

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA  
PLANTA DE PASTERIZACIÓN

Autor: Sergio CASTILLO NIÑO

Fecha: Septiembre 2006





PROYECTO: Diseño de la instalación de una planta de pasteurización.

El objeto de este proyecto será el diseño de una planta que cubra las necesidades de producción actuales y futuras de la empresa y que sustituya a la ubicada en la actualidad. Para ello, se llevará a cabo el diseño de una planta de pasteurización con un caudal de producción de 6 m<sup>3</sup>/hora trabajando durante 5 horas al día y 3 días a la semana.

Para entender dicho funcionamiento se ha dedicado un anexo del proyecto a la descripción de una central lechera, incluyendo las diferentes operaciones que se llevan a cabo desde la recepción de la materia prima (leche de vaca) hasta el proceso de pasteurización.

En primer lugar, se ha determinado el tipo de intercambiador de calor necesario para llevar a cabo la operación denominada pasteurización. La selección del intercambiador se hizo en base a una serie de necesidades del proceso como: tipo de material, limpiezas mecánicas frecuentes, necesidad de inspecciones para evitar contaminaciones microbiológicas...Una vez determinado, se ha tomado un intercambiador de placas del mercado que satisfaga las necesidades del proceso como: caudal de trabajo, presión, temperaturas, material de construcción, etc. De ahora en adelante se denominará al intercambiador de placas, pasteurizador, por la operación llevada a cabo en su interior.

Para este pasteurizador existen dos tipos de placas con diferentes ángulos de inclinación de los canales interiores. Por esta razón, se ha realizado un estudio de la placa y el ángulo de placa óptimos.

Después, se ha llevado a cabo el dimensionado térmico de las diferentes secciones del pasteurizador para determinar el número de placas necesarias y las caídas de presión en cada sección. Una vez determinado el número de placas se ha detallado la secuencia

de montaje, según el tipo de perforación de la placa, para obtener el número de pasos necesarios en cada sección.

También, se han dimensionado las tuberías para soportar las presiones internas alcanzadas con el bombeo de los fluidos. A continuación se han calculado las pérdidas de carga del fluido a su paso por los tramos de tuberías y accesorios de la planta como: válvulas, codos, tes, etc. Dichas pérdidas sirven para determinar las potencias y presiones de descarga de las bombas. Y finalmente, se han tomado modelos de bomba en el mercado que satisfacen dichas necesidades.

La planta cuenta con dos depósitos de diferentes capacidades nominales: 33 y 100 m<sup>3</sup> respectivamente. El primero de ellos, tiene como objetivo la regulación del caudal de nata procedente del desnatado de la leche y el segundo, almacenar la nata pasteurizada en el plazo de una semana. Ambos depósitos se han dimensionado según normas ASME (American Society of Mechanical Engineers) en su sección VIII para recipientes a presión. Para el dimensionado de dichos depósitos se han determinado parámetros como: diámetro, altura, espesores en fondos y envolvente, espesor de tubuladura, altura de pestaña, etc.

Otra de las cuestiones importantes de este proyecto es la conservación de la nata en el depósito de almacenamiento a una temperatura no superior a los 6° C. Este es uno de los requisitos importantes para que el producto pasteurizado se conserve. Por este motivo, el depósito 2 está provisto de un sistema de encamisado con agua fría a 4° C y cuyo objetivo es la refrigeración de la nata pasteurizada. Del mismo modo que para los depósitos, se ha llevado a cabo el dimensionado de la camisa. Además, se ha realizado un balance energético a dicho encamisado para confirmar que el caudal de refrigeración impuesto es capaz de mantener la temperatura de la nata por debajo de los 6° C.

Para el control automático de la planta se ha seleccionado la instrumentación necesaria en los distintos lazos de control automático que registrarán el proceso. De esta manera, el proceso estará controlado en todo momento por el control automático y por el personal de la planta.

También han sido incluidos en la memoria los estudios de seguridad y salud laboral, cuyos objetivos son evaluar e informar de los aspectos relacionados con el trabajo y la organización del personal. Incluyen apartados donde se informa de los riesgos y posibles accidentes labores, así como del modo de trabajo para disminuir su aparición.

El documento IV contiene el presupuesto general de montaje y funcionamiento de la planta y el documento III, los aspectos legales vinculados tanto a la ejecución de las obras como al funcionamiento posterior de la planta.

