aire.**

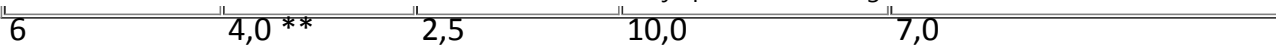
**Horno para calentamiento del aire. Para calentar el aire se puede utilizar cualquier tipo de horno o quemador. El combustible que se utiliza depende del tipo de horno o quemador y pueden ser los subproductos agrícolas, la leña, derivados del petróleo, gas metano, propano, etc. En el**

**Brasil, donde est** prohibida la quema de combustibles derivados del petrleo para el secado de productos agrcolas, se emplea la lea como combustible en la mayor de los hornos de los secadores. En los paes con problemas de deforestaci n se recomienda utilizar otros productos como la cascarilla de arroz, paja, residuos de mazorcas, etc.

**Dimensiones del secador.** En el cuadro 16 se recomiendan algunas dimensiones para el secador (ancho y largo de la cmar de secado) las cuales se calcularon en base a lminas o chapas perforadas de 2 m x 1 m. De esta manera se evita, en la mayor de los casos, cortar las chapas en pedazos menores.

**CUADRO 16: Dimensiones del secador de lecho fijo. Recomendaciones**

Tamao del secador	Dimensiones		Area de la chapa perforada (m <sup>2</sup> )	Capacidad mxima de cmar de secado (m <sup>3</sup> )*
	Largo (m)	Ancho (m)		
1	6,0	4,0	24,0	16,8
2	5,0	4,0	20,0	14,0
3	6,0	3,0	18,0	12,6
4	5,0 **	3,0	15,0	10,5
5	4,0	3,0	12,0	8,4



\* Para la altura de la cámara de secado de 0,70 m.

\*\* Tamaño del secador para el cual es necesario cortar la chapa perforada de 2 x 1 m.

**Capacidad del secador.** En el cuadro 16 se muestra la capacidad en metros cúbicos para diferentes tamaños de la cámara del secador de lecho fijo, considerando una altura de 0,70 m. En el cuadro 17 se presentan las alturas máximas de la capa de granos que se recomiendan para el secado de varios productos y sus respectivas capacidades; en el cuadro 18 las características del ventilador.

**CUADRO 17: Capacidad máxima de secado por lote para diferentes tamaños de secador, en función del espesor máximo recomendable de la capa de granos**

Producto	Espesor máximo de la capa de granos (m)	Tamaño del secador - Capacidad máxima por lote (kg)					
		1	2	3	4	5	6
Maíz desgranado (750 kg/m <sup>3</sup> )	0,5	9.000	7.500	6.750	5.625	4.500	3.750
Café cereza	0,5	7.200	6.000	5.400	4.500	5.625	3.000

(600 kg/m <sup>2</sup> )							
Arroz con cáscara (600 kg/m <sup>2</sup> )	0,4	5.760	4.800	4.320	3.600	4.500	2.400
Frijol (750 kg/m <sup>2</sup> )	0,5	9.000	7.500	6.750	5.625	3.600	3.750
Raspadura de mandioca (700 kg/m <sup>2</sup> )	0,4	6.720	5.600	5.040	4.200	5.625	2.800
Cacahuete con cáscara (240 kg/m <sup>2</sup> )	0,6	3.456	2.850	2.592	2.160	4.200	1.440
Sorgo (750 kg/m <sup>2</sup> )	0,5	9.000	7.500	6.750	5.625	4.500	3.750

**CUADRO 18: Características ventilador (flujo de aire y presión estática) recomendable para cada tamaño de secador**

VENTILADOR *					
Tamaño del secador	Espesor máximo de la capa de	Flujo del aire (m <sup>3</sup> min. <sup>-1</sup> )	Flujo total del aire (m <sup>3</sup> min. <sup>-1</sup> )	Presión estática (mm de columna de	Potencia del motor eléctrico



	granos	1 m <sup>2</sup> de (grano)		agua)	(Hp)**
1	0,5	240		80	10,0
2	0,5	20	200	80	7,5
3	0,5	20	180	80	7,5
4	0,5	20	150	80	5,0
5	0,5	20	120	80	5,0
6	0,5	20	100	80	4,0

\* La presión estática fue calculada utilizando como referencia el arroz con cascarilla.

\*\* Para una eficiencia del 50 por ciento del conjunto motor-ventilador.

Para elegir el tamaño del secador de una finca, centro de acopio, etc., es necesario considerar la cantidad de producto que se desea secar en cada lote, ya que en algunos casos puede ser necesaria la construcción de más de un secador de lecho fijo, dependiendo de la cantidad de producto que se cosecha diariamente. El ventilador del secador de lecho fijo se dimensiona en base al flujo de aire que se va a utilizar en el secado y del espesor de la capa del producto. En el cuadro 18 se proporcionan las características del ventilador para los tamaños de secadores mostrados en el cuadro 16.

**Materiales necesarios para el secador de lecho fijo.** Para un secador de 4 m de largo por 3 m de ancho con capacidad de 7,4 m<sup>3</sup>, con una altura de la cámara de secado de 0,70 m, se requieren

los materiales que se detallan a continuación. En esta lista no está incluido el material para el techo y la instalación eléctrica.

- 1 metro cúbico de tierra de los terrenos de acarreo.
- 110 litros de melaza.
- 25 metros cúbicos de arena lavada.
- 2 metros cúbicos de arena de los terrenos de acarreo.
- 30 sacos de cemento de 50 kg.
- 3 metros cúbicos de cascajo del número 2.
- 1 tubo o caño de cemento de 30 cm de diámetro por 90 cm de largo.
- 4.000 ladrillos macizos.
- 8 kg de cal (para pintar).
- 2 m de listones de madera de 4 por 2 cm.
- 12 m de tiras de madera de 4 por 2 cm.
- 2 marcos para la puerta de 50 por 50 cm.
- 120 m de hierro para la construcción CA-50 de 6 mm de diámetro.
- 2 m de ángulo de hierro o cantonera de 3,8 por 3,8 cm.
- 3 m de ángulo de hierro o cantonera de 2,5 por 3,8 cm.
- 4 m de hierro plano de 6 por 3 mm.
- 12 m de tubo galvanizado de tres cuartos de pulgada de diámetro.
- 6 m de tubo de hierro de una pulgada de diámetro.
- 3 m de perfil de hierro "U" de 1 por 1 cm.
- 100 m de perfil tipo "metal" rectangular de 2,5 por 5 cm.

