



## **Curso de Maquinaria Agrícola**

---

### **Capítulo 08.-**

# **Maquinaria para la post-recolección**

**Prof. Luis Márquez  
Dr. Ing. Agrónomo**

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Realizan el acabado del proceso de recolección, con la limpieza y la selección y la clasificación de la cosecha, así como el secado y el acondicionamiento necesario para su puesta en el mercado.



## Generalidades

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Realizar el acabado del proceso de recolección, con la limpieza y la selección y clasificación de la cosecha, así como el secado y el acondicionamiento necesario para su puesta en el mercado.

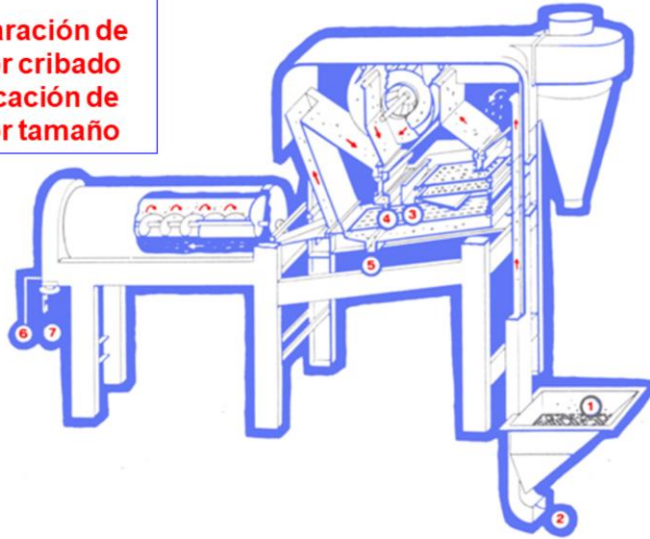
Equipos estacionarios que disponen de sistemas recepción para la cosecha que llega del campo, de almacenamiento para antes y después del proceso que se realiza.

En este grupo se incluyen los equipos para el secado, especialmente de granos y semillas, así como para la calibración y limpieza final de frutas y hortalizas para su consumo en fresco.



## Esquema general de un sistema de limpieza y clasificación de granos

- 1.- Tolva de recepción
- 2.- Elevador
- 3, 4 y 5.- Separación de impurezas por cribado
- 6 y 7.- Clasificación de impurezas por tamaño

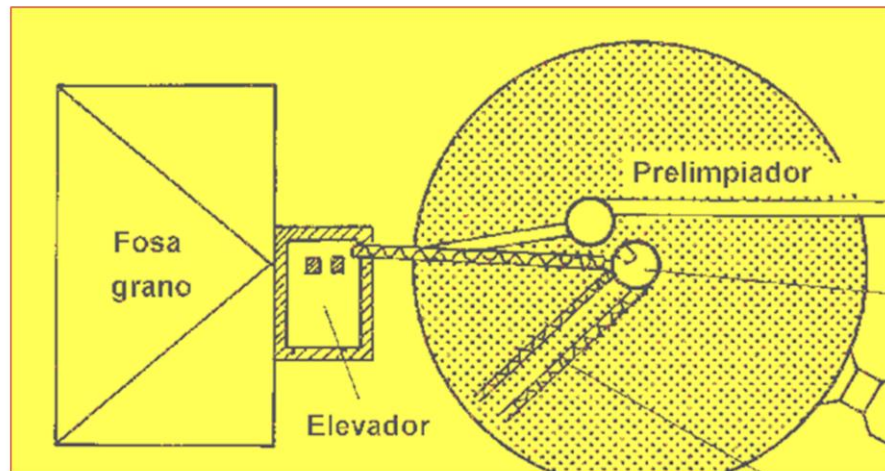


Realizan las operaciones de limpieza y clasificación de granos y semillas. Como equipo auxiliar se utilizan los necesarios para la recepción del grano y para la toma de muestras (determinación de la humedad y porcentaje de impurezas).



## Recepción de los granos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



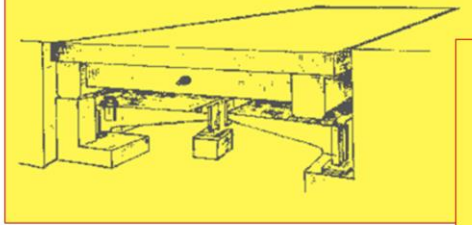
Se utilizan otros equipos para las operaciones **de recepción**. En las instalaciones fijas se recomienda utilizar una fosa de recepción con una anchura mínima de 3 m, en una zona que permita el paso de vehículos con 4 m de altura. La capacidad de la tolva de recepción debe ser proporcional al tamaño de la instalación, con un valor mínimo de 8 m<sup>3</sup> de capacidad (recomendado: volumen correspondiente a 3 h de recolección o de la capacidad de carga del vehículo mayor).



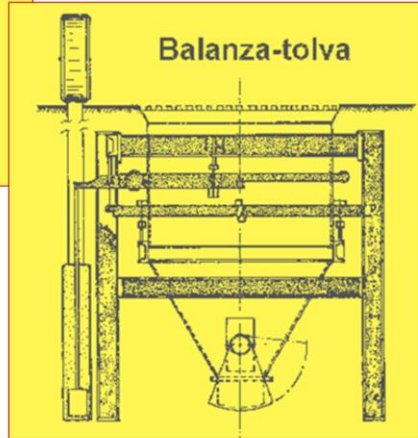
## Pesada y muestreo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Puente báscula



Balanza-tolva

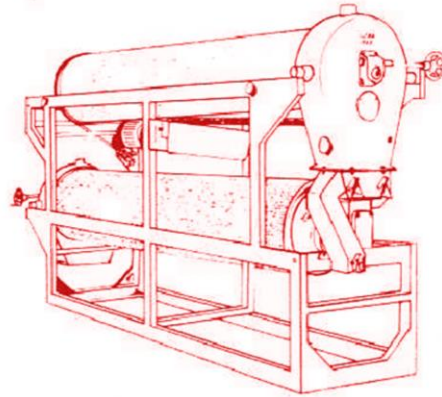
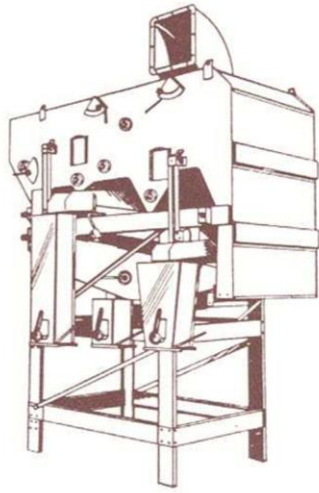


Equipos complementarios:

- **Pesada:** No suele incluirse sistemas de pesada en las explotaciones agrícolas, aunque es frecuente en las ganaderas. Para la pesada pueden utilizarse puentes-báscula, pesa ejes, tolvas-balanza y básculas de circuito.
- **Muestreo:** Permiten determinar las características físicas y químicas de los granos a partir de una muestra representativa. Pueden ser para granos en movimiento, extrayendo granos a intervalos regulares, o para granos estáticos, basadas en un cilindro hueco que se introduce en la masa de grano. Para la medida de la humedad y de la temperatura se utilizan sondas que funcionan aprovechando las propiedades dieléctricas de los granos, o el efecto de los termo-pares.



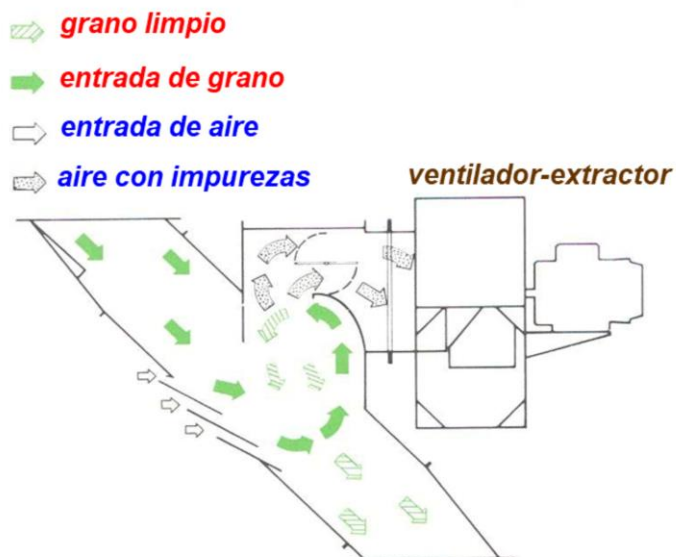
## Limpeza del grano



La limpieza se basa en la utilización de cribas y ventiladores que generan una corriente de aire, interviniendo en el proceso el tamaño y la densidad de los granos y de las impurezas que los acompañan. La separación de estas impurezas, favorecen el proceso de conservación, eliminando partículas con mayor contenido de humedad, o de mayor dimensión, para evitar que se puedan producir obstrucciones e incendios.



