FRIGOR TEC
Cooling to the point

Cuidado de cereales mediante su conservación en frío con el GRANIFRIGOR™

von Ralph E. Kolb

www.frigortec.com

1 GRANIFRIGOR™ para refrigerar silos de acero para cereales

Cuidado de cereales mediante su conservación en frío con el GRANIFRIGOR™

Los cereales constituyen uno de nuestros alimentos básicos más importantes. Son cultivados y cosechados con el mayor cuidado y dedicación. Según informa la "Food and Agriculture Organisation of the United Nations" (FAO), cada año se echa a perder el 20% de los cereales cosechados en todo el mundo.
La mayor parte de estas pérdidas se debe a la acción de los insectos y a la proliferación de los hongos.

Con el procedimiento de conservación en frío GRANIFRIGOR™ se combaten tales pérdidas de forma eficaz. Con esta tecnología se conservan en todo el mundo muchos millones de toneladas de cereal, semillas oleaginosas, arroz, maíz y otros tipos de granos (fig. 1).

¿Por qué la conservación en frío?

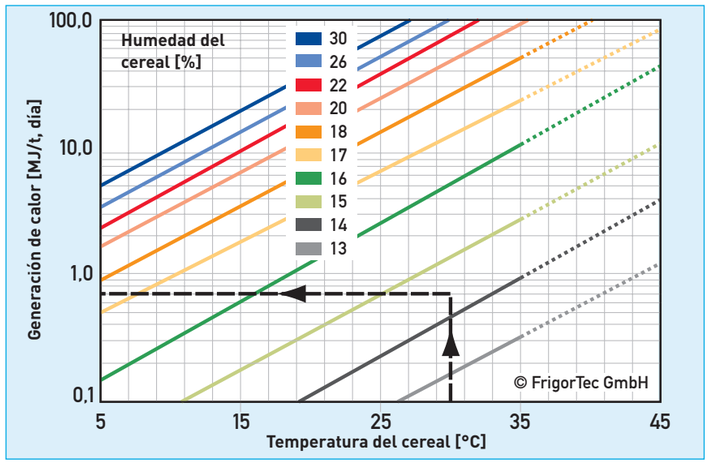
La causa de que se echen a perder los cereales recién cosechados reside en el auto-calentamiento a raíz de su respiración propia. Tal proceso depende de la humedad y de la temperatura del cereal. Al aumentar la temperatura y la humedad, la respiración se hace más intensiva. El auto-calentamiento hace que se pierda substancia y favorece la proliferación de insectos y hongos. En las zonas de clima templado se sabe que durante la época fría del año se producen menos pérdidas en el material almacenado que durante los meses estivales. Con la conservación en frío se reproducen las condiciones climáticas invernales tras la cosecha, aprovechando sus ventajas seguido a haber realizado la misma. En las zonas tropicales el riesgo de pérdida es especialmente alto debido a la humedad y al calor reinantes en estos climas. Por tal razón, la conservación en frío adquiere en estas zonas una relevancia especial.
Por su estructura y sus propiedades superficiales, además de por su baja conductividad térmica, los granos de cereal presentan características ideales de cara a su conservación en frío. Una vez refrigerado, el cereal se mantiene frío por mucho tiempo.
La conservación en frío mediante el procedimiento GRANIFRIGOR™ brinda muchas ventajas (ref. 1). A continuación expondremos con más detalle qué beneficios le puede reportar al usuario.

Reducción de las pérdidas de masa seca

Con la madurez para la cosecha, el desarrollo del cereal alcanza su cénit. Sin embargo, el cereal sigue vivo aun tras haber sido cosechado: respira. Al respirar el cereal, la absorción de oxígeno hace que los hidratos de carbono se transformen en dióxido de carbono y agua, generándose calor. El resultado son pérdidas de masa seca. La fórmula elemental de este proceso químico se muestra más abajo.
La figura 2 ilustra la generación de calor en función de la humedad y la temperatura del cereal. Con su ayuda pueden determinarse en la práctica las pérdidas de masa seca de la cosecha almacenada.

Fórmula elemental del proceso químico de la respiración del grano:

$C_{12}H_{22}O_{11}$	+ 12 O_2	→	12 CO_2	+ 11 H_2O	+	1,567 x 10^{-3} kWh
Hidratos de carbono	+ Oxígeno	→	Dióxido de carbono	+ Agua	+	Calor



2 Generación de calor durante el almacenamiento de cereal, modificado según Jouin (ref. 2)

Ejemplo de cálculo de pérdidas por respiración - Pérdida de masa seca

Datum

Tipo de cereal	Trigo
Humedad del cereal	14,5 %
Temperatura del cereal	30 °C *
Precio del cereal	200 euros/t
Tiempo de almacenamiento	4 meses
Cantidad almacenda	10.000 t

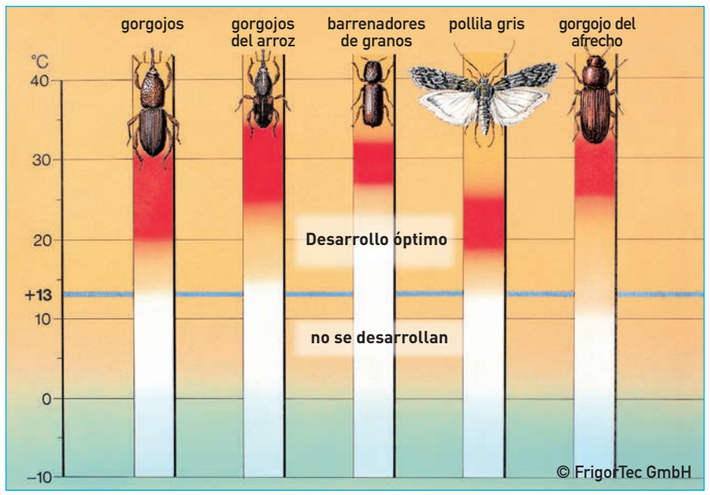
Fórmula

$$\text{pérdida de masa seca (t)} = \frac{\text{generación de calor [MJ/t, día] x tiempo de almacenaje [día] x cantidad almacenada [t]}}{15{,}000\ \text{[MJ/t]}}$$

