

**PROCESO DE LA INDUSTRIA
ALIMENTICIA
PARTE III**

DESHIDRATACION Y DESECADO



SECADO >>>>

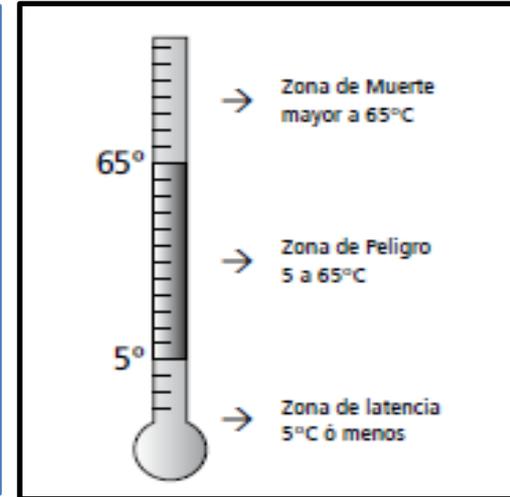


FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE MICROORGANISMOS

TEMPERATURA

A 65°C o más, las bacterias comienzan a morir, y por debajo de 5°C (refrigeración) su crecimiento es más lento. Por debajo de 0°C (congelación) quedan en estado latente (no se desarrollan o lo hacen muy lentamente).

Se exceptúa de este efecto del calor a las esporas (ya que resisten temperaturas por encima de 100°C., del mismo modo que a los parásitos en carnes).



ALTO RIESGO, (humedad) : La falta de humedad dificulta el desarrollo de los microorganismos. Los alimentos deshidratados o al vacío, entre otros, son ejemplos de productos que se pueden guardar por un tiempo más prolongado.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Ácido

↓
Neutro

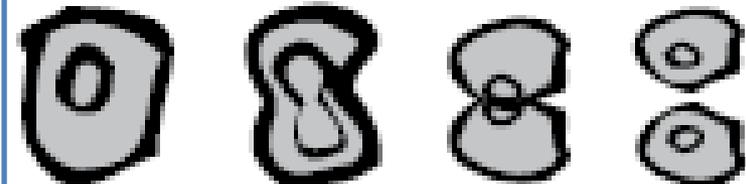
Alcalino

↓
Más vulnerable
al deterioro

ACIDEZ : La mayoría de las bacterias patógenas, crecen mejor en productos poco ácidos (pH próximos a la neutralidad o alcalinos, por arriba de pH 7), por eso estos alimentos son muy susceptibles de contaminación. El valor medio es 7, que es el pH neutro.

TIEMPO

Las bacterias se duplican cada 10 - 20 minutos, de esta forma



LA DESHIDRATACIÓN O EL DESECADO es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de alimentos a través de la historia.

Muy antiguamente, se secaban al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, mediante prueba y error, para tener alimentos en épocas de escasez.

Comercialmente esta técnica, que convierte alimentos frescos en des-hidratados, añade valor agregado a la materia prima utilizada, bajan los costos de transporte, distribución y almacenaje por la reducción de peso y volumen del producto que produce.

Asimismo, la deshidratación es el método más barato y especialmente apto para comunidades que no posean otras posibilidades de conservación.

En principio y a pesar de que luego indistintamente se utilizará el término deshidratación o secado o desecado, una definición aceptada es:

- ✓ Deshidratación: Comprende la eliminación de agua mediante el tratamiento del producto por calor artificial (aire previamente calentado, superficies calientes, etc.).
- ✓ Secado o desecado: Comprende la eliminación de agua mediante el tratamiento del producto en condiciones ambientales (sol, viento, etc.).

Este, al igual que todos los métodos, debe tratarse de tal modo que la pérdida de calidad sea la mínima posible. Esto exige, entre otros, que la **rehidratación** del producto seco conduzca a productos lo más parecidos posible a los frescos que le dieron origen.

Para llegar a productos de buena calidad hay que optimizar los procesos. El diseño del proceso debe considerar el efecto de los fenómenos de transferencia de calor y materia sobre la estructura del tejido alimentario.

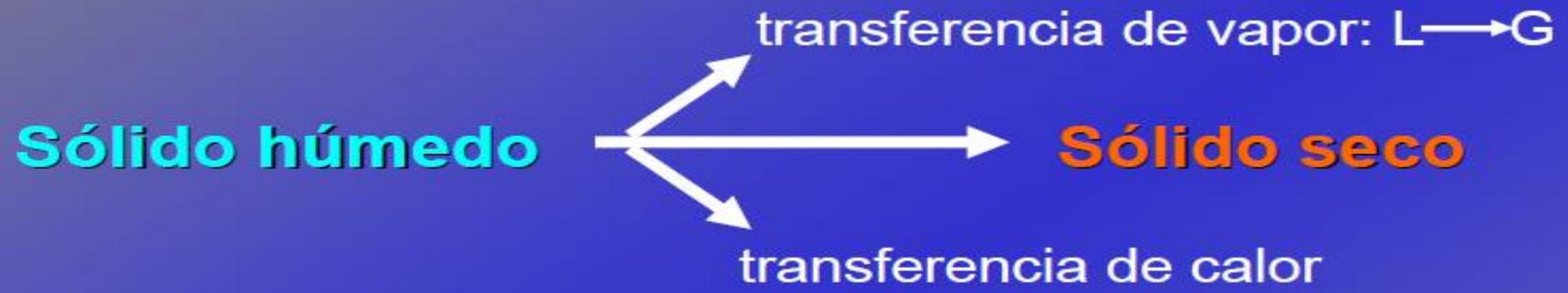
ELIMINAR LA HUMEDAD CONTENIDA EN MATERIALES SÓLIDOS

OBJETIVOS:

Conseguir un producto en condiciones óptimas de estabilidad, y/o mejorar sus propiedades de fluidez.

EVAPORACIÓN ≠ DESECACIÓN e implica conocer:

- Métodos de eliminación.
- Cantidades de líquido a eliminar.



Otros datos importantes:

1. Humedad del aire.
2. Comportamiento del sólido.

$P_v \text{ sól.} > P_v \text{ atm.}$
 $P_v \text{ sól.} < P_v \text{ atm.}$
 $P_v \text{ sól.} = P_v \text{ atm.}$

evaporación y secado del sólido
el sólido adquiere humedad
condiciones de equilibrio

Como todo método de conservación, este posee ventajas y desventajas.

Ventajas más relevantes:

- Muy útil y relativamente fácil de llevar a cabo a cualquier nivel. Particularmente apto para poblaciones de bajos recursos, y a pequeña escala requiere inversiones mínimas.
- Vida útil muy prolongada, si se seca a niveles de humedad residual adecuados.
- Reducción muy importante de peso y volumen. Mínimos costos de almacenamiento, empacamiento y transporte.
- No requieren instalaciones especiales para su almacenamiento posterior.
- Productos compatibles con cualquier otro ingrediente deshidratado para elaboración de mezclas.

Desventajas más relevantes:

- Calidad relativamente baja en cuanto a contenido residual de nutrientes, textura, aroma, etc.
- Relativamente baja capacidad de rehidratación
- Alto costo de equipamiento para grandes producciones, y equipamiento muy específico para cada producto y proceso.

CONCEPTOS

❖ CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SÓLIDOS HUMEDECIDOS:

“Kg de humedad asociados a 1 kg de sólido sin humedad”

Ejemplo: Contenido de humedad de 0,4 indica que hay 0,4 kg de agua extraíble por kg de sólido seco.

❖ CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SÓLIDOS HUMEDECIDOS:

En función del tipo de agua puede ser:

- **AGUA LIBRE:** Existe como líquido y ejerce su presión de vapor completa, por lo que se puede extraer fácilmente por evaporación.
- **AGUA LIGADA:** Parte de la humedad que hay en un sólido y que está adsorbida sobre sus paredes o en su interior, por lo que no ejerce presión de vapor y no se elimina por evaporación completamente.

❖ HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (HR):

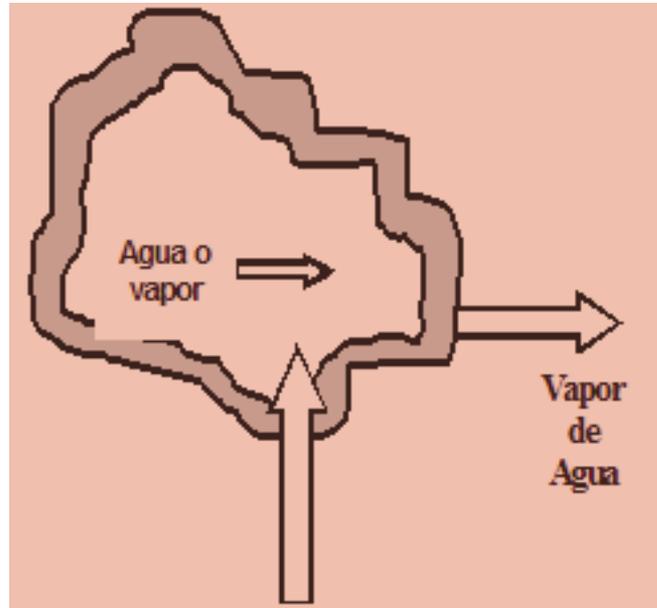
“Es la relación porcentual que existe entre Presión de vapor de agua en el aire y presión de vapor de agua en el aire saturado a la misma temperatura”.

Por lo tanto: depende no solo de la cantidad de humedad presente en el aire, sino también de su temperatura.

❖ CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL AIRE:

“Kg de agua por Kg de aire seco”.

Esquemáticamente el proceso de secado se puede representar como se indica en la Figura, se debe aportar calor, o aire seco, al producto y se debe evaporar agua.



La transferencia de calor y masa en alimentos depende de:

- ✓ **Factores externos:** Temperatura, presión, humedad y velocidad del medio de secado. Estos son bien conocidos y existen ecuaciones de relativo fácil uso para su manejo.
- ✓ **Factores internos:** estos son poco conocidos aún, debido a la complejidad generada en la posibilidad de transportar agua hacia la superficie del producto.

Su tratamiento matemático riguroso es muy complejo ya que se ponen en juego muchos mecanismos de transporte.

Durante la ocurrencia de los fenómenos de transferencia de calor y masa, también se manifiestan fenómenos de degradación.

La velocidad de secado depende de:

- La velocidad con que se aporta calor, que a su vez es función de la temperatura del medio de secado, la velocidad superficial del medio de secado y La resistencia del producto a la transferencia de calor.
- La velocidad de migración de agua y solutos en el interior del alimento.
- La velocidad de eliminación del vapor de agua en la superficie.
- La relación entre la cantidad de alimento y medio de calefacción.
- Las temperaturas máximas que admite el alimento.
- La velocidad de evolución de las reacciones de deterioro, como la pérdida de vitaminas por oxidación, etc..
- La tendencia a la formación de capas impermeables en la superficie del producto (costras).

PROCESOS BÁSICOS DEL SECADO:

Cuando se diseña un equipo de deshidratación para eliminar agua de un alimento de manera eficaz, deben tenerse en cuenta los diversos procesos y mecanismos que tienen lugar en el producto y en el equipo. Los procesos y mecanismos tienen particular importancia en frutas, hortalizas y hongos, en las que la eliminación de agua produce cambios en la estructura.

Actividad de agua: uno de los parámetros más importantes en el secado de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. La actividad de agua (A_w) es el factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos deshidratados.

La A_w es función de:

- ✓ Contenido de agua del alimento
- ✓ Temperatura
- ✓ Mecanismo: Si se elimina agua (desorción), o se incorpora agua (sorción).

ANTES DE SECAR HAY QUE TENER EN CUENTA:

- Sensibilidad al calor del material que se seca.
- Características físicas del material.
- Necesidad de asepsia.
- Naturaleza del líquido que se va a extraer.
- Escala de funcionamiento.
- Fuentes de calor disponibles.

Principios generales de un secado eficiente:

- 1. Gran superficie para transferir calor.**
- 2. Transferencia de calor eficaz por unidad de superficie.**
- 3. Transferencia eficaz de la masa de agua evaporada a través de capas limítrofes.**
- 4. Extracción eficaz del vapor, es decir aire con Humedad Relativa baja.**

MECANISMO DE DESECACIÓN:

- 1. TRANSFERENCIA DE CALOR**
- 2. TRANSFERENCIA DE MATERIA**
 - a) Difusión del agua interior a la superficie.**
 - b) Evaporación del agua de superficie a la masa de aire.**
 - c) Propagación del vapor de agua por en el interior de la masa.**

TEORÍA DEL SECADO

ESTADO
CAPILAR

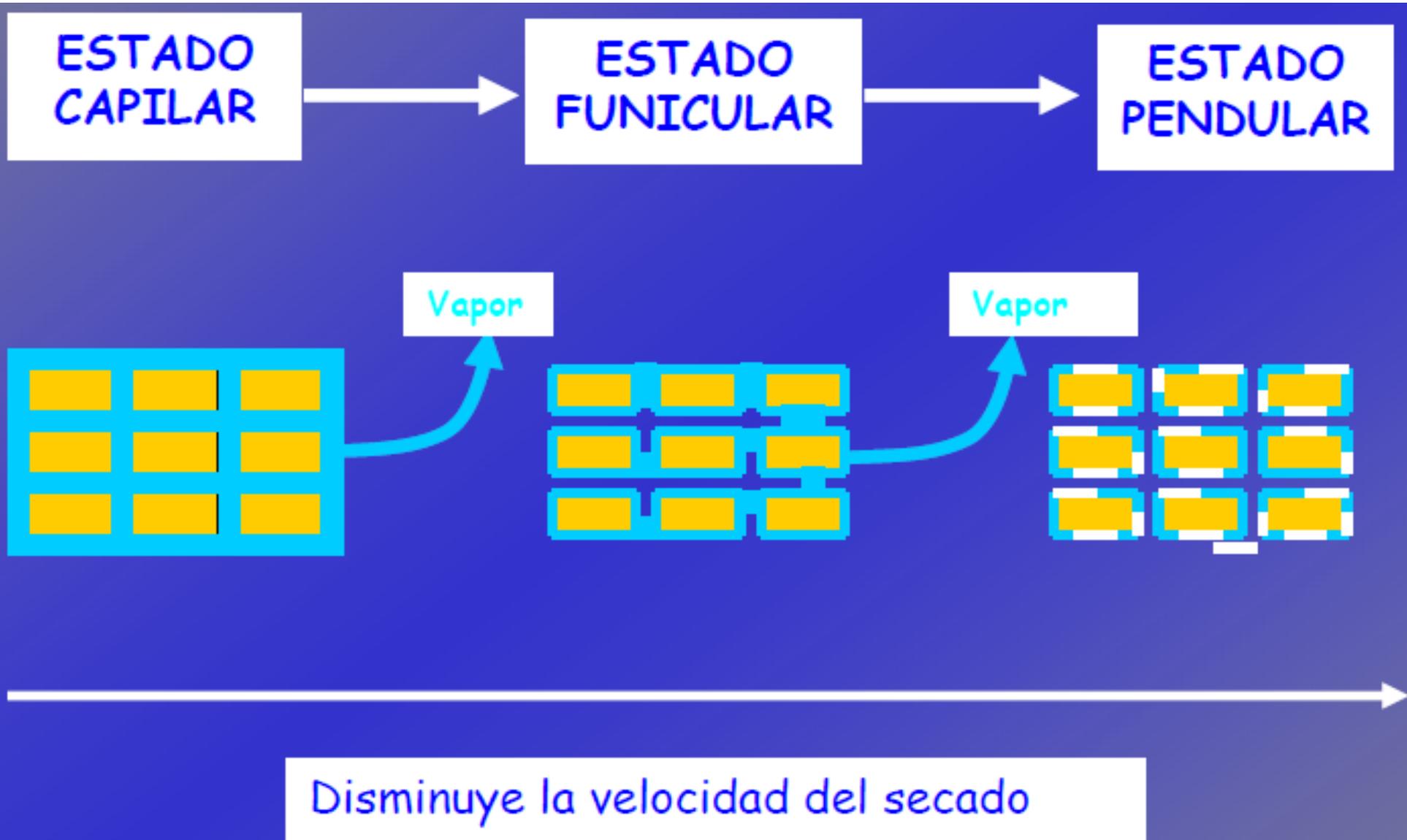
ESTADO
FUNICULAR

ESTADO
PENDULAR

Vapor

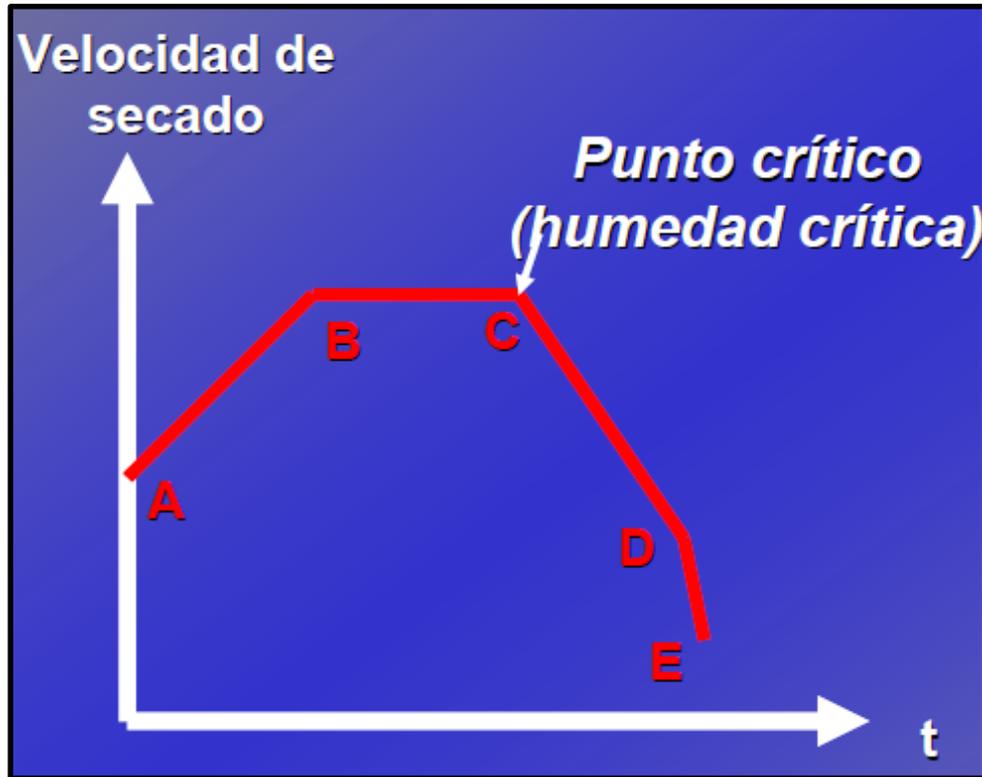
Vapor

Disminuye la velocidad del secado



CINÉTICA DEL SECADO:

Ensayos de velocidad de secado para determinar el tiempo óptimo de secado (T, P y Humedad ctes.).



(A, B): Período de inducción.

(B, C): Período ante-crítico
(velocidad constante).

(A, C): Pérdida de agua libre.

(C, D): Período post-crítico.

(D, E): Puede NO existir.

(C, E): Velocidad decreciente

Según el método de transferencia de calor se clasifican en:

- ✓ MÉTODOS CONVECTIVOS.
- ✓ MÉTODOS CONDUCTIVOS.
- ✓ MÉTODOS RADIANTES.

Para diseñar procesos de deshidratación o secado, es muy importante conocer las curvas de la actividad de agua (A_w).

Es aceptado que para que un producto deshidratado sea estable, es decir, las reacciones de degradación ocurren a muy baja velocidad y el desarrollo de microorganismos se ve impedido, el A_w debe ser de 0,6 o menor.

En el caso de las frutas con altos contenidos de azúcares el valor 0,6 se obtiene para valores de humedad de entre 25 y 30 %.

Mientras que en la mayoría de las hortalizas el contenido de humedad, para A_w 0,6, oscila entre 9 y 14 %.

Esto significa que también la composición del producto afecta el valor del A_w , por ende para cada fruta, cada hortaliza, cada semilla, cada hongo, cada producto en general, hay que conocer los valores de A_w para estimar la humedad residual necesaria para que el producto sea estable.

SIN EMBARGO SE PUEDE INDICAR QUE LA TEMPERATURA PARA EL SECADO NUNCA DEBE EXCEDER LOS 60 °C, YA QUE A TEMPERATURA MÁS ALTA COMIENZAN LOS PROCESOS DE COCCIÓN.

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA:

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad.

La fuerza impulsora para la difusión del agua desde los tejidos a la solución es la diferencia de actividad acuosa (presión osmótica) entre el alimento y la solución.

Los medios de deshidratación son generalmente soluciones acuosas concentradas de un azúcar o una sal o mezclas de diversos azúcares y/o sales. Asimismo, cuando no es deseable apreciar dulzor en el alimento, como en el caso de la mayoría de los vegetales, se emplean alcoholes de alto peso molecular para reemplazar los azúcares o la conjunción de sal y azúcar u otros edulcorantes para enmascarar a estos últimos.

Acompañando a la eliminación parcial de agua del alimento se produce la pérdida de algunos solutos solubles del mismo que son arrastrados por el agua y una ganancia de solutos por parte del alimento desde la solución.

Tanto la magnitud de este fenómeno como la pérdida de agua dependen de las características del **producto alimenticio**: forma, tamaño, estructura, composición y tratamiento previo (pelado, escaldado, tratamiento de la superficie); de la solución: tipos de solutos, concentración de los mismos y de las **condiciones de proceso**: temperatura, grado de agitación de la solución, presión de trabajo y relación masa de solución a masa de producto.

APLICACIONES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Gran parte de las frutas y hortalizas permiten el empleo de la deshidratación osmótica para su conservación ya que poseen una estructura celular que puede actuar como membrana semipermeable, principalmente aquellas que poseen un porcentaje de entre 5% y 18% de sólidos disueltos en su interior como ácidos, minerales, vitaminas, azúcares, etc.

La estructura de la membrana celular varía dependiendo de la fruta, aquellas que poseen membranas más porosas pueden eliminar mayor cantidad de agua y absorber más sólidos, lo cual puede beneficiar al proceso pero también podría afectar la textura de la fruta.

Por esto es necesario evaluar las variables de la operación según el tipo de fruta que se va a procesar. Existen varios estudios que demuestran la eficacia de la deshidratación osmótica en manzana, banana, piña, arándanos, pomelo, mango, guayaba, pera, kiwi, frutillas, higos y de vegetales como papa, tomate, cebolla y otros. En nuestro país se aplica industrialmente para la conservación de arándanos y otras frutas finas, ya sean frescas o congeladas, para la fabricación de pasas de arándanos y se proyecta su aplicación en otras frutas como manzana.

Es importante mencionar que en el deshidratado de frutas la solución osmótica puede reutilizarse o servir como materia prima en la fabricación de jugos de frutas o de otras formulaciones.

Esto se debe a que estas soluciones son ricas en azúcares y otros solutos provenientes de las frutas, siendo por esto un subproducto de alto valor agregado que puede generar un beneficio económico extra si se lo comercializa o reutiliza en la fabricación de otros productos.



Deshidratación Osmótica de Carne y Pescado

El proceso de deshidratación osmótica en carnes y pescados consiste básicamente en la inmersión de estos alimentos en salmueras concentradas durante un período de tiempo determinado. Existen numerosos estudios sobre ésta técnica que buscan optimizar el proceso mediante la aplicación de soluciones osmóticas de mezclas de solutos, tiempos de inmersión variables, distintas temperaturas de operación, entre otros.

Es por esto que actualmente la deshidratación osmótica de carnes y pescados está en etapa experimental y por lo tanto no se aplica en la industria. Sin embargo se demostró que las variaciones de masa que ocurren durante el procesamiento de estos alimentos son similares a las que suceden en la deshidratación osmótica de frutas y vegetales, por lo cual se conservan de igual manera las características sensoriales y nutricionales de los productos.

VENTAJAS DEL PROCESO

- Costos energéticos reducidos debido a la aplicación de temperaturas relativamente bajas.
- No se producen cambios de fase del agua contenida en el alimento durante el proceso.
- El color, aroma, sabor y textura del alimento se modifican mínimamente.
- Permite el procesamiento de pequeños volúmenes de producto.
- En la mayoría de los casos no se requiere de tratamientos químicos previos.
- Aumenta la vida útil del alimento ya que disminuye su actividad de agua, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos.
- Al reducir el contenido de agua disminuye el peso del producto, lo cual reduce los costos de empaque y transporte.
- Luego de finalizada la operación, se puede utilizar la solución osmótica como materia prima en la formulación de otros productos.