## Pre-limpiador por ventilación

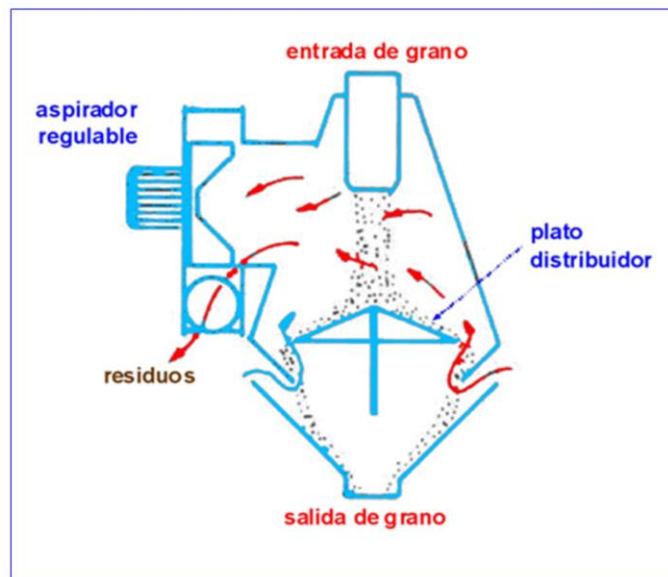


**Pre-limpiadores-aventadores:** Realizan una eliminación de materias ligeras o secas y voluminosas mediante el efecto de una corriente de aire que atraviesa el flujo de grano arrastrando las impurezas. La forma de la cámara hace que el grano escape de la corriente de aire, mientras que las impurezas ligeras o más voluminosas permanecen en la corriente de aire y son arrastradas al exterior.

Realizan una limpieza somera, pero son sencillos, robustos y sin elementos móviles, adaptándose con facilidad a cualquier circuito de limpieza. La demanda de potencia es baja (del orden de 1 CV para un caudal de 15 t/h) y el mantenimiento sencillo, limitado al ajuste de la corriente de aire y limpiezas de las zonas en las que se acumulan los residuos.



## Pre-limpiador de turbina



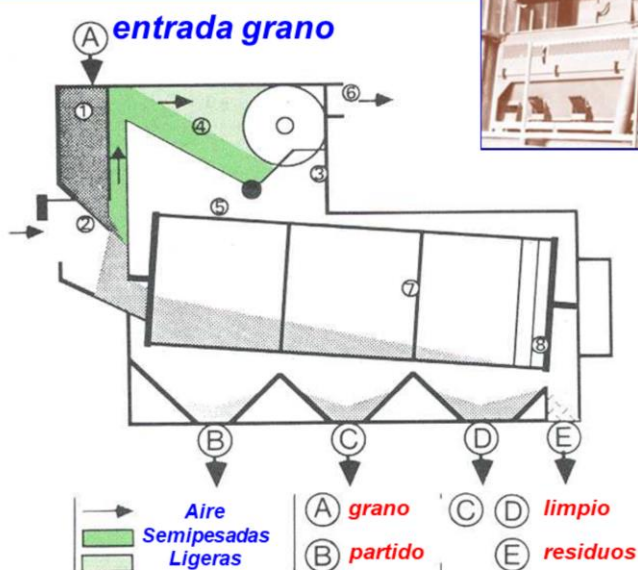
**Pre-limpiadores de turbina:** Se utilizan para separar sobre granos secos eliminando las partículas ligeras. En ellos, el grano cae desde arriba sobre un cono de distribución que se encarga de repartirlo uniformemente sobre un plano horizontal, actuando en sentido inverso una corriente de aire que arrastra las impurezas a través de un ciclón de recuperación.

Por sus reducidas dimensiones se pueden adaptar a instalaciones existentes con mucha facilidad. La demanda de potencia es del orden de 8 a 10 t/h por CV.

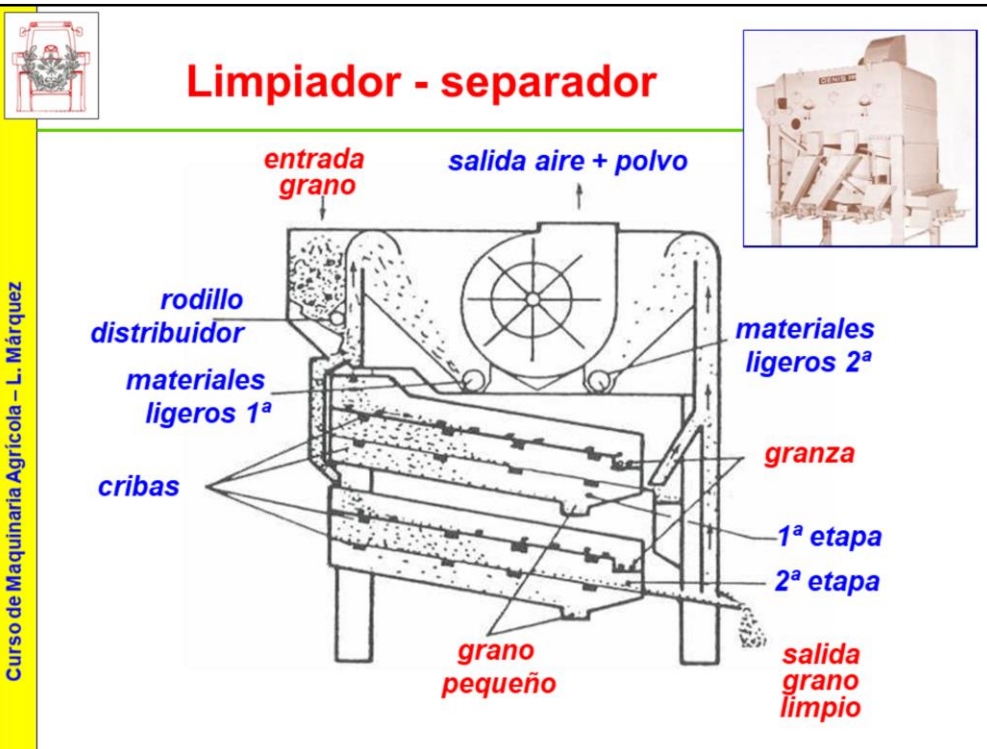




## Limpiador-calibrador



**Calibradores-limpiadores de tambor rotativo:** Son apropiados para la limpieza de diferentes tipos de grano modificando las perforaciones de las cribas rotativas. La limpieza la realizan en dos fases. En la primera, el grano es atravesado por una corriente de aire que arrastra las impurezas más ligeras; en la segunda fase el grano entra en un acriba rotativa con orificios de tamaño creciente, que no tienen capacidad de retener mas que las partículas de menor tamaño que el del orificio existente; al principio del tambor quedan separados los granos partidos y las partículas de menor tamaño, mientras que al final solo llegan las partículas con mayor tamaño que el del grano. Los orificios de las cribas permanecen limpios Su capacidad de limpieza es de 7 t/h por CV de potencia instalada, aumentando hasta en un 70% cuando solo se necesita realizar el pre-limpieza

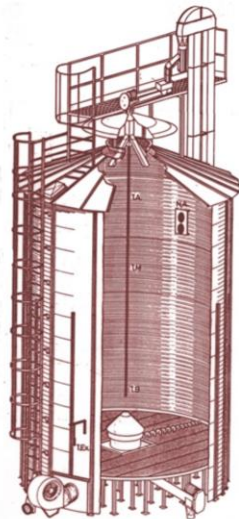


**Limpiador-separador de cribas inclinadas:** Permite la limpieza y clasificación de todo tipo de granos con la máxima precisión. Está basado en el empleo de tamices inclinados y vibratorios, con sacudidas rápidas y de pequeña amplitud, sobre los que se desplaza el grano, y que son atravesados por una corriente de aire. Estos tamices se colocan por parejas y disponen de orificios. La limpieza se basa en la utilización de cribas y ventiladores que generan una corriente de aire, interviniendo en el proceso el tamaño y la densidad de los granos y de las impurezas que los acompañan. La separación de estas impurezas favorece el proceso de conservación, eliminando partículas con mayor contenido de humedad, o de mayor dimensión, para evitar que se puedan producir obstrucciones e incendios.