- 1 pedazo de lámina o chapa galvanizada del número 16, de 60 por 43 cm.
- 3 m cuadrados de lámina o chapa galvanizada del número 20.
- 1 pedazo de lámina o chapa de hierro del número 12, de 40 por 40 cm.
- 12 metros cuadrados de lámina o chapa galvanizada perforada del número 16, con por lo menos 10 por ciento del área perforada, con orificios de hasta 1,5 mm de diámetro.
- 12 tornillos (con tuerca) de 1 cm de diámetro por 10 cm de largo.
- 6 tornillos (con tuerca) de 1 cm de diámetro por 5 cm de largo.
- 20 tornillos auto-atornillables de 3 mm de diámetro por 3 cm de largo.
- 100 remaches de 2 mm de diámetro.
- 2 bisagras o goznes de 7 cm de altura.
- 1 ventilador centrífugo con flujo de 100 m<sup>3</sup> cúbicos de aire por minuto y presión estática de 80 mm de columna de agua.
- 1 motor eléctrico de 5,0 HP.
- Bandas o cadenas de transmisión.
- 1 termómetro con vestago de punta con escala de 0°C hasta 100°C.

**Construcción del secador.** El secador de lecho fijo debe ser instalado, si es posible, cerca del almacén (figuras 25 a 30).

- Elija y marque el lugar para instalar el secador (figura 25).
- Limpie y nivele el terreno (el área que va a limpiarse deberá tener un tamaño de por lo menos del doble del área que va a ser construida).
- Prepare el piso del área que va a ser construida (el piso debe incluir una acera de 1 metro

alrededor de la construcción con un declive del 5 por ciento).

- Apisone el área a ser construida (el terreno se debe humedecer para su compactación).
- Esparza una capa de hormigón con relación 1:3:6, de una altura de 5 cm. Quite los marcos del hormigón.
- Marque el secador y el horno en el piso construido (figura 26).
- Levante las paredes de la cámara de distribución de aire hasta 50 cm del piso con una mezcla o argamasa con relación 1:5.
- Construya una viga de hormigón armado de 10 por 22 cm, a 40 cm del piso.
- Coloque los marcos para las puertas de descarga, de 40 por 40 cm, a 50 cm del piso en los dos lados de la cámara de secado.
- Construya las paredes de medio ladrillo del ducto de unión del ventilador a la cámara de secado, empezando con 40 cm en la unión con el ventilador y terminando con 50 cm de altura (la boca de entrada para el aire del ducto de unión debe tener 40 por 40 cm). La longitud del ducto de unión desde el ventilador a la cámara de distribución del aire depende del tamaño del secador (figura 27).
- Levante las paredes de medio ladrillo hasta 1,20 m del piso.
- Construya la parte superior del ducto de unión, con piso de 5 cm de espesor de hormigón con relación 1:3:6.
- Deje un orificio de 5 cm de diámetro en medio de la placa, junto a la viga, para instalar el termómetro.
- Construya la base de apoyo del motor soldando pedazos del perfil metálico en "U" de 3,8 por 3,8 cm de lado (el tamaño de la base del soporte depende de las dimensiones del motor eléctrico; el soporte sirve para alinear y estirar las bandas de transmisión del

ventilador).

- Coloque los tornillos para fijar el ventilador en la base de apoyo del motor en el extremo del ducto de unión por donde va a entrar el aire.
- Asiente el ventilador en la entrada de aire del ducto de unión. Atornille el ventilador.
- Selle la unión del ventilador con el ducto, usando mezcla o argamasa. Atornille la base de apoyo del motor eléctrico.
- Ponga el motor y las bandas de transmisión.
- Construya la protección de las bandas de transmisión con lámina o chapa galvanizada.
- Atornille la protección de las bandas de transmisión en el ducto de unión y en la base del ventilador con chapa galvanizada.
- Construya una estructura con el perfil metálico "metal" para soportar la chapa perforada del piso (figura 28). La estructura tiene 4 m de largo por 3 m de ancho. Ponga la estructura metálica del perfil "metal" dentro de la cámara de secado. Construya columnas de ladrillo para apoyar los cruzamientos de la estructura metálica del perfil "metal".
- Distribuya las láminas o chapas perforadas sobre la estructura metálica. No sobreponga las chapas perforadas; ellas deben quedar encima de los perfiles metálicos.
- Fije las chapas perforadas en el perfil metálico con remaches tipo "pop". Los remaches deben quedar separados por 20 cm.
- Empiece a fijar las chapas por el lado más próximo al ventilador; las dos últimas chapas del lado, que están más lejos del ventilador, deben quedar atornilladas con tornillos del tipo auto-atornillables.
- Para limpiar la cámara de distribución de aire saque las chapas atornilladas.

- **Construya la descarga de granos del secador (figura 29):** corte un pedazo de lámina o chapa galvanizada del número 20 para hacer la descarga; doble el pedazo de lámina; remache los bordes; clave la boca de descarga en el marco de la puerta. Haga un canal de 2 cm de profundidad por 0,5 cm de ancho en dos trozos de madera de 4 por 3 por 50 cm (los canales sirven para ensamblar la puerta de chapa galvanizada).
- **Atornille los pedazos de madera en el marco de la puerta de descarga con los canales hacia adentro.**
- **Construya la tapa de la puerta de descarga del secador;** corte un pedazo de lámina galvanizada del número 16, de 43 por 60 cm; doble 3 cm del borde del lado menor.
- **Construya la puerta de carga del horno de leña (figura 30):** construya el marco de la puerta para cargar el combustible soldando cuatro pedazos de perfil tipo ángulo o cantonera de 3,8 por 3,8 por 43 cm; suelde los pedazos de hierro para formar un marco; corte un pedazo de lámina de hierro para hacer la tapa de la puerta de carga; suelde dos bisagras o goznes en la tapa de la puerta de carga y en el marco; construya la manilla o el tirador de la puerta con una varilla de madera; fije la manilla de la puerta con un remache; suelde un pedazo de hierro doblado en el marco para trabar la puerta.