Se puede concluir que con el diseño de la instalación se cumplen los objetivos marcados en un principio: caudal de producción y conservación del producto en el plazo de una semana.

# *ÍNDICE DE DOCUMENTOS*

## ❖ DOCUMENTO I:

### MEMORIA Y ANEXOS

#### □ Memoria

#### □ Anexos:

- Anexo I: Descripción de una Central Lechera
- Anexo II: Norma General de Calidad para la Nata
- Anexo III: Criterio de Selección del Intercambiador
- Anexo IV: Selección de la Placa Óptima del Pasterizador
- Anexo V: Dimensionado Térmico del Pasterizador
- Anexo VI: Caída de Presión del Pasterizador
- Anexo VII: Configuración Óptima de las Placas
- Anexo VIII: Dimensionado de Tuberías
- Anexo IX: Dimensionado de Bombas
- Anexo X: Dimensionado de Depósitos
- Anexo XI: Tablas

## ❖ DOCUMENTO II: PLANOS

## ❖ DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

## ❖ DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

## ❖ DOCUMENTO V: ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA

DOCUMENTO I

MEMORIA

ANEXOS

***MEMORIA***

# *ÍNDICE*

## *MEMORIA*

<u>CAP.</u>	<u>PÁGINA</u>
1. TÍTULO.....	1
2. UBICACIÓN.....	1
3. ANTECEDENTES.....	1
4. OBJETO DEL PROYECTO.....	1
5. MATERIA PRIMA.....	2
6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA.....	2
7. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA.....	6
7.1. PASTERIZADOR DE PLACAS.....	6
7.2. DEPÓSITO 1.....	13
7.3. DEPÓSITO 2.....	14
7.4. BOMBAS.....	15
7.5. INSTRUMENTACIÓN.....	16
8. PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA NATA.....	21
9. BIBLIOGRAFÍA.....	21

1. TÍTULO:

-“Diseño de la Instalación de una Planta de Pasterización”.

2. UBICACIÓN:

-Dicha planta se ubicará en la empresa “PULEVA FOODS SL” con dirección Avda. Europa s/n (Jerez de la Frontera) (ver “Documento I-Anexos-Plano Situación”)

3. ANTECEDENTES:

-La empresa dispone actualmente en dicha ubicación de una pequeña planta de pasterización cuya producción no cubre las necesidades actuales de la empresa.

-La creciente demanda del mercado en leches desnatadas hace aumentar la producción de nata como subproducto de dicho desnatado. Pero la empresa no dispone de planta para la elaboración y envasado de dicha nata en la central lechera de Jerez de la Frontera. Por este motivo, la nata debe ser transportada semanalmente, mediante camiones cisternas, hasta la planta de Granada para su posterior elaboración.

-Además, la planta actual tiene una vida superior a los 25 años, lo que dificulta la obtención de piezas para el correcto mantenimiento de la planta.

4. OBJETO DEL PROYECTO:

-El objeto de este proyecto será el diseño de una planta que cubra las necesidades de producción actuales y futuras de la empresa y que sustituya a la ubicada en la actualidad. Para ello, se llevará a cabo el diseño de una planta de pasterización con un caudal de producción de 6 m<sup>3</sup>/hora y capacidad suficiente para almacenar y conservar la producción semanal a la espera de ser transportada mediante camiones cisternas hasta la planta de Granada. Se pasterizará nata durante 5 horas al día y 3 días a la semana.

## 5. MATERIA PRIMA

-La nata es un subproducto obtenido en la operación de desnatado de la leche (concretamente para este caso, leche de vaca) y cuya riqueza se mide por el porcentaje de grasa. Para este proyecto se utilizó nata al 40% de grasa, es decir, el 40% de la nata es grasa procedente de la leche y el resto, otros componentes de la leche como: proteínas, hidratos de carbono, sales minerales y sobre todo, agua.

-Desde la recepción de la leche en la central lechera, procedente de la granja, hasta su desnatado existen una serie de procesos para el acondicionamiento de la materia prima. (ver “Documento I-Anexos-Descripción de una Central Lechera”).

## 6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA

-En la industria alimentaria es necesaria la limpieza CIP (cleaning in place) de las conducciones y elementos en contacto con el alimento después de cada fase de producción. Por este motivo, en el diagrama de flujo de la planta se detallan ambas fases: pasterización y limpieza CIP.