Disponen de capacidad para limpiar 11 t/h de granos finos por CV de potencia instalada. Para maíz húmedo hay que reducir en un 50% el caudal de entrada y vigilar el estado de las cribas, ya que tienden a obstruirse con rapidez. Es importante fijar el conjunto al suelo para mantener la eficacia de su sistema de vibración.



## Almacenamiento y conservación de granos



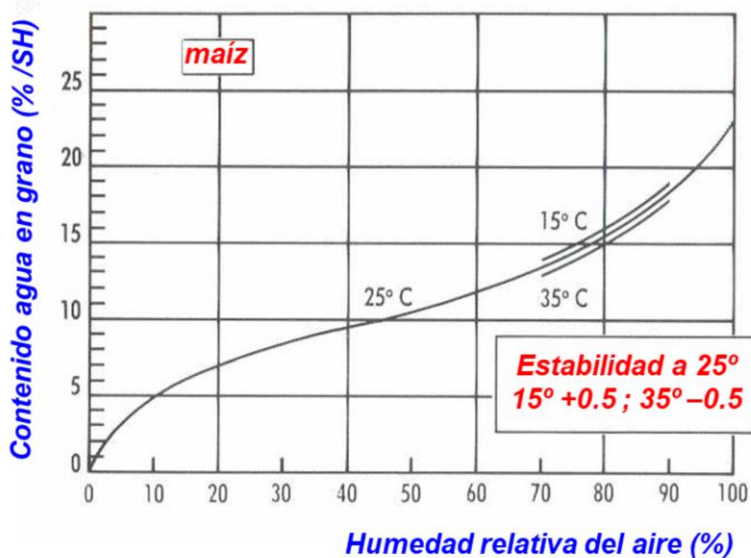
- Instalaciones fijas (silos)
- Unidades de secado
- Ventilación del grano almacenado
- Silo-bolsa para almacenar el grano fuera del contacto del aire

El almacenamiento de los granos en la propia explotación agrícola puede ser interesante desde el punto de vista económico, tanto para el productor como para el ganadero que lo tiene que utilizar en la alimentación de sus animales. La instalación debe ser la adecuada para las condiciones de producción, evitando el deterioro del grano almacenado.

La amortización de las instalaciones que permiten la conservación, junto con las de secado para alcanzar el grado de humedad que hace posible mantener la calidad, solo será posible si los tiempos de utilización son largos. En cualquier caso habrá que realizar el adecuado estudio económico para evaluar la rentabilidad de la inversión, considerando no solo la propia instalación y sus costes de funcionamiento, sino también el capital inmovilizado en forma de grano.



## Equilibrio higroscópico aire-maíz



Para analizar, desde el punto de vista técnico, un proceso de conservación hay que empezar conociendo las características del producto que se debe conservar, especialmente las relacionadas con su evolución en el tiempo.

Las propiedades físico-químicas explican el comportamiento del grano en condiciones de almacenamiento, especialmente su conductividad térmica y su higroscopicidad.

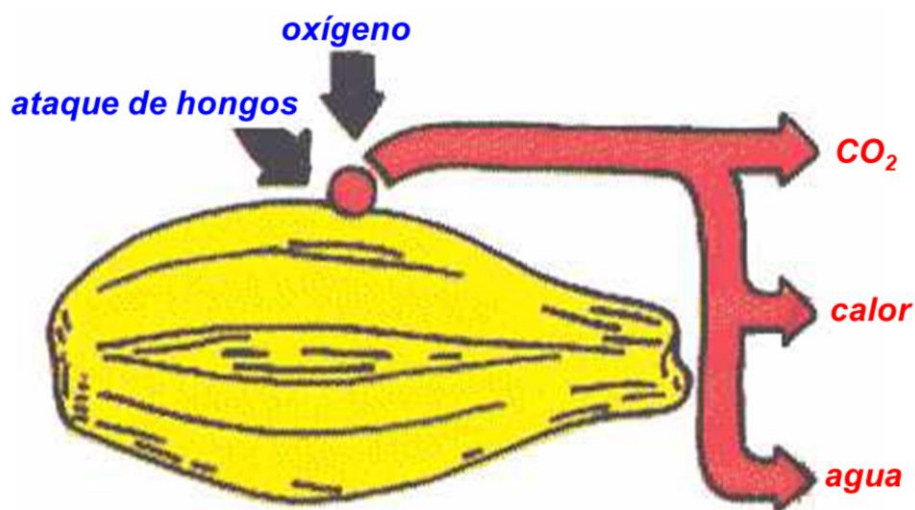
El grano es un material higroscópico, o sea que ajusta su humedad a la de la atmósfera que lo rodea en función de la temperatura. Esto es la consecuencia de que una parte del agua en la materia se encuentra ocupando poros capilares.

Para cada condición de temperatura y humedad atmosférica se produce un equilibrio que se representa gráficamente en lo que se conocen como curvas de sorción, o de equilibrio de humedad aire-grano. El conocimiento de estas curvas de equilibrio es imprescindible para el cálculo de las instalaciones de secado y ventilación, y permite explicar fenómenos como el desarrollo de hongos y las reacciones enzimáticas y de oxidación.



## Proceso de degradación de los granos

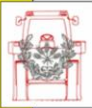
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Esta actividad de grano almacenado está condicionada por su temperatura y su humedad. En condiciones de poca humedad y baja temperatura el grano ralentiza su actividad vital. A medida que aumenta la temperatura y el contenido de humedad, la actividad vital aumenta por la acción de las enzimas y de la microflora que impregna las semillas, que aprovechan como alimento las sustancias de reserva que contiene el grano, lo que se pone de manifiesto con la respiración y la germinación del grano.

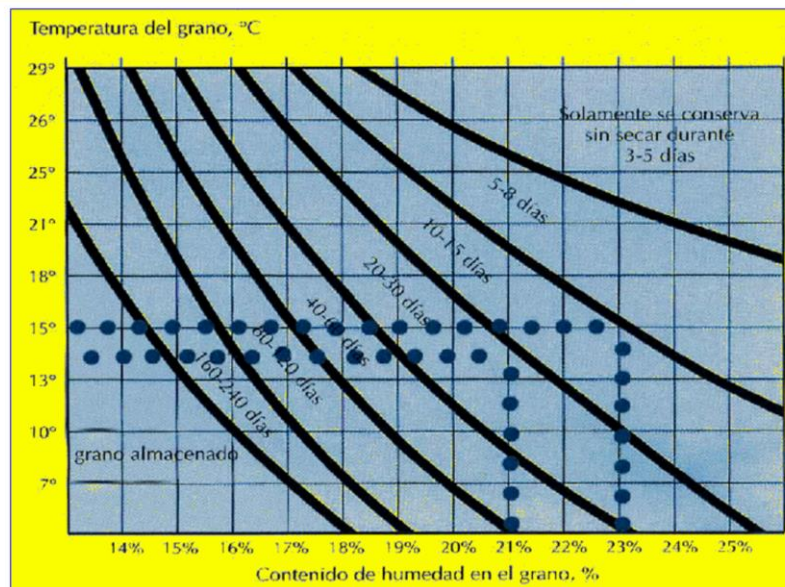
La respiración u oxidación de los granos es una característica común, incluso de los que no tienen su capacidad germinativa intacta.





## Tiempo de conservación del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La intensidad de la respiración depende de la temperatura y de la humedad del grano y del oxígeno presente en el lugar de almacenamiento. Cuando la humedad es baja y la temperatura reducida la respiración se considera nula.

La presencia de oxígeno transforma el almidón dando lugar a agua, gas carbónico y calor, lo que ocasiona, con atmósfera poco renovada, incrementos de la temperatura que reducen el contenido de materia seca.