[Figura 25. Preparación del lugar donde se va a construir el secador de lecho fijo.](#)

[Figura 26. Diagramas de la base del secador.](#)

[Figura 27. Diagramas que muestran la forma de acoplar el ventilador al secador.](#)

[Figura 28. Estructura metálica y piso perforado del secador.](#)

**Figura 29. Construcción de la puerta de descarga del secador.**

**Figura 30. Construcción de la puerta del horno y de la puerta de inspección.**

- **Construya tres puertas de inspección para el horno: haga los marcos de las puertas con lámina galvanizada del número 20, de 25 por 25 por 20 cm; haga las tapas de las puertas con lámina galvanizada del número 20, de 22 por 22 cm; (las tapas de las puertas deben ensamblarse en los marcos por presión). Para abrir y cerrar la puerta ponga una manilla utilizando los remaches.**
- **Construya el registro de la entrada del aire de combustión (figura 31): corte dos pedazos de lámina galvanizada del número 20, de 17 por 67 cm; doble 5 cm del borde del lado menor formando la tapa; abra orificios rectangulares de 10 por 5 cm, distanciados 5 cm, en dos pedazos de chapa; corte los pedazos de hierro tipo "U" de 6 por 3 mm de 50 cm de largo, para hacer la corredera del registro; corte dos pedazos de hierro plano de 20 mm por 5 mm por 39 cm de largo; corte y doble 5 cm en las extremidades de los pedazos de hierro plano; doble los pedazos de hierro plano a 10 cm de las extremidades; suelde los pedazos de hierro tipo plano con los pedazos de hierro tipo "U" formando el armazón; coloque la tapa del registro en el armazón.**
- **Construya cuatro registros para la entrada de aire frío: corte un pedazo de lámina galvanizada del número 20, de 40 por 60 cm; doble 5 cm del borde del lado menor formando la tapa; corte dos pedazos de hierro tipo "U" (de 6 por 3 mm) de 60 cm de largo para hacer la corredera de la entrada; corte dos pedazos de hierro tipo plano de 6 por 3 mm, por 61 cm de largo; corte y doble 5 cm en las extremidades de los pedazos de hierro**

- plano; doble los pedazos de hierro plano a 10 cm de las extremidades; suelde los pedazos de hierro plano con los trozos de hierro tipo "U", formando el armazón; coloque la tapa del registro en el armazón. Corte los tubos de hierro galvanizado para hacer las parrillas: corte 12 pedazos de 1 metro de tubo de hierro galvanizado de 12 mm de diámetro externo; corte 24 pedazos de 25 cm de tubo metálico de hierro de 14 mm de diámetro interno.
- Introduzca los tubos en los electroductos (para que sea más fácil quite las asperezas con una lima).
  - Marque en el piso el horno, el ciclón y el ducto de conexión con el ventilador.
  - Prepare la mezcla o argamasa con 20 partes de tierra de los terrenos de acarreo por una parte de melaza, para hacer el horno y el ciclón (en lugar de una parte de melaza se puede usar una y media parte de azúcar; si la masa está muy pegajosa, agregue arena). En la construcción del horno y del ciclón use una capa delgada de argamasa para alisar el muro.
  - Construya las paredes del horno de un ladrillo de espesor, hasta la altura de 7 cm (figura 32).
  - Coloque el registro de la entrada de aire de combustión en frente del horno, asentándolo en el piso.
  - Coloque las puertas de inspección del horno y del ciclón asentándolas en el piso. Coloque los registros de la entrada de aire fino después del ciclón.
  - Levante las paredes del horno con ladrillos hasta una altura de 30 cm (para construir el paso entre la segunda y la tercera cámara de combustión, coloque tres ladrillos parados, con espacios de 9 cm a 1,25 m en frente del horno).

### [Figura 31. Construcción del registro de la entrada del aire de combustión.](#)



### **Figura 32. Construcción del horno de combustión.**

- Coloque las parrillas a 30 cm del piso manteniendo los tubos a 2,5 cm de distancia entre uno y otro.
- Levante las paredes del ciclón y del horno hasta una altura de 35 cm del piso. Coloque la puerta de carga de leña a 35 cm del piso.
- Termine las paredes del horno a 80 cm del piso y las del ciclón a 1 metro del piso (figura 33). La pared interna de la primera cámara de combustión termina a 45 cm de las parrillas. La conexión entre la tercera cámara de combustión y el ciclón se debe hacer a 70 cm del piso.
- Para revestir el horno utilice la misma mezcla o argamasa que utilizó para pegar los ladrillos.
- Para revestir la parte interna del ciclón utilice la misma mezcla o argamasa que utilizó para el revestimiento externo.
- Construya la parte superior del horno de un ladrillo de espesor; dale forma de cuña a los ladrillos que serán usados para este propósito.
- Para que la parte superior del horno tenga amarre, coloque hiladas de ladrillos entreveradas.
- La pared entre la segunda y la tercera cámara de combustión se debe completar mientras se construye la parte superior del horno.
- Para construir la parte superior del horno, coloque en el primer día hasta cuatro hileras de ladrillos y termínelas después de tres días (figura 34).
- Termine la cobertura del horno después de tres días.

- Corte un borde de 10 cm en uno de los extremos del conducto metálico. Construya una losa de ladrillo armado encima del ciclón.
- Complete el ducto de 70 cm de altura por 75 cm de ancho para conectar el ciclón al ventilador (la pared del ducto debe ser de medio ladrillo de espesor).
- Coloque el armazón del registro de aire frío, asentándolo en los dos lados, a 15 cm de la extremidad de la pared del ducto.
- Construya un apoyo de madera para el termómetro (figura 35): fije el apoyo de madera para el termómetro en la pared del secador, cerca de la abertura deseada, en la losa que cubre el ducto de unión; ponga el termómetro en el apoyo; introduzca el bulbo en el orificio hasta una altura de 20 cm del piso; pinte el secador con pintura de cal; cure el horno durante una semana, quemando cerca de 15 kilos de leña cada día (figura 36). Durante la combustión de la leña, el ventilador debe estar conectado.

En el secador de lecho fijo se puede utilizar cualquier tipo de combustible para calentar el aire (por ejemplo: quemadores de aceite combustible, aceite diesel, cáscara de arroz, etc.), para lo cual basta con reemplazar el horno de leña. La construcción del secador se realiza, en la forma descrita con anterioridad, hasta la parte correspondiente al horno. La construcción del quemador o generador de calor se efectúa de acuerdo con el combustible disponible.

[Figura 33. Parte superior del horno de combustión.](#)

[Figura 34. Terminado del horno de combustión](#)

[Figura 35. Instalación del termómetro.](#)

### Figura 36. Vista general del secador ya terminado.

**Operación del secador de lecho fijo.** La operación del secador de lecho fijo es simple; sin embargo, deben tenerse en cuenta algunos detalles para evitar que el producto se dañe.