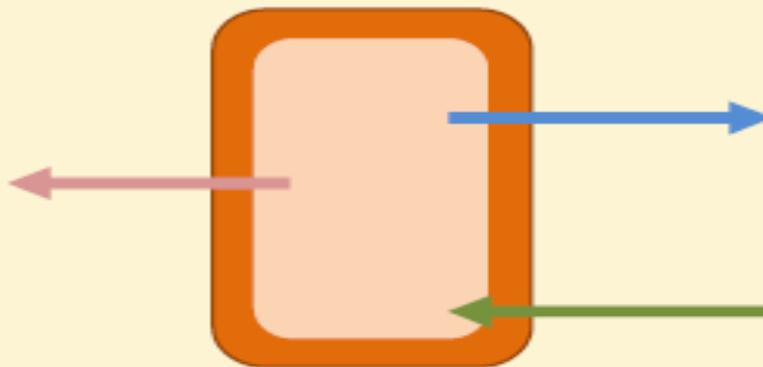
La ósmosis es el desplazamiento de moléculas de solvente a través de una membrana semipermeable desde una región de concentración de soluto más baja (hipotónica) hacia otra de concentración más alta (hipertónica) del mismo soluto, por acción de las diferencias de presión osmótica que poseen estas soluciones. El proceso finaliza cuando se igualan las presiones osmóticas.

En consecuencia se producen dos fenómenos de transferencia de masa:

1. Difusión de agua desde el alimento a la solución cuya fuerza impulsora es la diferencia de presión osmótica. Es posible que ocurra arrastre de algunos solutos disueltos en el interior del producto, sin embargo este flujo de componentes suele ser despreciable respecto al de salida de agua y al de entrada de soluto al alimento.
2. Difusión de solutos desde la solución hacia el alimento, denominado impregnación, donde la fuerza impulsora es la diferencia de concentraciones.

Diagrama de los fenómenos de transferencia de masa que ocurren en las células de los alimentos durante la Deshidratación Osmótica.

Flujo de salida de solutos disueltos en el interior de la célula hacia la solución.



Flujo de salida de agua de la célula hacia la solución.

Flujo de solutos osmóticos que ingresan a la célula.

PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA EN FRUTAS

Diagrama de flujo del proceso:



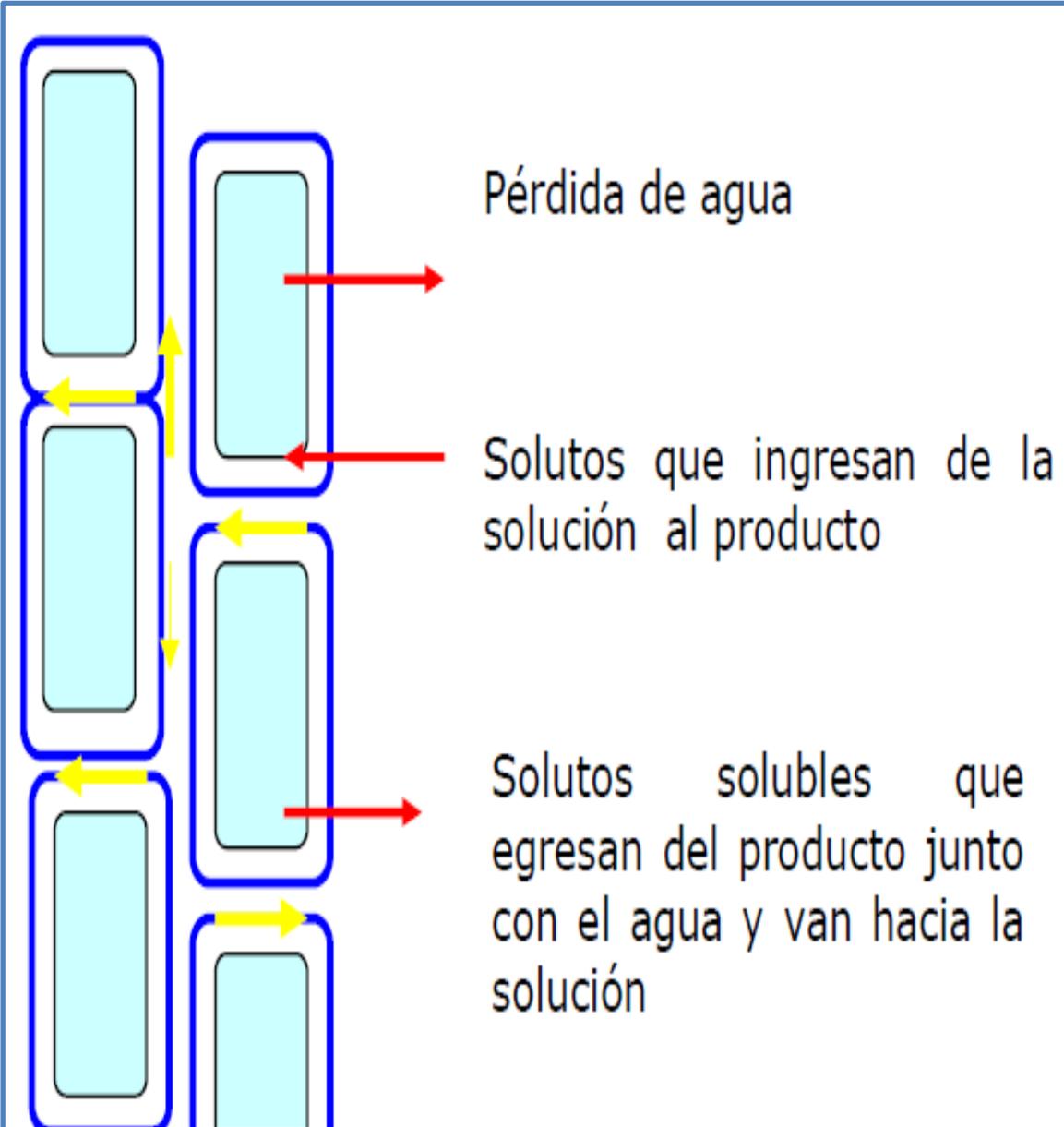
Por lo general, la deshidratación osmótica no disminuye la actividad acuosa del alimento de manera tal de estabilizarlo totalmente, sino que sólo extiende su vida útil.

Por ello la necesidad de aplicar otros procesos posteriores como secado, congelado o liofilizado, entre otros posibles. La pérdida de agua puede ser aproximadamente del 50-60% de su contenido inicial, existiendo entonces la posibilidad de producir significativas modificaciones en el volumen, forma y estructura del alimento. Así como también variaciones apreciables en los valores de los coeficientes de difusión y de transferencia de masa, etc., durante el transcurso del proceso.

Las principales ventajas que se adjudican a la deshidratación osmótica como primera etapa de un método combinado de deshidratación de alimentos son:

- Es eficiente desde el punto de vista energético.
- No se afecta prácticamente el color, el sabor, el aroma y la textura del alimento.
- Es un proceso tecnológicamente sencillo.
- Se puede trabajar con pequeños volúmenes de producto.
- Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado.
- Se retienen la mayoría de los nutrientes.
- Puede aumentar la relación azúcar/ácido.
- Mejora de la estabilidad del producto.
- Disminuyen los costos de empaque.
- Se puede fortificar el producto agregando minerales.

Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica



El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por una etapa transiente antes de alcanzar el equilibrio.

Durante el período dinámico la velocidad de transferencia de masa disminuye hasta llegar al equilibrio.

Cuando éste se alcanza la velocidad de transporte neta de masa es nula y es el final del proceso osmótico.

La remoción del agua se realiza por dos mecanismos:

- ✓ flujo capilar y difusivo.
- ✓ Mientras que el transporte de solutos ya sea de consumo o de lixiviación se realiza sólo por difusión.

La deshidratación osmótica se usa como pretratamiento de muchos procesos para mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales del alimento sin modificar su integridad.

Generalmente precede a procesos como la:

- ✓ Congelación
- ✓ Liofilización
- ✓ Secado al vacío
- ✓ Secado por aire caliente

En la Fig. 2 se esquematizan las principales etapas en el procesamiento de productos deshidratados osmóticamente

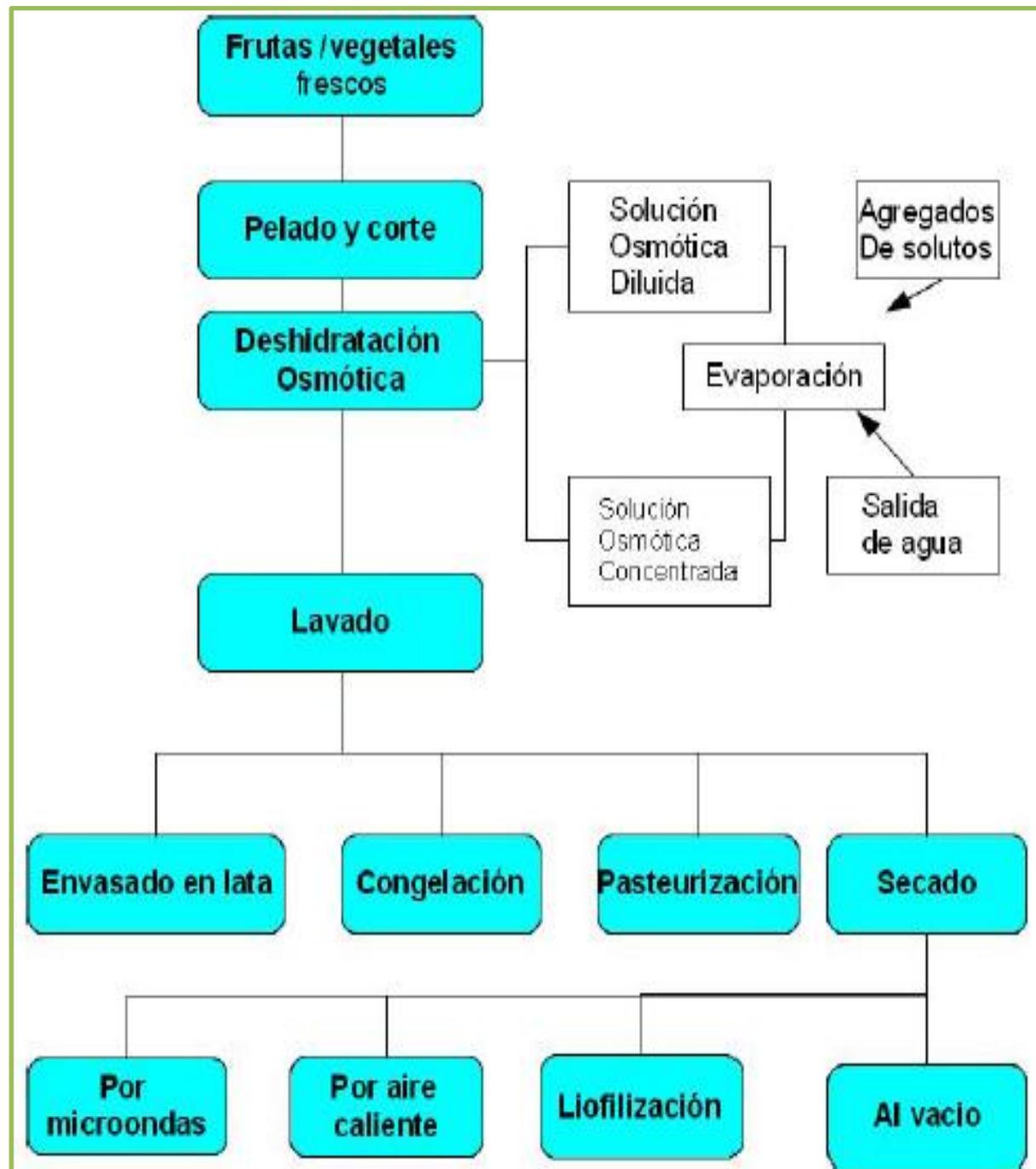
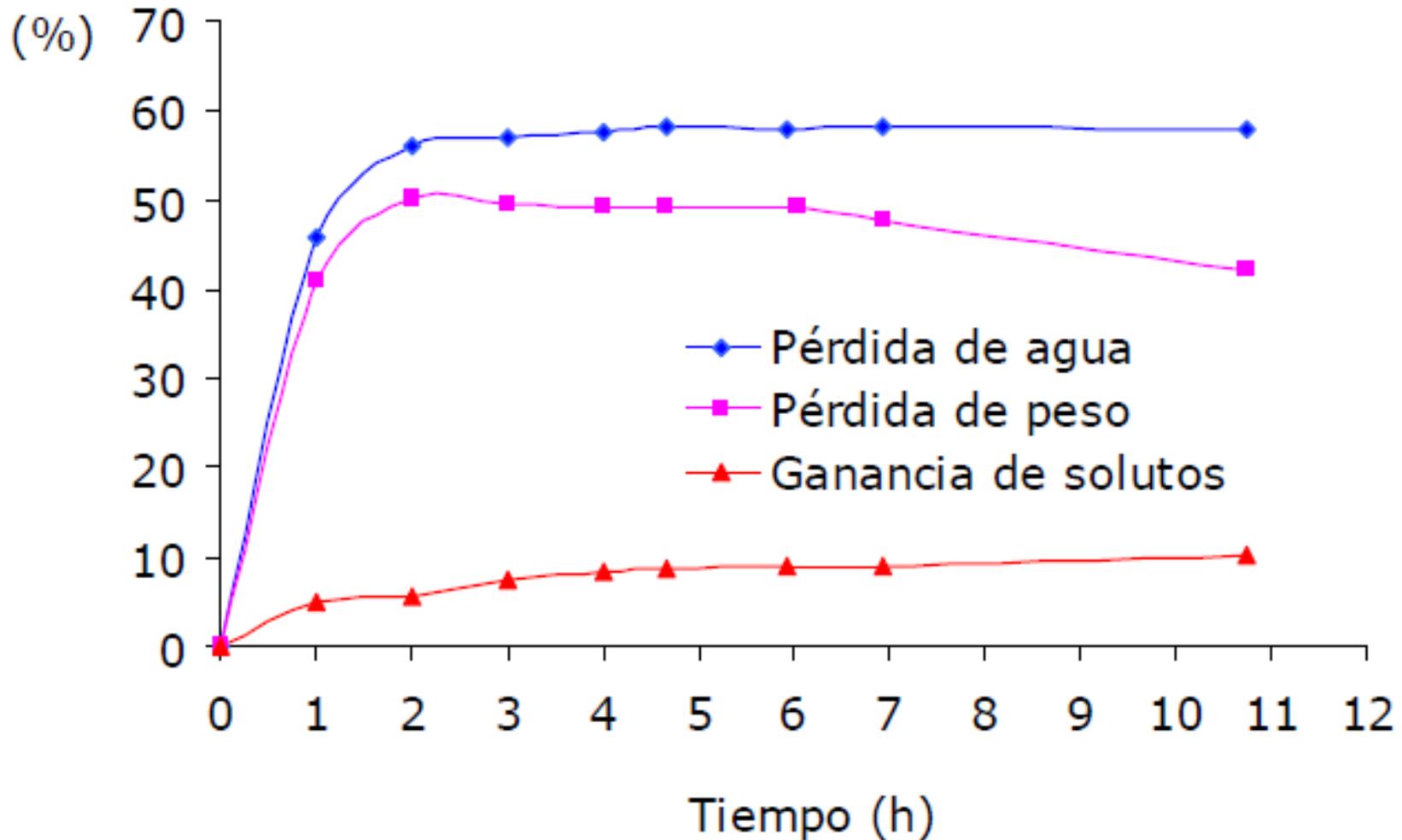


GRAFICO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA (GENÉRICO) NO DISMINUYE LA ACTIVIDAD ACUOSA DEL ALIMENTO DE MANERA TOTAL, SINO QUE SÓLO EXTIENDE SU VIDA ÚTIL, Y LUEGO DE UN DETERMINADO TIEMPO SE ESTABILIZA.





Equipo de Deshidratación Osmótica.

CENTRÍFUGA:

Este equipo se utiliza una vez finalizado el proceso de deshidratación para la eliminación del jarabe y agua excedente que pueda contener el fruto.

Debe presentar velocidad variable según la fruta que se este centrifugando y mantener la temperatura de procesado estable.

Una vez finalizado el centrifugado de la fruta se realiza el secado de esta por medio de aire caliente, o mediante otro procedimiento como los mencionados.

Secado de sólidos humedecidos por convección: EN LECHO FIJO

El material húmedo se coloca en bandejas poco profundas que descansan en un circuito calefaccionado.

No existen movimientos de la partícula, aunque puede moverse la masa total a desecar.

Problema: se mantendría constante la superficie de contacto con el ambiente a desecar.

Solución: aumentar la superficie disminuyendo la superficie de la capa del material a desecar y hacer pasar el flujo de aire a través del material.

Tipos de secaderos en lecho fijo:

1. Secaderos en bandeja.
2. Secaderos de túnel.
3. Secaderos de bandas sin fin.

1. Secaderos en bandeja: EN LECHO FIJO

Bandejas:

- Fondo liso.
- Fondo perforado.
- Forradas papel.
- Calentadas.

Formación de costras.

Proceso lento 12 -24 h

Secado no homogéneo

Producción discontinua (lotes)



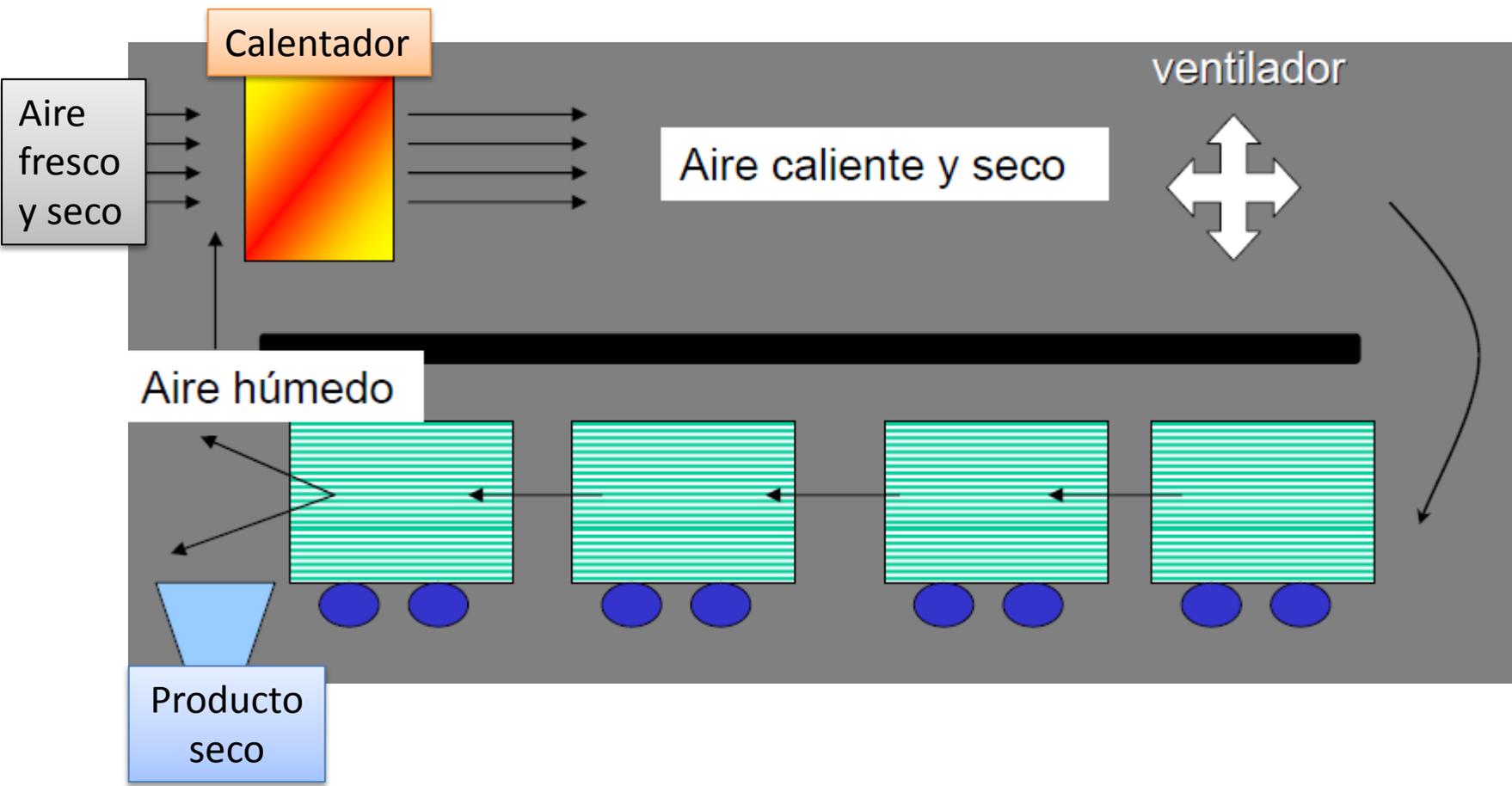
2. Secaderos de túnel: EN LECHO FIJO

Producción semi-continua.

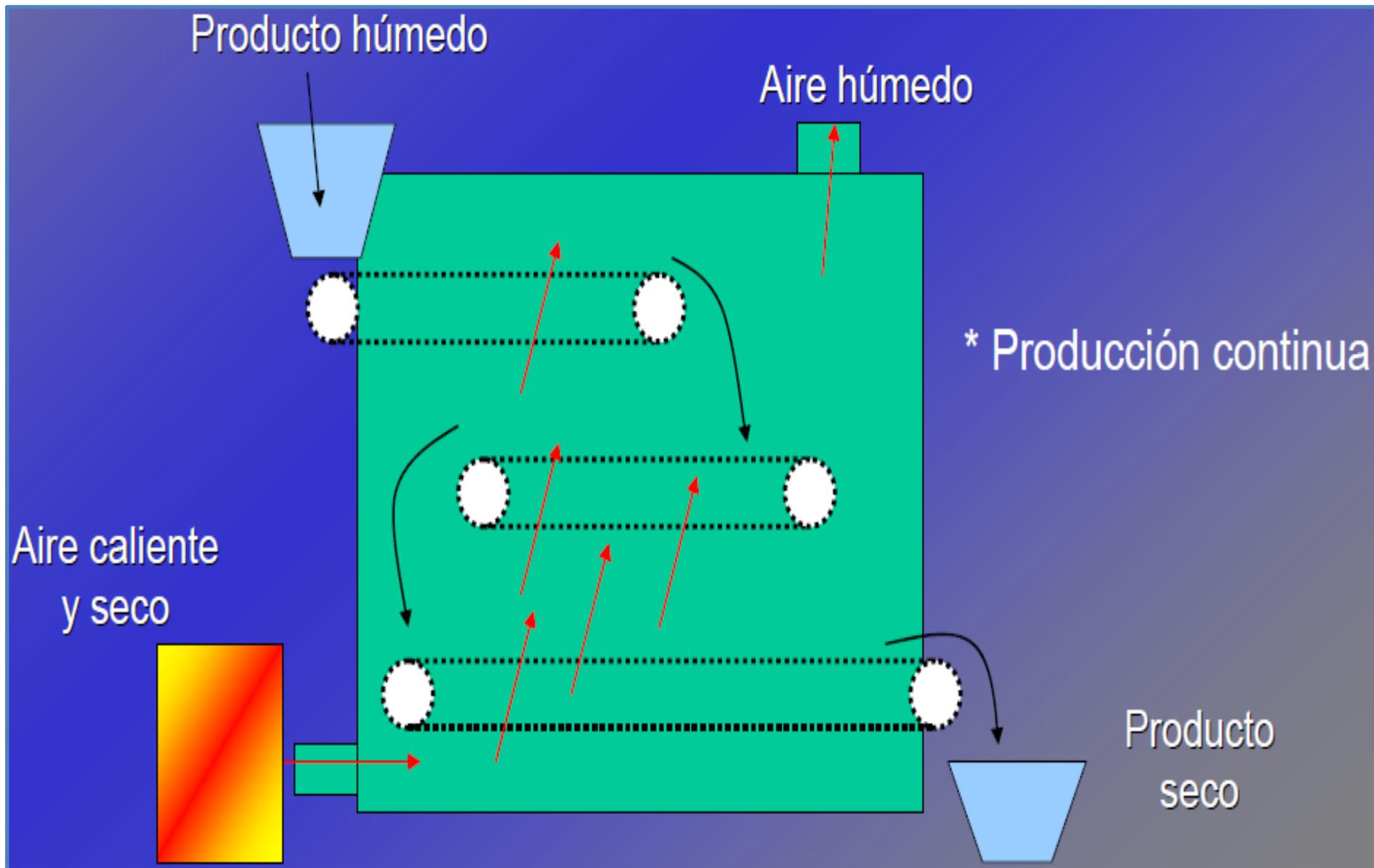
Regulación automática del secado de un producto por el control de la velocidad de los carros que lo desplazan a través del secadero.