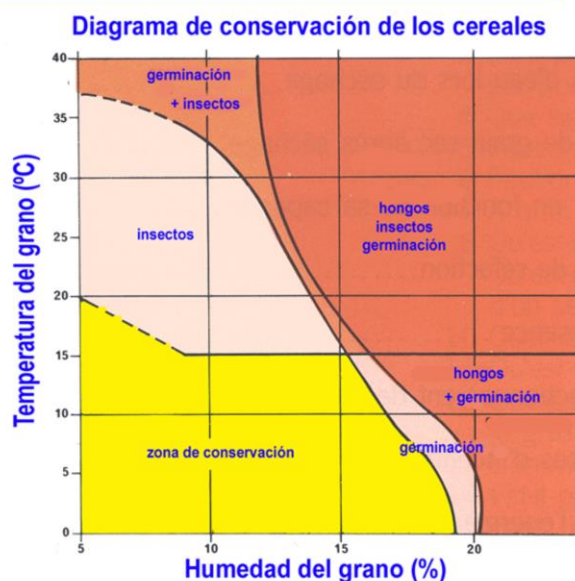
En ausencia de oxígeno la respiración se sustituye por una fermentación en la que aparece, además del anhídrido carbónico, alcohol y calor en menor cantidad con menores pérdidas de materia seca en el grano. En presencia de oxígeno, cuando las condiciones de humedad y temperatura son óptimas, puede producirse la germinación del grano, aunque no signifique la aparición de plántulas. Esto, desde los primeros estados, constituye una alteración grave, ya que ocasiona la degradación del almidón, la pérdida de materia seca, etc., muy perjudiciales para el aprovechamiento del grano.

En el gráfico se indican los tiempos límites de conservación en función de la temperatura y del contenido de humedad del grano.



## Conservación de granos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El proceso de degradación de los granos y los agentes que la producen está condicionado por la temperatura y la humedad a la que se encuentra el grano. El gráfico indica las zonas en la que pueden producirse las degradaciones,



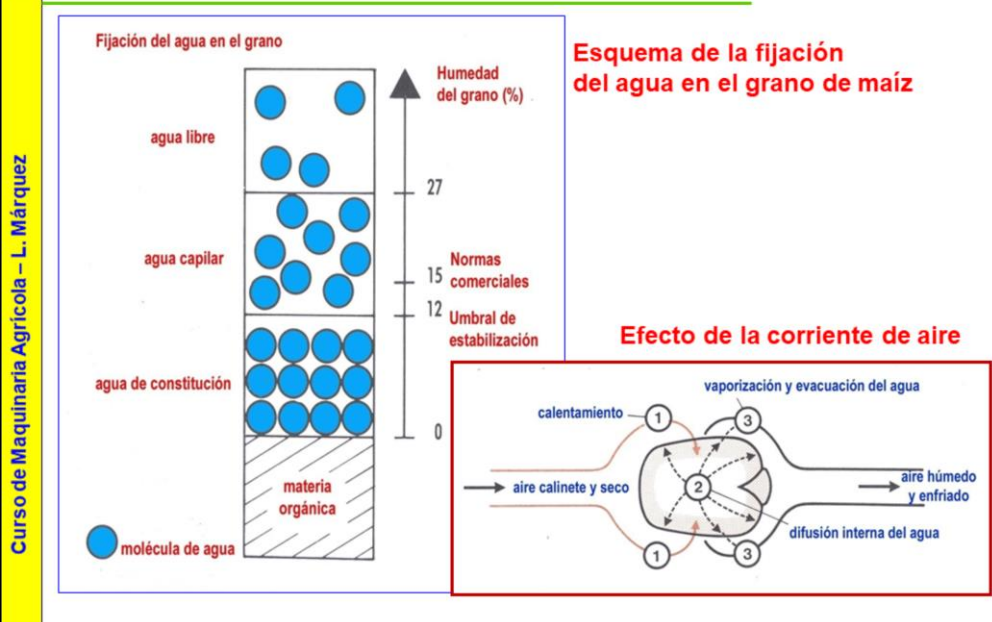
## Recomendaciones para la conservación de granos

- Con grano excesivamente húmedo se recomienda el **secado rápido con aire caliente** o ventilación con aire ligeramente recalentado.
- Con grano caliente se recomienda la **ventilación con aire ambiente** o trasiego que provoque refrigeración y aireación ligera.
- Si se produce el desarrollo de hongos se puede limitar **reduciendo la humedad y la temperatura**.
- Si aparecen insectos, estos se controlan mediante **ventilación con aire ambiente** y también la utilización de insecticidas apropiados.





## El proceso de secado del grano



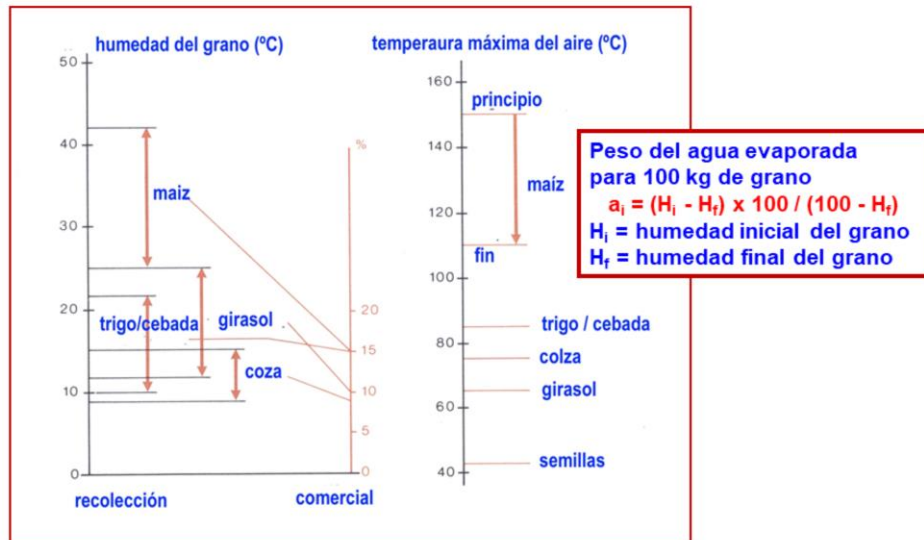
Para la eliminación del exceso de humedad se utiliza lo que se conoce como secadero, en el que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua.

Primero se evapora el agua libre, lo cual precisa relativamente poca energía; en el maíz se encuentra agua libre cuando se supera el 27% de humedad. Luego evapora el agua situada en los capilares, lo que es más difícil, hasta que se alcanza un límite que se conoce como umbral de estabilización (13% de humedad del grano). A partir de aquí el agua se encuentra unida químicamente a los componentes de los granos y se precisa una gran energía para su evaporación. Este proceso requiere calor (temperatura) y tiempo para que salga el agua capilar.



## Limitaciones para el secado de los granos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El peso de agua que se necesita evaporar en 100 kg de grano húmedo puede calcularse utilizando la expresión matemática:

$$a_i = (H_i - H_f) \times 100 / (100 - H_f)$$

siendo:  $H_i$  = humedad inicial del grano

$H_f$  = humedad final del grano

Así, el peso de agua evaporada en 100 kg de grano seco será:

$$a_f = (100 - H_i) \times 100 / (100 - H_f)$$

El peso final ( $P_f$ ) del grano después del secado será:

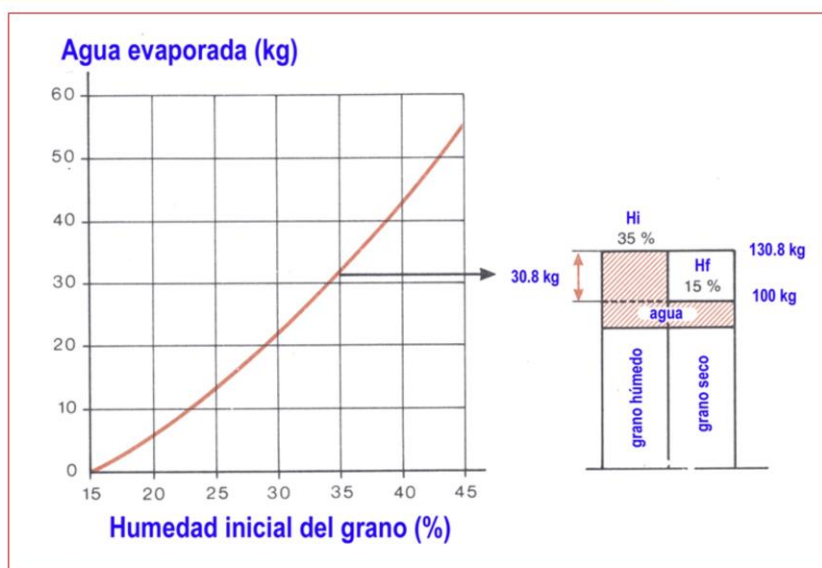
$$P_f = P_i \times (100 - H_i) / (100 - H_f)$$

siendo:  $P_i$  = peso inicial del grano antes de secar.