- a. La capa de granos de la cámara de secado debe nivelarse siempre durante el proceso de secado
- b. Para iniciar el proceso de secado no es necesario cargar el secador hasta la altura máxima recomendable; se puede iniciar con una capa de producto de 0,10 m de espesor.
- c. Se recomienda la instalación de un termómetro en el secador para medir la temperatura del aire de secado. Este termómetro puede ser del tipo carátula, que está provisto de un tubo de cobre flexible y un bulbo de longitud suficiente para quedar expuesto al aire de secado. Se debe observar periódicamente la temperatura del aire de secado. El control de la temperatura se realiza abriendo o cerrando las puertas de entrada del aire frío y la puerta localizada en el recipiente para la ceniza. En el cuadro 19 se recomiendan las temperaturas máximas del aire para el secado de algunos productos agrícolas; también se muestran los intervalos de tiempo necesarios para mezclar la masa de granos. Estos consejos son útiles para evitar daños térmicos al grano y falta de uniformidad en el secado.
- d. Con el objeto de lograr un almacenamiento seguro, el grano se debe enfriar después del período de secado. Para ello, en la última hora del secado se recomienda no agregar

- se le **al** horno, dejando que se quem **la** existente y abriendo todas las entradas de aire fr **o**. De esta manera, la temperatura del aire de secado disminuye gradualmente, al igual que la temperatura del producto. El grano est **en** condiciones de ser almacenado cuando su temperatura es igual a la del medio ambiente o superior en un m **ximo** de 3 **C**.
- e. La humedad del producto se debe determinar antes del secado, durante el secado y despu **s** que el grano est **fr** **o**. De esta manera se puede saber si el producto alcanz **el** contenido de humedad final deseado, o si qued **h** **medo** o demasiado seco. La determinaci **on** de humedad del grano se puede efectuar utilizando los determinadores de humedad que existen en el mercado. El CENTREINAR desarroll **un** determinador de humedad simple y barato que funciona a base de la destilaci **on** y recolecci **on** del agua del grano. Informaciones sobre la construccion y operaci **on** de este determinador de humedad simple, llamado LATATA, est **on** disponibles en la publicaci **on** de la Serie CENTREINAR N **o** 7.

**CUADRO 19: Temperatura m **xima** del aire para el secado de algunos productos agr **o**colas, en funci **on** de su uso, e intervalos de tiempo para mezclar el grano**

Producto	Finalidad	Temperatura m <b>xima</b> 0 <b>C</b>	Intervalo para revolver el grano hs.
Ma <b>z</b>	Semilla	40	2
	Consumo	60	2

Arroz con cascara	Semilla	45	2
	Consumo	50	2
Frijol	Semilla	40	2
	Consumo	45	2
Café	Consumo	50	3
Soja	Semilla	40	2
	Consumo	60	2
Raspadura de mandioca	Consumo	60	2
Cacahuete con cascara	Semilla	30	-
	Consumo	35	-
Sorgo	Semilla	40	-
	Consumo	60	-

**Secado de arroz en secador de lecho fijo.** Por lo general, la cosecha de arroz se lleva a cabo cuando los granos aún están muy húmedos para evitar el excesivo desgrane de las espigas y la pérdida del grano. Es común encontrar niveles de humedad superiores al 26 por ciento en arroz cosechado en zonas húmedas o lluviosas. El secado, por lo tanto, constituye la operación más importante en el procesamiento del arroz, pues de esta operación dependerá su calidad

**y futura comercialización. Es importante señalar que el producto debe tener buena calidad al salir del campo, ya que su procesamiento posterior no puede mejorarla, sino solamente mantenerla hasta el consumo. Un buen secado puede incrementar el porcentaje de granos enteros en los molinos hasta en 68 6 70 por ciento, en comparación con el rendimiento industrial que produce entre el 54 y el 56 por ciento.**

**El secado del arroz en el secador de lecho fijo también es sencillo; sin embargo, la configuración del secador difiere en comparación con aquellos para otros tipos de granos (Figuras 37, 38 y 39). En relación con la construcción, el único cambio propuesto en el secador es la existencia de dos cámaras de secado independientes, conectadas a un mismo ventilador y horno. Otro aspecto que difiere es la presencia de una válvula o compuerta para el flujo de aire, que sirve para desviar todo el aire para una de las cámaras de secado, bloqueando el paso hacia la otra.**

**[Figura 37. Vista general del secador de lecho fijo para arroz.](#)**

**[Figura 38. Plano del secador de lecho fijo para arroz.](#)**

**[Figura 39. Corte con los detalles del secador de lecho fijo para arroz.](#)**

**El secado de arroz debe recibir cuidados especiales para que el producto que se obtiene sea de buena calidad. Así, se recomienda que la temperatura del aire de secado sea de 50°C como máximo y la altura de la capa de granos, no mayor de 0,40 m. Además, el secado debe ser efectuado de tal modo que el producto pase por diversos períodos de reposo. Por lo general, el**

**producto es sometido a secado durante un período de dos horas; después se revuelve el grano y se deja en reposo (sin secado) durante dos horas.**

**Este proceso se repite hasta que el arroz esté seco (contenido de humedad cercano al 13%, base húmeda). Un resumen del proceso de secado, en el que se utilizan las dos cámaras de secado y la válvula de flujo de aire, se muestra en el cuadro 20.**

**CUADRO 20: Esquema de la operación de secado de arroz en el secador de lecho fijo con dos cámaras de secado y compuerta para el flujo de aire**

Pasos de la operación	Operación cámara 1	Compuerta para el flujo del aire	Operación cámara 2
1	Llenado	Abierta cámara 1	
2	Secado (1 hora)	Abierta cámara 1	Llenado
3	Reposo (1 hora)	Abierta cámara 2	Secado (1 hora)
4	Secado (1 hora)	Abierta cámara 1	Reposo (1 hora)
			mezcla de los granos
5	Reposo (1 hora)	Abierta cámara 2	Secado (1 hora)
	mezcla de los granos		
Repetir el proceso hasta que el producto en la cámara 1			

alcance el contenido de humedad deseado

	Enfriado	Abierta cámara 1	Reposo ( 1 hora) mezcla de los granos
	Descarga	Abierta cámara 2	Enfriado

**Secador de lecho fijo modelo Tailandia.** El secador de lecho fijo desarrollado y usado en Tailandia para el secado del arroz, es un modelo semejante al representado anteriormente (con una cámara de secado). Este modelo puede emplear combustibles líquidos para calentamiento del aire y también hornos que queman cascarilla de arroz (figura 40).