-La limpieza CIP consiste en hacer circular por las conducciones una disolución alcalina que disuelva la materia orgánica de las paredes arrastrándola. Después se hace circular una disolución ácida para neutralizar los restos alcalinos que se hayan adherido a las paredes de las conducciones (ver “Documento V-Estudio de Seguridad y Salud Laboral-Procesos de Limpieza y Mantenimiento”). Las disoluciones ácida y básica proceden de depósitos separados que abastecen a toda la planta. Además, en cada fase (ácida o básica) la disolución se recircula de nuevo a su depósito original para ahorrar gastos y no verter directamente al alcantarillado. Cada mañana se toman muestras de los depósitos de ácido y base para evitar la dilución de las concentraciones tras el aporte de agua en la limpieza.

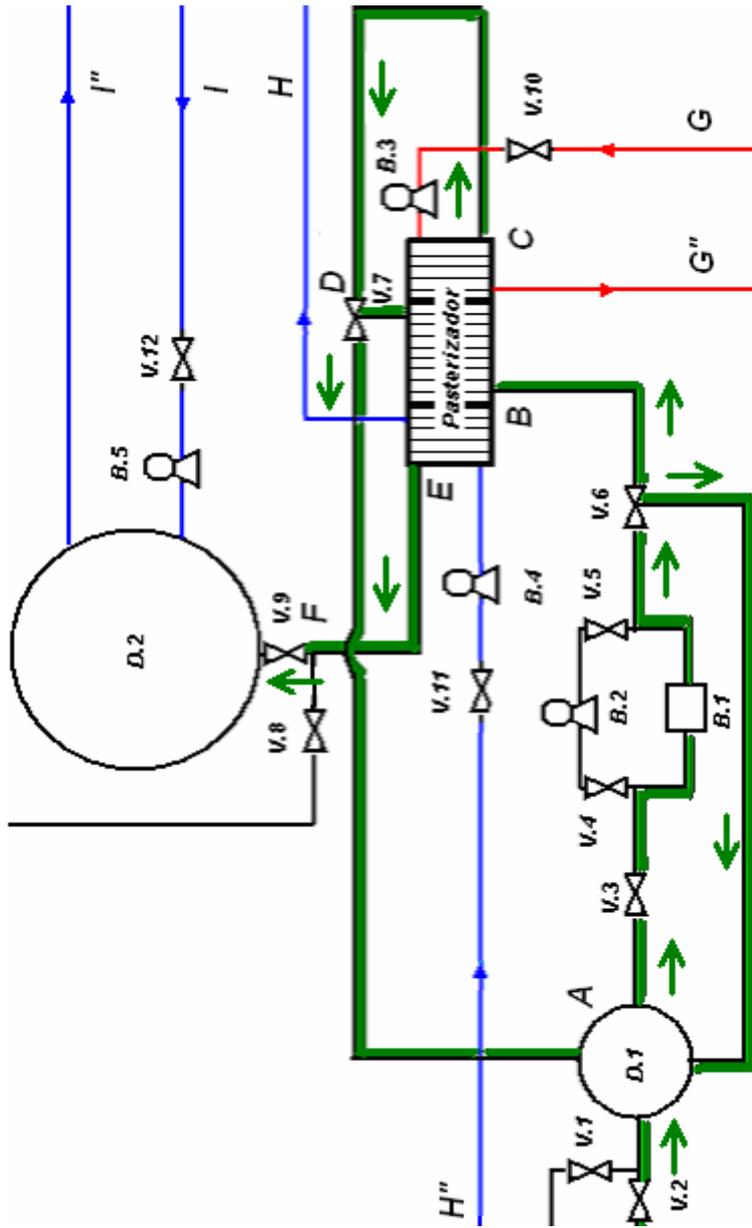
-El operario de la planta se encargará de llevar a cabo la limpieza de las conducciones al final de cada día de producción. El procedimiento será el siguiente:

### Procedimiento de Limpieza de la Planta

“Durante la pasterización las válvulas: V.1 ,V.4 ,V.5 y V.8 se mantienen cerradas evitando que la nata circule por la rama donde se ubica la bomba 2 (centrífuga) y haciéndola entrar en el depósito 2. Una vez terminada la pasterización el operario abrirá manualmente dichas válvulas y cerrará la válvula V.9. De este modo, se limpia la bomba 1 (desplazamiento positivo) y se evita que las disoluciones limpiadoras entren al depósito de almacenamiento de nata (D.2), recirculando de nuevo a los depósitos de donde proceden. Además, la válvula V.2 anti-retorno evita la inversión del flujo de disolución limpiadora hacia la tubería que abastece de nata la planta de pasterización.”