## Cantidad de agua evaporada por quintal de grano seco

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Los parámetros que caracterizan a un secadero son su capacidad, o potencia de evaporación, y el consumo térmico específico, o cantidad de calor para evaporar 1 kg de agua.

La potencia o capacidad de evaporación del secadero se expresa en kg de agua evaporada por hora, pero deberá referirse a condiciones muy particulares: tipo de grano, humedad inicial y final de éste, caudal y temperatura del aire caliente y temperatura ambiente. Sobre la base de una potencia de evaporación de 1 t de agua por hora, secando maíz entre 35 y 15 % de humedad, la cantidad de agua que se debe evaporar será, por cada kg de maíz seco, de  $(35 - 15) / (100 - 35) = 0.308$  kg de agua, lo que significa un caudal de  $1000 / 0.308 = 3247$  kg/h de grano seco.

A partir de la potencia de evaporación, y conociendo la humedad de entrada del grano y la de salida que se desea, se puede calcular el caudal de grano húmedo que deberá llegar al secadero y el grano seco que sale de éste.

Sabiendo que para obtener 100 kg de grano seco se precisan introducir 130.8 kg de grano con el 35 % de humedad, a los 3247 kg/h de grano seco le corresponden  $3247 \times 1.308 = 4247$  kg/h de grano húmedo.

La potencia de evaporación se expresa a menudo como puntos de humedad por hora, calculada como el producto del caudal de grano húmedo secado por el descenso de humedad conseguido. Así, para el ejemplo anterior, con potencia de evaporación de 1 t de agua pura por hora y 42.5 hkg (quintales métricos) de grano húmedo sería:

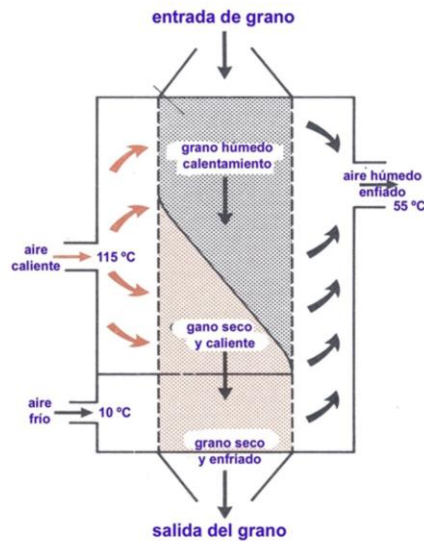
$$42.5 \times (35 - 15) = 850 \text{ puntos/hora.}$$

Dividiendo la potencia de evaporación expresada en kg de agua/hora por la potencia de evaporación expresada en puntos/hora se obtiene los kg de agua evaporada por punto. La presentación de la potencia de evaporación por puntos puede resultar engañosa, ya que no se necesita la misma energía para bajar la humedad entre 35 y 20% que entre 30 y 15%.



## Esquema y balance energético de un secadero sin recuperación de calor

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



▪ **Energía calorífica entrada:** 100%

### Pérdidas:

- Intercambio generador. 15.0%
- Calor en el aire saturado de salida: 15.0%
- No saturación del aire 12.0%
- Calor del grano seco 5.5%
- Por las paredes 2.5%

▪ **Energía efectiva aprovechada en el secado:** 50%

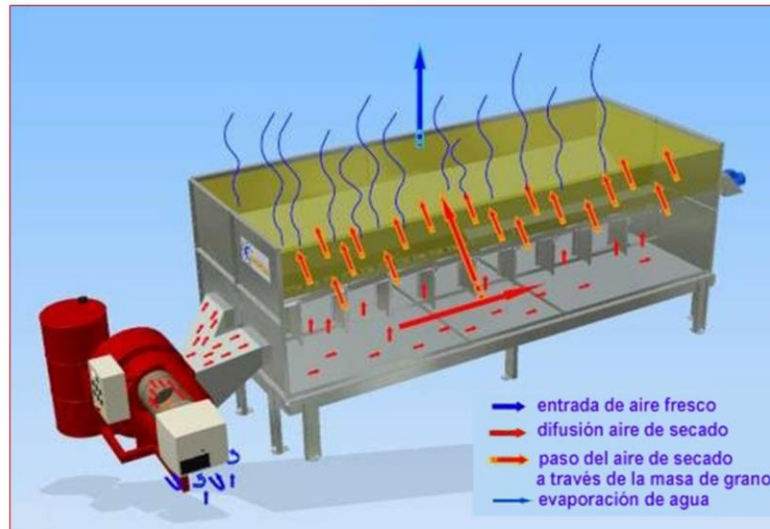
El proceso de secado puede acelerarse recurriendo a las instalaciones que se conocen como secaderos. La eliminación del agua se favorece al someter al grano a una corriente de aire caliente y con bajo contenido de humedad.

La calidad del secado y la eficiencia energética del proceso guardan relación con las características técnicas del secadero, y a medida que aumenta su tamaño se reduce el consumo específico de energía, ya en los grandes se utilizan mejor los circuitos de recuperación de calor.

Para el secado de granos se comercializan tres tipos de secaderos: estáticos, estáticos con recirculación del grano y continuos.



## Secaderos estáticos



Euromat

En los secaderos estáticos el grano permanece quieto durante todo el proceso, aunque en los más perfeccionados se dispone de elementos que realizan su removido durante el secado.

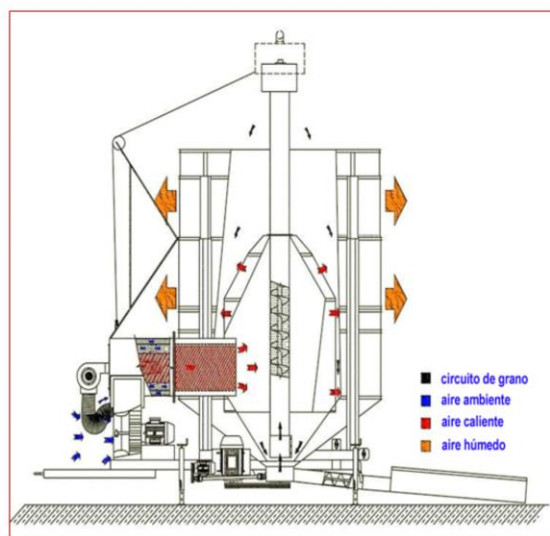
El aire caliente entra por la parte inferior de la capa de grano y sale por la superior arrastrando de manera progresiva su humedad. Esto trae como consecuencia diferencias de contenido de humedad entre las capas superior (más húmeda) e inferior (más seca), aun en el caso de trabajar sobre espesores reducidos (30 a 50 cm).

En los más perfeccionados, con dispositivos de agitación, se utiliza aire calentado hasta 50-60 °C, y un caudal de aire de 140 m<sup>3</sup>/h por m<sup>3</sup> de grano, que llega a través del fondo perforado. Con un doble tornillo sinfín colocado radialmente en la base, se pueden secar capas hasta de 80 cm; también puede utilizarse este sistema en silos de mayor altura (4 m), pero en este caso se necesita otro tornillo sinfín vertical que desplace el grano sobre todo el volumen del silo. El rendimiento térmico de los secaderos estáticos es bajo, del orden de 1500 a 2000 kcal/kg de agua evaporada.

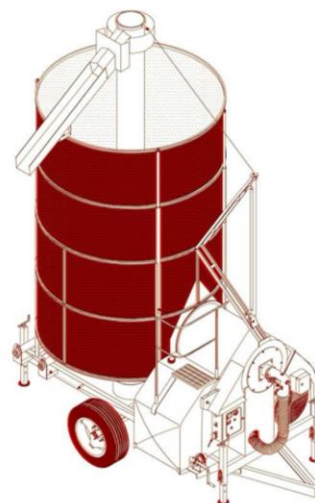


## Secaderos estáticos con recirculación de granos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Euromat



Una mejora de los secaderos estáticos se consigue con el sistema de recirculación del grano, lo cual lleva a un secado por lotes sucesivos. El grano permanece en el secadero hasta que completa su secado, pero existe un dispositivo que le obliga a circular de manera continua, extrayéndolo por el fondo e introduciéndolo simultáneamente por la parte superior. Este dispositivo se utiliza asimismo para el vaciado del secadero una vez completado el proceso.