Instalación de un sistema de medición de la humedad y Temperatura del producto a la salida del secadero.

2. Secaderos de túnel EN LECHO FIJO



3. Secaderos sin fin: EN LECHO FIJO



SECADO DE SÓLIDOS HUMEDECIDOS POR CONVECCIÓN: EN LECHO FLUIDO

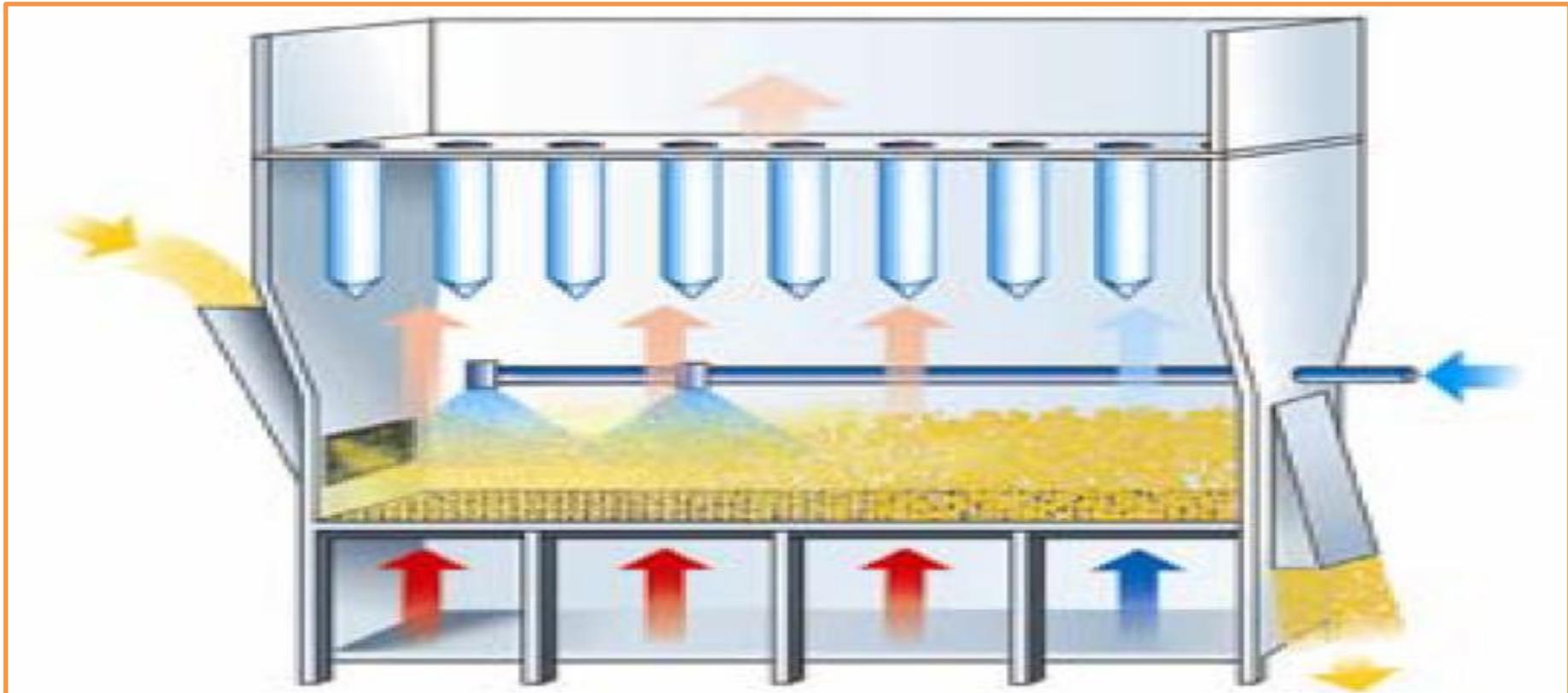
Ventajas del lecho fluido:

1. Tiempos de secado rápidos (económico, termolábiles).
2. Secado de todas las partículas por separado, por lo que prácticamente es a velocidad constante.
3. La temperatura de un lecho fluido es uniforme y se puede controlar con precisión.
4. La turbulencia de lecho hace que el producto final sea más esférico y fluya mejor termolábiles).
5. El movimiento libre de cada partícula elimina el riesgo de que migren los materiales solubles.
6. Los recipientes pueden ser móviles, haciendo que la manipulación sea sencilla, reduciendo los costes laborales.
7. Unos tiempos de secado cortos significan que la unidad tiene una alta producción utilizando una pequeña superficie de suelo.

SECADO DE SÓLIDOS HUMEDECIDOS POR CONVECCIÓN: EN LECHO FLUIDO

Desventajas del lecho fluido:

1. La turbulencia puede provocar el desgaste excesivo, generando polvo durante la producción.
2. El movimiento energético de partículas en aire caliente puede provocar la generación de carga eléctrica estáticas (riesgo de explosión).



OTROS SECADOS EN LECHO EN MOVIMIENTO:

TURBO-SECADEROS:

- ✓ Bandejas circulares superpuestas caladas con movimientos rotatorios.
- ✓ Brazos rascadores finos.

CILINDROS SECADEROS (ROTARY DRYERS):

- ✓ Cilindro rotatorio ligeramente inclinado
- ✓ Dispositivos volteadores
- ✓ Producción continua



Secado de sólidos humedecidos por conducción:

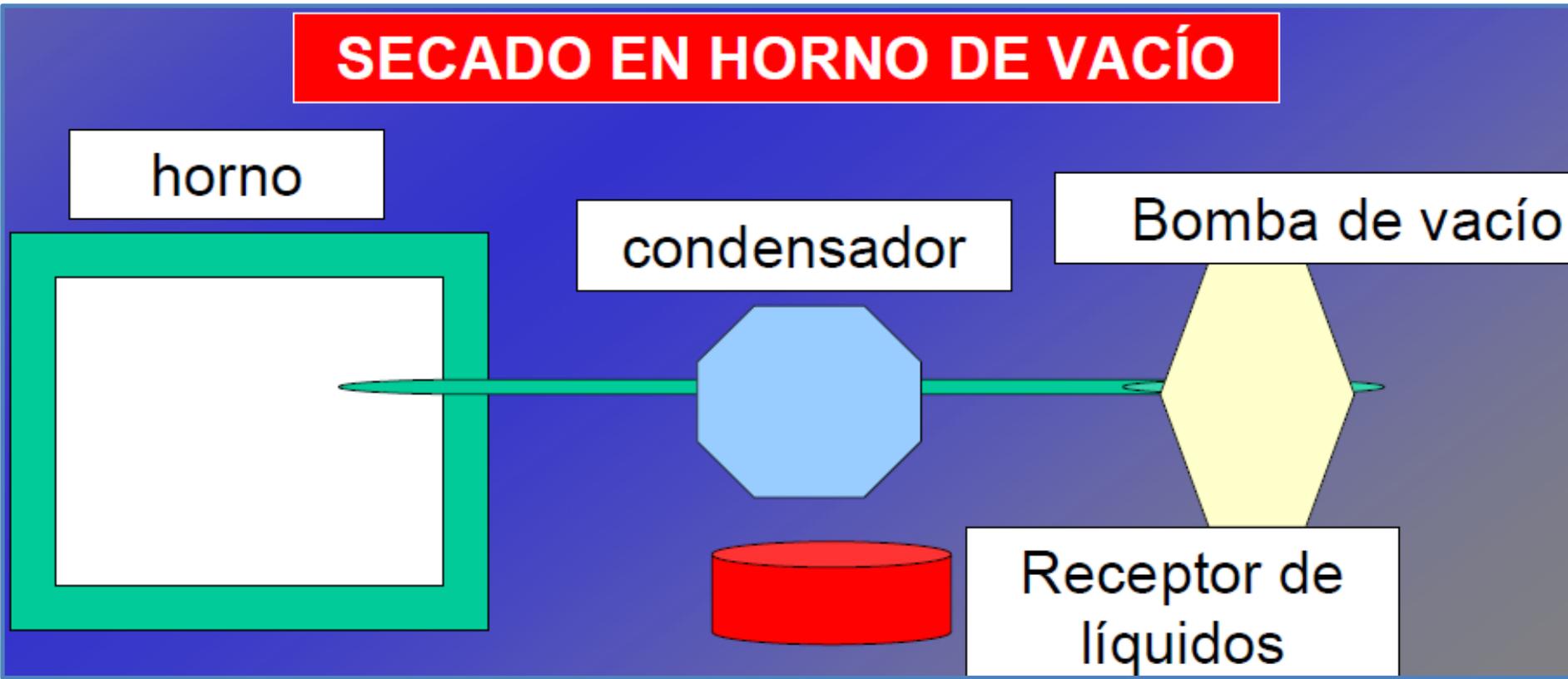
En este proceso el sólido entra en contacto térmico con una superficie caliente y el grueso de la transferencia de calor se produce por conducción.

La presión de funcionamiento puede llegar a ser de 0.03-0.06 bares, presión a la que el agua hierve entre 25 -35 °C.

Ventajas:

- ✓ El secado se produce a una temperatura baja, (termolábiles).
- ✓ Poco oxígeno (menor riesgo de oxidación).

SECADO EN HORNO DE VACÍO



Secado de sólidos humedecidos por radiación. CON RADIACIÓN IR

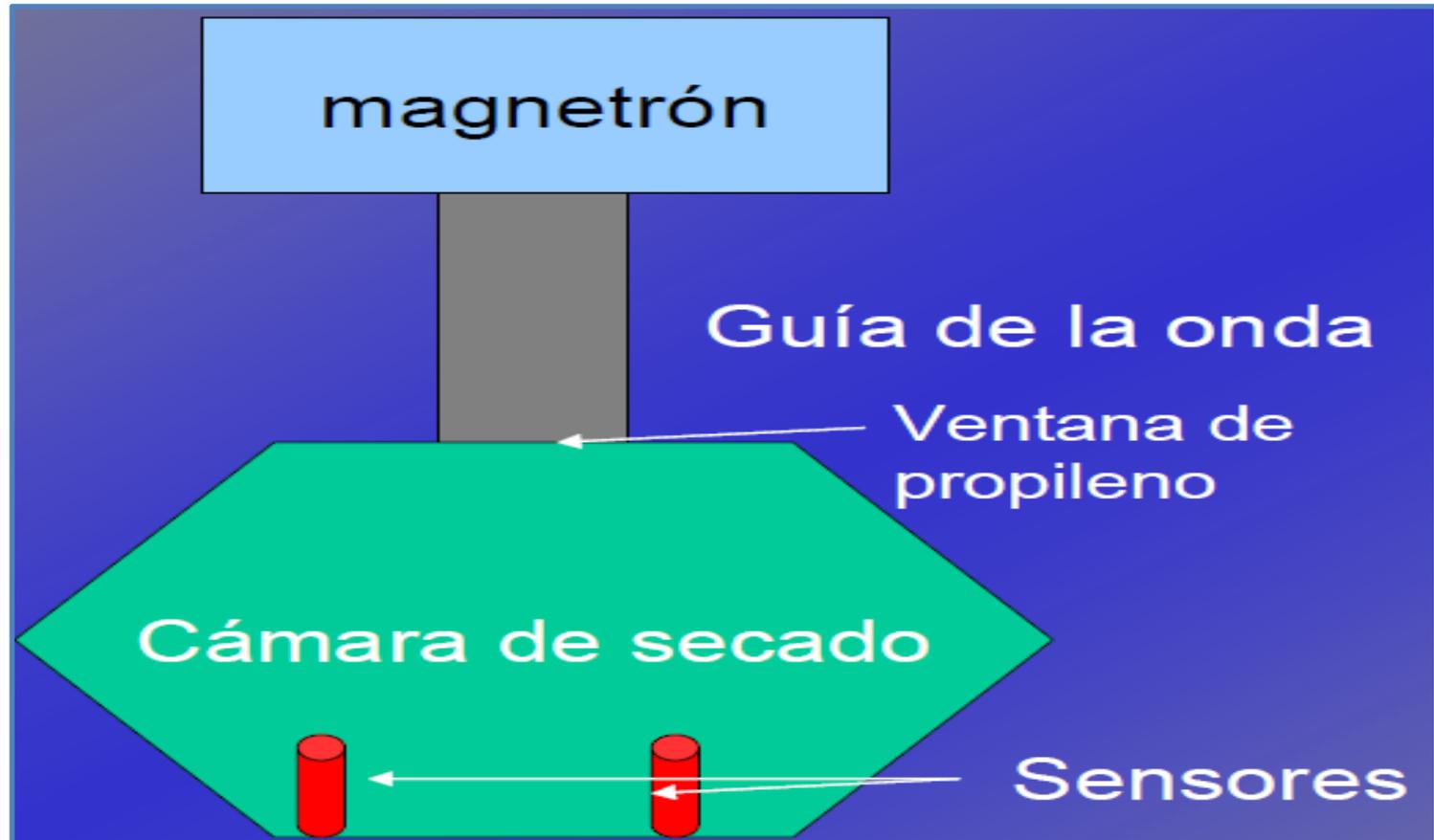
Usado en la antigüedad para secar gránulos, hoy día no se utiliza prácticamente

Desventajas: se absorbe muy rápidamente y no penetra mucho en la masa húmeda, por lo que las capas superficiales secan pronto, pero la absorción de más energía aumenta la temperatura del producto, siendo perjudicial para el mismo.

CON RADIACIÓN MICROONDA:

Frecuencias 960
y 2450 MHz
(evita
interferencias
con radio y
televisión)

La penetración
de la radiación es
tan buena que el
calor se genera
uniformemente
en el interior del
sólido.



Ventajas del secado por microondas:

1. Proporciona un secado rápido con unas temperaturas más bien bajas.
2. La eficiencia térmica es alta, ya que el revestimiento y el aire del secador se mantienen fríos.
3. El lecho es estacionario lo que evita problemas de polvo o desgaste.
4. La migración de solutos se reduce porque hay un calentamiento uniforme de la masa húmeda.
5. El equipo es muy eficiente y refinado.
6. Es posible determinar el punto final de la granulación al medir la energía microondas residual que aumenta bruscamente cuando queda poco disolvente.

Desventajas del secado por microondas:

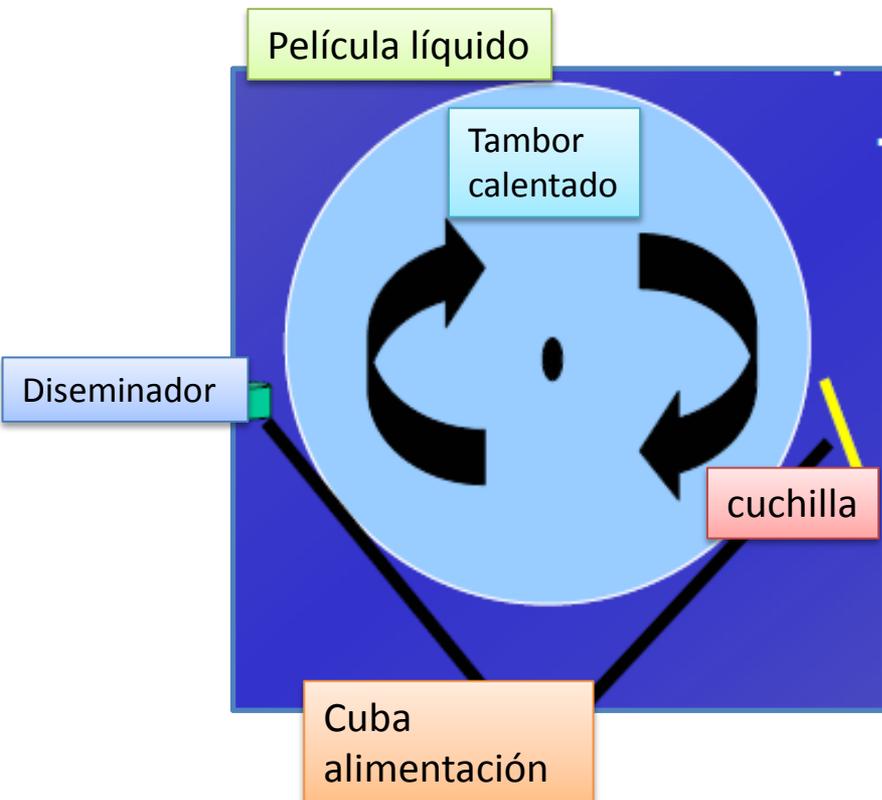
1. El tamaño de lote de los secadores microondas es menor que el de los de lecho.
2. Se deben tomar precauciones de proteger a operarios, para ello se usan dispositivos de seguridad que impiden la generación de microondas hasta que se haya sellado la cámara de secado.

Secado de soluciones diluidas y suspensiones:

Objetivo: Diseminar el líquido sobre una gran superficie para la transferencia de calor y masa y proporcionar un medio eficaz de recogida del sólido seco.

Hay dos tipos:

1. SECADOR DE TAMBOR.



Ventajas del secador por tambor:

1. Método rápido con rápida transferencia de calor y masa.
2. Equipo compacto y de menor tamaño que un secador por vaporización.
3. El tambor se puede incluir en una cubierta de vacío que permite reducir la temperatura de secado.

Desventaja:

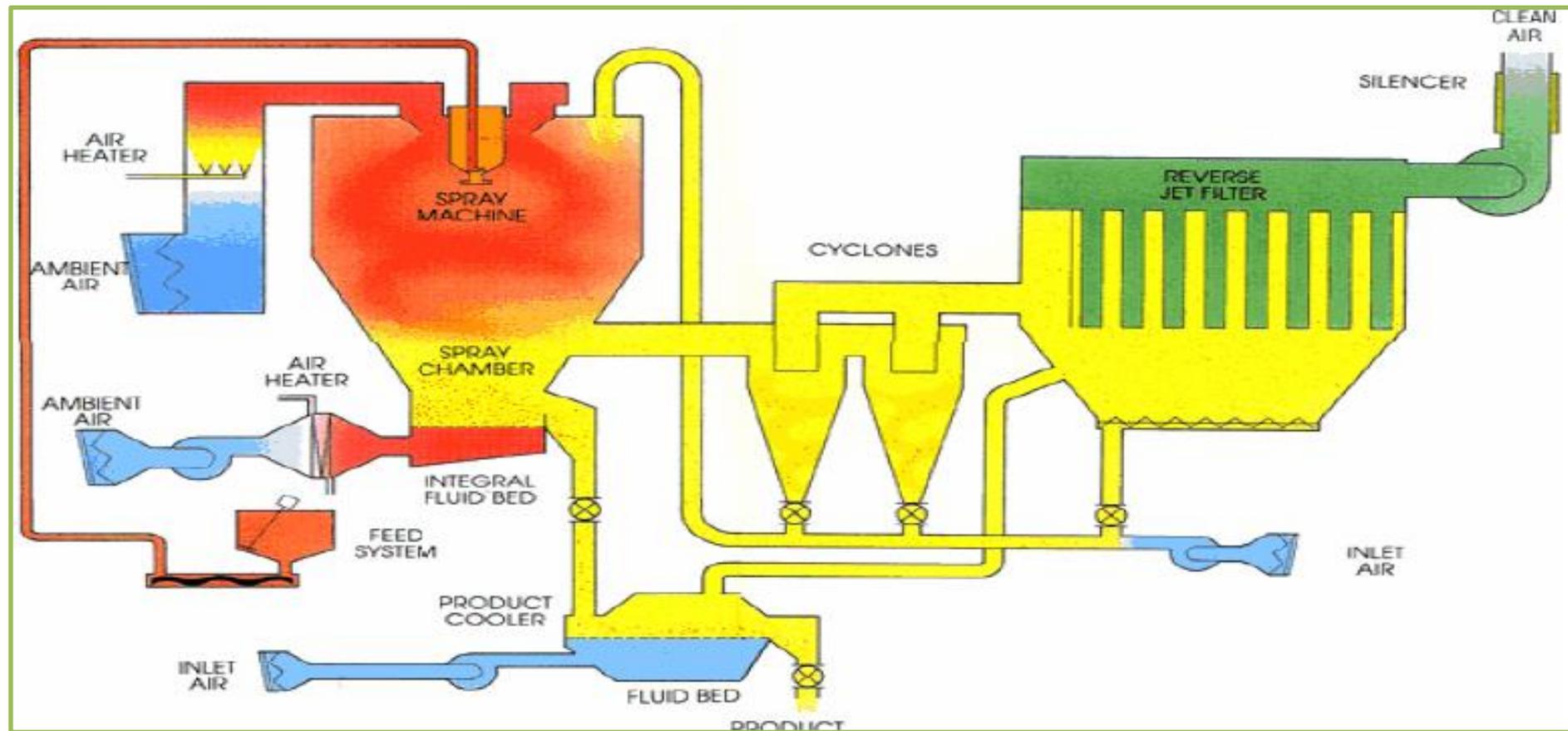
1. Es necesario imponer un control cuidadoso de la velocidad de alimentación, del grosor de la película, la velocidad de giro de del tambor y la temperatura

2. SECADO POR VAPORIZACIÓN

VAPORIZACIÓN:

Proporciona una gran superficie para la transferencia de calor y masa al atomizar el líquido en gotas pequeñas que se vaporizan en un chorro de aire caliente.

Las características de las partículas se controlan con el tamaño de gota.



Ventajas del secado por vaporización:

1. Evaporación muy rápida.
2. La temperatura de la partícula se mantiene baja.
3. La forma característica de la partícula da al producto alta densidad aparente, pero la velocidad de disolución es muy alta.
4. Uniformidad en el tamaño de partícula.
5. Excelentes propiedades de flujo y compactación de los polvos (fabricación de comprimidos).
6. Costos laborales bajos.

Desventajas del secado por vaporización:

1. Equipo muy voluminoso.
2. El rendimiento de los equipos en general es bajo.





LIOFILIZACIÓN:

La tecnología para la conservación de alimentos. *Aroma, sabor, y valor nutricional por mucho más tiempo.*

Productos alimenticios con una vida útil mayor a la del producto fresco, y que al mismo tiempo mantienen todas las propiedades nutricionales, olor, color y sabor.

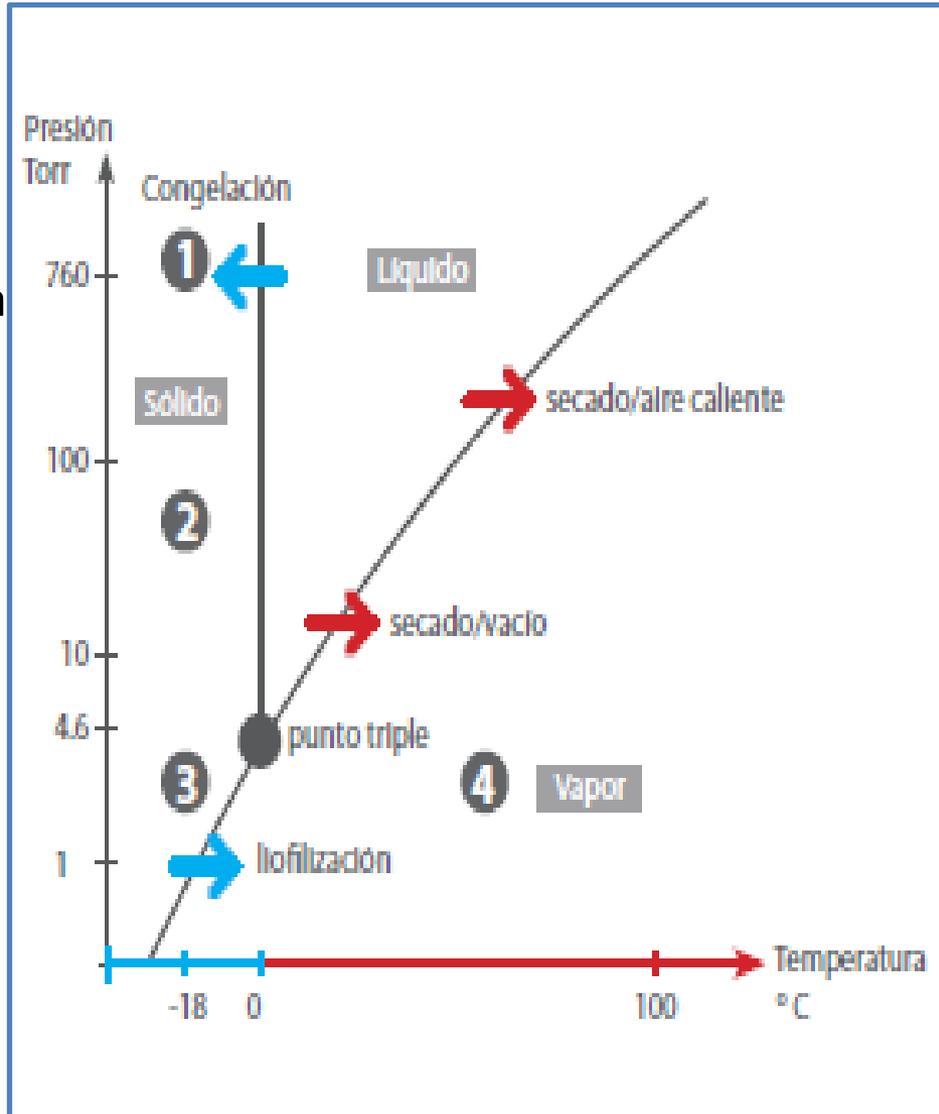
Al deshidratar un producto por liofilización, se mantienen estas propiedades ya que los productos son congelados y deshidratados al vacío.