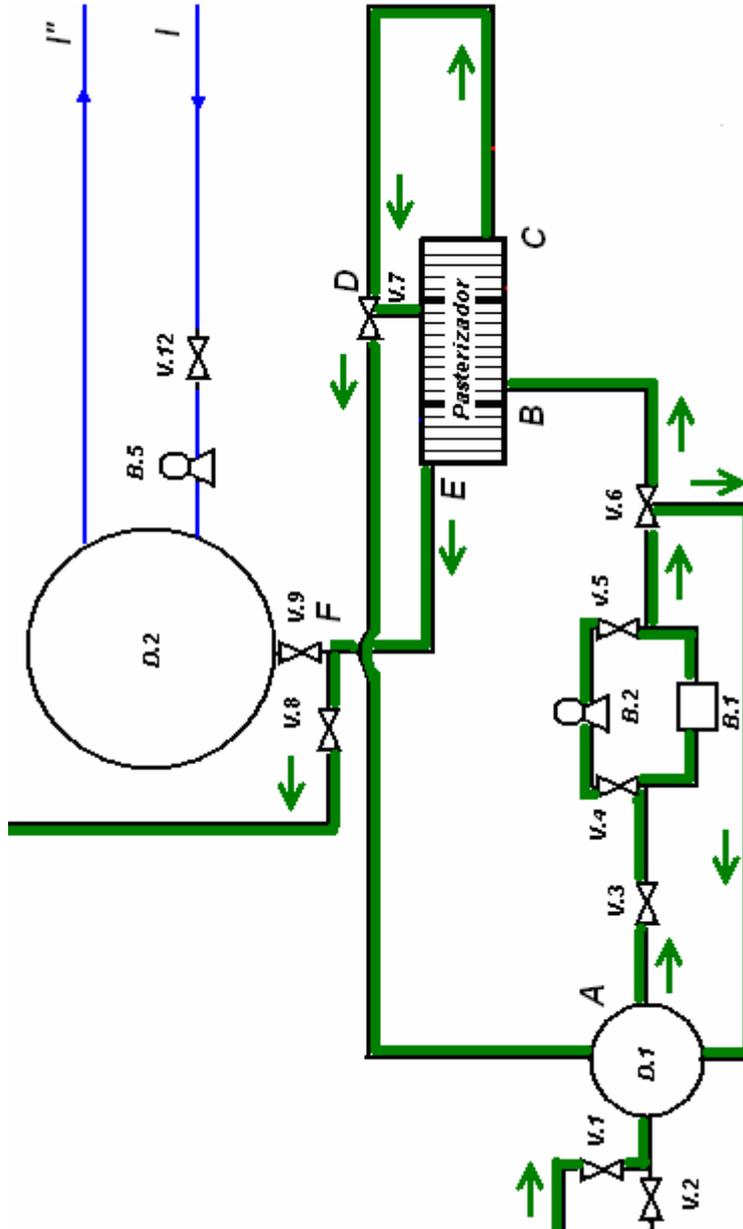
-A continuación aparecen los diagramas de flujo para ambas fases.

**FASE DE PASTERIZACIÓN**



- Flujo de Nata
- Flujo de Agua de Refrigeración
- Flujo de Agua de Calentamiento
- D.1 Depósito de Regulación de Caudal
- D.2 Depósito de Almacenamiento de Nata
- B.1 Boma de desplazamiento positivo Nata
- B.2 Boma centrífuga tratamiento Cip
- B.3 Boma centrífuga agua calentamiento
- B.4 Boma centrífuga agua refrigeración
- B.5 Boma centrífuga agua refrigeración Depósito 2
- V.1 Válvula manual de mariposa
- V.2 Válvula anti-retorno
- V.3 Válvula mariposa reguladora de caudal
- V.4 Válvula manual de mariposa
- V.5 Válvula manual de mariposa
- V.6 Válvula check reguladora de presión
- V.7 Válvula bola tres vías
- V.8 Válvula manual de mariposa
- V.9 Válvula manual de mariposa
- V.10 Válvula mariposa reguladora de caudal
- V.11 Válvula mariposa reguladora de caudal
- V.12 Válvula mariposa reguladora de caudal