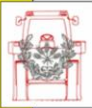
Los secaderos estáticos con recirculación de grano que se comercializan son de dos tipos:

- Móviles con recirculación por tornillo sinfín, que disponen de una tolva cilíndrica perforada en el centro de la cual se sitúa el tornillo sin-fin que realiza la recirculación del grano durante el secado. El aire caliente que atraviesa el grano llega desde el generador a una cámara central de paredes perforadas, que rodea al tornillo sinfín, en la que se distribuye por todo el volumen. El conjunto se encuentra montado sobre ruedas, de manera que se puede arrastrar con un tractor, que también lo puede accionar con la toma de fuerza, tanto el sinfín de recirculación como el ventilador que impulsa el aire caliente sobre la masa de grano. El consumo específico de energía es de 900 a 1000 kcal/kg de agua evaporada. Los tamaños de tolva admiten entre 10 y 20 t de grano.

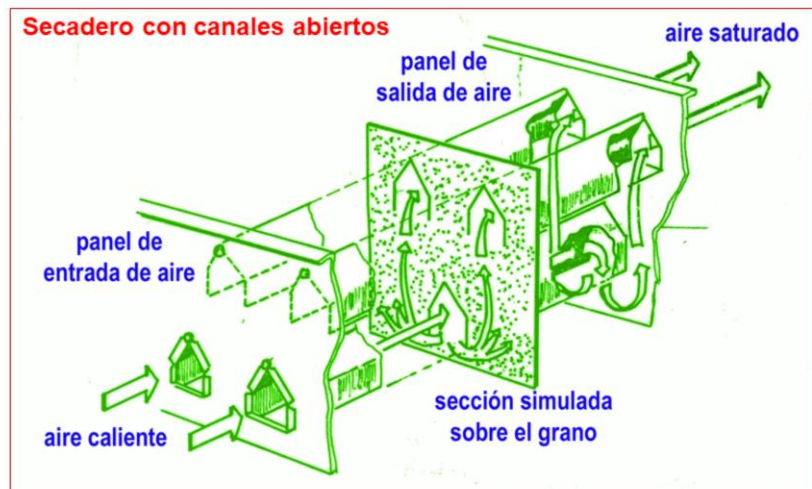
- De columna con recirculación mediante elevador de cangilones, que normalmente son fijos; el grano desciende por una columna central, siendo atravesada la masa de grano por el aire caliente que procede de canales situados en la propia masa. El grano efectúa tantos recorridos como sean necesarios para su secado, de lo cual se encarga un transportador de cangilones que lo eleva desde la parte inferior hasta la parte superior del secadero.

Con los secaderos de recirculación de grano se produce un aumento del 2 al 3% de los granos partidos como consecuencia de los numerosos recorridos que tiene que realizar el grano hasta su completo secado. La calidad del secado depende de las temperaturas que se admiten para el aire que se insufla en la masa de grano.





## Secaderos continuos



En los secaderos continuos el secado se realiza con una sola pasada del grano.

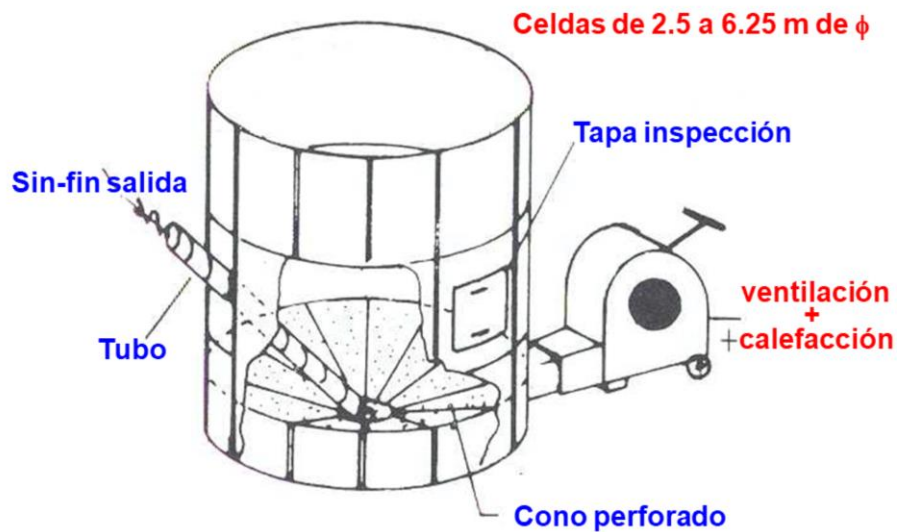
En función de la forma en la que avanza el grano se establecen los siguientes tipos:

**Continuos de cascada**, en los que se utiliza una superficie inclinada, sobre la que circula el grano ayudado por un transportador de travesaños, formada por láminas colocadas en persiana que dejan pasar el aire caliente. El espesor de la capa de grano es de 15 a 20 cm. Existen dos tipos de secaderos en cascada: los que realizan el secado con una sola pasada del grano y los de "doble flujo", especialmente apropiados para el secado de maíz, en los que el grano realiza un recorrido de ida y otro de vuelta sobre dos superficies inclinadas superpuestas. Esto mejora le rendimiento del secadero, ya que el aire alcanza mayor saturación.



## Secaderos continuos de celda

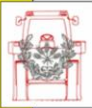
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Los **secaderos continuos de celda** utilizan silos cilíndricos, como los que se emplean para el almacenamiento del grano, con un fondo perforado por el que se difunde el aire caliente procedente de un generador con temperatura entre 40 y 80 °C según la naturaleza del producto que se tiene que secar. El aire atraviesa la masa de grano que se encuentra en la celda, que no debe superar la altura de 2 metros, precisándose un caudal de 300 m<sup>3</sup>/h y m<sup>3</sup> de grano almacenado.

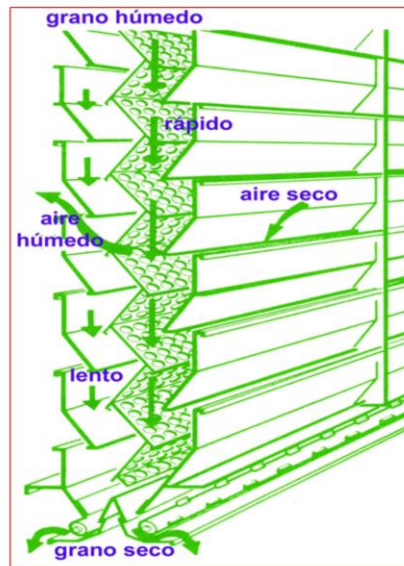
Cada cierto tiempo (calculado para el secado de la capa inferior) se pone en marcha un tornillo sin-fin de fondo que extrae de la celda una capa de grano de unos 30 cm, que se considera suficientemente seca, a la vez que actúa el sistema de llenado para compensar el volumen de grano extraído. Este tipo de secadero resulta muy versátil y puede ser utilizado posteriormente como celda de almacenamiento de grano.





## Secaderos continuos verticales

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Tipo "persiana"

En los **secaderos continuos verticales** el grano desciende por gravedad desde una tolva, que sirve además como zona de precalentamiento del grano, a través unas conducciones formadas por chapas dobladas y dispuestas en persiana, que dejan pasar el aire caliente que realiza el secado, y que obligan al grano a presentar todas sus caras para conseguir mayor uniformidad. El conjunto se automatiza controlando la velocidad de avance del grano en las conducciones. La parte inferior de las conducciones de grano se puede utilizar como zona de enfriamiento, o como zona de secado, si está previsto el enfriamiento lento diferido del mismo. Los elementos que componen el secadero son de fabricación modular, por lo que se pueden montar en el lugar, adaptándose a las características de la instalación. En ocasiones, los canales por los que circula el grano son dobles, en cuyo caso el grano que circula más próximo a la entrada del aire caliente lo hace a mayor velocidad que en el otro lado del canal.