[Figura 40. Secador de lecho fijo modelo Tailandia.](#)

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

**Secadores de columna**

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)



Los secadores de columna, como el que aparece en la figura 41, pueden usarse de dos maneras: i) los granos permanecen sin movimiento, y ii) los granos se recirculan mecánicamente. Este segundo sistema permite una mayor homogeneidad del secado. El producto baja por columnas verticales, compuestas de chapas perforadas, con una capacidad de 0,30 metros de columna de granos.

En los secadores de columna, los granos están sometidos a un flujo de aire del orden de 54 a 108 m<sup>3</sup> por minuto por tonelada de grano con temperaturas de 70 a 95°C. Esto hace que el secado sea rápido, pero la eficiencia térmica del secado es baja. Para secar maíz con un contenido de humedad de 25 por ciento y una humedad final de 13 por ciento, se requiere un período de secado de dos o tres horas, seguido por un período de más o menos 30 minutos para el enfriamiento.

[Figura 41. Esquema del secador de granos tipo columna.](#)

### Secadores de flujos cruzados

Los secadores de flujos cruzados se caracterizan porque el aire pasa en forma perpendicular a la masa de granos, que baja lentamente entre dos láminas o chapas perforadas (figura 42).

[Figura 42. Esquema de un secador de granos del tipo flujos cruzados.](#)

**En este tipo de secador, generalmente el producto que está en contacto con la superficie de la chapa perforada, a su vez está en contacto con el aire de secado, tiende a sufrir sobrecalentamiento y secado excesivo, mientras que los granos próximos a la salida del aire de la columna pueden permanecer húmedos, dependiendo de la temperatura y flujo de aire que se utilicen en el secador. Si la diferencia del contenido de humedad del grano es muy grande, se pueden presentar problemas en la conservación del producto durante el almacenamiento.**

**En este tipo de secador, el tiempo de retención del grano en la torre, o sea el tiempo que demora el grano en pasar a través de la secadora es bastante reducido (15 a 20 minutos). Esto significa que la reducción de humedad en cada paso es muy rápida y puede ocasionar problemas en los granos que son sensibles al calor. El control de la temperatura de secado exige mayor cuidado de parte del operador porque el producto que está en contacto con la chapa interna cercana a la entrada del aire caliente, está expuesta a un aire más seco y a temperaturas mayores. Existen algunos diseños que mejoran la mezcla de los granos, lo que reduce los índices de temperatura y de humedad sin modificar significativamente la capacidad y eficiencia del secador. Estos diseños consideran:**

- **reversión de la dirección del flujo de aire a la mitad de la altura de la cámara de secado;**
- **introducción de zonas de reposos entre las zonas de secado;**
- **reutilización de parte del aire de secado (más o menos 5096);**
- **utilización de un dispositivo que alterna la posición de los granos en relación con la entrada del aire de secado, o sea, que los granos más húmedos pasan por la parte interna del secador (entrada del aire de secado) y los granos más secos ocupan la parte externa.**

## Secadores del tipo cascada o canaleta

Los secadores de tipo cascada están constituidos por una serie de canaletas en forma de "V" invertida, colocadas en líneas alternadas o cruzadas, a intervalos de más o menos 0,30 metros. Los granos fluyen hacia abajo por acción de la fuerza de gravedad, encima de las canaletas invertidas. Este diseño fue desarrollado en la Universidad del Estado de Louisiana (LSU) en los Estados Unidos (figuras 43 y 44).

En este tipo de secadora, el tiempo que demora en pasar el grano por la torre es bastante mayor que en el de columna, ya que el "tiempo de retención" puede ser de 30 a 45 minutos o más. El aire para el secado entra a través de un conjunto de canaletas y sale por el conjunto de canaletas superior e inferior. Al descender por el cuerpo del secador, los granos se mueven tanto en sentido concurrente como en contra-corriente al aire. El producto llega al sistema de descarga con un contenido de humedad uniforme, ya que se mezcla en forma eficiente durante el proceso.

Los secadores del tipo cascada fueron los primeros modelos de secadores continuos utilizados comercialmente, pero están siendo sustituidos en los países en razón de su elevado costo inicial (gran cantidad de material para su construcción) y problemas de contaminación. Además, exigen cuidados en relación al flujo del producto. Cuando los granos están limpios se obtiene un secado uniforme, pero si la masa de granos contiene impurezas, el flujo del producto se dificulta y hay peligro de incendio. Por esta razón, es indispensable limpiar los granos antes

## **de someterlos al proceso de secado.**

Cuando se reduce el flujo del producto en el secador, porque se está secando un producto muy húmedo en un solo paso, por lo general el secado no es uniforme. Se considera que esta es la razón para limitar la reducción del nivel de humedad de un producto en 5,0 por ciento para cada paso por el secador.

[Figura 43. Secador de tipo cascada con canaletas separadas.](#)

[Figura 44. Secador de tipo cascada con canaletas cruzadas.](#)

## **Secadores para secado intermitente**

Los secadores continuos pueden ser usados para el secado intermitente, para lo cual basta con pasar nuevamente el producto por la secadora, después de un periodo de reposo. Los secadores para secado intermitente son aquellos que no eliminan la humedad del producto en un solo paso, siendo necesario pasar el producto más de una vez por el secador para obtener la humedad deseada (figura 45).

Existen secadores especialmente diseñados para el secado intermitente. En estos secadores,

que tienen una cámara de reposo en la parte superior, los granos permanecen un cierto tiempo en dicha cámara y, por lo tanto, en menor contacto con el aire de secado. El objetivo de la cámara de reposo es permitir que se homogeneice la humedad de los granos, lo que facilita su secado posterior y evita las fisuras y el quebrado. Debido al hecho de que los granos permanecen poco tiempo en contacto con el aire en cada paso por la cámara de secado, la reducción de la humedad es menor.

#### Figura 45. Esquema de un secador intermitente para el secado de granos.

El empleo de secadores del tipo cascada es común en los países de América Latina y muchas veces son utilizados para el secado intermitente. Es importante notar que en estos casos, la capacidad nominal del secador disminuye proporcionalmente al número de veces que se pasa el producto por el secador, y que esto debe ser considerado en el diseño de sistemas de secado/almacenamiento de unidades almacenadoras comerciales.

Algunos productos no se pueden secar continuamente hasta que alcancen el contenido de humedad final deseado, sin que sufran daños físicos y fisiológicos significativos. Esto ocurre con las semillas en general, con el arroz y con productos cosechados con humedad muy elevada.