**FASE DE LIMPIEZA CIP**



- Tratamiento CIP**
- Flujo de Agua de Refrigeración**
- D.1 Depósito de Regulación de Caudal
- D.2 Depósito de Almacenamiento de Nata
- B.1 Bomba desplazamiento positivo
- B.2 Bomba centrífuga tratamiento CIP
- B.5 Bomba centrífuga agua refrigeración Depósito 2
- V.1 Válvula manual de mariposa anti-retorno
- V.2 Válvula mariposa reguladora de caudal
- V.3 Válvula mariposa reguladora de caudal
- V.4 Válvula manual de mariposa
- V.5 Válvula manual de mariposa
- V.6 Válvula check reguladora de presión
- V.7 Válvula bola tres vías
- V.8 Válvula manual de mariposa
- V.9 Válvula manual de mariposa
- V.12 Válvula mariposa reguladora de caudal

## 7. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE LA PLANTA

### 7.1 PASTERIZADOR DE PLACAS

#### 7.1.1 FUNCIONAMIENTO

-El pasterizador es el equipo donde se lleva a cabo la operación de pasterización y consiste en un intercambiador de placas con tres secciones:

- a) – Sección de regeneración.
- b) – Sección de calentamiento.
- c) – Sección de enfriamiento.

-La alimentación de nata entra en la sección de regeneración donde se lleva a cabo un precalentamiento inicial con la nata que ya está abandonando el pasterizador. De esta forma, se consiguen dos objetivos: se precalienta la nata que entra al pasterizador y se preenfria la nata que lo está abandonando en ese mismo instante.

-Tras la sección de regeneración la nata entra en la sección de calentamiento donde se alcanza la temperatura de pasterización de la nata (90° C). Este calentamiento se consigue con agua caliente a una temperatura de 95 ° C cuya procedencia es de otra unidad de la planta. A su vez, esta agua caliente se ha obtenido por enfriamiento y condensación de vapor de agua procedente de una caldera que abastece a toda la central lechera.

- El agua caliente que abandona la sección de calentamiento del pasterizador retorna de nuevo a la caldera.

-Después del calentamiento, la nata sale del pasterizador y entra en un tramo de tuberías donde se produce el mantenimiento de la nata a una temperatura mínima de 85° C durante al menos 15 segundos.

-Tras el tramo de mantenimiento la nata entra de nuevo al pasterizador por la sección de regeneración para ser preenfriada con la alimentación.

-Después pasa directamente a la sección de enfriamiento donde es enfriada con agua helada, término aplicado en lechería al agua que se conserva a baja temperatura (4° C), para abandonar el pasterizador a una temperatura de 5° C. De esta forma, se completa el proceso de pasterización y se considera “nata pasterizada”. Para lograr un mejor entendimiento de los flujos que entran y salen del pasterizador ver “Documento II-Planos-Vistas 3D de la planta”.

-Este agua de enfriamiento procede de una balsa de agua helada que abastece a la central lechera.