## Los combustibles en los secaderos

- La **capacidad calorífica inferior** del combustible es el que proporciona la energía para evaporar el agua.
- Los combustibles utilizados y las capacidades caloríficas inferiores correspondientes son las siguientes:
  - gasóleo, con 10 150 kcal/kg,
  - propano, con 11 010 kcal/kg,
  - butano, con 10 920 kcal/kg,
  - gas natural, con 11 240 kcal/kg (tipo Argelia).
  - biomasa (3-4 kg  $\leftrightarrow$  1 kg de gasóleo)
- El **caudal específico** es la cantidad de aire que atraviesa 1 m<sup>3</sup> de grano en una hora (1500 y 2000 m<sup>3</sup> de aire/hora por m<sup>3</sup> de grano)

El caudal específico, o renovado, es la cantidad de aire que atraviesa 1 m<sup>3</sup> de grano en una hora. En los secaderos continuos con canales este caudal específico se encuentra entre 1500 y 2000 m<sup>3</sup> de aire/hora por m<sup>3</sup> de grano.

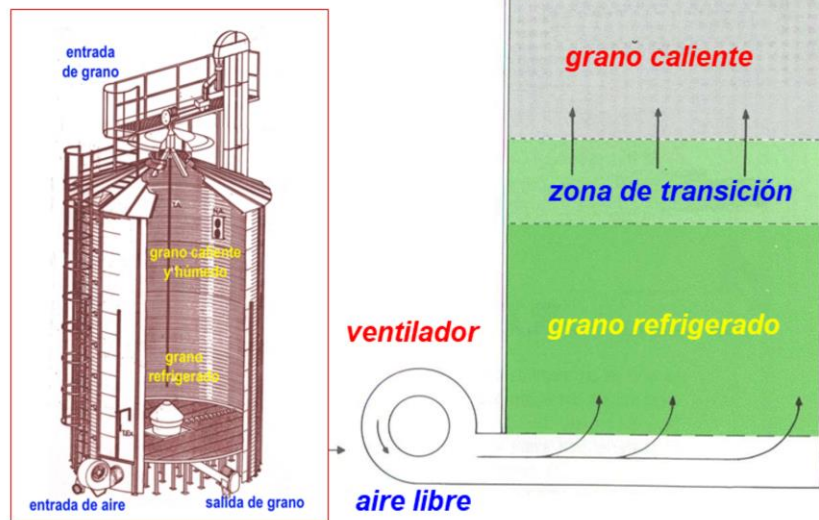
El consumo térmico específico indica la cantidad de calor que se necesita utilizar para secar 1 kg de agua. Es un dato importante del secadero ya que se encuentra directamente relacionado con el consumo de combustible, e interesa que su valor sea lo menor posible.

El consumo térmico específico para secaderos industriales bien diseñados es del orden de 800 a 850 kcal/kg de agua evaporada, mientras que en los secaderos pequeños solo se puede llegar a 900 kcal/kg. Es frecuente encontrar secaderos antiguos con consumo térmico específico de hasta 1200 kcal/kg. Esto significa unos costes de secado muy elevados en comparación con los que se obtiene en secaderos industriales, aunque también hay que considerar el precio del combustible utilizado.



## Ventilación de granos

### Esquema general



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Es un proceso en el que se pueden marcar diferentes etapas. En la primera se produce el secado acelerado del grano que entra con un alto contenido de humedad hasta que alcanza el 18%. Se utiliza aire caliente que recorre toda la columna de grano, con lo que la zona de enfriamiento se convierte en zona de secado.

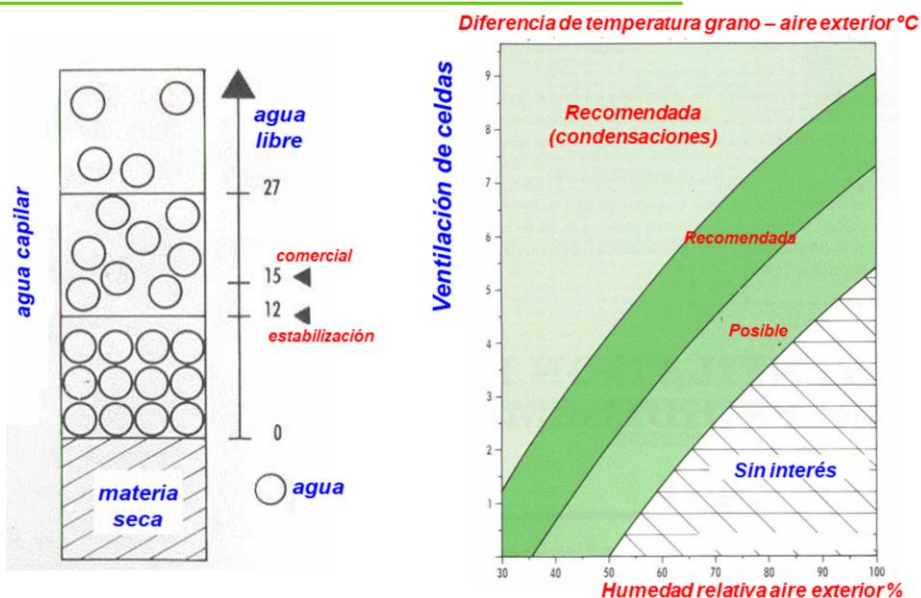
En la segunda fase se transfiere el grano que se encuentra a una temperatura entre 50 y 60 °C a una celda que se denomina de "dryeration" en la que se deja reposar durante un periodo entre 8 y 12 horas. Esto permite que el agua interior se desplace por capilaridad al exterior del grano, ya que en esta zona es en la que se ha perdido la mayor cantidad de agua durante el proceso de secado, con lo cual el grano se homogeniza y desaparecen las tensiones internas que se han producido durante la primera fase de secado.

En la tercera etapa se realiza un enfriamiento lento del grano, utilizando un caudal de aire de 40 a 60 m<sup>3</sup> por hora y metro cúbico de grano, almacenado a la temperatura ambiente durante un período de 12 a 15 horas. Esta operación permite, a la vez que se refrigera el grano, utilizar su calor como energía para la evaporación de la humedad que todavía resulta excesiva. La cantidad de agua evaporada durante esta fase se encuentra entre 1.5 y 2 puntos.



## Conveniencia del secado por ventilación

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Para conseguir suficiente efecto de secado durante esta tercera etapa se debe iniciar con el grano a una temperatura alrededor de 60 °C, sin que se llegue a las temperaturas de secado de 110 a 120 °C, y procurar que la corriente de aire de ventilación se distribuya con uniformidad sobre toda la masa del grano, lo que exige un sistema de reparto especial y un llenado uniforme de la celda.



## Conservación del grano mediante el embolsado



El almacenamiento de granos puede realizarse en atmósfera normal, en el que el aire que rodea los granos tiene la misma composición de gases que el aire atmosférico, o bien en una atmósfera modificada obtenida al mantener los granos en un recipiente hermético. En estas condiciones, como consecuencia de la respiración de los hongos e insectos que acompañan a los granos, se produce una disminución de la concentración del oxígeno, a la vez que aumenta la de anhídrido carbónico. De esta forma se controla su desarrollo evitando el daño sobre los granos. Esta tecnología conocida desde mucho tiempo atrás, solo puede ponerse en práctica con la puesta en el mercado de las bolsas plásticas de grandes dimensiones y el equipo mecánico que para el llenado y el vaciado de las mismas.



## Comportamiento del grano embolsado

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Las bolsas plásticas son impermeables al agua y ofrecen un elevado grado de hermeticidad frente a los gases (oxígeno y anhídrido carbónico). La respiración de los microorganismos que acompañan a los granos modifica la atmósfera del aire contenido en la bolsa, reduciendo las pérdidas que se pueden producir en el grano almacenado.

La reducción de la concentración de oxígeno afecta a los insectos que pueden acompañar al grano. Si el nivel de  $O_2$  bajan del 3% se produce un control efectivo de los insectos; concentraciones de menos del 1% provoca su muerte rápida.

Simultáneamente a la reducción del contenido de oxígeno en el aire de la bolsa, se produce un incremento del anhídrido carbónico. Cuando el contenido de  $CO_2$  alcanza el 35%, con un tiempo de exposición de 14 días, el control de los insectos es prácticamente total. En este control intervienen la acción combinada de la reducción de la concentración de  $O_2$  y del aumento del  $CO_2$ .