Result

	Pérdida de masa seca [t]	Pérdida/Costes [EUR]
sin refrigerar, a 30 °C **	64	12,800
sin refrigerar, a 25 °C	32	6,400
refrigerado a 10 °C	minima (≤ 1)	1.800 (consumo de corriente)***

* tras el secado o en verano directamente del campo
** véase fig. 2
*** se calcula un consumo de corriente de 4,5 kWh/t, a un coste de 0,04 EUR/kWh



3 Desarrollo de especies relevantes de insectos en función de la temperatura

Evitar pérdidas de peso y de calidad provocadas por los insectos

Originariamente la conservación en frío se desarrolló para la conservación del cereal húmedo antes de su secado. Sin embargo en la actualidad se refrigera más cereal seco que húmedo – básicamente para evitar la proliferación de los insectos y para protegerlo de ser deglutido por estos. La figura 3 muestra algunas especies de los insectos dañinos más corrientes, junto a las condiciones óptimas para su desarrollo y ciclo vital. Algunos de estos parásitos proliferan preferentemente en zonas templadas, mientras que otros encuentran sus condiciones ideales en los trópicos.

Las pérdidas causadas por los insectos se pueden evitar de forma eficaz refrigerando el cereal por debajo de los 13 °C. Cuando la temperatura es lo suficientemente baja, los insectos entran en hibernación y no provocan ningún daño en el grano almacenado.

Si por el contrario los insectos encuentran condiciones óptimas de humedad y temperatura, se producen grandes pérdidas debido al grano devorado y a los excrementos. El problema se agrava cada vez más, pues los insectos se reproducen ingentemente cuando las condiciones son óptimas (fig. 4). La mayoría de las especies de gorgojo tienen un ciclo de desarrollo extremadamente corto. En el caso del gorgojo del cereal, un ciclo generacional no necesita más de 25 días cuando las condiciones son las ideales.

Refrigeración sin medidas de protección de tipo químico

Ya hoy en día los tratamientos químicos del cereal se hallan sujetos a severas disposiciones legales. Una fumigación origina grandes costos debido a las substancias químicas y a la prolijidad del procedimiento. Además tiene que tenerse en cuenta que a partir del 2005 en muchos países estará prohibido usar bromuro de metilo, que es la substancia que se utiliza normalmente para la fumigación.

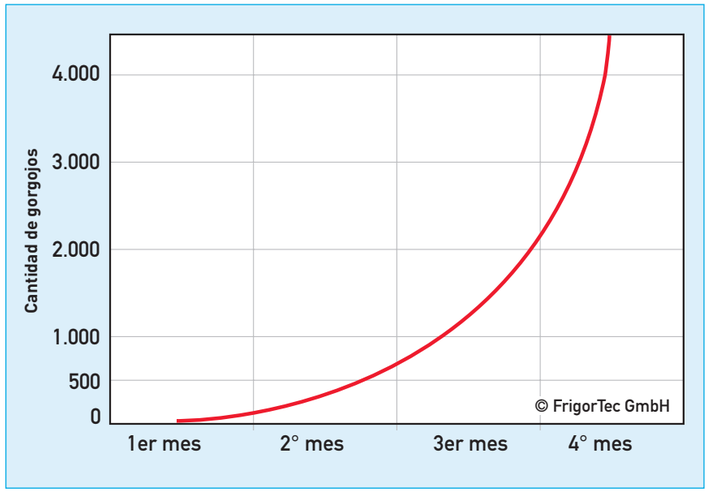
Evitar la formación de mohos

Según las condiciones atmosféricas y la alternancia de granos, una infestación fúngica de fusarias puede incidir de forma muy variable a nivel regional (ref. 4). Además de sufrir pérdidas económicas se corre el riesgo de que se lleguen a formar micotoxinas. Las micotoxinas son venenosas para los seres humanos y los animales. Los cerdos, por ejemplo, son muy sensibles al deoxyvalenol DON y al zearalenón ZEA. Las consecuencias suelen ser pérdida de apetito, crecimiento reducido o desarreglos en la fertilidad.

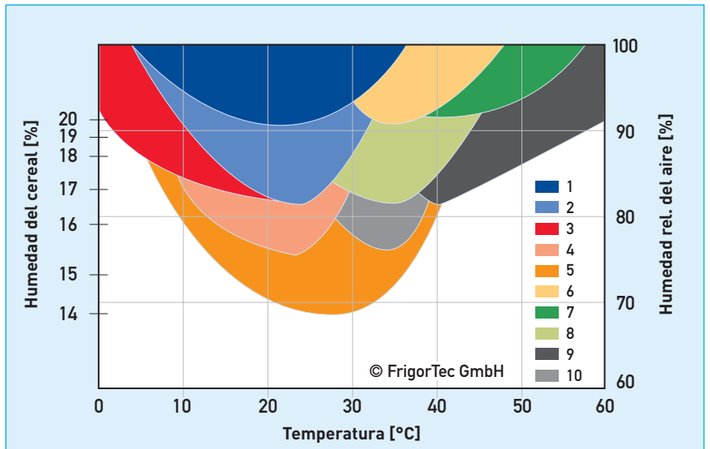
Entre otros factores, el calor fomenta el desarrollo de los hongos y de sus mico-toxinas (p.ej. la aflatoxina). Tal desarrollo se evita mediante la refrigeración del cereal con ayuda del GRANIFRIGOR™ (fig. 5).

Ahorro de costos de secado

El trigo recolectado húmedo suele secarse, de acuerdo a la utilización a que se destine, hasta que el contenido en humedad sea del 14 – 16 %. En Alemania se seca por lo general hasta un 15 % (ref. 6). Con este fin se calienta el aire circundante en una instalación de secado especial. Este aire caliente absorbe la humedad del cereal y la conduce al exterior. El grado de humedad deseado para el maíz, el arroz y las oleaginosas es menor que el del trigo.