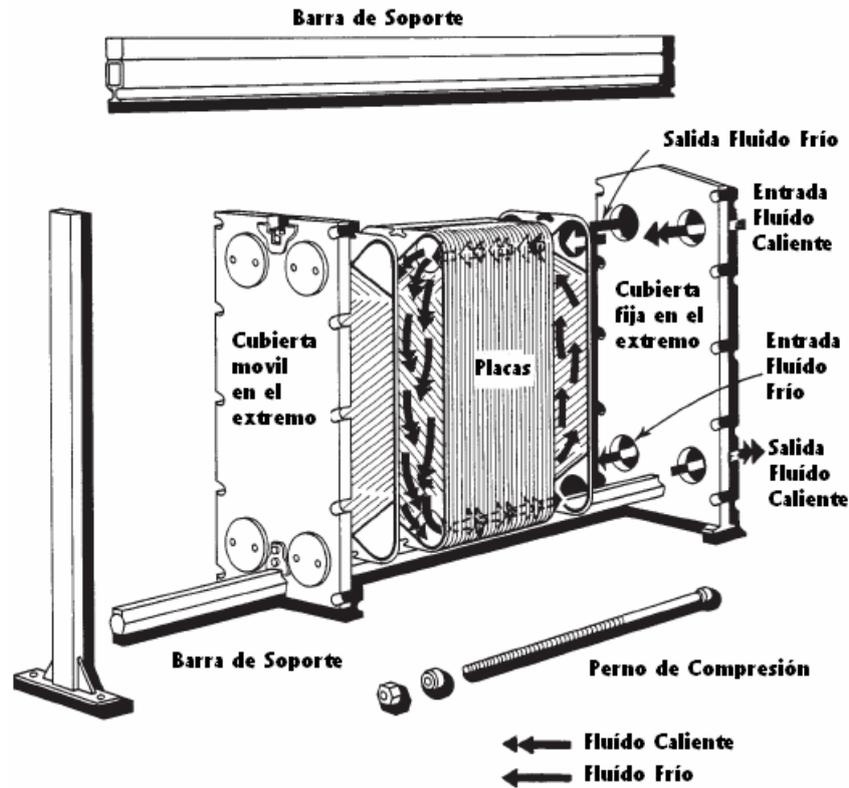
-La nata pasterizada debe ser almacenada a una temperatura por debajo de 6 ° C para asegurar su conservación.

#### 7.1.2 GENERALIDADES DEL PASTERIZADOR

- Consiste en un intercambiador de calor de placas con canales corrugados de aleación de acero inoxidable AISI 316, confinadas por elementos empaquetadores elastómeros que se cuelgan y dirigen mediante lamas de soporte longitudinales y se compactan mediante tornillos o pernos de compresión, muy apretados, entre dos placas de retención a presión del armazón (placas de cubierta). También se denota este tipo de intercambiadores con las siglas GPHE (gasketed plate heat exchanger). La altura es de 2.010 mm y la anchura de 570 mm.

- El armazón y las placas acanaladas tienen orificios o portillos que permiten a los fluidos de proceso entrar a los pasos alternativos de flujo (el espacio entre dos placas adyacentes). El armazón alrededor del perímetro de la placa previene de fugas a la atmósfera y el contacto de los fluidos de proceso con las placas del armazón. De esta manera, las fugas interfluidos no son posibles en el área de los portillos, debido a un doble sello.

- Ambos fluidos circulan en contra-corriente para aumentar el gradiente de temperatura entre ambos fluidos y conseguir un mayor rendimiento o efectividad del pasterizador.



**Tabla 1. Intercambiador de placas**

-Las placas tienen un espesor comprendido entre 0,4 y 0,8 mm y una profundidad de canales corrugados de 2 a 10 mm. Además, se comprimen para alcanzar el contacto metal-metal manteniendo la integridad con la presión.

-Estas aberturas estrechas y el gran número de puntos de contacto que cambian la dirección de flujo del fluido se combinan para crear una turbulencia elevada entre las placas, lo que implica coeficientes individuales de transmisión de calor elevados, pero también caídas de presión muy elevadas por unidad de longitud.

-El armazón original presenta la posibilidad de ampliar su capacidad en un 15-20 % más de placas acanaladas debido a la utilización de una barra de soporte más larga. De esta manera cuando se necesite su expansión, simplemente se desenroscarán los pernos de compresión, se extraerá hacia atrás la placa del armazón, se añadirán las placas acanaladas adicionales y se volverá a apretar la placa del armazón.

- El tamaño de partícula no debe superar el 75% de la abertura de una placa (no el canal total).

### 7.1.3 ASPECTOS TÉCNICOS

- La elección de un intercambiador de placas de juntas como pasterizador se llevó a cabo bajo una serie de criterios (ver “Documento I-Anexos-Criterios de Selección del Intercambiador”).

-Se tomó el modelo Q055 RKS-25 como intercambiador de placas para el proyecto. El término 25 corresponde a la presión de diseño del intercambiador (25 bares). Hay dos presiones de diseño disponibles para este modelo: 10 y 25 bares. La máxima presión de operación es la presión de descarga de la bomba “1” y es igual a 9,84 bares. Pero dada su cercanía a la presión de diseño del intercambiador se tomó por precaución el de 25 bares y no el de 10 bares. De este modo, la máxima presión de operación estará siempre por debajo de la presión de diseño del intercambiador. (ver “Documento I-Anexos- Presión de descarga y Potencia absorbida de las Bombas”).