Estos productos deben secarse de modo intermitente. El secado intermitente no se realiza solamente en secadores construidos especialmente para este objetivo, ya que con los secadores de granos de varias etapas también se puede emplear esta técnica.

Estos secadores están formados por varias cámaras de secado, intercaladas con cámaras de

reposito; así, los granos entran húmedos en el secador y salen secos en un solo paso, haciendo que el flujo de secado sea continuo.

La utilización del secador en varias etapas para el secado intermitente tiene ventajas en relación con el secado por recirculación del producto en secadores que no tienen zonas de reposo, puesto que es posible utilizar diferentes temperaturas y flujos de aire en cada cámara de secado, mejorando el uso del secador.

## Secado combinado

El secado combinado es la técnica que utiliza un sistema a altas temperaturas con el fin de bajar el contenido de humedad de los granos hasta en un 16 a 18 por ciento, para completar después el secado con un sistema a bajas temperaturas (Figura 46).

### [Figura 46. Esquema del sistema de secado combinado.](#)

La eficiencia térmica de los secadores de altas temperaturas aumenta considerablemente cuando forman parte de un sistema de secado combinado. Las principales razones para el aumento de la eficiencia son: i) los secadores operan cuando el contenido de humedad de los granos es más fácil de evaporar, y ii) la zona de enfriamiento del secador, por lo general, no se utiliza, porque los granos deben llegar calientes a los sistemas de secado a bajas temperaturas. Muchas veces la zona de enfriamiento se puede convertir en zona de secado, lo que aumenta la

**capacidad de los secadores. Las ventajas de los sistemas de secado combinado necesitan explotarse mejor a nivel de grandes haciendas y cooperativas.**

## **Seca-aireación de granos**

**La seca-aireación de granos es un proceso que utiliza un secador de altas temperaturas para bajar el contenido de humedad del grano en uno a tres puntos porcentuales arriba del nivel ideal para el almacenamiento, sin enfriar el grano. El producto caliente se transfiere a un silo, donde permanece en reposo por un período de cuatro a seis horas, para ser ventilado después utilizando el sistema de aireación del silo, el cual debe tener la capacidad para realizar esta función en un período de 12 a 16 horas (figura 47).**

**El proceso de seca-aireación presenta tres ventajas en comparación con el proceso del secado a altas temperaturas con zonas de enfriamiento: i) reducción del consumo de energía; ii) producto final de mejor calidad; y iii) aumento de la capacidad de secado del secador.**

**Durante el proceso de secado a altas temperaturas se genera en el interior de los granos un diferencial en su contenido de humedad, ya que la parte interna se mantiene más húmeda que la parte superficial. Durante el periodo de reposo del proceso de seca-aireación, la humedad interna del grano se hace uniforme, lo que permite su reducción en uno a tres puntos porcentuales adicionales durante el período de ventilación. Cuando el enfriamiento se realiza**

en el secador mismo, no se puede eliminar la misma cantidad de agua, porque el enfriamiento se lleva a cabo inmediatamente después del secado, en un intervalo de tiempo muy pequeño, sin aprovechar la energía en forma de calor sensible almacenada en el grano.

Cuando se utiliza el proceso de seca-aireación, el consumo de energía es menor, las tensiones internas desarrolladas en el grano son menores que en el proceso del secado a altas temperaturas y con enfriamiento rápido, los granos se quiebran menos y los daños disminuyen durante las operaciones posteriores al secado. En el proceso de seca-aireación, la velocidad del flujo puede ser aumentada en el secador, dado que la cantidad de humedad a ser eliminada es menor. El aumento del flujo de granos permite utilizar temperaturas más elevadas del aire de secado, en razón de que el producto permanece menos tiempo en el secador. Con el aumento de temperatura, el aire tiene más capacidad de secado y su eficiencia energética aumenta.

Con la utilización del proceso de seca-aireación, generalmente se obtiene una economía del 20 al 40 por ciento de energía y un aumento de la capacidad de secado del 50 al 75 por ciento. Estos aumentos dependen del contenido inicial de humedad de los granos, de las condiciones climáticas y de las características de la unidad almacenadora.

#### [Figura 47. Esquema de un sistema ideal para la seca-aireación de granos.](#)

**Ventilación y enfriamiento.** La ventilación de los granos en la seca-aireación se debe iniciar después de cuatro a seis horas de haber introducido en el silo el primer lote de granos. Desde el inicio de la ventilación se puede agregar más producto hasta completar la capacidad del silo, porque el movimiento del aire es de abajo hacia arriba. El ventilador que se utiliza para enfriar el



**producto debe seleccionarse cuidadosamente para funcionar bajo estas condiciones. Cuando las secadoras que se utilizan en este sistema tienen baja capacidad de secado, se recomienda dejar dos silos para la ventilación y enfriamiento del grano. Cada silo debe tener la capacidad suficiente para recibir todo el grano que va a secarse en un día, de tal modo que mientras un silo está siendo cargado, el otro puede ser ventilado o descargado.**

**En las unidades almacenadoras equipadas con secadoras de gran capacidad, se recomienda también utilizar más de dos silos para la ventilación y enfriamiento del producto, de modo que la potencia de los ventiladores no sea demasiada elevada.**

**Equipos utilizados en el proceso. En el establecimiento de un sistema de seca-aireación es importante aprovechar todas las ventajas que el sistema puede ofrecer. La capacidad de los silos de ventilación y enfriamiento debe ser compatible con la capacidad de secado del secador. Se debe considerar, también, la futura expansión del sistema y el hecho de que un silo sobredimensionado no representa un problema, ya que normalmente al final de la cosecha los silos de enfriamiento se transforman en silos para almacenamiento.**

**El ventilador se debe proyectar de tal manera que proporcione la cantidad de aire necesaria para enfriar el producto en el período de tiempo previsto. En caso de tener solamente dos silos para el enfriamiento, se recomienda que el ventilador suministre un flujo de aire suficiente para que el frente de secado se mueva a la misma velocidad con que se carga el silo. De esa manera, todo el producto permanecerá en reposo dentro del silo por un período de cuatro a seis horas. Bajo estas condiciones, la cantidad mínima de aire que se recomienda es de 13 m<sup>3</sup>/min por**

