

# EL ALMACENAMIENTO Y LA CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS

Parte 2.- Instalaciones para el secado de los granos



En esta segunda parte se analiza las instalaciones en las que se realiza el secado de los granos, así como algunas características de los combustibles que se utilizan en los secaderos.

**LUIS MARQUEZ**

PTE. AENOR/CTN 68. (ESPAÑA)

**ÓSCAR POZZOLO**

DIRECTOR INTA-INGENIERÍA RURAL  
(ARGENTINA)

El proceso de secado puede acelerarse recorriendo a las instalaciones que se conocen como secaderos. La eliminación

del agua se favorece el 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.

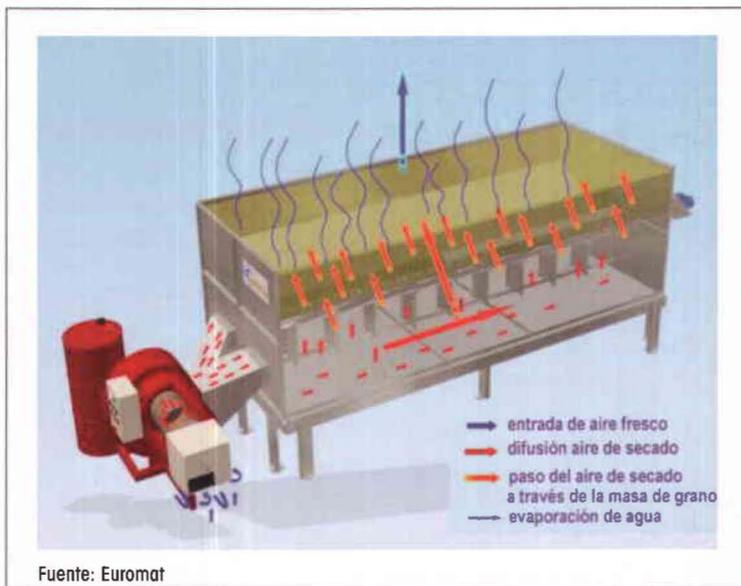
### Secaderos estáticos

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) y 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 sin-fin, co-

FIGURA 7.- ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SECADERO ESTÁTICO



locado 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 sin-fin vertical que desplace el grano sobre todo el volumen del silo. El rendimiento térmico de los secaderos estáticos es bajo, del

orden de 1 500 a 2 000 kcal/kg de agua evaporada.

### Secaderos estáticos con recirculación de granos

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 sin-fin, que disponen de una tolva cilíndrica perforada en el centro, en la cual se sitúa el tornillo sin-fin que realiza la recirculación del grano durante el secado (Figura 8). El aire caliente que atraviesa el grano llega desde el generador a una cámara central

FIGURA 6.- ESQUEMA Y BALANCE ENERGÉTICO DE UN SECADERO SIN RECUPERACIÓN DE CALOR

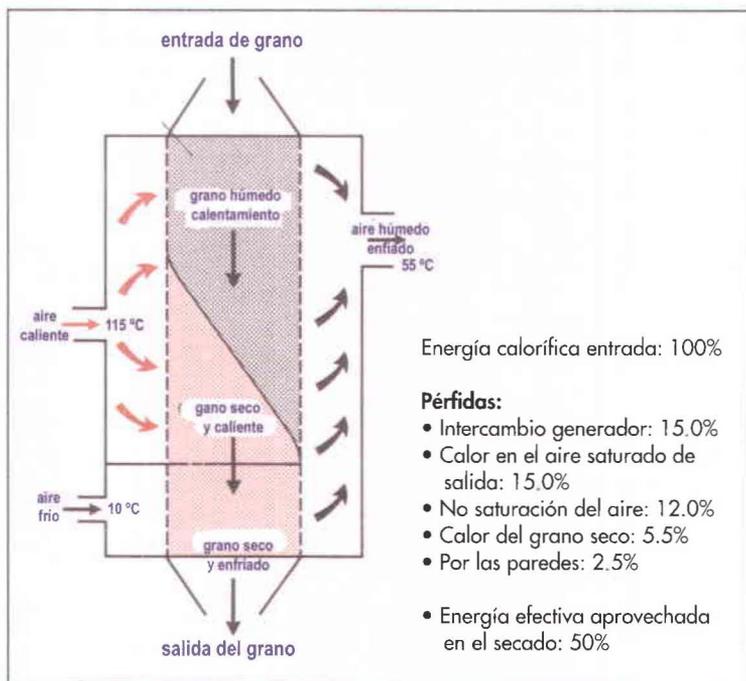
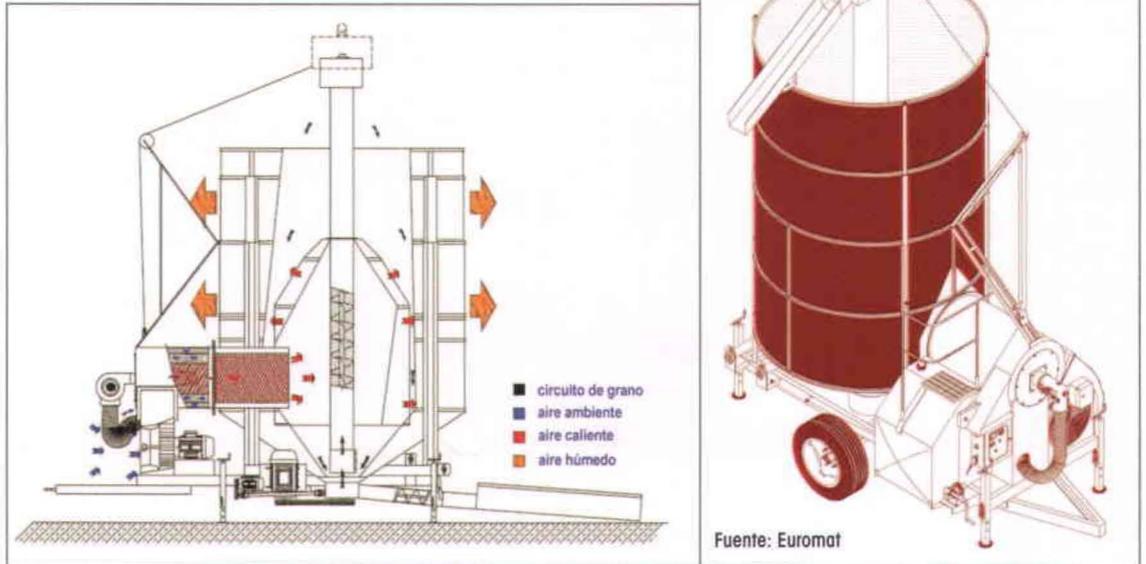