El proceso de liofilización consiste básicamente en cuatro etapas:

1. Congelar el alimento.
2. Aplicar el vacío.
3. El hielo se sublima en vapor de agua y éste es extraído de la cámara de secado.
4. Una vez terminado este proceso, se retira el alimento del liofilizador y está listo para ser empacado y almacenado.

BENEFICIOS:

- ✓ El producto mantiene por el mayor tiempo el aroma, sabor y nutrientes.
- ✓ Rehidratación instantánea.
- ✓ Bajo peso para fácil manipulación y transporte.
- ✓ Sin necesidad de refrigeración durante el transporte y almacenamiento.
- ✓ Largo período de conservación debido a la eliminación del 95%-99.5% del agua.
- ✓ Poca pérdida de actividad de los ingredientes.
- ✓ Pequeña disminución en la volatilidad de los productos químicos, los nutrientes y componentes sensibles al calor.
- ✓ Con cambios mínimos en las propiedades, ya que el efecto del crecimiento de los microorganismos y las enzimas no pueden ser ejercidos a bajas temperaturas.



LIOFILIZACIÓN: Es el proceso de desecación, donde el solvente (agua) es congelado y eliminado posteriormente por sublimación en ambiente de vacío (Baja presión).

LA CIENCIA DEL FREEZE- DRYING: Es la eliminación completa del agua de un material sin producir ningún cambio ni en su estructura básica ni en su composición.

Se basa en las técnicas Incas de conservación de alimentos; consiste en:

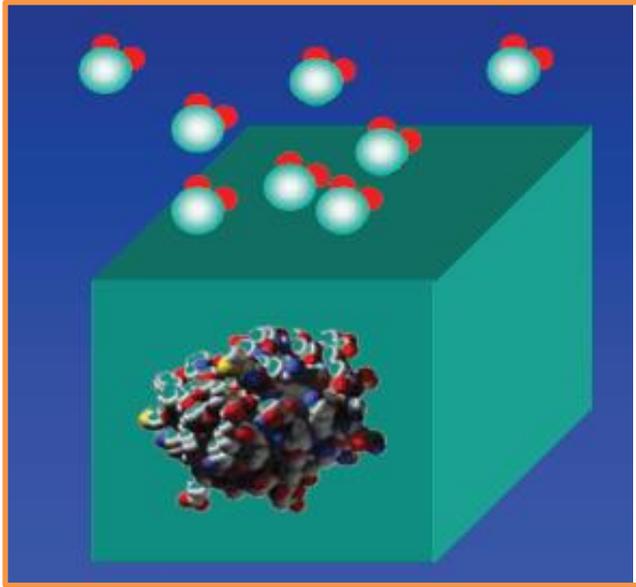
1. Eliminar la mayor cantidad de agua posible hasta obtener una pasta muy concentrada.

Almacenan la pasta en lo más alto de las montañas, allí las bajísimas temperaturas congelan el alimento, y el agua del interior se evapora muy despacio debido a las bajas presiones en esas altitudes. Pasando el agua, directamente de estado sólido al estado gaseoso (**SUBLIMACIÓN**).

El producto obtenido (CHUNO), es un polvo fino que se puede almacenar durante más de 4 años.

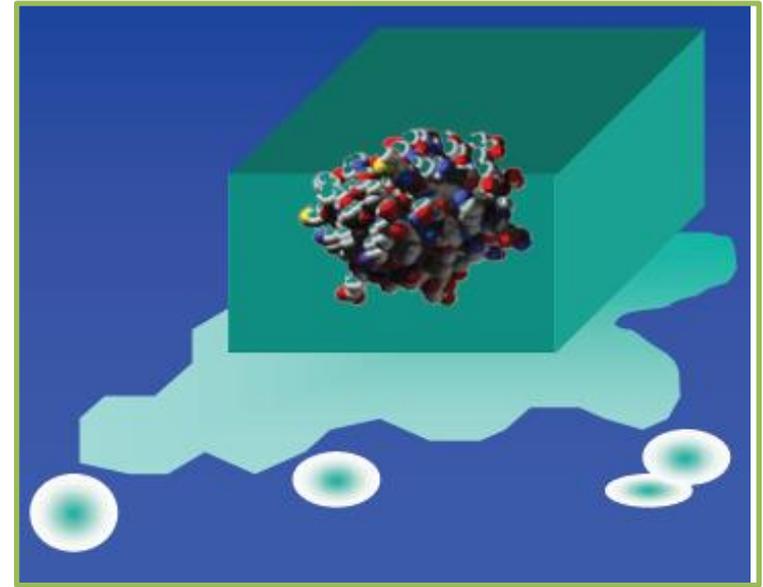
LA LIOFILIZACIÓN (FREEZE- DRYING) : Se desarrolló durante la II Guerra Mundial para preservar el plasma sanguíneo y la penicilina. Desde los años '60, la industria utiliza prácticamente la misma tecnología para producir todo tipo de productos.

SUBLIMACIÓN



VS.

FUSIÓN



VENTAJAS:

- EMPLEO DE TEMPERATURAS MUY BAJAS, circunstancia que permite aumentar la estabilidad del producto y disminuir la pérdida de sustancias volátiles.
- PRODUCTO FINAL LIOFILIZADO, es decir, con alta porosidad, solubilidad rápida y completa y condiciones estériles.
- CONTENIDO FINAL DE HUMEDAD < 0.5 %
- EMPLEO DE VACÍO: no existe oxidación.

INCONVENIENTES:

- COSTO ELEVADO DE LOS EQUIPO.
- CONSUMO ENERGÉTICO ELEVADO.
- PROCESO LARGO (24 h).

Por medio de la liofilización se puede extraer más del 95% del agua contenida en un alimento, lo que se traduce en un gran beneficio con relación al costo del transporte, ya que permite cargar mayor cantidad de mercadería sin necesidad de cadena de frío (se logra un producto más estable microbiológicamente).

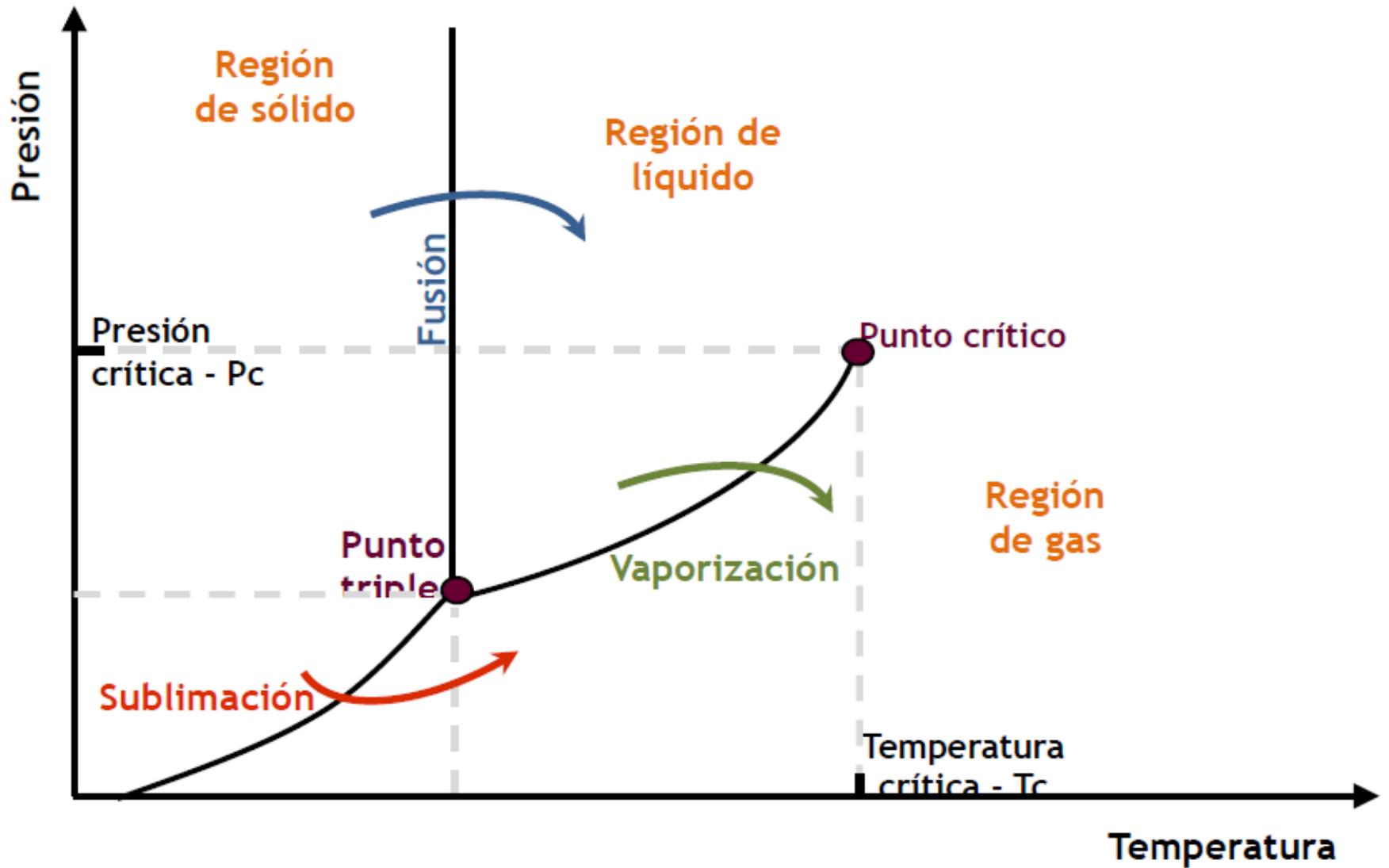
Al finalizar el proceso de liofilización, el alimento se convierte en una estructura rígida que conserva la forma y el volumen pero con peso reducido, preservando sus características nutritivas y organolépticas. Al rehidratarlo se recuperaran la textura, el aroma y el sabor original.

LIOFILIZACIÓN – CONCEPTO:

UNA SUSTANCIA PURA puede existir como sólido, líquido o gas y puede cambiar de estado por medio de un proceso en el cual libera o absorbe calor a temperatura constante (calor latente), de esto depende hacia donde se direcciona dicho cambio.

El cambio de fase de **SÓLIDO A GAS O SUBLIMACIÓN**, debe realizarse en condiciones de presión y temperatura menores a las del punto triple (punto en el que conviven los tres estados de la materia), ya que por debajo de éste **NO EXISTE LA FASE LÍQUIDA**.

En el **caso del agua** el punto triple se encuentra a 4,58 Torr y 0,008 °C. Por ejemplo si se tiene agua congelada, al calentarla a una presión menor a la de dicho punto el hielo sublima.



Las sustancias moleculares disueltas en el agua disminuyen su punto de fusión (descenso crioscópico), por esto es conveniente describir el enfriamiento y posterior congelación de una solución de este tipo en varias etapas.

1. Al bajar la temperatura de una solución, inicialmente se produce un subenfriamiento que origina los núcleos de cristalización.
2. Luego la temperatura aumenta hasta la de equilibrio.
3. A partir de ese momento comienzan a desprenderse los cristales de hielo puro, por lo que la solución se concentra hasta alcanzar la menor temperatura a la cual puede existir solución en equilibrio con hielo, denominada temperatura eutéctica.
4. Por debajo de esta temperatura debería existir, idealmente, equilibrio entre hielo y soluto.
5. Sin embargo las soluciones que contienen polímeros naturales como azúcares no cristalizan en este punto, **SINO QUE AUMENTAN SU VISCOSIDAD A MEDIDA QUE DISMINUYE LA TEMPERATURA** y el agua se congela.
6. Esta etapa finaliza cuando el sistema alcanza su temperatura de transición vítrea, donde su viscosidad aumenta significativamente en un pequeño rango de temperatura dando lugar a un sólido amorfo y frágil.
7. Con relación a la conservación de alimentos, es importante destacar que el flujo viscoso dentro de este sólido es prácticamente nulo, casi no existe flujo de materia, lo que evita que ocurran reacciones químicas.

Cabe aclarar que no toda el agua que compone un alimento está disponible para que los microorganismos puedan llevar a cabo sus actividades metabólicas, solo el agua libre cumple dicho propósito.

El contenido de agua libre en un alimento se define como a_w – actividad de agua.

Al deshidratar un producto su disponibilidad de agua (libre) disminuye drásticamente.

Para eliminar entonces la mayor parte del agua libre contenida en el sólido obtenido, se le debe entregar calor a fin de lograr la sublimación total del hielo, cuidando que la temperatura del producto se mantenga siempre por debajo de su temperatura de transición vítrea.

Al final de este cambio de fase se obtiene un producto que conserva el volumen y tamaño original, presentado la forma de un vidrio altamente poroso.



Estructura de un producto en proceso de liofilización.

Fuente: FLESIA, Miguel Ángel. UTN FRSF
Universidad Tecnológica Nacional.
Facultad Regional Santa Fé.

Ingeniería Industrial. Procesos
Industriales –

La conservación de sustancias
percederas por medio de la
liofilización.

La ventaja de esta estructura, es que permite una rápida rehidratación, no obstante es frágil por lo que requiere de una protección que prevenga los posibles daños ocasionados por una inadecuada manipulación.

Asimismo, debido a la porosidad de dicha estructura es necesario realizar el empaque del producto de forma tal que **se evite la penetración de oxígeno**, a fin de impedir procesos oxidativos sobre los lípidos.

PROCESO DE LIOFILIZACIÓN La liofilización involucra cuatro etapas principales:

1. PREPARACIÓN
2. CONGELACIÓN
3. DESECACIÓN PRIMARIA
4. DESECACIÓN SECUNDARIA

1. PREPARACIÓN:

Antes de comenzar el proceso, es fundamental el acondicionamiento de la materia prima, ya que los productos liofilizados no pueden ser manipulados una vez completado el proceso. Lo que suele hacerse con alimentos como guisantes o arándanos es agujerear la piel con el objetivo de aumentar su permeabilidad.

Los líquidos, por otro lado, se concentran previamente con el fin de bajar el contenido de agua, lo que acelera el proceso de liofilización.

2. CONGELACIÓN:

2. CONGELACIÓN:

La segunda etapa se lleva a cabo en congeladores independientes (separados del equipo liofilizador) o en el mismo equipo. El objetivo es congelar el agua libre del producto. Para ello se trabaja a temperaturas entre -20 y -40°C .

Para la optimización de este proceso es fundamental conocer y controlar:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación.
- La velocidad óptima de enfriamiento.
- La temperatura mínima de fusión incipiente.

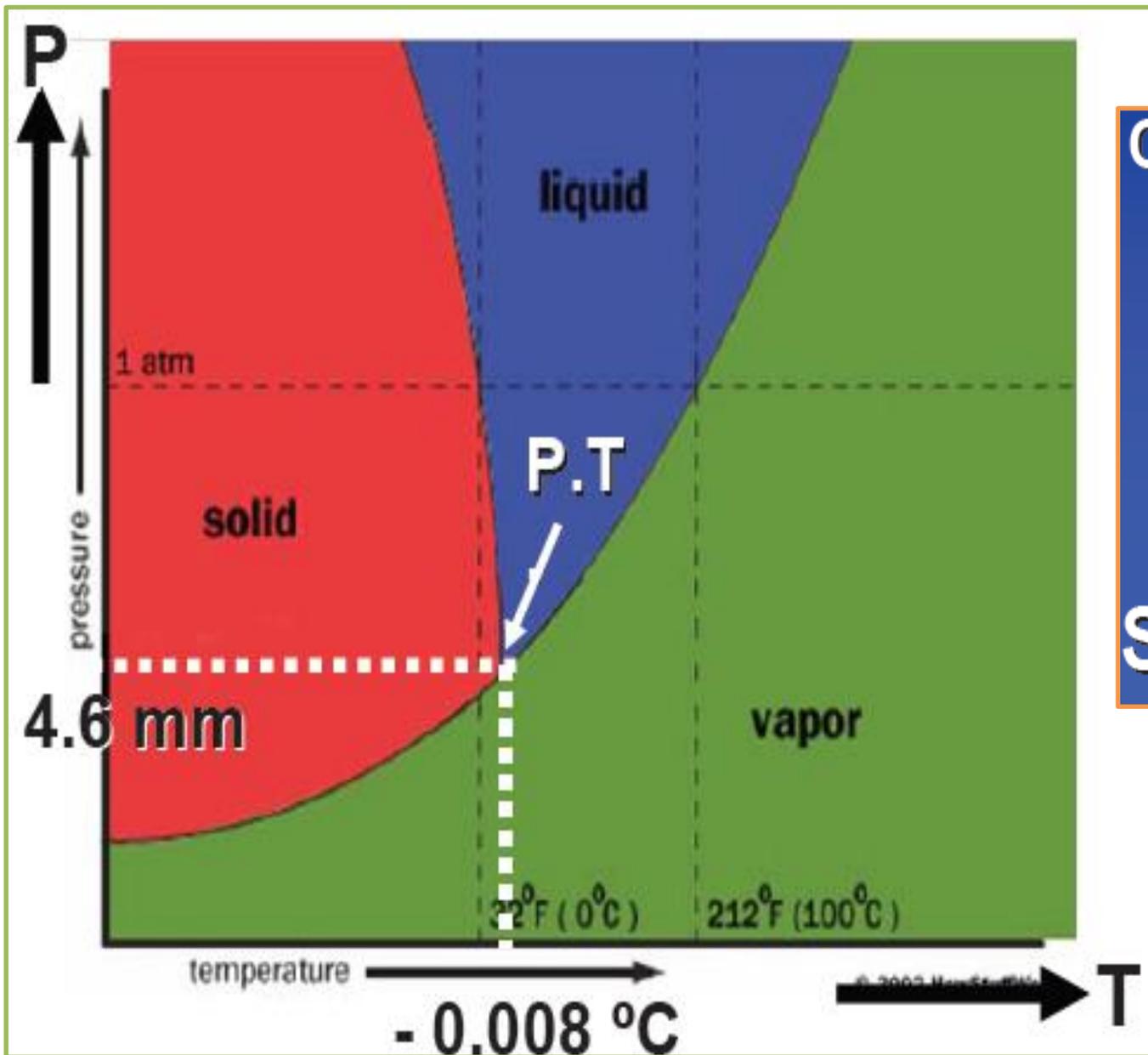
VELOCIDAD DE CONGELACIÓN

CONGELACIÓN RÁPIDA

- ✓ La temperatura de los alimentos desciende aproximadamente unos 20°C en 30 minutos.
- ✓ Cristales pequeños.
- ✓ Al rehidratarse conservan textura y sabor original.
- ✓ Apariencia clara del producto seco.
- ✓ Se aplica en alimentos sólidos, ya que evita la ruptura de la membrana o pared celular y estructuras internas.

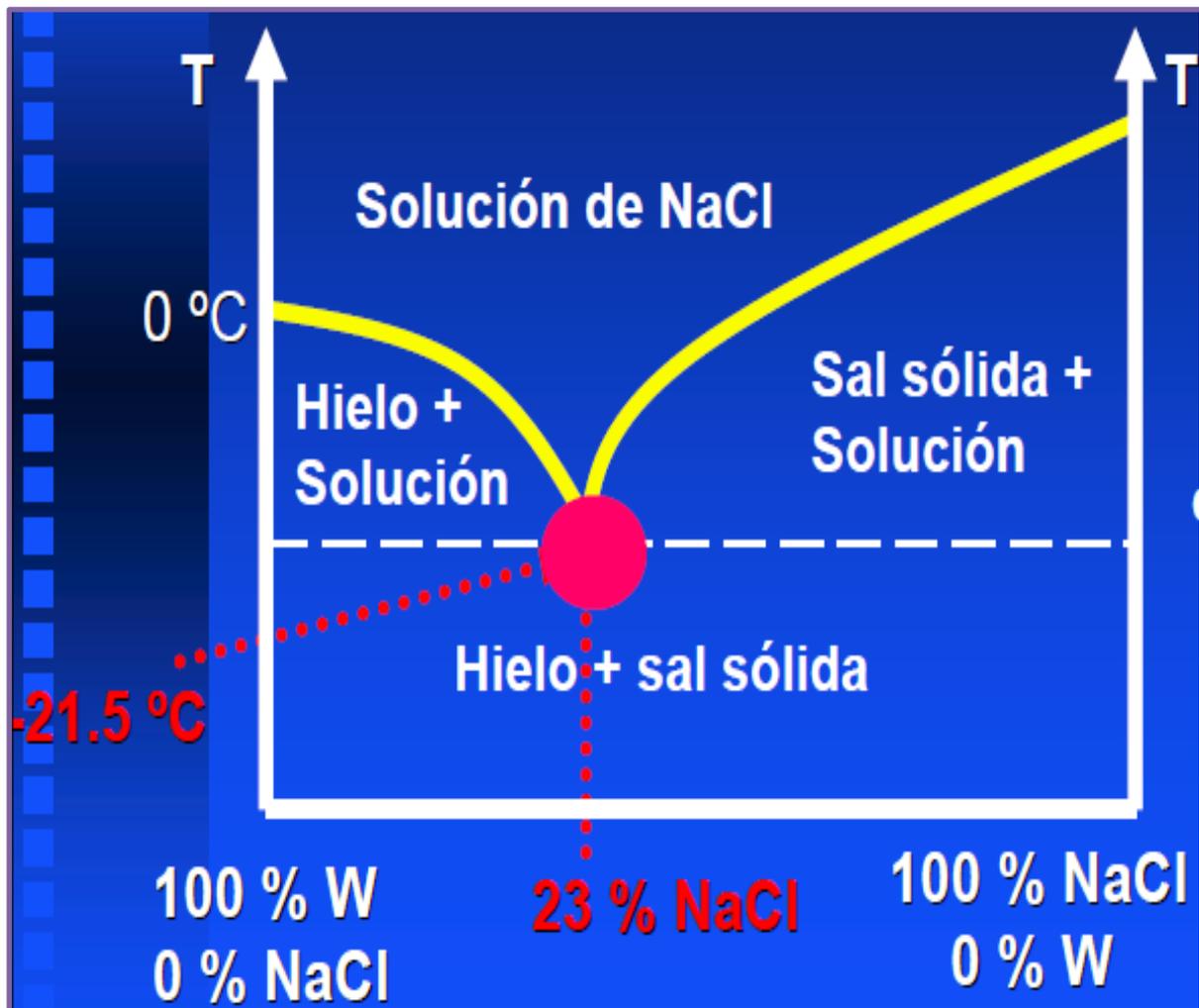
CONGELACIÓN LENTA

- ✓ La temperatura deseada se alcanza en 3 a 72 horas (aparatos domésticos de congelación).
- ✓ Cristales grandes. En su formación causan ruptura de la membrana o pared celular y estructuras internas.
- ✓ Al hidratarse presentan textura y sabor diferente al original.
- ✓ Apariencia oscura del producto seco.
- ✓ Se aplica en líquidos, ya que la formación de cristales grandes favorece la presencia de canales para el movimiento del vapor de agua.



CONGELAR POR DEBAJO DEL PUNTO TRIPLE

¿ES ESTO SUFICIENTE?



PUNTO EUTÉCTICO

Temperatura mínima a la que congelan todos los componentes

MIENTRAS EXISTA AGUA LIBRE CONGELADA, LA TEMPERATURA DEL PRODUCTO DEBE ESTAR POR DEBAJO DE SU PUNTO EUTÉCTICO.