4 Reproducción del gorgojo, en función del tiempo, bajo condiciones óptimas para su desarrollo (ref. 3)



5 Desarrollo de diversos organismos en función de la humedad y la temperatura (ref. 5)

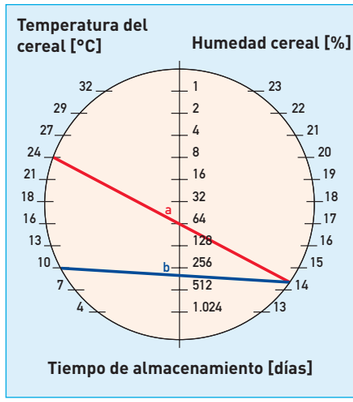
La conservación en frío reporta ahorro de costos en virtud de los tres factores siguientes:

- Cada proceso de enfriamiento conlleva un efecto adicional de secado. Ello reduce la humedad del cereal en 0,5 – 1,5 % por cada 20K de enfriamiento del grano almacenado. A mayor humedad del cereal (> 18 % de humedad) el efecto de secado adicional puede ser aun mayor, mientras que con cereal más seco (< 14 % de humedad) el efecto será menor.
- Una optimización apropiada del secado y la refrigeración permite acortar los tiempos de permanencia en el secador. Así se ahorra energía y se incrementa el rendimiento.
- Como el cereal se somete a menos energía, el secado es más suave para los granos. De este modo se producen menos fisuras por tensión.

Tabla 1: Tiempos de almacenamiento para cereal refrigerado en función de su humedad y la zona climática

Humedad [%] \ Zona climática	Templada* [Meses]	Tropical** [Meses]
12 – 15	8 – 12	6 – 8
15 – 17	6 – 10	3 – 5
17 – 19	4 – 6	1 – 2
19 – 21	1 – 4	0,5 – 1

* Primera refrigeración a 10 °C, para Europa
** Primera refrigeración a 15 °C, p.ej. para Latinoamérica o Asia



El „reloj" de control indica que un descenso de temperatura de 24 °C a 10 °C, en un cereal con un 14,5 % de humedad, quintuplica prácticamente el tiempo durante el que es posible almacenar el grano (pos. a y b).

Para leer los valores que corresponden a otras condiciones de almacenaje basta con trazar una línea entre la humedad del cereal y su temperatura actual. La intersección de la línea con la coordenada vertical del reloj de control nos dará el tiempo de almacenaje posible para el cereal. Una segunda intersección nos indicará cuánto se alarga el tiempo de almacenaje para la humedad dada cuando se hace bajar la temperatura.

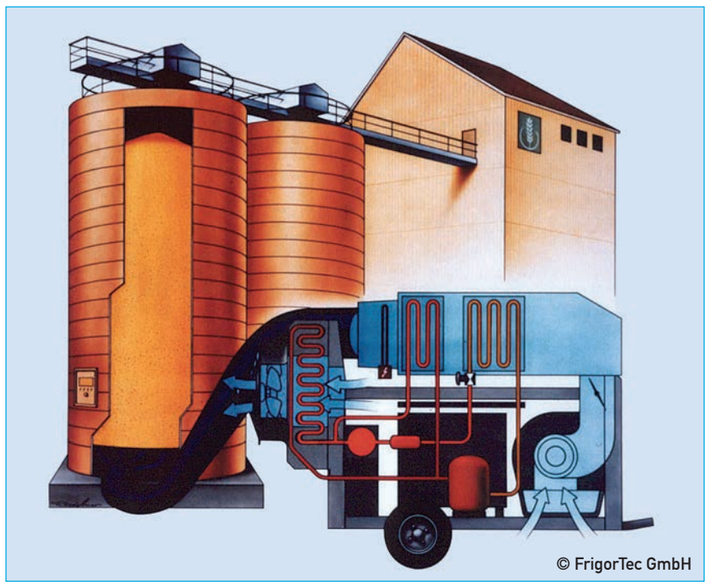
En todo caso, tiene que notarse que estos datos son sólo valores orientativos. La temperatura del cereal almacenado se tiene que medir regularmente y se debe volver a enfriar, cuando sea necesario.

© FrigorTec GmbH

6 „Reloj" de control de almacenamiento para cereal

Tabla 2: Energía requerida cuando el cereal y las oleaginosas se refrigeran una única vez

Promedio de temp. [°C]	10	15
Région	Europa	latinoamérica/Asia
Zona climática	Zona templada	Tropical
Consumo de corriente en kWh/t	2–4	6–8



7 Principio de funcionamiento del enfriador de granos GRANIFRIGOR™

Sin pérdidas por movimientos del grano almacenado

En el almacenamiento corriente sin refrigeración, a menudo tiene que moverse el cereal almacenado. El mezclado y el intensivo contacto con el aire que ello origina pretenden eliminar zonas de acumulación de calor. A tal objeto se precisa siempre un espacio (silo) que queda sin ocupar y además cada vez que se mueve el grano se ocasionan pérdidas por fricción del orden del 0,03 % del volumen total. A esto se suma el consumo de energía para los mecanismos transportadores, que puede cifrarse entre 1 y 3kWh por tonelada de cereal. El cereal refrigerado con GRANIFRIGOR™ no precisa ser movido.

El cereal refrigerado se mantiene frío por mucho tiempo

Una masa de granos en reposo absorbe energía en forma muy lenta. Ello se debe al efecto aislante del aire en los huecos entre grano y grano y a la pequeña superficie de contacto de los granos. Ésta es asimismo la razón de que el cereal caliente se mantenga caliente durante mucho tiempo aunque la temperatura exterior sea baja. Por el contrario, este mismo efecto hace que el cereal refrigerado se mantenga frío por mucho tiempo. En la tabla 1 se relacionan los tiempos de almacenamiento para cereal refrigerado en función de su humedad. En la fig. 6 se ilustra el cálculo de los tiempos de almacenaje.