-La temperatura de diseño del pasterizador es de 150 ° C y nunca será sobrepasada puesto que la temperatura máxima del fluido es de 95° C (agua de calentamiento). Esta temperatura máxima de trabajo dependerá del material de la junta que evita las pérdidas del fluido hacia el exterior. El material de junta es NBR que permite una temperatura de trabajo mayor a los 95° C alcanzados por el agua caliente.

-Para este modelo el material de junta es el NBR EasyClip (glue-free tightening) que mantiene las placas unidas por apretamiento y sin necesidad de utilización de pegamentos, requerimiento imprescindible en el sector alimentario. Además, este tipo de material para juntas es uno de los más recomendados (ver “Documento I-Anexos-Criterios de Selección del Intercambiador”).

-Las cubiertas que forman parte de la estructura del pasterizador son de acero inoxidable AISI 316 L (se denomina acero sanitario) al igual que todas las conexiones. Hay 16 posibilidades de conexión: (ver “Documento I-Anexos-Catálogo del Intercambiador”).

a) –4 frontales en la cubierta móvil:

- F1
- F2
- F3
- F4

b) – 4 frontales en la cubierta fija:

- H1
- H2
- H3
- H4

c) – 4 laterales en el perfil de entrada de la alimentación:

- G1
- G2
- G3
- G4

d) – 4 laterales en el perfil opuesto al de la alimentación:

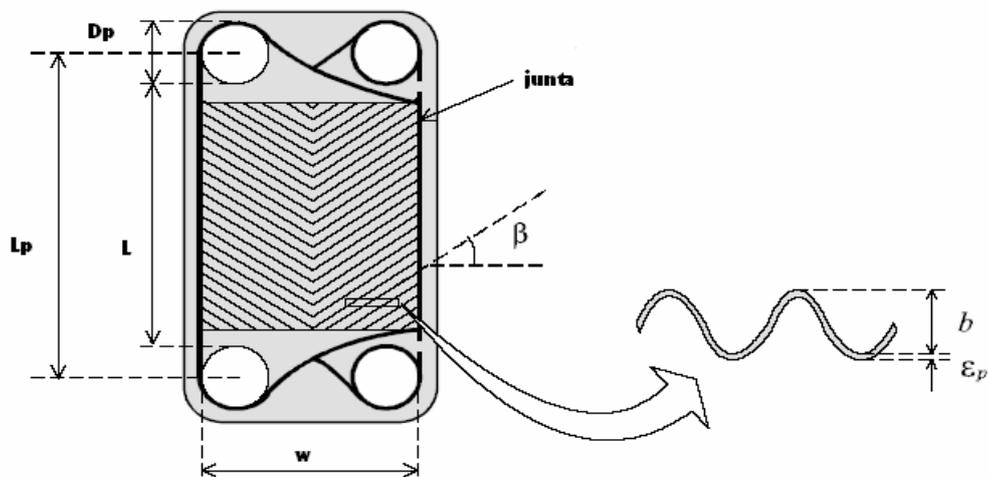
- I1
- I2
- I3
- I4

-Todas las uniones son roscadas y están disponibles en dos diámetros diferentes: 3 ó 4 pulgadas. Se tomaron uniones de 3 pulgadas para coincidir con el diámetro de las tuberías.