Con esto se busca que el producto congelado tenga una estructura sólida, sin que haya líquido concentrado, de manera que el secado ocurra únicamente por sublimación.

3. DESECACIÓN PRIMARIA:

La tercera etapa del proceso consiste en la desecación primaria del producto, por sublimación del solvente congelado (agua en la mayoría de los casos).

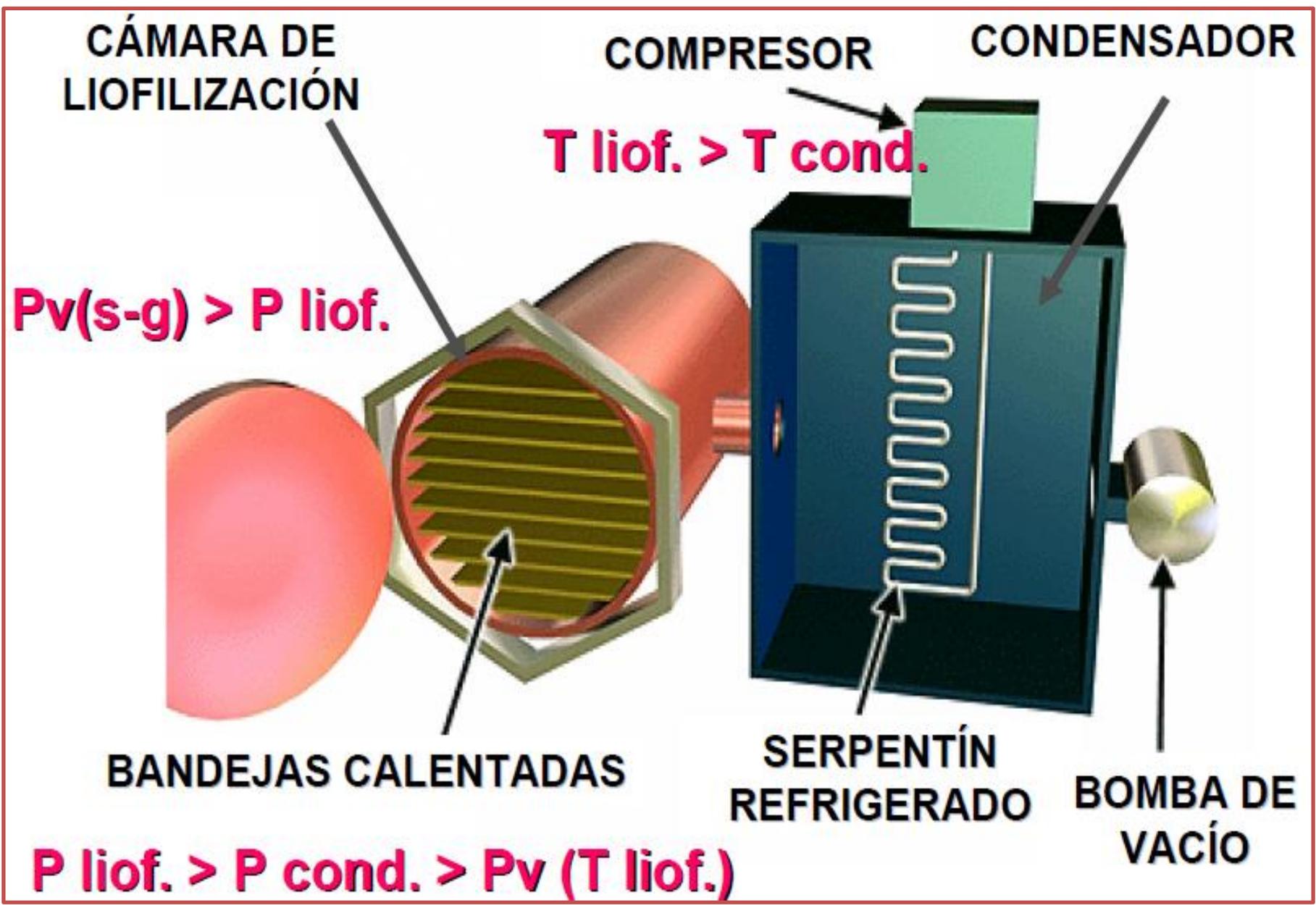
Para este cambio de fase es necesario reducir la presión en el interior de la cámara, mediante una bomba de vacío, y aplicar calor al producto (calor de sublimación, alrededor de 550 Kcal/Kg en el caso del agua), sin subir la temperatura.

Esto último se puede hacer mediante conducción, radiación o fuente de microondas.

Los dos primeros se utilizan comercialmente combinándose su efecto al colocarse el producto en bandejas sobre placas calefactoras separadas una distancia bien definida. De esta manera se consigue calentar por conducción, en contacto directo desde el fondo y por radiación, desde la parte superior.

Por otro lado la calefacción por medio de microondas presenta dificultad porque puede provocar fusión parcial del producto, debido a la potencial formación de puntos calientes en su interior; por lo cual actualmente no se aplica comercialmente.

Los niveles de vacío y de calentamiento varían según el producto a tratar. Al inicio de esta tercera etapa, el hielo sublima desde la superficie del producto y a medida que avanza el proceso, el nivel de sublimación retrocede dentro de él, teniendo entonces que pasar el vapor por capas ya secas para salir del producto. Este vapor, se recoge en la superficie del condensador, el cual debe tener suficiente capacidad de enfriamiento para condensarlo todo, a una temperatura inferior a la del producto.



Para mejorar el rendimiento de esta operación, es primordial efectuar controles sobre la velocidad de secado y sobre la velocidad de calentamiento de las bandejas.

- El primero se debe a que si el secado es demasiado rápido, el producto semiseco fluirá hacia el condensador junto con el producto seco. Produciéndose así una pérdida por arrastre de producto.
- El segundo de los controles, debe realizarse siempre ya que si se calienta el producto velozmente, el mismo fundirá y como consecuencia el producto perderá calidad. Para evitarlo la temperatura de los productos debe estar siempre por debajo de la temperatura de las placas calefactoras mientras dure el cambio de fase.

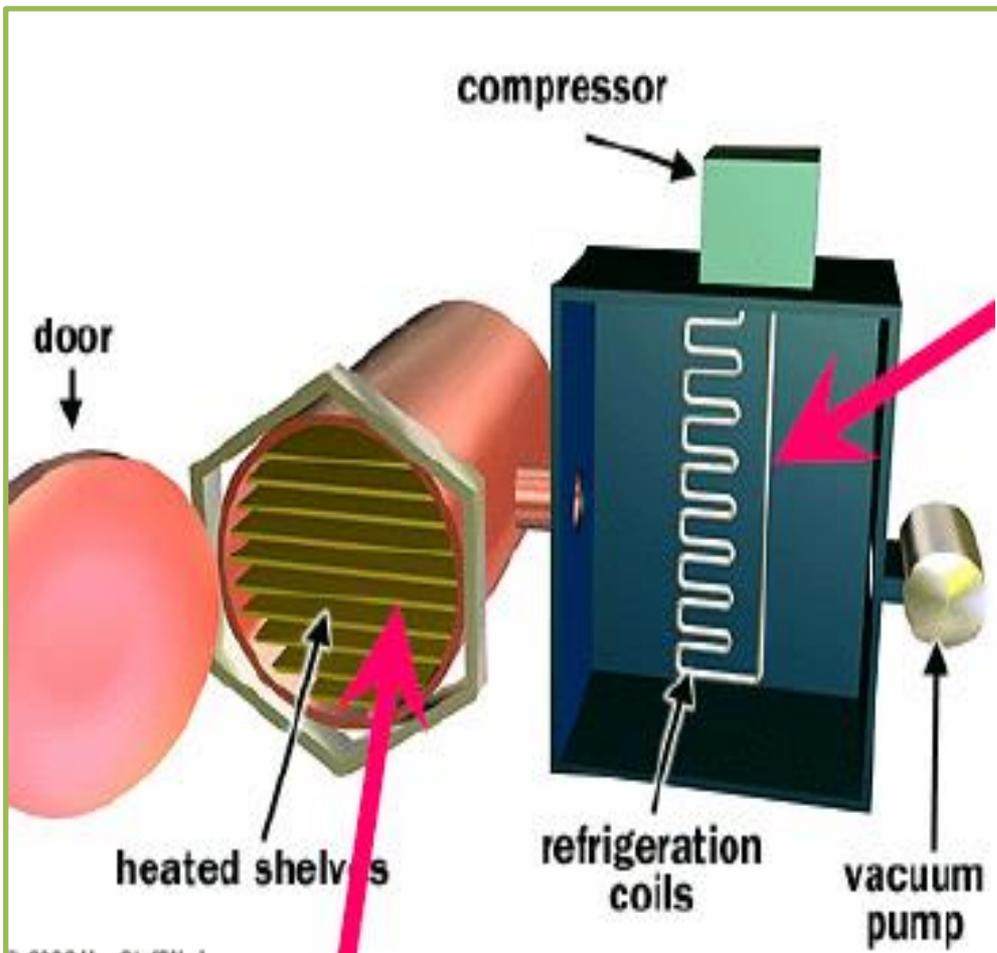
No obstante, al finalizar la desecación primaria, la temperatura del alimento subirá asintóticamente hacia la temperatura de las placas.

Para tener una liofilización buena y rápida es necesario poder controlar exactamente esta temperatura y tener la posibilidad de regular la presión total y parcial del sistema.

4. DESECACIÓN SECUNDARIA:

La cuarta y última etapa del proceso de liofilización, se trata de la desecación secundaria del producto por medio de desorción.

Esta consiste en evaporar el agua no congelable, o agua ligada.



Es necesario reducir la presión en el interior de la cámara y aplicar **CALOR AL PRODUCTO (no subir la temperatura)**

Para que se produzca la sublimación (proceso endotérmico).

$P_{\text{liof.}} > P_{\text{cond.}} > P_v (T_{\text{liof.}})$

El vapor de agua que se origina se recoge en la superficie del CONDENSADOR.

El condensador ha de tener suficiente superficie y capacidad de enfriamiento para condensar todo el agua que sublima a una temperatura inferior a la del producto.

(Si la temperatura del condensador es superior a la del producto, el vapor de agua tenderá hacia éste y se parará el proceso de secado).

$T_{\text{liof.}} > T_{\text{cond.}}$

4. DESECACIÓN SECUNDARIA:

Evaporar el agua no congelable, o agua ligada, que se encuentra en los alimentos; permite lograr que el porcentaje de humedad final sea menor al 2%.

Como en este punto no existe agua libre, la temperatura de las bandejas puede subir sin riesgo de que se produzca fusión.

Sin embargo, en esta etapa la presión disminuye al mínimo, por lo que se realiza a la máxima capacidad de vacío que pueda alcanzar el equipo.

Es importante, finalmente, controlar el contenido final de humedad del producto, de manera que se corresponda con el exigido para garantizar su estabilidad.

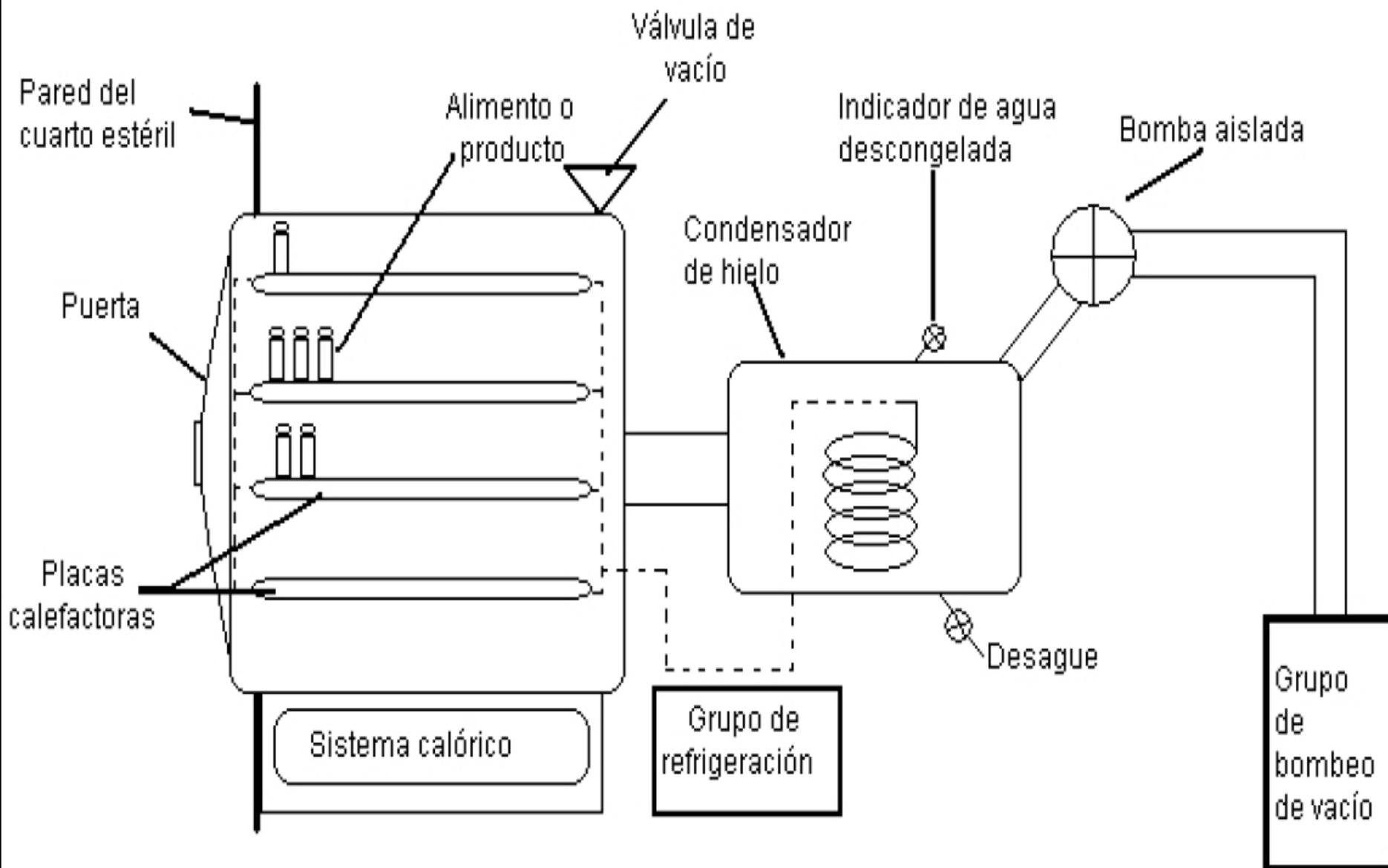
OBSERVACIONES:

Como se mencionó antes, la gran desventaja de este proceso, es el elevado costo de los equipos.

En el esquema presentado a continuación, se pueden observar tres elementos que son los responsables de estos costos:

- ❖ Condensador (desublimador) y sistema de refrigeración.
- ❖ Energía requerida para completar las etapas de sublimación del agua en la cámara de secado, y desublimación y fundición en el condensador.
- ❖ Mantenimiento de las bombas mecánicas del equipo de vacío.

Equipos de liofilización



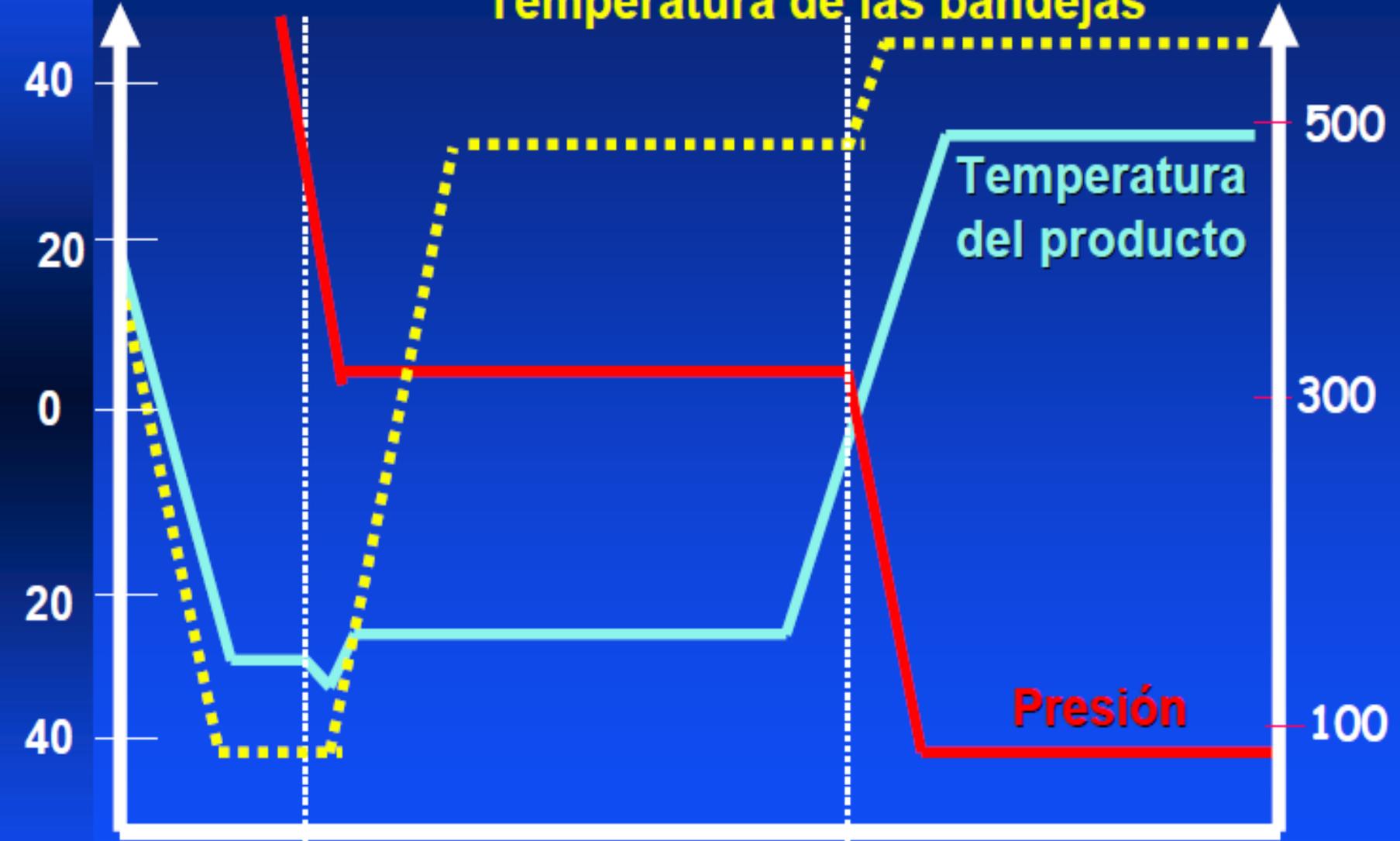
T (°C)

P (mm Hg)

Temperatura de las bandejas

Temperatura del producto

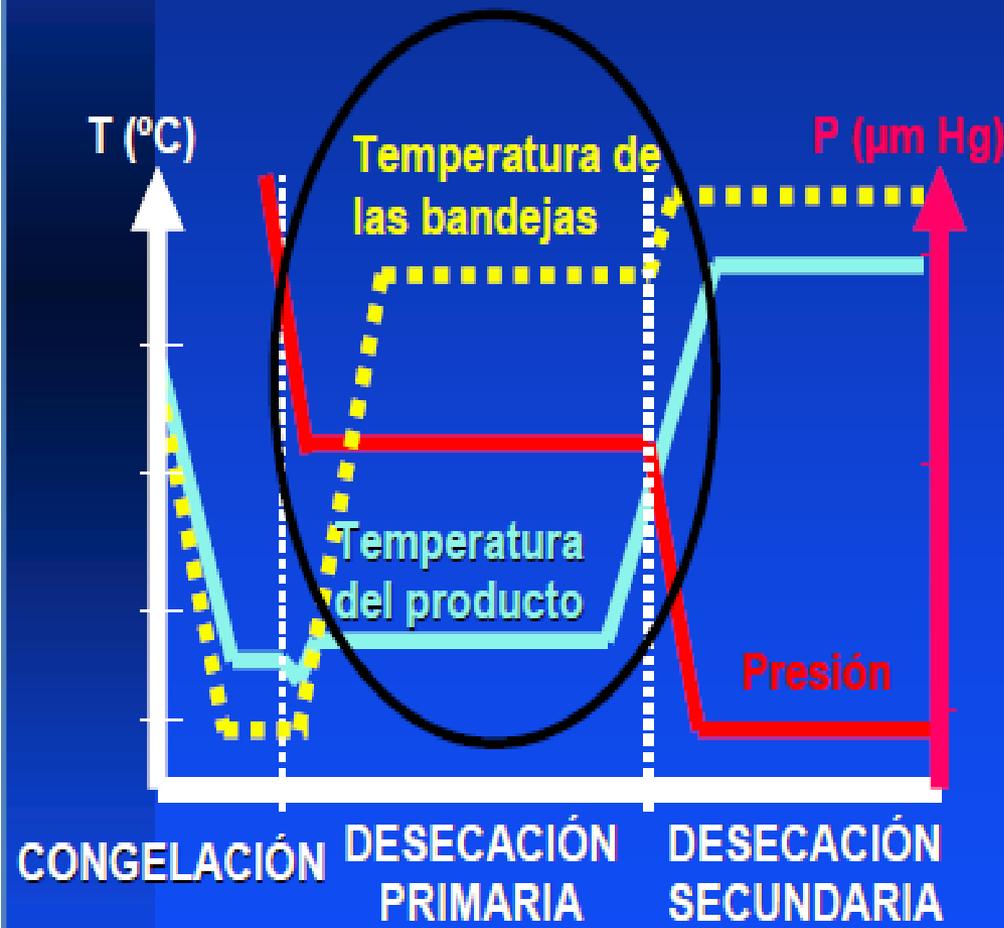
Presión



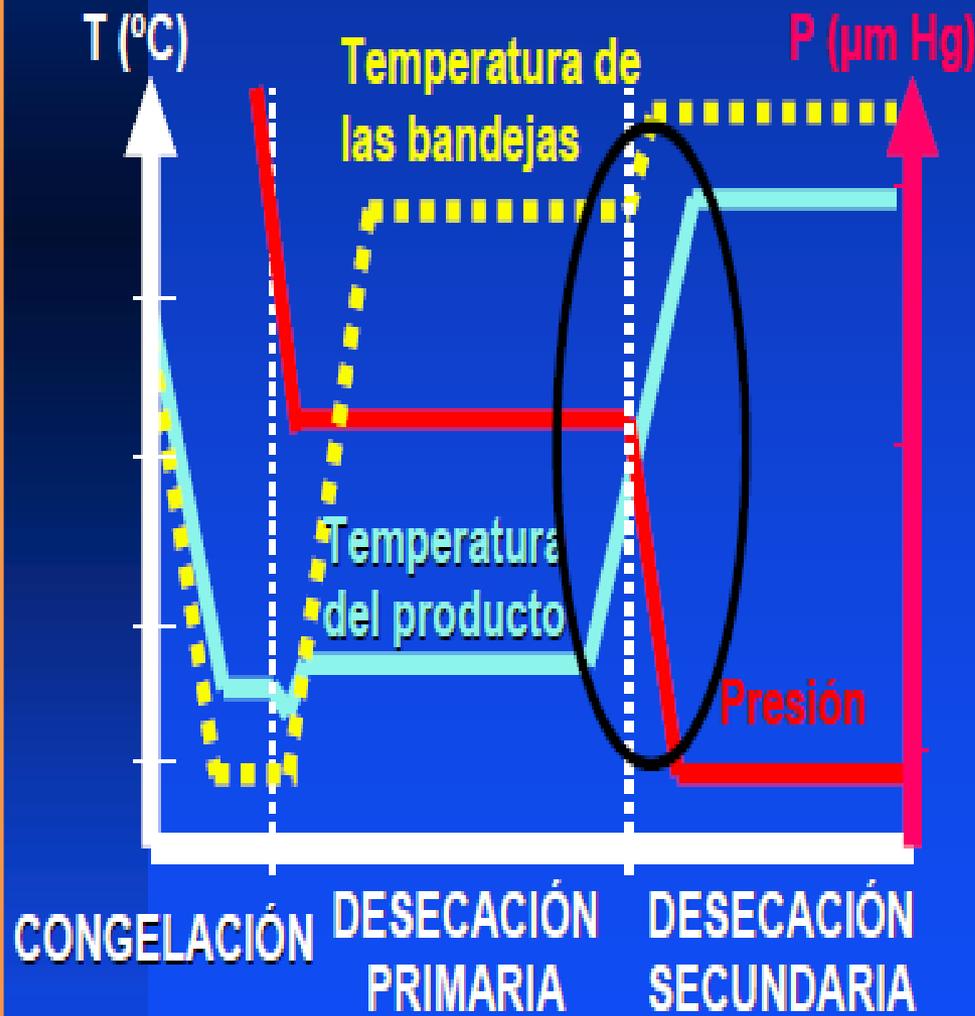
CONGELACIÓN

DESECACIÓN PRIMARIA

DESECACIÓN SECUNDARIA



- Mientras dure la sublimación del agua congelada, el producto se mantendrá frío.
- Por lo tanto, durante esta fase la **T del producto** deberá estar **por debajo** de la **T de las bandejas**, que está proporcionando el calor de sublimación.