FIGURA 8.- ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SECADERO ESTÁTICO CON RECIRCULACIÓN DE GRANO



de paredes perforadas, que rodea al tornillo sin-fin, 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 sin-fin 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

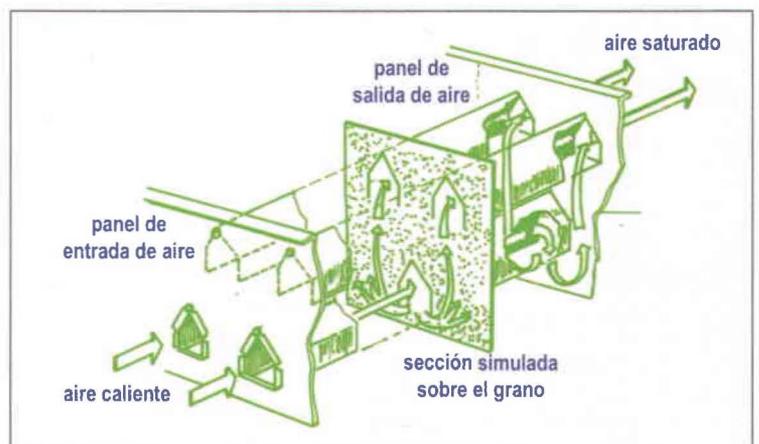
aumento del 2 al 3% de los granos partidos como consecuencia de los numerosos recorridos que tiene que realizar el grano hasta su completo secado. La calidad del secado depende de las temperaturas que se admiten para el aire que se insufla en la masa de grano.

### 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:

- Secaderos 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

FIGURA 9 A.- ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SECADO CON CANALES ABIERTOS

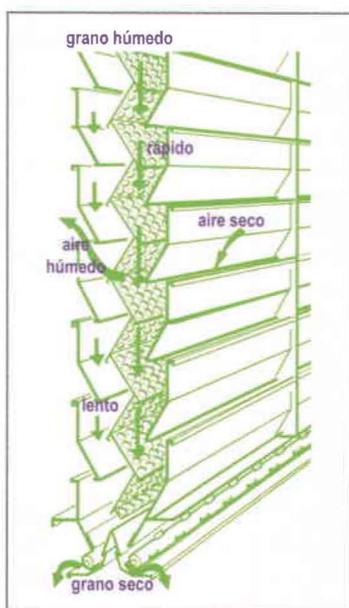




vuelta sobre dos superficies inclinadas superpuestas. Esto mejora le rendimiento del secadero, ya que el aire alcanza mayor saturación.

- Los secaderos continuos de celda utilizan silos cilíndricos, como los utilizados en el almacenamiento del grano, con un fondo perforado por el que se difunde el aire caliente pro-

FIGURA 9 B.- ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SECADO EN COLUMNA



cedente 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.

- 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.

Finalizado el período de enfriamiento el grano se puede trasladar a la celda de almacenamiento definitivo.

### Los combustibles en los secaderos

El secadero utiliza un combustible, en cuyo proce-

so de combustión se desprende el calor necesario para la evaporación del agua de los productos que se secan. El calor que se produce durante la combustión depende de lo que se conoce como capacidad calorífica superior del combustible; sin embargo lo que verdaderamente interesa conocer es la capacidad calorífica inferior, obtenida a partir de la superior una vez descontado el calor que se necesita para evaporar el agua que se produce en la combustión. 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 de 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).

También se puede utilizar biomasa de diferente tipo; 3-4 kg de biomasa equivalen energéticamente a un kg de gasóleo. El rendimiento térmico es el porcentaje de energía recuperada respecto a la energía consumida.

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 1 500 y 2 000 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 1 200 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.

### El enfriamiento lento diferido o *dryeration*

Con este procedimiento el enfriado del grano no se realiza en el mismo secadero, sino en un conjunto de celdas con un sistema de ventilación especial (Figura 10).

Es un proceso en el que se pueden marcar diferentes eta-

pas. 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.

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. ■

FIGURA 10.- SECADO MEDIANTE VENTILACIÓN