Costes energéticos de la conservación en frío

En cualquier caso, las numerosas ventajas de la conservación en frío implican a su vez ciertos costes. A la inversión efectuada para la compra de un equipo refrigerador se suma la corriente eléctrica que consume el grupo motriz. El consumo de energía dependerá de la temperatura exterior, la humedad del aire circundante, la humedad del cereal y su temperatura.

La tabla 2 muestra valores empíricos para la energía requerida cuando el cereal y las oleaginosas se refrigeran una única vez.

El proceso

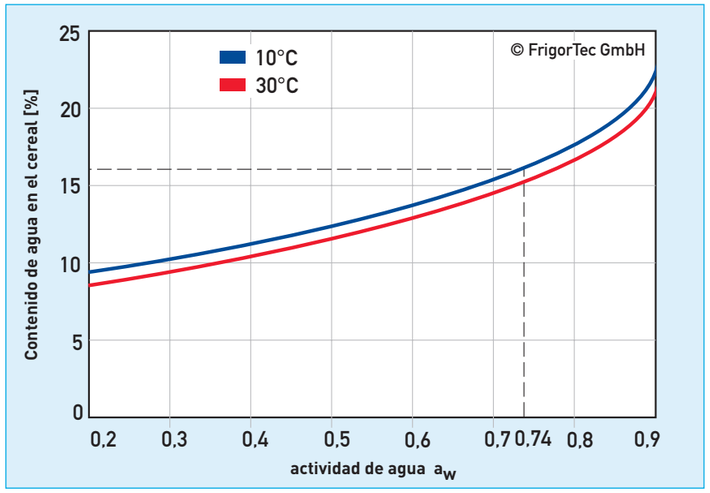
El ventilador de un enfriador de granos GRANIFRIGOR™ aspira aire del ambiente (fig. 7). Un enfriador del aire – el evaporador – enfría el aire a la temperatura deseada, al tiempo que le extrae la humedad. El agua se separa por sedimentación. La unidad HYGROTHERM™ que viene después calienta el aire frío y húmedo. De esta forma se reduce la humedad relativa. La unidad HYGROTHERM™ toma del circuito de enfriamiento la energía que precisa para el calentamiento, de modo que no se generan más gastos por consumo de energía. El aire seco y frío pasa por una manguera a la distribución de aire del silo y es impulsado a través del cereal. El procedimiento se puede emplear tanto en un almacenamiento plano como en un silo de torre. El aire de salida escapa al exterior a través de aberturas, disipando al ambiente el calor y la humedad absorbidos.

Peligros en la ventilación con aire exterior no acondicionado

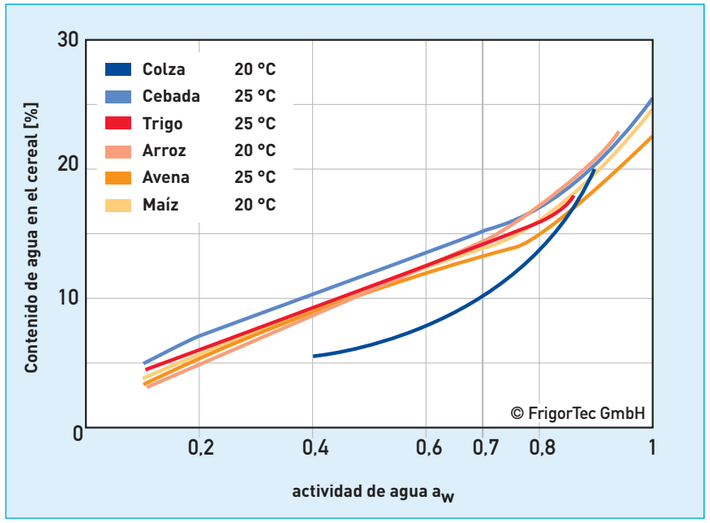
Entre el contenido de agua del grano y la humedad relativa del aire circundante se produce un estado de equilibrio que depende de la temperatura. Esta interdependencia se describe con las isotermas de sorción. Los granos de cereal son higroscópicos. Si se aporta aire húmedo al grano seco, se produce su humidificación. El grano se pudre. Es por ello que la ventilación con aire no acondicionado previamente sólo se permite bajo determinadas condiciones atmosféricas. El GRANIFRIGOR™ puede aplicarse con independencia de las condiciones meteorológicas. Se puede emplear sin correr ningún riesgo de humidificación incluso en caso de lluvia o niebla.

Equilibrio de humedad entre el cereal y el aire

En la figura 8 se muestran las isotermas de sorción del trigo para diferentes temperaturas del grano. El ejemplo de la gráfica muestra que para un contenido de humedad en el grano del 16% la humedad relativa del aire entre los granos es de aprox. un a_W 0,74. Si en esta situación se introdujera aire con mayor grado de humedad, ello provocaría humidificación. Esto haría que el grano almacenado se pudriese. La humidificación sería especialmente grave si además la temperatura del aire fuese mayor que la temperatura del cereal.



8 Isotermas de sorción del trigo para diferentes temperaturas del grano



9 Isotermas de sorción de diversas especies de cereal y colza

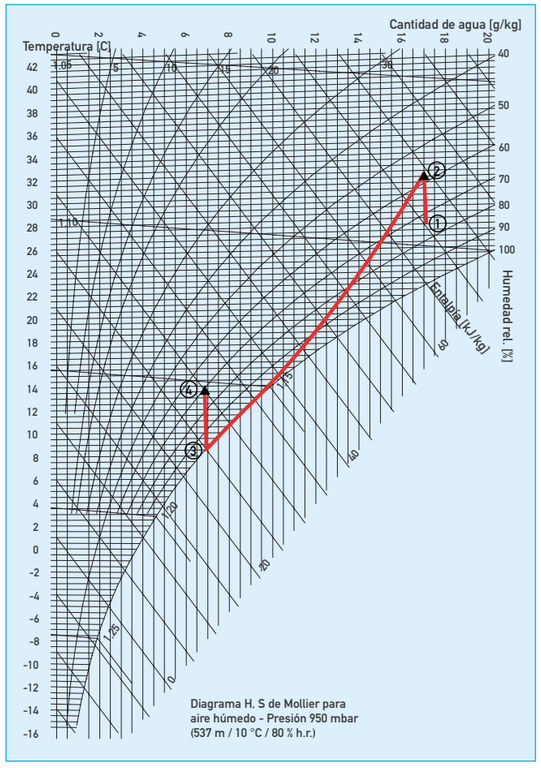
Por tanto:
¡Nunca permita que llegue aire húmedo al cereal seco!