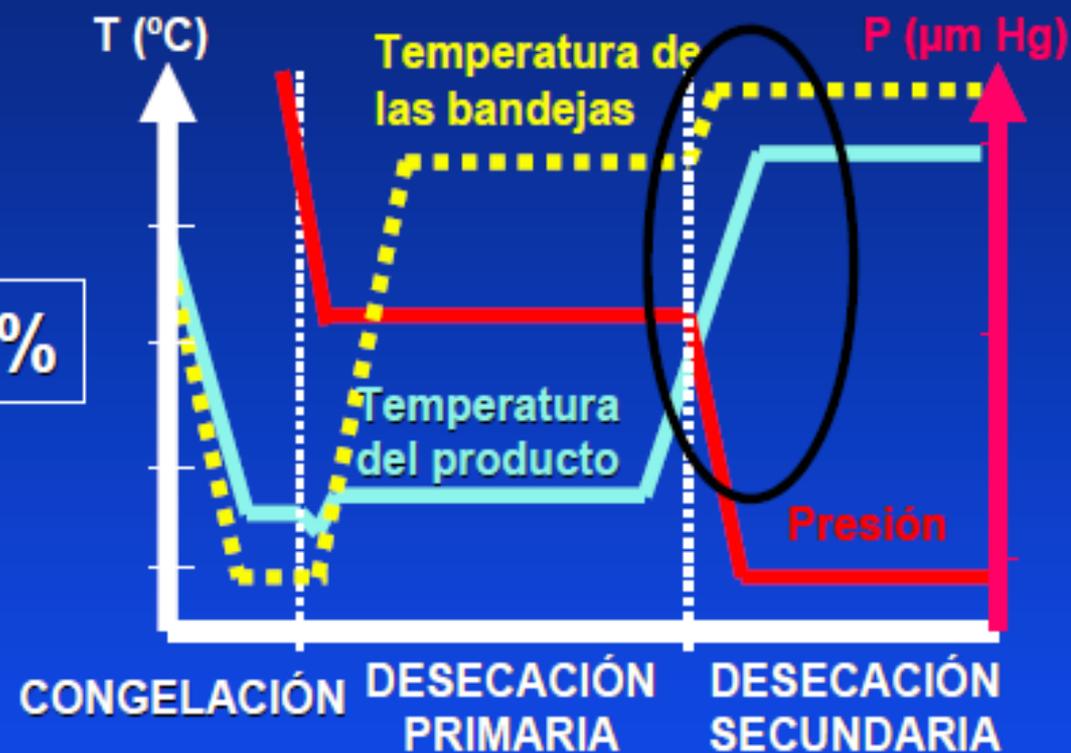


- Al finalizar la desecación primaria, la T del producto subirá asintóticamente hacia la T de las bandejas.
- Esto (y otros métodos) permite detectar el punto final de esta etapa.

DESECACIÓN SECUNDARIA:

DESORCIÓN (30 %)

HUMEDAD FINAL: $\ll 1\%$



CONTROL FINAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Ej.: proteínas y péptidos requieren de un contenido de humedad determinado para mantener sus estructuras secundarias y terciarias y, por tanto, su actividad.

Tipos de equipos:

El sistema de liofilización descrito, se corresponde con los equipos convencionales de Liofilización; los cuales son fabricados por muchas empresas proveedoras de esta tecnología, tanto en Argentina como en el resto del mundo. Los mismos se consiguen en escalas tipo laboratorio, piloto o industrial. Hace ya algunos años, que la empresa argentina INVAP SE, provee de plantas liofilizadoras llave en mano; las cuales cuentan con un innovador método para obtener vacío.

	LABORATORIO	PILOTO	INDUSTRIAL
Bomba de vacío	6 m ³ /h	18 – 35 m ³ /h	
Capacidad del condensador	6 – 10 kg	15 - 30 kg	30 - 300kg
Temperatura del condensador	- 50°C	- 50 a - 80°C	- 75°C
Superficie * (por cantidad de estantes)	0,33 m ² * (3)	0,48 – 1,8 m ² * (3 a 5)	2 - 12m ² * (5 a 8)

DIFERENCIAS ENTRE SECADO CONVENCIONAL Y LIOFILIZACIÓN

SECADO CONVENCIONAL

LIOFILIZACIÓN

Recomendado para tener alimentos secos (verduras y granos).

Recomendado para la mayoría de los alimentos, pero se ha limitado a aquellos que son difíciles de secar a través de otros métodos.

Es poco satisfactorio para carne.

Recomendado para carnes crudas y cocidas.

Rango de temperatura 37 – 93°C

Temperaturas debajo del punto de congelación.

Presiones atmosféricas

Presiones reducidas (27-133 Pa)

Se evapora el agua de la superficie del alimento.

Se sublima el agua del frente de congelación.

Movimiento de solutos, lo que causa algunas veces endurecimiento.

Movimiento mínimo de solutos.

Las tensiones en alimentos sólidos causan daño estructural y encogimiento.

Cambios estructurales o encogimientos mínimos.

Rehidratación incompleta o retardada.

Rehidratación completa y rápida.

Olor y sabor frecuentemente anormal.

Olor y sabor normalmente intensificado.

Color frecuentemente más oscuro.

Color normal.

Valor nutritivo reducido.

Nutrientes retenidos en gran porcentaje.

Costos generalmente bajos.

Costos generalmente altos, aproximadamente cuatro veces más que el secado convencional.

TECNOLOGÍA DE SECADO DE LECHE:

El descubrimiento de secado por spray constituyó un avance sumamente importante en la producción de deshidratados sensibles al calor, al permitir el secado de soluciones en un lapso muy corto y a temperaturas de producto relativamente bajas.

La aplicación del proceso a gran escala se inició a partir de 1920 principalmente en la industria láctea y en la producción de detergentes.

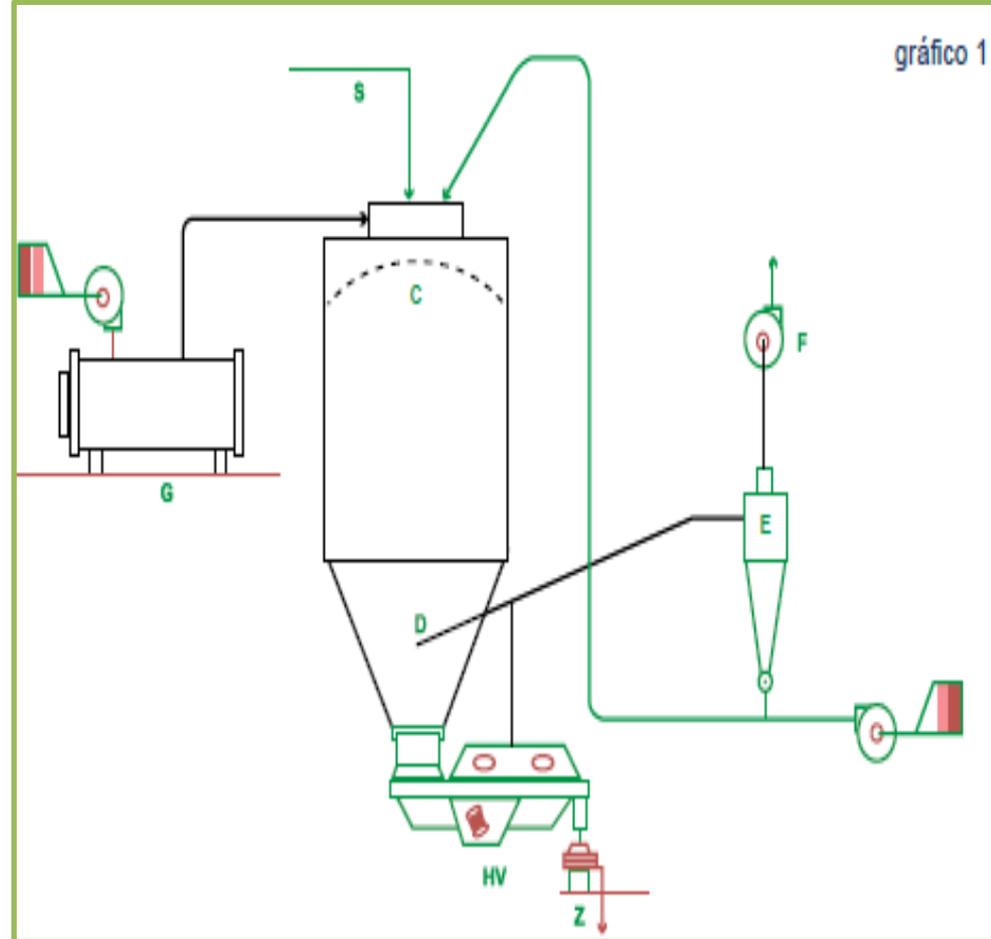
Desde entonces se han introducido una serie de avances tales como la incorporación del lecho fluidizado vibrante, para completar el secado del producto que sale de la cámara, y la reinyección de finos para la aglomeración simultánea con el secado, que permite obtener el producto de alta dispersabilidad, etc.

Sin embargo, uno de los mayores avances ha sido la incorporación de un lecho estático en el fondo de la cámara de secado.

Primero: Se hace la descripción y funcionamiento de la cámara tradicional de 2 etapas de secado (gráfico 1).

Una corriente de aire calentada en el generador G ingresa a la **CÁMARA DE SECADO C** por la parte superior.

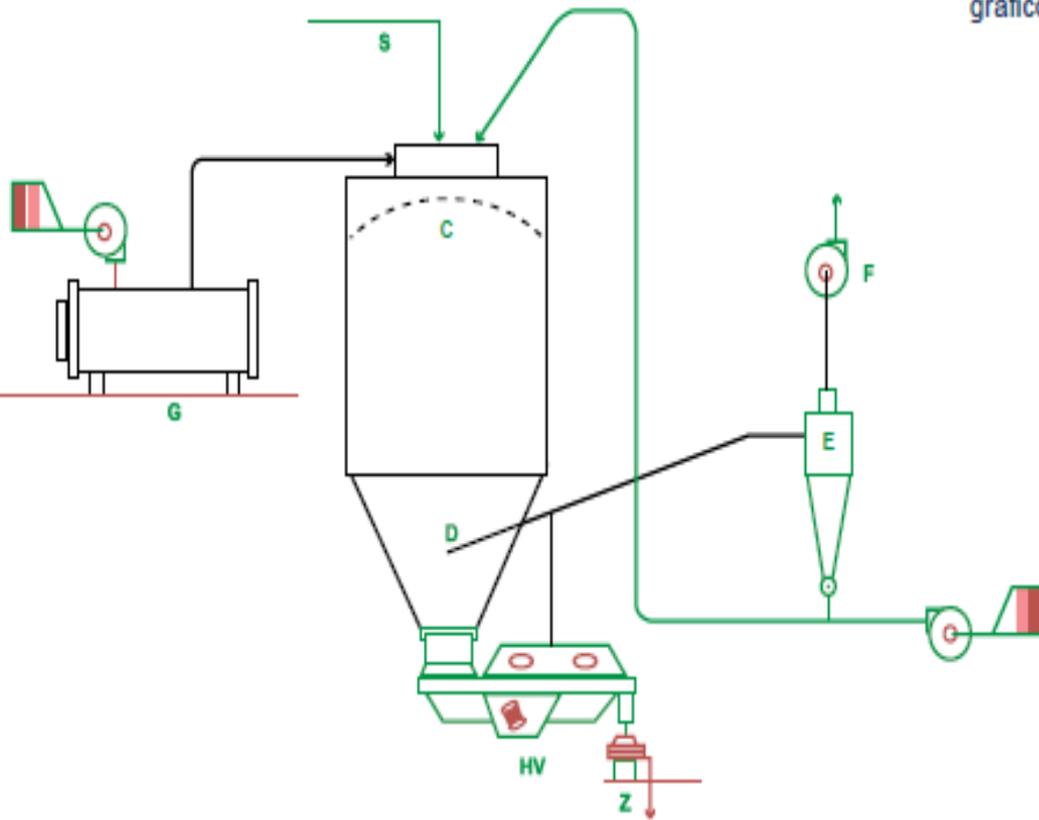
Previamente el aire pasa por un conducto circular y se distribuye dentro de la cámara por la acción de un sistema laberíntico. Todo este recorrido tiene como consecuencia que el aire caliente circule con un movimiento de rotación y distribuido uniformemente en todo el volumen de la cámara.



Simultáneamente se introduce a la cámara el caudal de líquido que se quiere secar, y que en la mayoría de los casos se trata de un solvente con un contenido de sólidos disueltos.

La función de la cámara de secado es eliminar el solvente por evaporación y recoger el polvo constituido por los sólidos disueltos.

gráfico 1



El líquido a ser secado (S) ingresa a través de un dispositivo atomizador que mediante un disco que gira a muy alta velocidad (del orden de 10.000 rpm) pulveriza este líquido.

La configuración de la planta es tal que el aire caliente se encuentra con la nube de líquido pulverizado. Este encuentro se produce en la parte superior de la cámara en la zona próxima al techo.

La mezcla de aire caliente y líquido finamente pulverizado es el principio fundamental del funcionamiento de una cámara de secado spray en 2 etapas.

En estas condiciones se produce una rápida evaporación del solvente (agua en la mayoría de los casos).

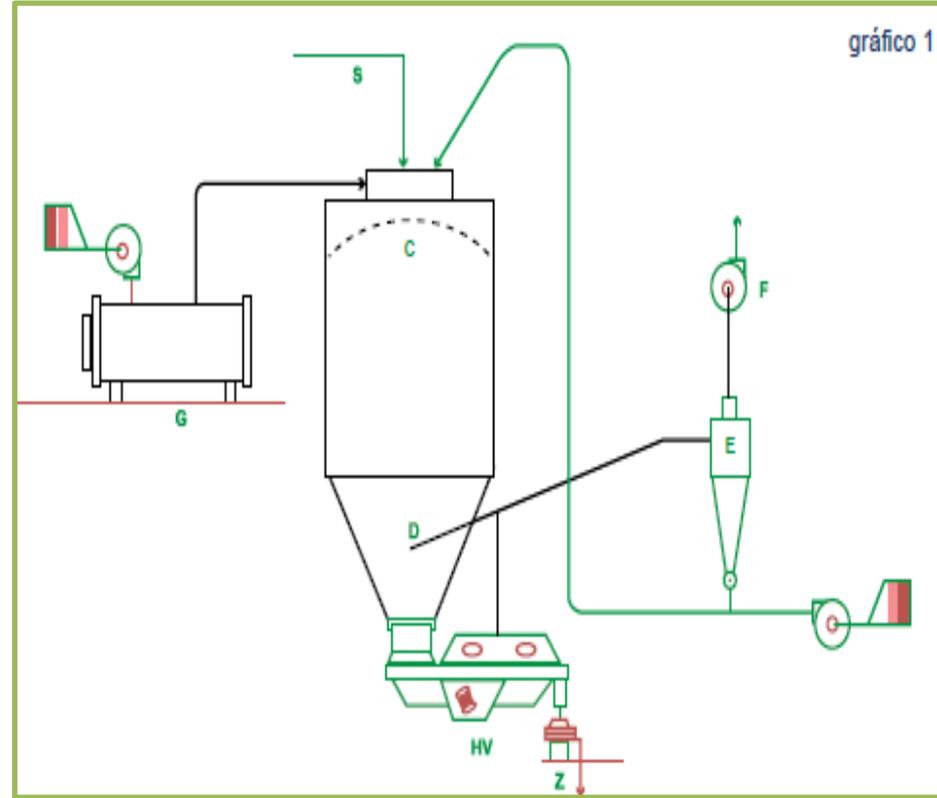
Como consecuencia de la rápida evaporación, las partículas de los sólidos contenidos en la solución se secan a baja temperatura, a pesar de que el aire caliente ingresa a temperaturas del orden de 160 a 250°C, según el producto a procesar.

Elementos sensibles al calor, como los sólidos contenidos en la leche, extractos vegetales, proteínas, colorantes, conservantes, etc. Consiguen secarse sin que su temperatura supere 50°C a 60°C y en un período muy corto (15 a 30 seg).

Los sólidos continúan su secado a lo largo de la cámara, arrastrados por el aire que se dirige al conducto por donde sale, hacia el ciclón; desde allí (aspirado por el ventilador F) es descargado a la atmósfera.

En cuanto al polvo producido se divide en dos corrientes:

A) Las partículas más gruesas y pesadas, ya con un proceso avanzado de secado, caen a un secadero de lecho fluido vibrante (Hv), donde alcanzan su humedad final. La salida del lecho Hv es el final del proceso donde se recoge el polvo luego de pasar por una zaranda (Z).

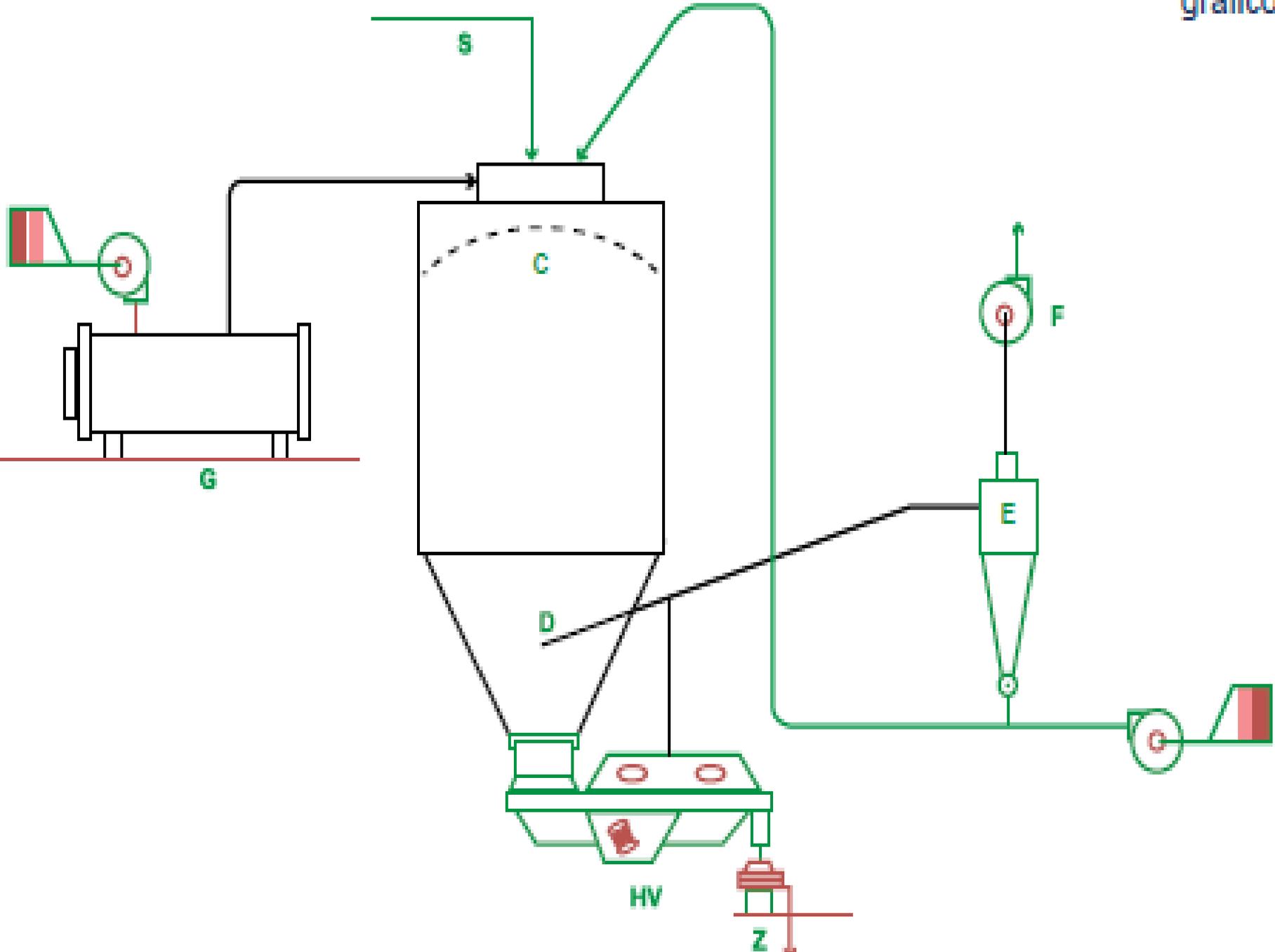


B) El polvo más fino es arrastrado por el aire en su camino al ciclón, que por acción centrífuga debida al ingreso de aire, se separa del mismo. El polvo fino cae al fondo del ciclón donde un dispositivo permite que lo tome una corriente de aire y lo reinyecte a la cámara para su rehumectado y aumentado de su tamaño, ya que el polvo de descarga del ciclón es demasiado fino y esto perjudica algunas de sus cualidades tales como la dispersabilidad.

Tal como se ha descrito, en este tipo de cámara, el secado se produce en 2 etapas.

La primera en la cámara propiamente dicha y la segunda en el lecho fluido (Hv) que recoge el polvo que sale de la cámara. Este lecho fluído recibe una corriente de aire caliente que tiene 2 funciones,: producir la fluidización de polvo y terminar el secado. (2º etapa)

gráfico 1



El secado en la cámara incluye la etapa de secado a velocidad y temperatura constantes próxima al bulbo húmedo del aire, y gran parte del período de secado de velocidad decreciente (o por difusión) lo que hace necesario el mantenimiento de altas temperaturas de salida en el aire secante.

Como se verá al tratar la cámara de 3 etapas, esta salida de aire a alta temperatura es una de las diferencias que disminuyen el consumo energético, ya que en la de 3 etapas la temperatura de salida de aire es menor.