Con concentraciones de  $CO_2$  entre el 3 y el 30% se produce un retraso en el desarrollo de los hongos. Además, la atmósfera modificada afecta a su capacidad para producir toxinas, verificándose esto en condiciones de mayor humedad y temperatura, especialmente cuando aumenta la concentración de  $CO_2$ . Por otra parte, se observa que las altas concentraciones del  $CO_2$  en la atmósfera no afecta la capacidad de germinación del grano conservado en bolsas y destinado a la siembra.





## Proceso de embolsado



Los elementos que se necesitan para realizar el embolsado son la bolsa de plástico, la máquina embolsadora y la máquina extractora.

La **bolsa de plástico** está fabricada por extrusión utilizando polietileno de baja densidad, con tres capas y un espesor aproximado de 235 micrometros. La capa exterior, de color blanco, contiene aditivos que actúan como filtro de la radiación UV y dióxido de titanio para reflejar los rayos solares. La capa media es neutra, y a la interior se le agrega negro de humo, que actúa como protector frente a la radiación ultravioleta y la luz solar. La bolsa es un envase que puede contener hasta 400 toneladas de grano, y se fabrica con diámetros de 5, 6, 9, 10 y 12 pies, y longitudes de 60 y 75 m. El fabricante ofrece una garantía frente a los agentes climáticos de hasta 24 meses, salvo en lo que respecta a la caída de granizo. En los caso en que esto es previsible se puede utilizar una protección superior, conocida como media sobra, que también ayuda a reducir la radiación solar sobre la bolsa, bajando la oscilación térmica diaria de su superficie.

La **embolsadora** es la máquina que se utiliza para cargar el grano sobre la bolsa plástica. Dispone de una tolva de recepción, un túnel sobre el que se coloca la bolsa plegada, y un sistema de frenos mediante el que se regula el llenado y el estiramiento de la bolsa a medida que se va llenando. Su accionamiento se realiza con la toma de fuerza del tractor.



## Extracción del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La **extractora** es la máquina que permite vaciar la bolsa. Para ello utiliza un conjunto de tornillos sin-fin que sacan el grano de la tolva y lo descargan en el vehículo que se encarga del transporte del grano. También se accionan por la toma de fuerza del tractor, y disponen de una capacidad de descarga entre 150 y 180 t/h. El plástico se va recogiendo, a medida que se descarga el grano, y queda enrollado en una bobina.

Cuando se embolsan granos húmedos se deben extremar las precauciones durante el llenado de la bolsa, realizando la primera inspección a los 15 días de la formación en tres lugares en los que se espere mayor riesgo de deterioro del grano. Si el resultado de las inspecciones es favorable, la siguiente inspección se debe hacer un mes después. No conviene abusar de las inspecciones, ya que las perforaciones en la bolsa favorecen la entrada de aire. Después de cada inspección hay que sellar la bolsa con cinta aislante de buena calidad.





**Capítulo 08.-**

**Maquinaria para la  
post-recolección**

**Equipos para clasificación y  
calibración de frutas y hortalizas**

Con estos equipos se realiza el proceso completo que se inicia en la recepción y finaliza con el envasado del producto. Generalmente son instalaciones fijas situadas en almacenes, siendo las más sencillas las que se utilizan en las explotaciones agrícolas.

Normalmente los diferentes componentes de la cadena se encuentran formando una línea en el interior del almacén, diferenciándose por su capacidad de selección en términos de toneladas/hora. Pueden incluir unidades complementarias para el lavado de cajas y bins.

Otras diferencias son las relacionadas con los sistemas de selección que puede incluir en función de las dimensiones del producto o por sus propiedades ópticas y organolépticas.



## Operaciones en las líneas de clasificación

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



**Abastecimiento** de la cadena de clasificación: Tiene como objetivo hacer pasar el producto de las cajas en las que llega a la cadena; debe evitar las caídas en altura y sobre superficies duras.

**Limpieza:** Cuando los productos se reciben en seco (cítricos, cebollas) los elementos extraños de mayor tamaño se eliminan haciendo pasar el producto por una rejilla calibrada; cuando se requiere limpieza esta se realiza con cepillos rotatorios secos. Es común el lavado con agua de aquellos productos que tienen la posibilidad de flotar, siempre que permitan el mojado sin deteriorarse; también se utilizan cepillos rotatorios blandos. El secado se hace de forma natural o utilizando una corriente de aire que puede ser caliente.

**Tratamientos:** En ocasiones se utilizan productos que permiten prolongar el almacenamiento y la vida comercial, o para darle mejor apariencia.



## Selección y clasificación



**Selección y clasificación:** Tiene como objetivo su agrupación por tamaños para satisfacer los estándares de calidad del mercado de destino. Para la eliminación de productos de muy baja calidad se suele recurrir a la separación manual antes de la entrada a la línea de selección mecanizada. La separación por tamaño, peso, longitud o diámetro, frecuentemente se realiza por un proceso mecanizado para el cual existe una gran variedad de equipos, en su mayor parte específicos para cada cultivo. En las líneas de clasificación para algunos productos también se incluyen sistemas de separación por color, o mediante análisis de imagen.

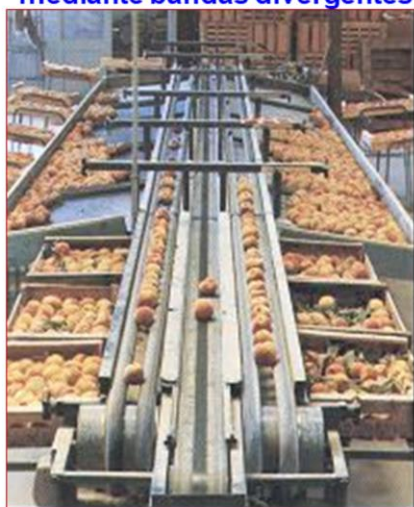
**Empaquetado:** Permite colocar el producto en envases adecuados, en función del mercado al que van dirigido. Para las frutas y hortalizas más resistentes hay disponible numerosos sistemas de empaquetado (cajas, bolsas, etc.)



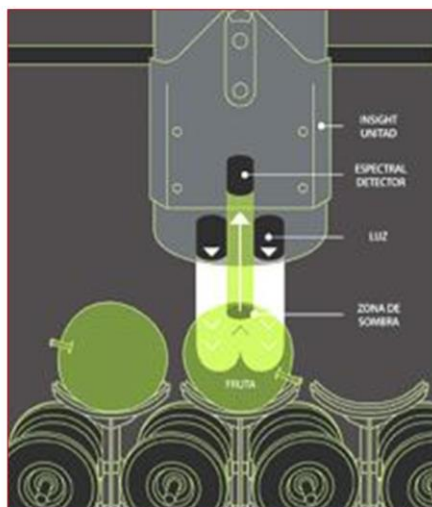
## Condiciones de utilización y prestaciones

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

### Calibración por tamaño mediante bandas divergentes



### Detección óptica por infra-rojos



La **calibración por peso** se realiza con el producto situado sobre pequeños contenedores arrastrados por una cadena que, después de un recorrido de estabilización, los hace pasar sobre una célula de carga situada en un punto fijo. La señal electrónica recibida por el ordenador central determina la apertura del mecanismo que hace bascular el contenedor en el compartimento correspondiente. La capacidad de selección puede ser de unos 10 elementos/segundo por cada línea, con precisión de  $\pm 1$  g.

La **calibración por tamaño** se puede realizar mediante bandas divergentes, o rodillos giratorios, que transportan el producto, el cual queda libre en el momento en que su dimensión es inferior a la separación de la banda o el rodillo correspondiente. La capacidad de trabajo depende de la longitud del calibrador y del número de calibres establecidos.

**Calibración por sistemas ópticos:** la fruta se mueve individualizada como en los sistemas de clasificación por peso, pasando frente a cámaras de visión con diferentes tipos de luz. La imagen captada de cada fruto permite establecer su clasificación por forma y dimensiones, por densidad, por color, o incluso por la presencia de defectos. La capacidad de selección puede ser de unos 10 elementos/segundo por cada línea.

Entre los sistemas de calibración óptica se encuentra los que utilizan luces infrarrojas no agresivas para detectar algunas características internas del fruto, como color e índices de materia seca, de azúcar y de aceite. Se basan en analizar la luz absorbida por la fruta para determinar características relacionadas con el índice de azúcar.



*Curso de Maquinaria Agrícola*

---

*Capítulo 08.-*

# **Maquinaria para la post-recolección**

**Prof. Luis Márquez  
Dr. Ing. Agrónomo**