¡Nunca permita que llegue aire caliente al cereal frío!

Esto se aplica de igual forma a todos los tipos de cereal. La figura 9 muestra las isotermas de sorción de diversas especies de cereal.

Refrigeración y deshumidificación del aire con el GRANIFRIGOR™

El proceso de refrigeración del aire se ilustra esquemáticamente en el diagrama H-S de Mollier (fig. 10). El ventilador del enfriador de granos GRANIFRIGOR™ aspira aire del entorno (fig. 10, punto 1). El ventilador calienta el aire aspirado (fig. 10, punto 2). Este aire es enfriado en el evaporador hasta la temperatura deseada (fig. 10, punto 3), al tiempo que le extrae la humedad. Se separa el agua.



10 Principio de la refrigeración de granos en base al diagrama H, S de Mollier (ref. 7)

Tabla 3: Criterios para las consideraciones de la rentabilidad de un GRANIFRIGOR™

Criterio en la refrigeración	convencional	Ventajas gracias a GRANIFRIGOR™
Pérdida de masa seca (según Jouin)	alta	baja
Inversión unidad de frío	–	Amortización
Insumo de energía para la refrigeración (valores promedio)	–	3 – 5 kWh/t (8 – 10 kWh/t en el trópico)
Insumo de energía en el secado	alto	bajo por el aprovechamiento del efecto secador
Reacomodamiento/circulación	Pérdida del 0,03 %	no
Insumo de energía en el	si	no
tratamiento químico	según sea necesario	no
Fisuras de tensión en el grano	Rebaja de calidad	no
Calidad/frescura de cosecha	Rebaja de precio	sin rebaja
Oxidación en oleaginosas (Soja, sésamo, maíz, colza)	Rebaja de precio	sin rebaja
Capacidad germinativa en semillas/cebada de cerveza	reducida	alta
Rendimiento de arroz (granos enteros)	bajo	alto
Amarilleo del arroz	Rebaja de calidad	no

Aunque el contenido absoluto en agua disminuye, la humedad relativa asciende hasta casi el 100 %.

Para enfriar el cereal, la unidad HYGROTHERM™ que viene a continuación vuelve a calentar el aire frío y húmedo (fig. 10, punto 4), con el fin de que descienda la humedad relativa de forma tal que en el grano almacenado no se produzca ninguna humidificación.

Para este nuevo calentamiento se aprovecha la energía proveniente del proceso de refrigeración, con lo que no hay costes adicionales de energía.

Temperatura de almacenamiento óptima

La refrigeración del cereal debe llevarse a cabo inmediatamente después de su ensilado a una temperatura por debajo de los 13 °C. Debido a la refrigeración los insectos caen en un estado de hibernación. No se desarrollan ni se reproducen. Así pues no pueden producir ningún daño. Mediante la reducción de la temperatura de almacenamiento también se evita eficazmente el desarrollo de los hongos.

Altísimas cotas de rentabilidad mediante el GRANIFRIGOR™

Con el empleo de la refrigeración de cereales GRANIFRIGOR™ se minimizan las pérdidas de masa seca y se combate el deterioro de la calidad del grano debido a los insectos y a la proliferación de hongos. Se mantiene intacta la calidad del cereal. Con el GRANIFRIGOR™ se reduce la cantidad de energía requerida para el secado, así como el tiempo de ocupación del secador. Además no se generan costes por medidas de protección con substancias químicas. Al efectuar un análisis estricto de la rentabilidad, en casi todos los casos se obtiene un tiempo de amortización entre 1 y 2 años. La inversión en un GRANIFRIGOR™ rinde por tanto económicamente. Los criterios relevantes para un examen de la rentabilidad se exponen conjuntamente en la tabla 3.

Ámbito de aplicación

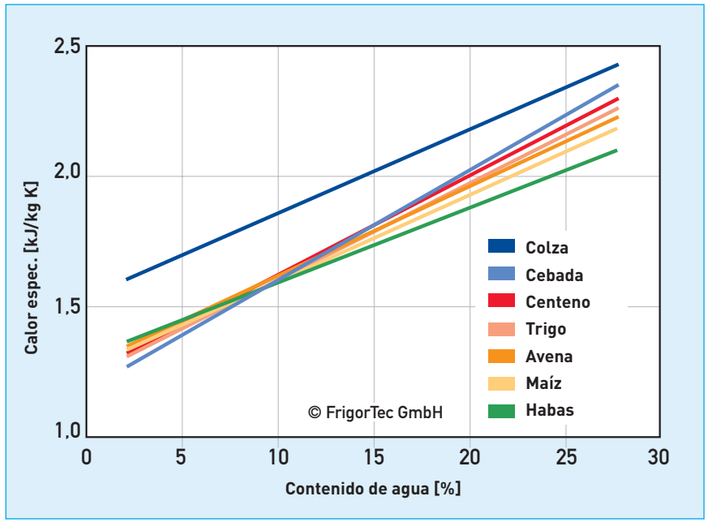
La conservación en frío puede aplicarse tanto en un silo torre como en una nave plana. Lo importante es que la distribución del aire se ejecute competentemente. Con el GRANIFRIGOR™ es posible refrigerar todo tipo de productos agrícolas a granel, como son p.ej. trigo, cebada para cerveza, colza, maíz, arroz, arroz paddy, granos de soja, semillas de girasol, granos de cacahuete (maní), semillas de algodón, sorgo, sésamo, semillas de lino, leguminosas, patatas, semillas de hierba, granos de cacao y de café, frutos secos con cáscara, centeno, escanda y muchos más.