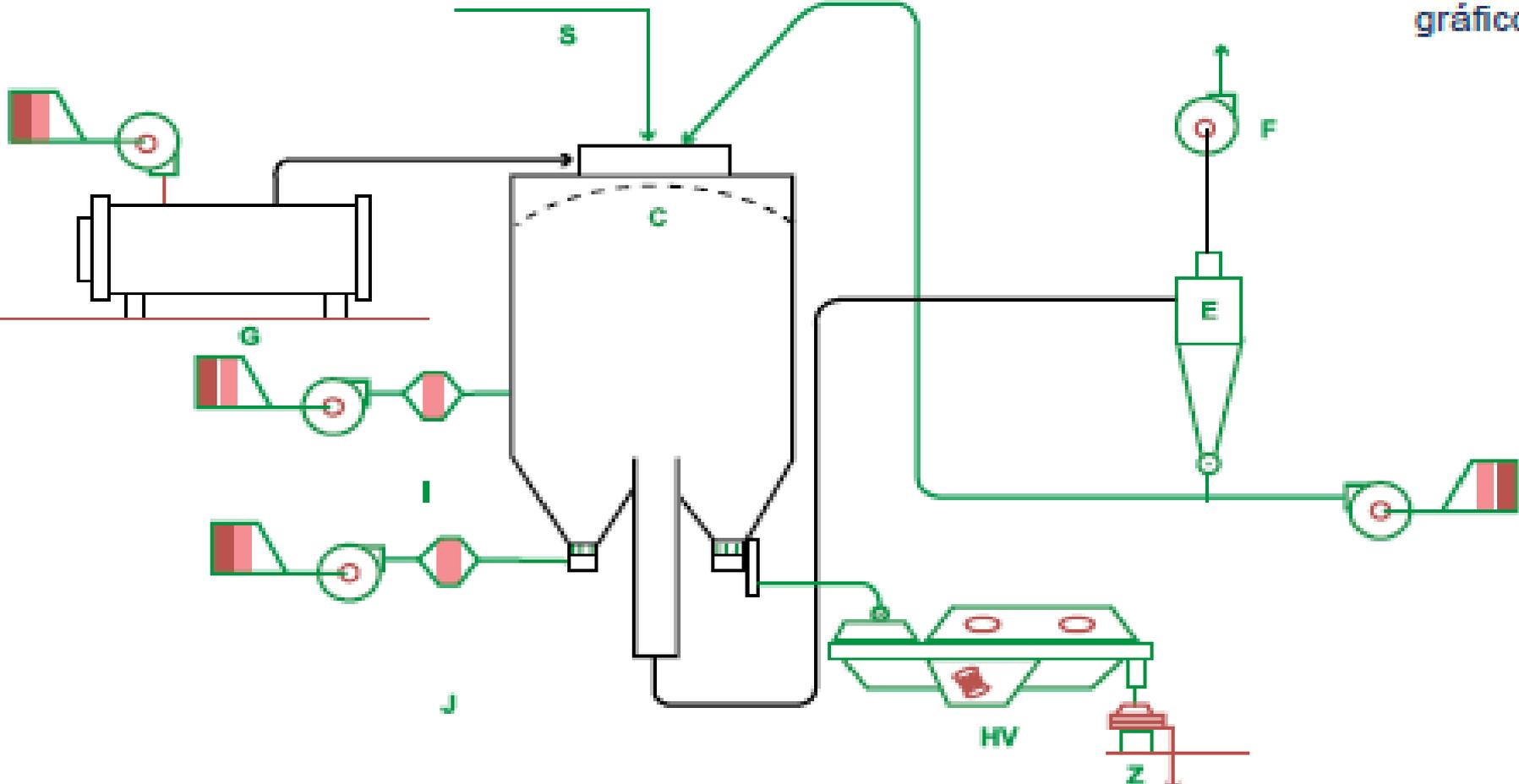


gráfico 2

La configuración general de una planta spray de 3 etapas es similar a la de 2 etapas en lo que se refiera a:

- Generación de aire caliente (G)
- Ingreso del aire caliente a la cámara
- Ingreso del líquido a ser secado a través del atomizador.

La diferencia fundamental es la existencia de un lecho fluído estático (K) en el interior de la cámara, donde cae el polvo proveniente de la 1º etapa de secado con una humedad alta.

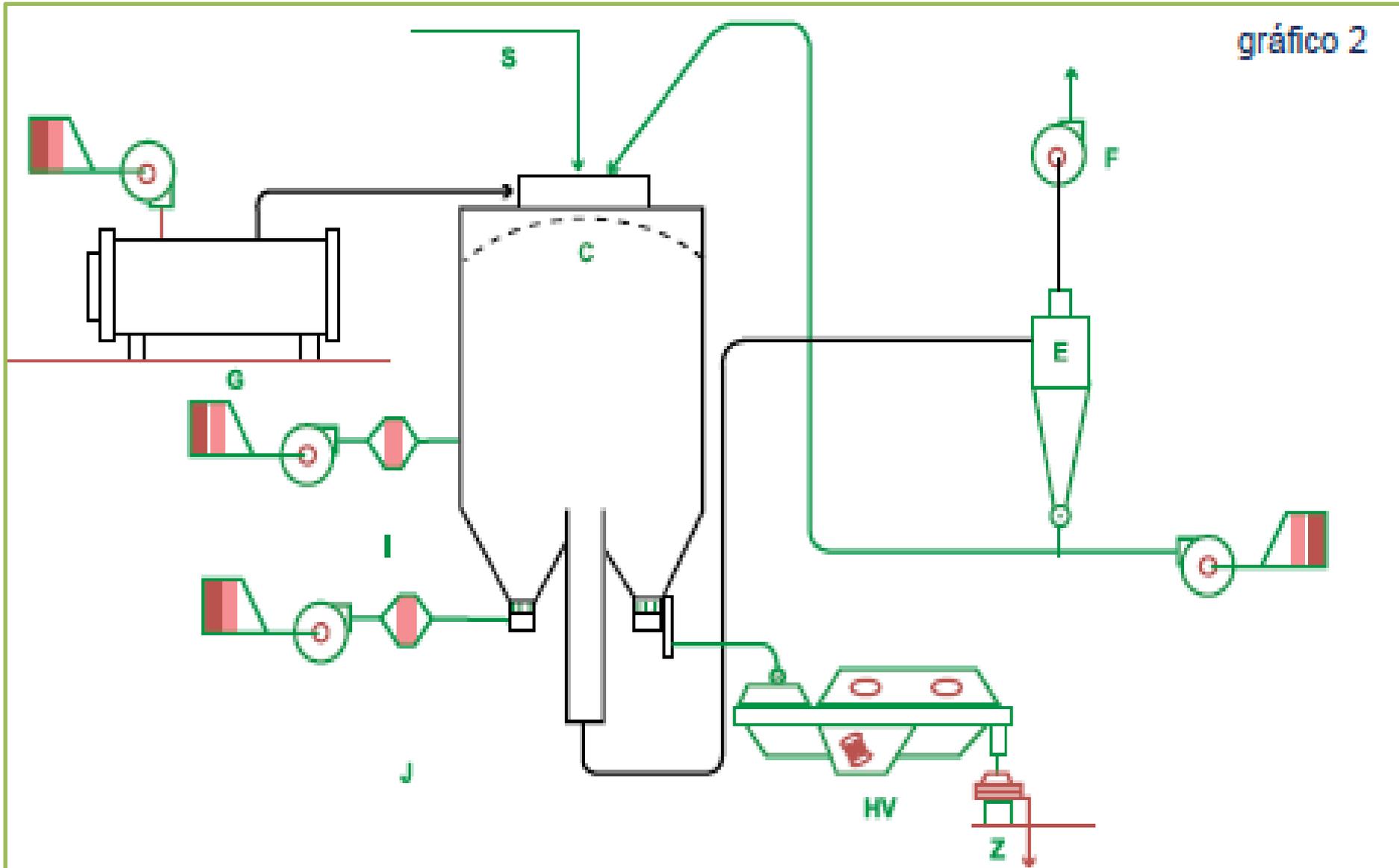
Hasta ese momento, sólo se ha evaporado la humedad superficial en un lapso muy corto del orden de los 20 segundos, en el que la temperatura de secado es constante y próxima a la temperatura de bulbo húmedo del aire, la que es relativamente baja (aproximadamente 40°C).

La segunda etapa de secado consiste en la inyección de aire caliente a la cámara a la altura donde finaliza la primera etapa (I). En el lecho fluído estático se produce la evaporación de la humedad ligada que requiere períodos de tiempo más largo, el polvo húmedo fluidizado se aglomera mientras va perdiendo humedad.

En la tercera etapa, el polvo termina su secado en un lecho expandido, y es enfriado hasta la temperatura de envasamiento.

Con la combinación de estas 3 etapas, se logra dividir el secado en dos sistemas que son específicamente adecuados para la humedad de la partícula en cada momento. La humedad superficial se elimina durante el recorrido del polvo a lo largo de la cámara y la humedad ligada ó interna es eliminada mientras el polvo permanece en el lecho fluído estático.

La fluidización del lecho estático la produce una corriente de aire caliente en el intercambiador (J). Esta corriente ingresa al lecho a través de una placa perforada de diseño especial. Completado el secado el polvo puede ser enfriado por medio de un lecho fluidizado vibrante (Hv).



IMPORTANCIA DE LA LECHE: Fuente de calcio

El requerimiento de calcio varía a lo largo de nuestra vida según las necesidades que tiene el organismo. La masa ósea máxima se alcanza recién en la tercera década de vida, en función de ello es muy importante cubrir con los requerimientos de calcio, proteínas y Vitamina D.

En este sentido, en los adultos la leche juega un rol necesario en el mantenimiento de una buena salud y la prevención de ciertas enfermedades tales como la osteoporosis, la enfermedad cardiovascular, entre otras. Asimismo, un adecuado consumo de leche estaría asociado con la reducción de la incidencia de padecer ciertas enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares y diabetes de tipo 2.

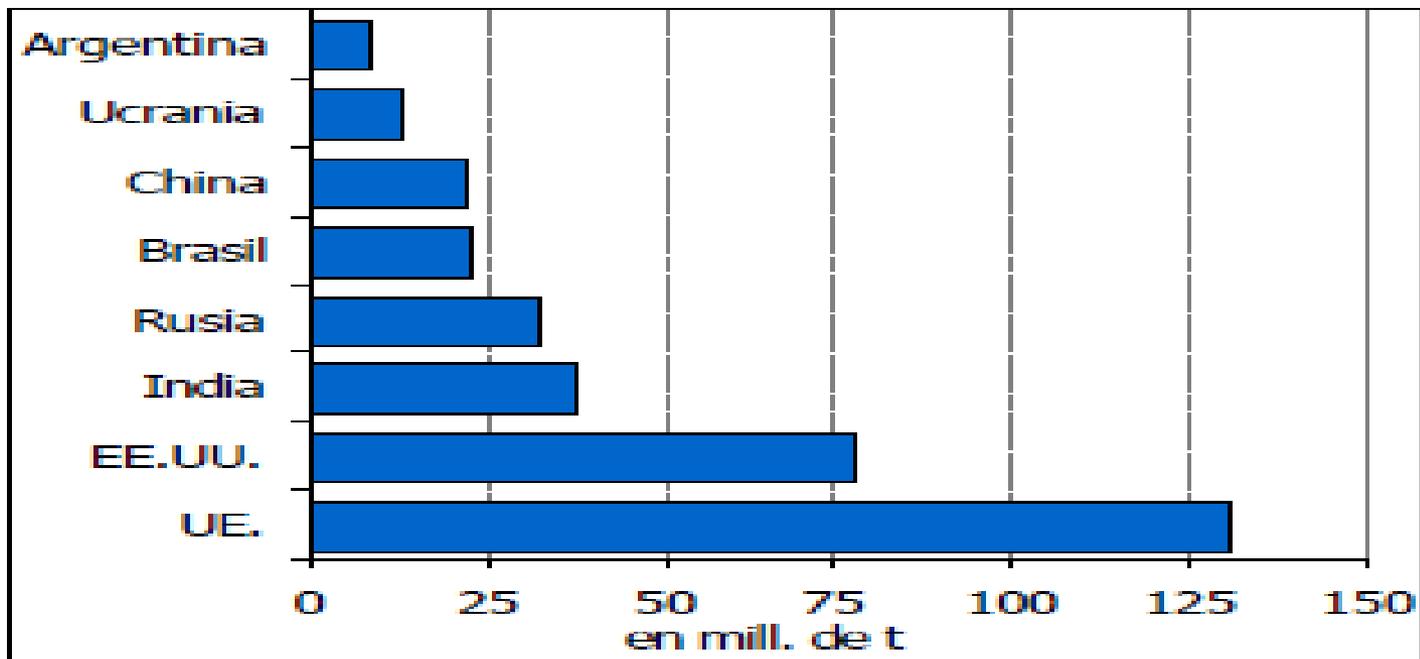
Por otro lado, el consumo de lácteos durante el embarazo y la lactancia son indispensables ya que la leche aporta no solo calcio, sino otros nutrientes que colaboran en el desarrollo, crecimiento y alimentación normal del feto y recién nacido.

TRATAMIENTOS QUE SE LES REALIZA A LAS LECHES:

- **Leche pasteurizada** la cual es sometida a un proceso de calentamiento (72°C durante 15 segundos) que permite eliminar microorganismos patógenos.
- **Leche esterilizada**, una vez envasada es sometida a un proceso de calentamiento intenso y prolongado (120°C durante 20 minutos) con el fin de eliminar una mayor cantidad de microorganismos patógenos. Estas temperaturas provocan cierta pérdida de nutrientes. La ventaja es que no es necesario conservar en la heladera mientras está cerrada.
- **Leche Ultra Alta Temperatura (UAT o UHT)** se la somete a temperaturas más altas pero en tiempos más cortos (130°C y 150°C, durante 2 a 4 segundos). Este proceso logra eliminar patógenos aunque mantiene los nutrientes y su sabor.
- **Leche en polvo** es el producto que se obtiene por deshidratación de la leche entera, descremada o parcialmente descremada.
- **Leche condensada**, se obtiene por deshidratación parcial de la leche (entera, descremada o semidescremada) pasteurizada, adicionada con edulcorantes nutritivos.

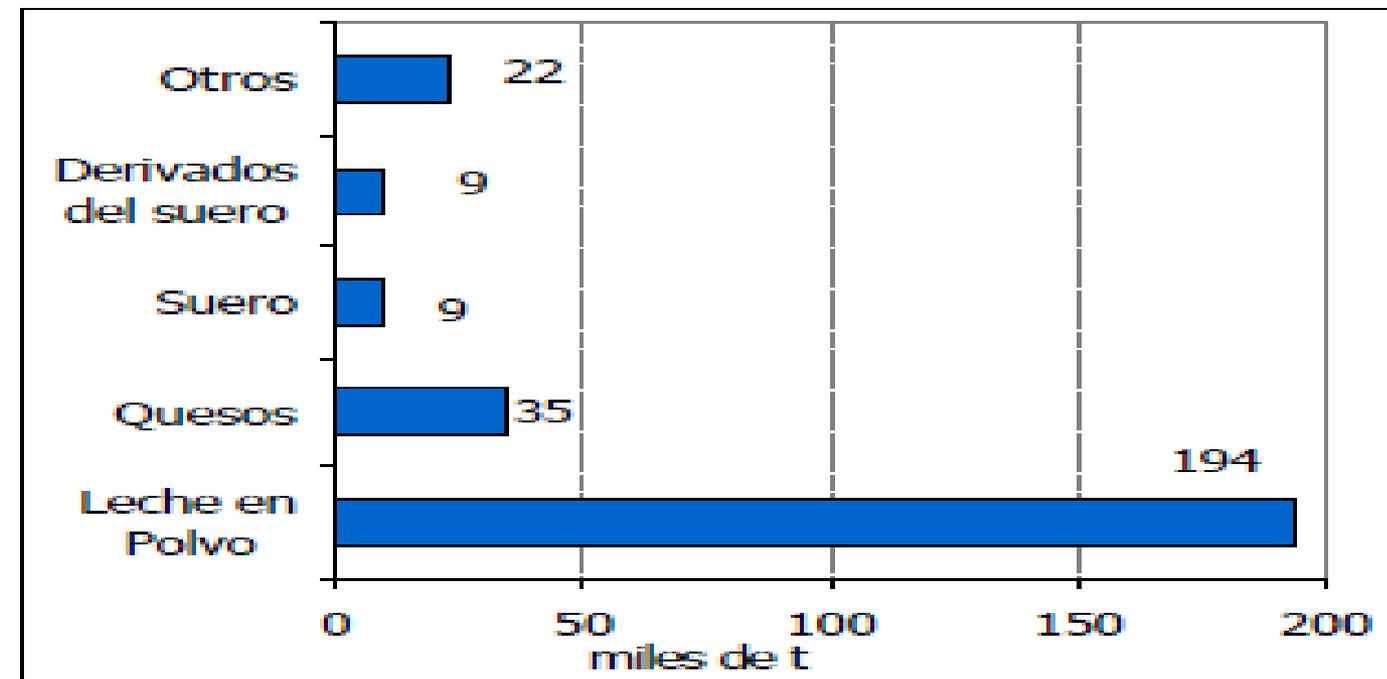
Producción de leche cruda

(en millones de toneladas, según países)

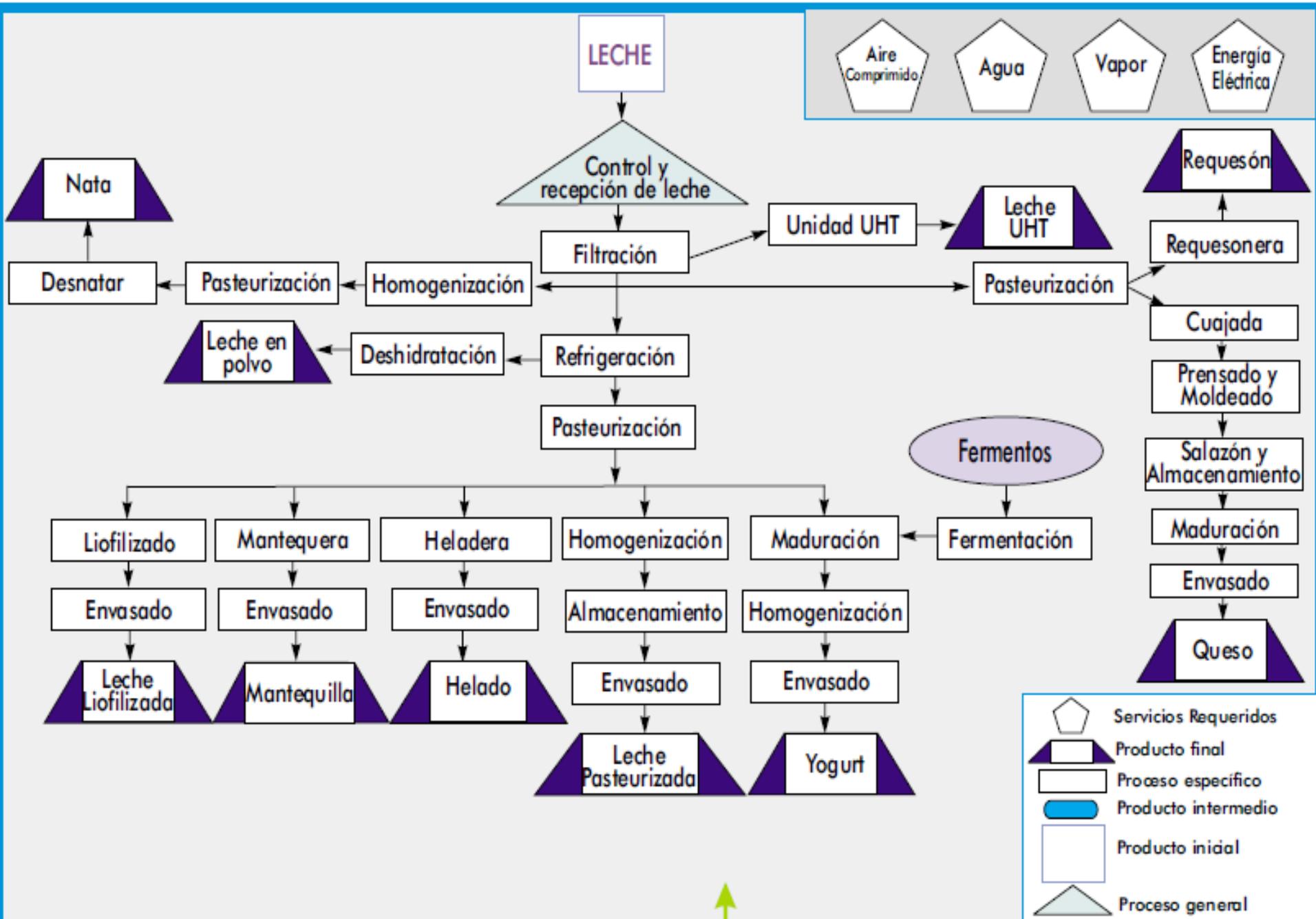


Exportaciones leche

(en miles de toneladas, de Argentina)



Esquema del Flujo de tratamiento de la leche (mínimo indispensable) según FAO



TIPOS DE LECHE SEGÚN EL APORTE DE NUTRIENTES:

- **ENTERA:** contiene la totalidad de su materia grasa (3 g de grasas/100 g de producto).
- **SEMIDESCREMADA:** se le extrae parte de la grasa (1,5 g de grasas/100 g de producto).
- **DESCREMADA:** se le quita toda la grasa.
- **FORTIFICADA:** se le adicionan nutrientes, en general vitaminas y minerales.
- **ENRIQUECIDA:** se le adicionan vitaminas y minerales pero a través de una Ley que resulta obligatoria para todas las leches.
 - ✓ **Por ejemplo,** el agregado de hierro, zinc y vitaminas C en las leches enteras en polvo, distribuidas a niños y mujeres embarazadas en el marco de los programas implementados por el Gobierno Nacional (Ley 25.459).
- **Además,** en el mercado actualmente existen leches con agregados de otros ingredientes, tales como fibra, omega 3, etc.

DERIVADOS

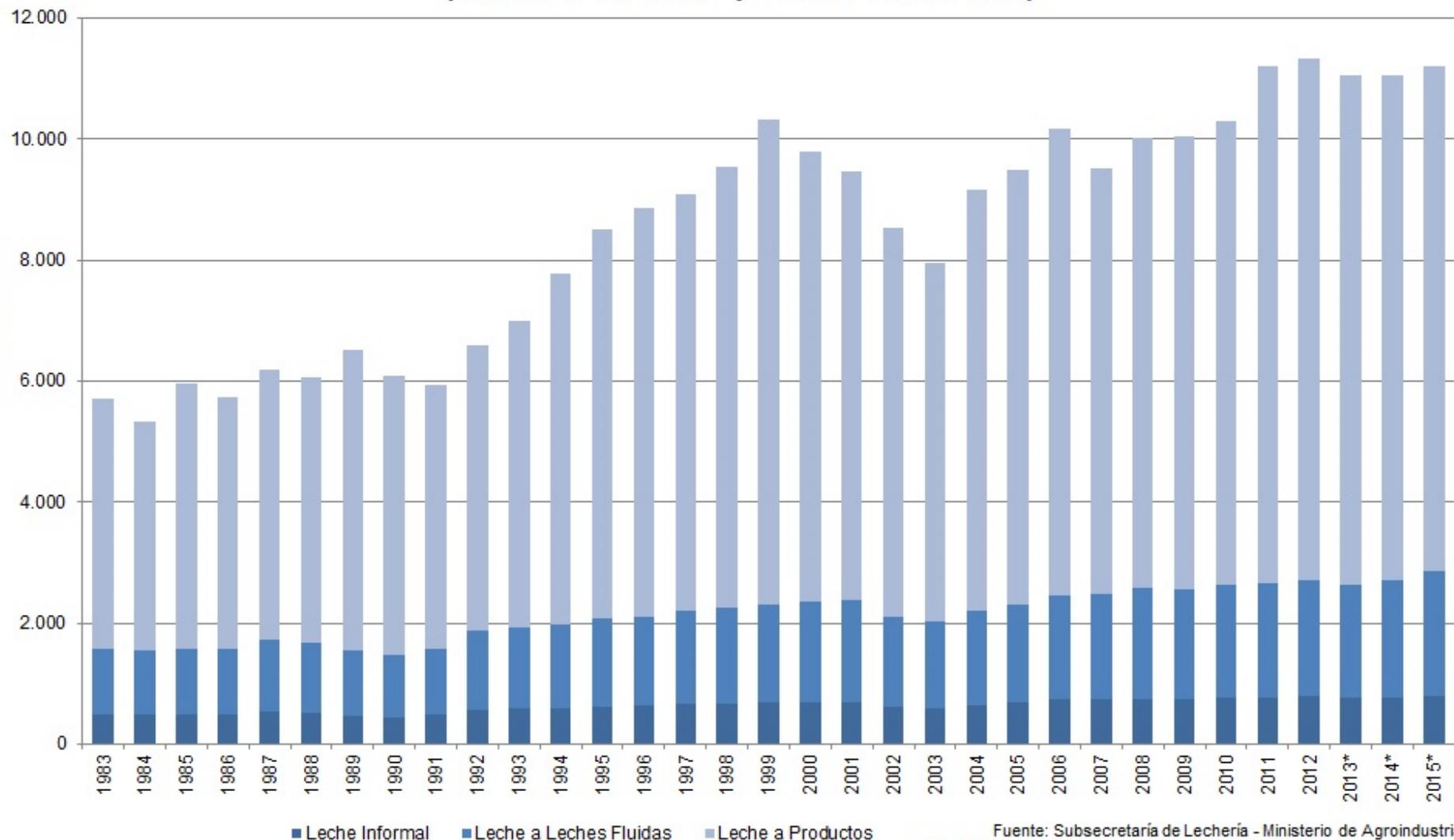
La leche se utiliza en diversos alimentos. De esta forma, aquellas personas que no están habituadas a su consumo pueden incorporar parte de sus nutrientes a través de otros productos:

- **Yogur**, es leche entera a la que se le agregan determinados microorganismos que actúan formando un coagulo sumamente fino, sin provocar la separación del suero. El sabor ácido proviene del ácido láctico formado por los microorganismos que actúan sobre la lactosa de la leche. Actualmente, se han desarrollado infinidad de yogures con distintas características, como por ejemplo: firme, cremoso, con agregado de frutas o cereales, entre otros.
- **Quesos** con diferente tipo de maduración, como quesos untables, de pasta semiblanda, y los de pasta dura. Cuanto mas maduración tiene un queso mayor es la concentración de calcio, pero mayor concentración de sodio.
- **Postres lácteos**, estos productos han cobrado relevancia en los últimos tiempos, presentándose gran cantidad en el mercado con diferentes consistencias, sabores y presentaciones. En general se los suele encontrar en la misma góndola que los yogures.