**cada tonelada de capacidad por hora del secador.**

**Cuando se usa la seca-aireación y el secador tiene gran capacidad de secado, el silo se puede llenar en poco tiempo. En estas condiciones, la cantidad de aire que se recomienda para enfriar el grano es de 0,5 a 1 m<sup>3</sup>/min por tonelada de capacidad del silo. El ventilador, además de proporcionar la cantidad de aire necesaria para enfriar los granos, debe tener la potencia requerida para vencer la resistencia que presenta la masa de granos al paso del aire y la del sistema de distribución del mismo. La distribución del aire en los silos de enfriamiento se realiza generalmente por medio de ductos con superficies perforadas. La distribución de los ductos se debe efectuar de tal forma que enfrie toda la masa de granos. Las velocidades de aire recomendables para los sistemas de aireación han sido proporcionadas por Navarro y Calderón (1982).**

**El movimiento del aire para enfriar el producto en el silo debe ser de abajo hacia arriba, ya que el proceso de enfriamiento se inicia cuando el silo se está llenando. De esta forma, el primer lote de granos que entra en el silo será el primero en ser ventilado y el aire caliente y húmedo que sale del frente de enfriamiento no entrará en contacto con el producto frío, evitando la condensación de humedad y los calentamientos ocasionados por el desarrollo de hongos.**

**El proceso de seca-aireación requiere de un sistema eficiente para el transporte interno de los granos, puesto que el producto tiene que pasar por los transportadores de granos más veces que en el proceso de secado tradicional. Las principales operaciones de transporte son: i) llenado del secador con producto húmedo; ii) transporte del producto caliente del secador al**

**silo de enfriamiento; y iii) transporte del producto frío al sistema de almacenaje.**

**Si para determinar la humedad del grano caliente se utilizan equipos electrónicos, es necesario establecer un factor de corrección para obtener mejores resultados, ya que estos equipos no fueron diseñados para medir la humedad en granos con altas temperaturas. En el sistema de seca-aireación, el secador de granos debe ofrecer dos opciones de uso: la operación tradicional y la operación con el sistema de seca-aireación. Para esto, sería conveniente que el diseño del secador permita la transformación de la sección de enfriamiento en sección de secado y, si esto no fuera posible, sería necesario tappar la entrada de aire frío de la sección de enfriamiento de la secadora.**

## **Bibliografía**

**ADEYMO, T.L. 1979. Development of a natural convection dryer for use in developing countries. Manhattan, U.S.A., Kansas State University. 69 p. Thesis M.S..**

**AGRICULTURAL ENGINEERING-MICHIGAN STATE UNIVERSITY. Operating at low temperatura drying systems. East Lansing, U.S.A., Michigan State University. Informations Series No. 404.**

**AHMADNIA, A. 1977. The quality of soft wheat dried in a concurrent dryer. East Lansing, U.S.A., Michigan State University. Relatorio Especial.**

**AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. Resistance of airflow through grains, seeds and perforated metal sheets. IN: Agricultural Engineers Yearbook of Standards. Manual, St. Joseph, ASAE, 1983-1984. ASAE D272.1. pp. 302-306.**

**\_\_\_\_\_.1980. Moisture relationship of grains. St. Joseph, U.S.A., ASAE. Agriculture Engineers Yearbook. D-245.4.**

**BAKKER-ARKEMA, F.W., BROOKER, D.B. and ROTH, M.G. 1977. Feasibility on inbin coro drying in Missouri. IN: Solar Grain Drying Conference. UrbanaChampaign, Illinois, U.S.A., University of Illinois. pp. 259-282.**

**BAKER-ARKEMA, F.W, BROOK, R.C. and BROOKER, D.B. 1978. Energy and capacity performance evaluation of grain dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 78-3253.**

**BAKKER-ARKEMA, F.W., BROOKER, D.B. and HALL, C.W. 1972. Comparison evaluation of crossflow and concurrent flow grain dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 72-849.**

**BAKKER-ARKEMA, F.W., FOSDICK, S. and NAYLOR, J.L. 1979. Testing of commercial crossflow grain dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 79-3521.**

**BAKKER-ARKEMA, F.W., SOKHANSANJ, A.A. and GREEN, R. 1977. High temperatura wheat drying. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 77-3572.**

**BAUER, W.W., WALTER, L.P. and BAKKER-ARKEMA, F.W. 1977. Testing of a commercial sized**

**conventional crossflow and modified crossflow grain dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 77-3014.**

**BERNAL, H.R.G. 1982. Constru~~ção~~ e avalia~~ção~~ de um secador de grãos co~~mo~~. ar movimentado por convec~~ção~~ natural. Vi~~çosa~~, Brasil, Universidade Federal de Vicosa. 59 p. Tese M.S.**

**BOLDUC, F. 1979. Development of a natural convection dryer for on-farm use in developing countries. Manhattan, U.S.A., Kansas State University. 99 p. Thesis M.S.**

**BROOK, J.A. 1964a. A cheap crop dryer for the farmer. Trop. Stored Prod. Inst. (7):257268.**

**\_\_\_\_\_ 1964b. A cheap crop dryer for the farmer; results and recommended design. Trop. Stored Prod. Inst. (8):30t-307.**

**BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W. and HALL, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport, U.S.A., AVI. 265 p.**

**CONVERSE, J.O. 1972. A commercial crossflow grain dryer; the Hart-Carter dryer. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No. 72-828.**

**CHRISTENSEN, C.M. 1974. Storage of cereal grains and their produc~~ção~~s. St. Paul, Minnesota, U.S.A., Am. Assoc. of Cer. Chem. 549 p.**

**DALPASQUALE, V.A. 1979. Continuous-flow drying of soybeans. East Lansing, U.S.A., Michigan**

**State University. 108 p. Thesis M.S.**

**\_\_\_\_\_ 1981. Drying of soybeans in continuous-flow and mixed-bed drying systems. East Lansing, U.S.A., Michigan State University. 154 p. Thesis D.S.**

**DALPASQUALE, V.A. et al. 1987. Secagem de graos em altas temperaturas. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, CENTREINAR. Mimeografado.**

**FRASER, B.M. and MUIR, W.E. 1981. Airflow requirements predicted for drying grain with ambient and solar-heated air in Canada. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASE. 24(2):208-210.**

**HALL, C.W. 1980. Drying and storage of agricultural crops. Westport, U.S.A., AVI. 381 p.**

**HAWK, A.L. et al. 1978. The present status of commercial grain drying. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No.78-3008.**

**KALCHIK, S.V. 1977. Drying soybeans in a pilot scale concurrent flow dryer. East Lansing, U.S.A., Michigan State University. Thesis M.S.**

**KEENER, H.M. and GLENN, T.L. 1978. Measuring performance of grain drying systems. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No.78-3521.**