Aplicaciones de la conservación en frío

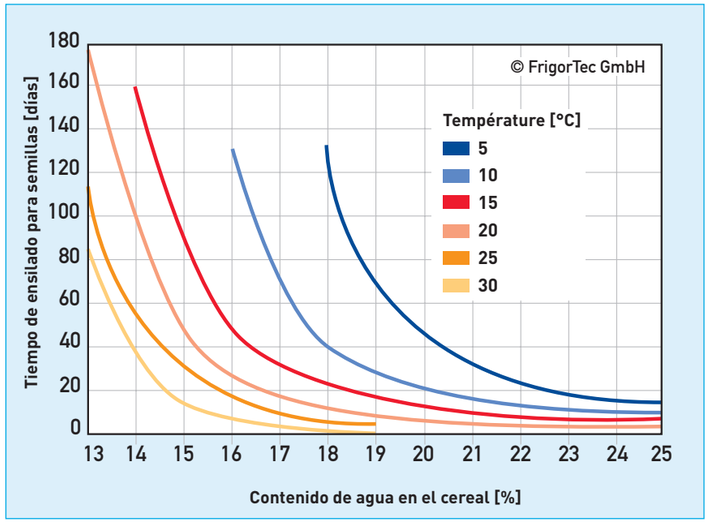
Como la variedad de productos agrícolas es inmensa, aquí describiremos brevemente las aplicaciones más importantes.

Arroz/arroz con cáscara (arroz paddy)

El arroz es el alimento más importante para millones de personas. En todo el mundo se conocen 8.000 tipos de arroz biológicamente diferentes (ref. 8). Se clasifican en "long", "medium" y "short". La característica común a todos ellos es que se trata de un producto sensible. El arroz debería secarse con especial cuidado, preferentemente en varias etapas. Si los ciclos de secado se combinan con la refrigeración, puede ahorrarse una pasada de secado, pudiendo a menudo llegar a ahorrarse hasta tres pasadas (ref. 9). Además de las ventajas conocidas y las aquí descritas, la conservación en frío del arroz y el "paddy" aporta otras ventajas. Varios estudios realizados en América Central y en Asia revelaron que el arroz refrigerado apenas presentaba amarilleo (ref. 10). Los granos de arroz/paddy refrigerados se rompen menos. Con la conservación en frío se obtiene aproximadamente un 3% más de granos enteros (head rice) que sin conservación en frío. En el ensilado convencional, tras cierto tiempo el arroz huele a humedad. No es éste el caso cuando el arroz se conserva en frío. Todas estas ventajas son un argumento muy importante de cara a la preservación de la calidad y por ende de cara al precio obtenible por el producto.



11 Generación de calor en el ensilado de colza



12 Tiempo de ensilado admisible para cereal de siembra según Agena (ref. 13)

Semillas de colza (colza)

El ensilado de la colza es de por sí complicado (ref. 11), incluso con bajos contenidos de humedad (aprox. 9%). En la colza recolectada suele haber muchos trozos de vainas y de tallos, así como semillas de diversas hierbas. Durante la trilla puede producirse una ligera humidificación de los granos de colza debido al contacto con partes húmedas de la planta. Durante la recolección se produce frecuentemente también una contaminación con microorganismos. Suelen ser suficientes las horas de una noche para que se calienten de forma notable partidas enteras y para que sea perceptible el olor a moho que se deriva de la actividad microbiana. En este medio los hongos encuentran condiciones ideales para su crecimiento. Por esta razón, la colza se suele limpiar previamente lo mejor posible. No obstante no puede evitarse por completo la formación de hongos, por lo que la colza debería enfriarse a 10°C. Ello reduce drásticamente las germinaciones de los hongos. Durante el ensilado la colza debe mantener su cualidad oleaginosa. Al aumentar la humedad y la temperatura de ensilado, los aceites se disocian y forman ácidos grasos libres. El agua y el calor resultantes de la reacción deben eliminarse sin dilación. De ello se deduce que será necesario supervisar y refrigerar la colza almacenada. La concentración de colza ensilada es p.ej. mayor que la del trigo, debido a que los granos son de menor tamaño. Esto ocasiona que con la colza a granel, en comparación con otros cereales, el aire impulsado tenga que vencer una mayor pérdida de presión. Este hecho debe ser tenido en cuenta al proyectar el enfriador.

Debido a su mayor contenido en lípidos (grasas), la colza puede absorber menos agua que otros cereales (ref. 12). En la colza la pérdida de substancia seca a causa de la respiración es sólo un 70% de las pérdidas de cereal. Sin embargo se genera un 33% más de calor.

En la fig. 11 puede verse que en la colza se va a dar siempre un autocalentamiento. El calor específico generado es mayor que en las demás especies de cereal. Por esta razón, la temperatura de almacenamiento de la colza debería quedar claramente por debajo de los 15°C.

Si la colza tiene una alta concentración de ácidos grasos libres (normalmente suele ser del 1%) se presentan problemas en la separación de la colza. Se crearán ácidos grasos libres si la colza se almacena caliente.

Oleaginosas

El contenido en aceite y grasa presente en las semillas de girasol, los cacahuetes (maní), las semillas de algodón, los granos de soja, las semillas de colza, maíz, etc. hace que se genere aun más calor como resultado del proceso de oxidación. Esto se traduce en un notable empeoramiento de calidad y en que los granos ensilados se peguen unos a otros. Además el incremento de los ácidos grasos libres redunda a su vez en pérdidas de calidad y de peso. En comparación con el ensilado convencional, la conservación en frío permite almacenar el grano con un 1–3% más de humedad.

Semillas/Cebada de cerveza

En el caso de las semillas y la cebada para cerveza, es primordial que mantengan su calidad germinativa. El cereal de siembra refrigerado, incluso con un contenido en humedad entre el 15 y el 16%, posee una cantidad considerablemente mayor de germen que las semillas muy secas ensiladas sin refrigeración.