CONCLUSIONES:

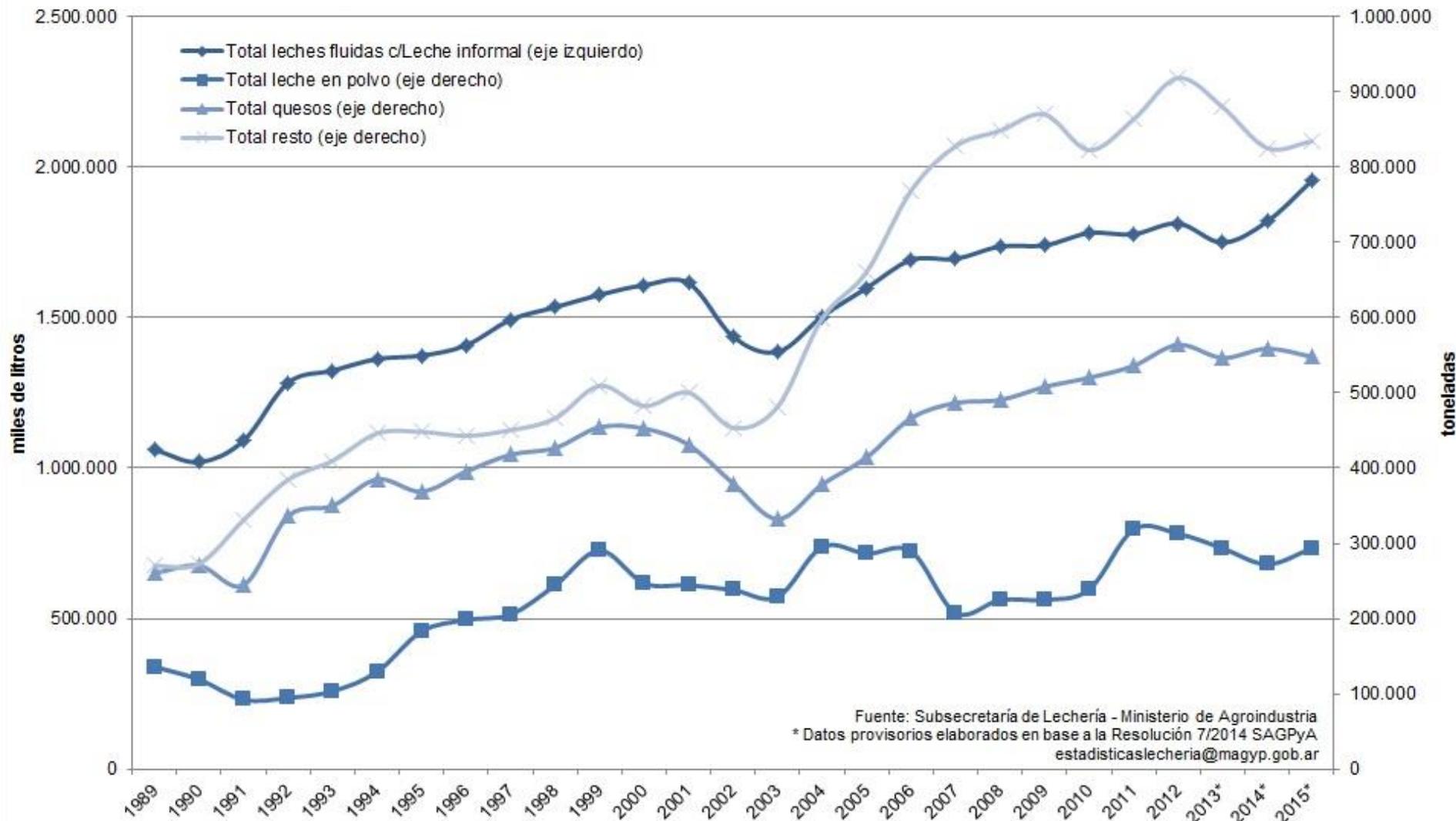
- Los productos lácteos deben estar presentes diariamente en nuestra alimentación.
- Los lácteos son una buena fuente de calcio; así como también de diferentes nutrientes como proteínas, ácido fólico, entre otras.
- Tanto en adolescentes como adultos se recomienda consumir 4 vasos de leche por día o reemplazarlos por los derivados: quesos y/o yogures.
- Se puede incorporar la leche en diferentes comidas como: salsas, postres, panificados, etc.
- Mantener la cadena de frío es importante. Los lácteos que están refrigerados deben ser conservados a una temperatura no superior a 5°C (temperatura de heladera: 0° y 5° C). Una vez abiertos, verificar en el rótulo la recomendación de consumo, por ejemplo para la leche suele ser 3 días.
- La leche larga vida puede conservarse fuera de la heladera, pero una vez abierta deberá almacenarse en heladera por igual período de tiempo que las leches refrigeradas.
- Los diferentes tratamientos térmicos que se le realizan a la leche buscan eliminar microorganismos patógenos.
- Todos tienen el mismo fin.
- Lo ideal es mantener la lactancia materna exclusiva hasta los 6 meses, incluso hoy se recomienda continuarla hasta los 2 años junto a la alimentación complementaria.

Destino de la producción nacional (millones de litros por año 1983-2015)



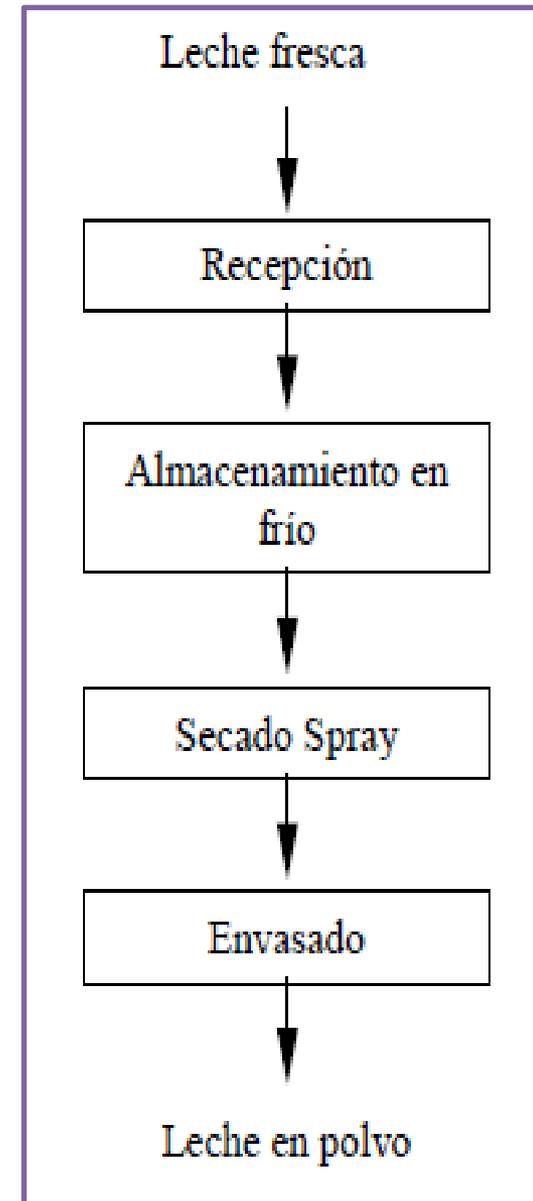
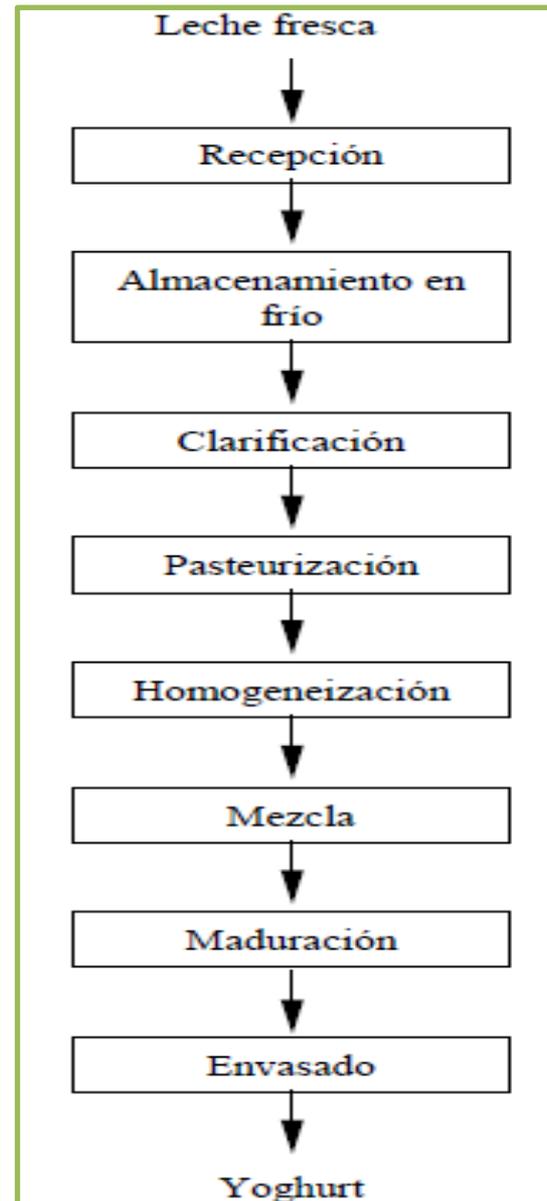
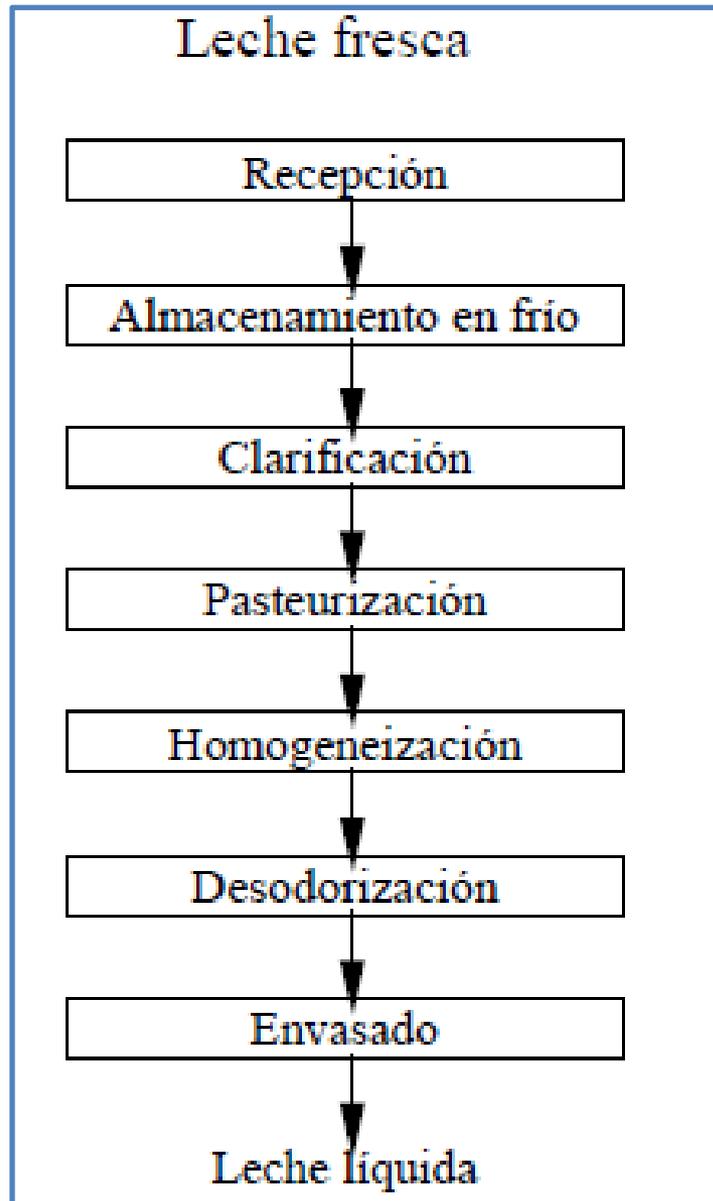
Fuente: Subsecretaría de Lechería - Ministerio de Agroindustria
* Datos provisorios elaborados en base a la Resolución 7/2014 SAGPyA
estadisticaslecheria@magyp.gob.ar

Elaboración de productos lácteos (miles de litros y toneladas por año 1989-2015)



PROCESOS DE PRODUCCIÓN

A continuación, se presenta los diagramas de flujo de algunos de los más relevantes procesos productivos en la industria láctea:



Leche fresca



Recepción



Almacenamiento en
frío



Clarificación



Pasteurización



Homogeneización



Coagulación



Moldeo y prensado



Maduración y
envasado



Queso

Leche fresca



Recepción



Almacenamiento en
frío



Clarificación



Pasteurización



Batido



Lavado



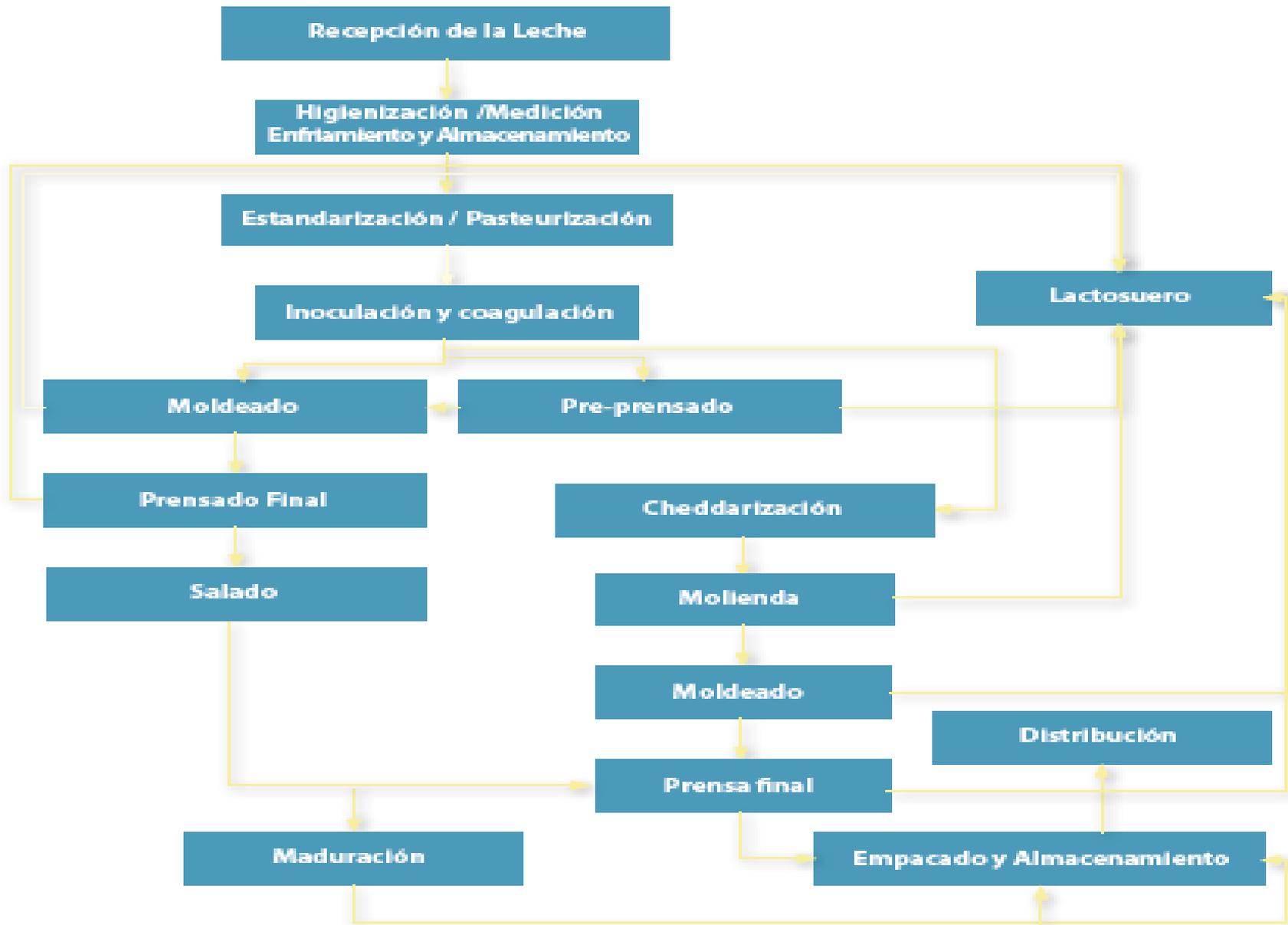
Amasado y envasado



Manteca

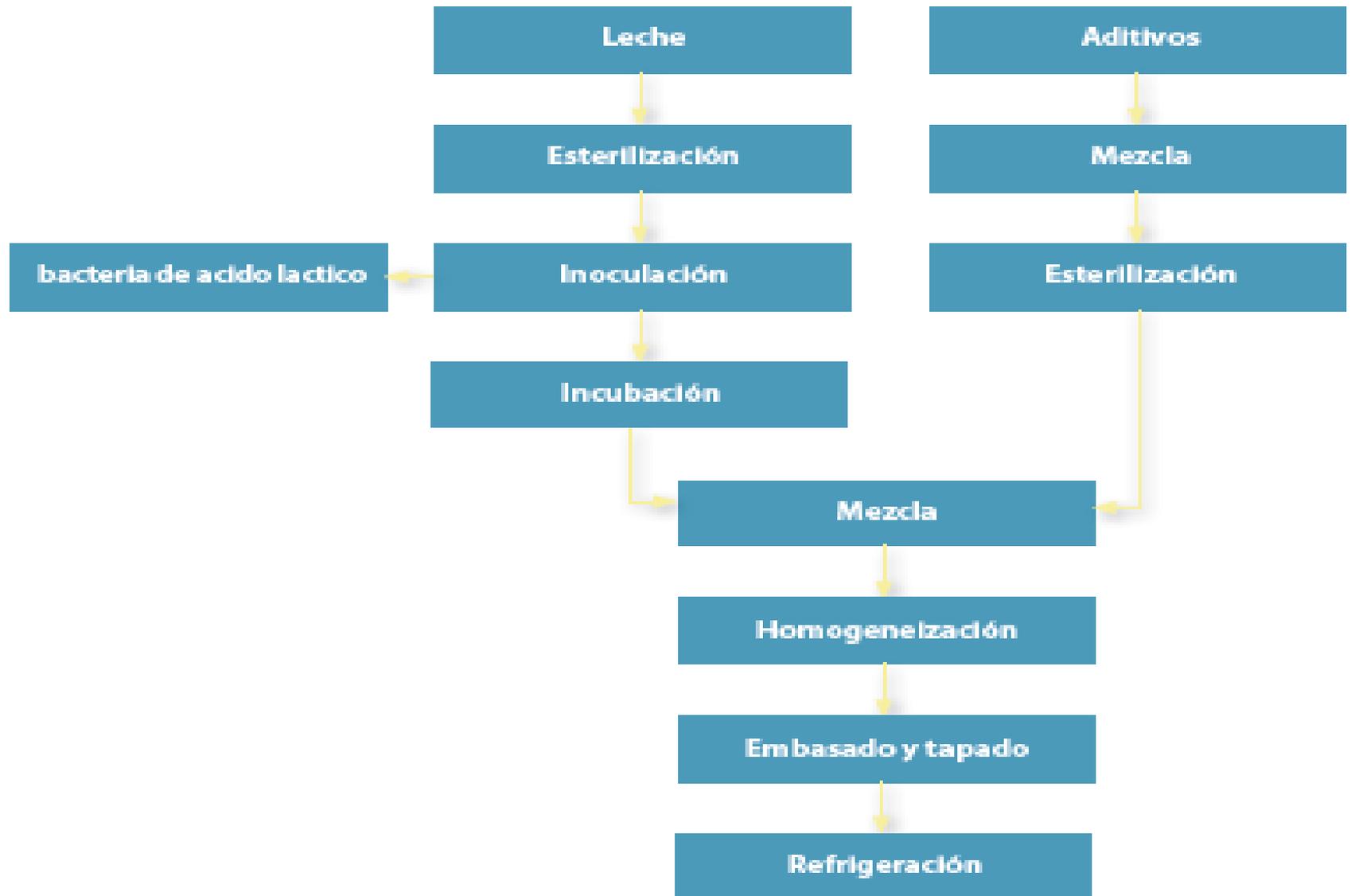
Proceso de producción de Queso

Figura 1. Flujo de procesamiento de queso



Proceso de producción de yogurt

Figura 3. Flujograma de procesamiento de yogurt



TANQUES DE REFRIGERACIÓN

Equipo que permite mantener fría la leche, hasta su uso final, construido en acero inoxidable; tanque horizontal de 3,500 lts y tanque vertical de 1,000 lts ambos con agitador a 20 rpm



MARMITAS:

Equipo que permite efectuar diversas operaciones tales como pasteurización de la leche, cuaje para queso y maduración del yogurt . Esta construida en acero inoxidable, es una unidad compacta con tapa; posee una capacidad de aproximadamente 200 lts. Motor trifásico, reductor. Tiene agitador a 30 RPM con raspadoras de resina de alta resistencia, es volcable con manija; tiene cámara doble para aceite o agua. El sistema de calentamiento puede ser a gas o vapor.



Equipo que permite efectuar operaciones tales como pasteurización de la leche, cuaje para queso y maduración del yogurt. Esta construida en acero inoxidable, es una unidad compacta con tapa; posee una capacidades distintas según modelos; tiene controles con pirómetro; el agitador tiene 4 paletas y motor de 1HP.



TINAS QUESERAS:

Equipo que permite efectuar diversas operaciones tales como pasteurización de la leche, cuaje para queso y maduración del yogurt.

Esta construida en acero inoxidable, es una unidad compacta con tapa; posee una capacidad de 100 litros y cuenta con dos hornillas de gas propano, contiene una chaqueta de aceite o agua, 4 patas reforzadas, no contiene paleta.



MOLDE DE QUESO:

Moldes de quesos, contruidos en acero inoxidable, se utiliza para moldear los quesos de diferentes pesos, se medio, uno y cinco kilos.



PRENSA PARA QUESO:

Prensa para queso andino, contruidos en acero inoxidable, se utiliza para realizar el prensado vertical de los quesos en molde.

Tiene una capacidad de 18 kg por batch, contiene una palanca y un sinfín de 2", el eje del sinfín es cromado, posee una mesa inoxidable y un colector de suero, se puede prensar 6 moldes por piso.

Equipo utilizado para el Prensado del cuajo de leche para rebajar proporcionalmente el nivel de suero. Construido en acero inoxidable y plásticos de ingeniería. Prensa de posicionamiento horizontal.

Accionamiento mecánico por medio de tornillos laterales que ejerce un cuadro de presión progresiva de acuerdo a su requerimiento, Plataforma para asentar los moldes, Barras laterales fijar los moldes de forma uniforme, Construcción con estructura rígida, Modelo práctico para prensado de 30 moldes, Sistema completo de drenaje de suero con terminales para manguera, Mangueras sanitarias de liberación de sueros. Practicidad de limpieza, Acabado sanitario y Capacidad para 30 quesos.



Prensa para queso , construida en acero inoxidable, se utiliza para realizar el prensado horizontal de los quesos en molde Tiene una capacidad de 30 moldes a más, contiene una bandeja para el suero, también en acero inoxidable.



DESCREMADORA TINA:

Máquina que retira la crema de la leche. Permite retirar la crema en forma rápida y efectiva.

Material del recipiente en acero inoxidable .



MANTEQUILLERA :

Equipo que permite ELABORAR MANTECA, construida en acero inoxidable, es una unidad compacta con tapa; posee una capacidad de 30 litros y produce 12 litros de crema; cuenta con motor de ½ HP.



ENVASADORA AL VACIO:

Máquina compacta que envasa al vacío diversos productos tales como productos alimenticios, pescados carnes y otros. La bomba de vacío extrae 8 m³ por hora. Tiene controles electrónicos y tapa transparente; el sellado es frontal hasta una dimensión de 22 cm. Construido totalmente en acero inoxidable.