**LEREW, L.E., BAKKER-ARKEMA, F.W. and BROOKER, R.C. 1972. Simulation 6 a commercial**

**crossflow dryer -the Hart-Carter modal. St. Joseph, U.S.A., ASAE. No.72-829.**

**LINDBLAND, C. y DRUBEN, L. 1979. Almacenamiento del grano. México, Editorial Concepto. 332 p.**

**MCKENZIE, B.A. et al. 1972. Dryerations-better coro quality with high speed drying. Lafayette, Indiana, U.S.A., Purdue University, Cooperative Extension Service. Bulletin AE-72.**

**MELLO, E.C. et al. 1981. Adaptação do modelo "Faldry" de secagem de milho a baixa temperatura. EN: Anais do III Encontro Nacional de Secagem, 3. Viçosa, Brasil.**

**MIDWEST PLANT SERVICE. 1980. Structures and environment handbook. Ames, Iowa, U.S.A., Iowa State University.**

**MISRA, M.K. and BROOKER, D.B. 1979. Thin layer drying and rewetting equations for shelled yellow coro. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. ASAE Paper No. 79-3041.**

**MOREY, R.V. and CLOUD, H.A. 1973. Simulation and evaluation of a multiple column crossflow dryer. Transactions of the ASAE. 16(5):984-7.**

**MOREY, R.V., CLOUD, H.A. and NELSON, W.W. 1976. Simulation of solar energy grain drying - Minnesota contribution. Final Report for USDA-URS-ERDA. Contract No. 12-1403001-501.**

**MOREY, R.V. et al. 1978. Energy conservation in grain (coro) drying with combination high**

**temperatura, low temperatura method. U.S. Department of Energy, Division of Industrial Energy Conservation. Final Report.**

**MUHLBAUER, W., KUPPINGER, H. and ISAACS, G.W. 1978. Design and operating conditions of single stage concurrent flow and tow-stage concurrent-counter flow grain dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. Appendix B2.**

**MUHLBAUER, W., SCHEUERMANN, A. and BLUMEL. 1971. Drying of coro in a concurrent flow dryer at high air temperaturas. Grundlagen Landtechnik. 21(1):1 - 5.**

**NAVARRO, S. and CALDERON, M. 1982. Aeration of grain. Rome, Italy, FAO. Agricultural Services Bulletin No. 52.**

**PAULSEN, M.R. and THOMPSON, T.L. 1973. Effects of reversing the airflow in a crossflow grain dryer. Transactions of the ASAE. 16(3):541-5.**

**PEREIRA, J.A.M. et al. 1985. Secador de granos co◊. aire movimentado por convecc◊◊ natural. Vi◊osa-MG, Brasil. Post-cosecha No. 5, marzo-junio.**

**PEREIRA, J.A.M., QUEIROZ, D.M. e PEREIRA, A.L.R. 1986. Secador de graos m ar movimentado por conve◊◊o natural. Vi◊osa, MG., Brasil, CENTREINAR. Serie CENTREINAR No. 6.**

**PEREIRA, J.A.M. et al. 1987. Secador de leito fixo para graos. Vi◊osa, M.G., Brasil. Serie CENTREINAR.**



**FROST, H.B. et al. 1977. Fan management system for natural air dryers. St. Joseph, U.S.A., ASAE. ASAE Paper No. 77-3526.**

**PIERCE, R.O. and THOMPSON, T.L. 1976. Solar grain drying in the north central region; simulation results. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. ASAE Paper No. 76-3517.**

**\_\_\_\_\_ . 1980a. Management of solar and low temperatura grain drying systems. 1. Operation strategies with full bin. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 23(25): 1020-1023.**

**\_\_\_\_\_ . 1980b. Management of solar and low temperatura grain drying systems. 11. Layer drying and solution of the over-drying problems. St. Joseph, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 23(5): 1024-1030.**

**QUEIROZ, D.M., SILVA, J.S. e MELLO, E.C. 1982. Práticas de simulação de secagem em calculadoras programáveis. Viçosa, Brasil, CENTREINAR. Serie CENTREINAR No. 3.**

**QUEIROZ, D.M. 1984. Simulação de secagem de milho (Zea mays L.) em secadores de fluxos concurrentes. Viçosa, MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 69 p. Tese M.S.**

**QUEIROZ, D.M. e PEREIRA, J.A.M. 1985. Determinação de razões mínimas de ar para a secagem de milho em baixas temperaturas na região de Viçosa, M.G. Viçosa, MG, Brasil, CENTREINAR. Relatório do Projeto "Programa Nacional de Secagem Solar de Produtos Agropecuários".**

\_\_\_\_\_. 1987. Secagem de graos em baixas temperaturas. Viçosa, MG, Brasil, CENTREINAR. Serie CENTREINAR.

RIU, K.H. Factors effecting drying performance of a natural convection dryer for developing countries. Manhattan, U.S.A., Kansas State University. s.d. 88 p. Thesis M.S.

SABBAH, M.A., KEENER, H.M. and MEYER, G.E. 1979. Simulations of solar grain dryer using the logarithmic modal. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 22(3):643-647.

SHEDD, C.K. 1953. Resistance of grains and seeds to airflow. Agr. Eng. 34:616-319.

SILVA, J.S. e CORREA, P.C. 1981. Secagem de café e milho. energia solar. Viçosa, MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. Informe Técnico No. 14. 15 p.

SILVA, J.S. e LACERDA FILHO, A.F. 1984. Construção de secador para produtos agrícolas. Viçosa, MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. Informe Técnico. 5(41): 17.

STEELE, J.L., SAUL, R.A. and HUKILL, W.V. 1969. Determination of shelled coros as measured by carbon dioxide production. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 12(5):685-689.

THOMPSON, T.L. 1972. Temporary storage of high-moisture shelled coros using continuous aeration. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 15(2):333337.

\_\_\_\_\_. 1973. Temporary storage of high-moisture shelled corn using continuous operation. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. Transactions of the ASAE. 15(2):333-337.

VAN Ee, G.R. and KLINE, G.L. 1979. Faldry; a modal for low temperature corn drying systems. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. ASAE Paper No. 79-3524.

VILLA, L.G., ROA, G. and MACEDO, I. 1978. Minimum airflow for drying soybean seeds in bins with ambient and solar heated air. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. ASAE Paper No. 78-3017.

WESTELAKEN, C.M. and BAKKER-ARKEMA, F.W. 1978. Concurrent-flow grain drying. St. Joseph, Michigan, U.S.A., ASAE. No. 78-0712.

---

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)