La figura 12 ilustra el tiempo de ensilado admisible para el cereal de siembra en función de la humedad y la temperatura. La gráfica toma como base la capacidad germinativa originaria, siendo por tanto de relevancia tanto para el cereal de siembra como para la cebada de cerveza. Si la cebada y las semillas se refrigeran a tiempo a una temperatura que los salvaguarde a unos 10–12°C, se podrán almacenar durante mucho más tiempo y luego se acortará el reposo del germen.

Maíz

El maíz en grano tiende a calentarse rápidamente a causa de su alto contenido en grasa y aceite. Esto afecta también al maíz que por razones de seguridad se haya secado hasta un contenido en agua entre el 12 y el 13%. Esta forma habitual de proceder (que requiere gran cantidad de energía y genera altos costos, causando empeoramientos en la calidad y pérdidas de peso) deja de ser necesaria en caso de refrigerar el maíz. Los estudios realizados por la universidad de Hohenheim (Alemania) y la Michigan State University (USA) demostraron que en el secado del maíz en grano las mayores pérdidas de calidad se producían con un porcentaje de humedad por debajo del 17% (ref. 14). Estos problemas pueden evitarse de forma eficaz mediante la conservación en frío.

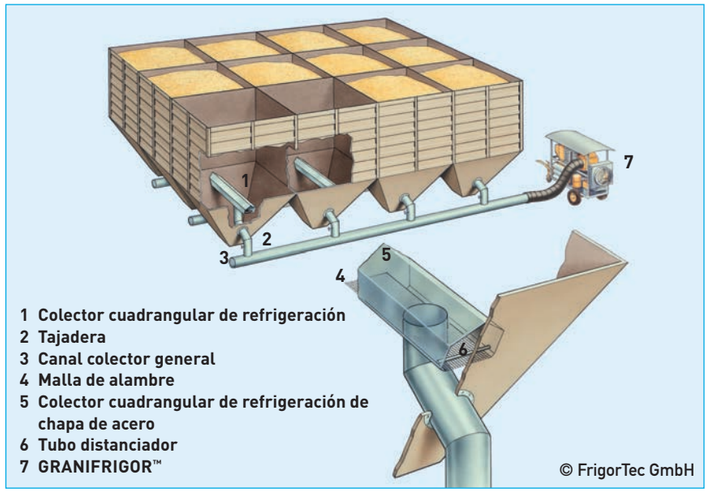
Pellets

Los pellets se enfrían en enfriadores de pellets con aire exterior sin acondicionar. Particularmente los pellets de gran diámetro no llegan a enfriarse hasta su centro. Se producen fisuras por tensión, que provocan un alto desprendimiento de harina del pienso y un gran número de pellets rotos, lo que implica un empeoramiento en la calidad. Con el GRANIFRIGOR™ los pellets ensilados se enfrían homogéneamente hasta su centro. Los pellets se endurecen mucho y se producen pocas roturas. Esto les confiere excelentes propiedades de fluidez de cara a su desensilado.

Distribución del aire

Refrigeración en compartimentos de silos

En la refrigeración de productos a granel, es esencial distribuir bien el aire. En los silos con base plana los mejores resultados se obtienen con una solera perforada. En los silos con tolva cónica se usan colectores cuadrangulares de refrigeración construidos en chapa de acero plegada. En su parte inferior los colectores cuadrangulares están abiertos y dotados de una malla de alambre. Esto evita que se levanten remolinos de granos. El aire frío circula del GRANIFRIGOR™ al colector cuadrangular de refrigeración a través de una tubería. El aire frío llega hasta los granos a través de la abertura inferior que mira hacia abajo (fig. 13).



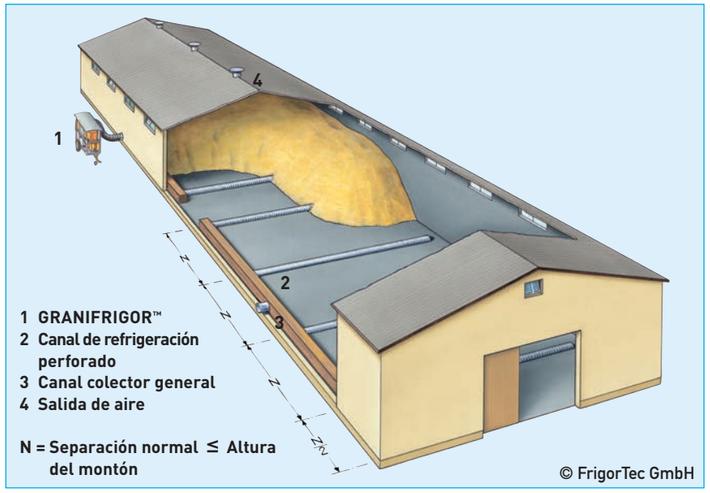
1 Colector cuadrangular de refrigeración
2 Tajadera
3 Canal colector general
4 Malla de alambre
5 Colector cuadrangular de refrigeración de chapa de acero
6 Tubo distanciador
7 GRANIFRIGOR™

© FrigorTec GmbH

13 Tendido de colectores cuadrangulares de refrigeración en un silo con forma de panal

Gracias a la resistencia al paso del aire que presentan los granos, el aire frío circula por toda la sección transversal del material ensilado, atravesándolo hacia arriba. Para que el aire caliente pueda escapar al exterior, debe haber suficientes aberturas en el techo del silo. En otoño es posible que se produzcan condensaciones debido a las condiciones meteorológicas. Para impedir las condensaciones puede aislarse el techo del silo o bien instalar un ventilador de extracción. Por lo general la solución más acertada suele ser el ventilador de extracción. El ventilador debe poder impulsar un gran caudal de aire a poca presión.

En instalaciones de silos grandes deben tenerse en cuenta las pérdidas de carga en la presión que tienen lugar en el cereal que atraviesa el aire y que son resultado de la altura de los silos o el grano amontonado. Deben dimensionarse consecuentemente el ventilador del refrigerador y su ámbito de utilización. Tiene que considerarse que p.ej. la colza ocasiona una pérdida de presión en el aire circulante que puede ser el triple o el cuádruple.



1 GRANIFRIGOR™
2 Canal de refrigeración perforado
3 Canal colector general
4 Salida de aire

N = Separación normal ≤ Altura del montón

© FrigorTec GmbH

14 Principio de distribución de aire en un almacén plano

Refrigeración en almacenes planos/naves

En los almacenes planos lo más habitual es que que se tiendan en el suelo tubos de refrigeración de forma semicircular de chapa de acero perforada. Cuando los canales van por el subterráneo, están tapados con planchas perforadas de chapa. En tal caso es importante que puedan limpiarse fácilmente y que haya el menor número posibles de huecos y bordes con suciedad. La ventaja del tendido subterráneo es que permite conducir vehículos en la nave, lo cual constituye una gran ventaja a la hora de sacar el material. Los ramales de los canales van a parar a un canal colector general, dentro o fuera del edificio, o bien se conducen al exterior por separado. De ser posible, debe evitarse tender tuberías de aire de gran longitud y deben aislarse para impedir que absorban calor ambiental. La separación de los canales de refrigeración tiene que ser igual o inferior a la máxima altura del material amontonado. La distancia de los canales a la pared debería equivaler, como máximo, a la mitad de la altura del material amontonado. Si el montón de cereal presenta un cono de apilado, éste puede compensarse bien mediante una perforación diferenciada de los canales de aire o bien cubriendo la superficie del montón de granos. De lo contrario, el aire frío circularía por donde encontrase la menor resistencia al paso y la punta del cono de apilado quedaría sin refrigerar. Lo ideal es evitar que se forme un cono de apilado, repartiendo convenientemente el producto almacenado.

Resumiendo, un GRANIFRIGOR™ ofrece numerosas ventajas que deben ser tenidas en cuenta al considerar la rentabilidad:

- Almacenamiento duradero sin riesgos ni pérdidas de calidad
- Protección contra reproducción y daños por insectos
- Protección contra hongos y sus micotoxinas
- Se evitan tratamientos químicos caros y antiecológicos
- Minimización de pérdidas por respiración
- No se requieren movimientos de reacomodamiento
- Costes de secado más bajos
- Se mantiene la frescura de la cosecha
- Se salvaguarda la capacidad germinativa
- Se evita el amarilleo del arroz
- Se obtiene un número mayor de granos enteros de arroz
- No se dan fisuras por tensión
- No se produce oxidación en las oleaginosas
- La refrigeración puede aplicarse con independencia de las condiciones atmosféricas

Referencias bibliográficas

1 Brunner H (1989) Getreidepflege durch Kühlkonservierung, Technische Rundschau Sulzer, número 4, Gebrüder Sulzer AG Winterthur, Suiza

2 Jouin C (1964) Grundlegende Kalkulationen für die Belüftung des Getreides, Getreide und Mehl, volumen 14, número 6, anexo a la revista „Die Mühle", editorial Moritz Schäfer, Detmold

3 Kolb RE (2001) Kühle Getreidelagerung, Mühle + Mischfutter, número 17, editorial Moritz Schäfer, Detmold

4 Anonymus (2002) Gefahr erhöhter Mykotoxinbildung im Getreide, Mühle + Mischfutter, número 19, editorial Moritz Schäfer, Detmold

5 Lacey J, Hill ST, Edwards MA (1980) Microorganisms in stored grains; their enumeration and significance, Tropish stored product information 39

6 Getreide Jahrbuch 2002/2003, editorial Moritz Schäfer, Detmold

7 Mollier R (1923/1929) Das i, x-Diagramm für Dampfluftgemische, Zeitschrift VDI, 67

8 Kunde K-H (1987) Reis – seine Bedeutung und Bearbeitung, Die Mühle + Mischfuttertechnik, año 124, número 32/33, editorial Moritz Schäfer, Detmold

9 Barth F (1995) Cold storage of Paddy – the solution to your storage problems, World Grain, July 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA

10 Vasilenko E, Sosedov N et al. (1976) Die Gelbfärbung von Reis, Übersetzung der russischen Mukomol'no erschienen in Die Mühle + Mischfuttertechnik, año 113, número 17, editorial Moritz Schäfer, Detmold

11 Eimer M (1998) Konservierung und Lagerung von Raps, Raps, año 16, número 7, editorial Th. Mann, Gelsenkirchen

12 Humpisch G (2002) Gesunderhaltung von Rapssaat, Raps, año 20, número 3, editorial Th. Mann, Gelsenkirchen

13 Agena MU (1961) Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten, Dissertation Universität Bonn

14 Bakker-Arkema FW, Maier DE, Mühlbauer W, Brunner H (1990) Grain-chilling in the U.S.A. to maintain grain-quality, World Grain, January 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA

Modelos GRANIFRIGOR™ - Refrigeradores de Grano

GC 40 Europe

GC 60 Tropic / 80 Europe

GC 140 / 180 Europe

GC 220 Tropic / 240 Europe / 240 Subtropic

GC 310 Tropic / 320 Europe / 320 Subtropic

GC 460 Tropic / 500 Europe / 560 Tropic

GC 650 Tropic / 650 Desert / 700 Europe

GC 1000 Tropic / Desert

© FrigorTec GmbH

SERVICIO (24/7)

Nuestro servicio se encarga del mantenimiento de los equipos y asegura el abastecimiento de repuestos en todo el mundo.
service@frigortec.com

Refrigeradores de grano de GRANIFRIGOR™

Aire acondicionado para grúas CRANEFRIGOR™

Enfriadores estándar STANDARDFRIGOR

FrigorTec SERVICIOS

Desinsectación por calor DEBUGGER

Henificación AGRIFRIGOR™

Distribuidor:

FRIGOR TEC
Cooling to the point

FrigorTec GmbH • Hummelau 1
88279 Amtzell/Germany
Tel.: +497520/91482-0
Fax: +497520/91482-22
info@frigortec.de
www.frigortec.com

Aufsatz 01-22 – spanisch © FrigorTec GmbH