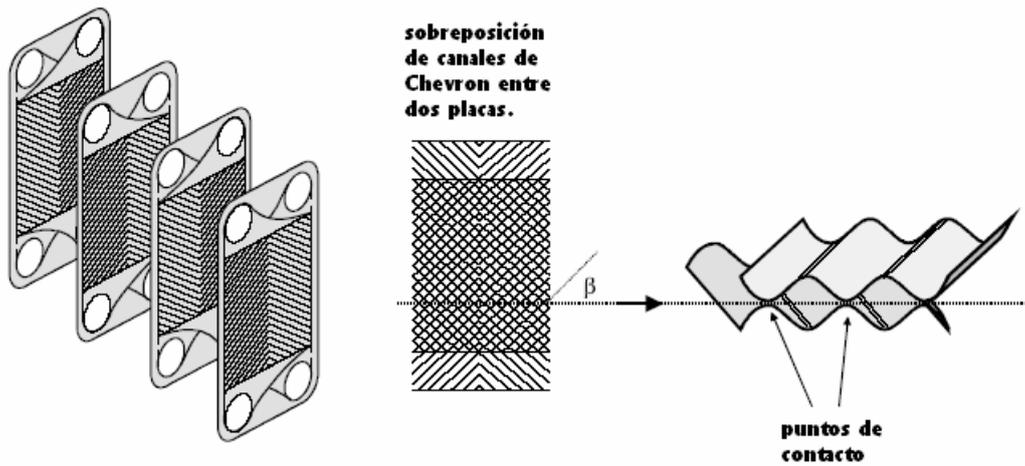
#### 7.1.4 PLACAS DEL PASTERIZADOR

##### 7.1.4.1 GENERALIDADES

- Dimensiones típicas de una placa:

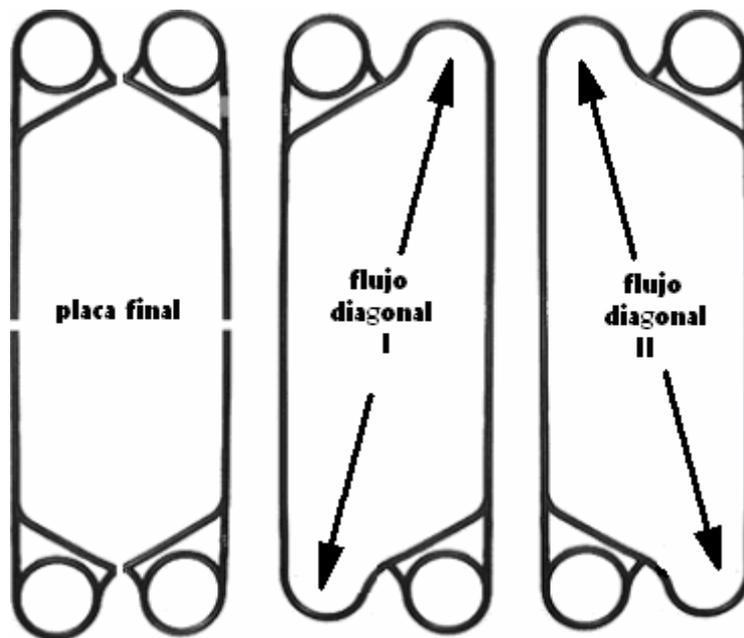


**Tabla 2. Dimensiones de las placas**



**Tabla 3. Sobreposición de placas**

- A continuación se puede apreciar como el flujo de fluidos entre placa y placa es diagonal.



**Tabla 4. Flujo diagonal en placas**

-El flujo diagonal I es para uno de los fluidos y el flujo diagonal II para el otro fluido.

-Hay dos tipos de placas disponibles para este modelo de intercambiador y cada una con dos posibles ángulos:

a) – EnergySaver      —————>      30° y 60°

b) – DuraFlow          —————>      30° y 60°

-Se hizo un estudio preliminar para la elección de la placa óptima y se determinó que la placa “EnergySaver 30” es la que tiene un mayor rendimiento (ver “Documento I-Anexos-Selección de la Placa Óptima”).

#### 7.1.4.2 CONFIGURACIÓN ÓPTIMA DE LAS PLACAS

- Para ver la secuencia de placas del pasterizador ir a “Configuración Óptima de las Placas” en los Anexos.

#### 7.1.5 CONEXIONES FINALES DEL PASTERIZADOR

-Una vez hecho el dimensionado térmico y la configuración de las placas en cada sección se obtienen las siguientes conexiones finales para el pasterizador: (ver “Documento I-Anexos-Catálogo del Intercambiador de Placas”)

1) –Conexiones laterales en el perfil de entrada de la alimentación:

G2 → Salida de agua caliente de la sección de calentamiento.

G4 → Alimentación de nata al pasterizador.

2) –Conexiones frontales en la cubierta móvil:

F1 → Salida de nata caliente de la sección de calentamiento.

F4 → Entrada agua caliente a la sección de calentamiento.

3) –Conexiones laterales en el perfil opuesto al de alimentación:

I1 → Salida de agua fría de la sección de enfriamiento.

I3 → Entrada de nata caliente desde el tubo de mantenimiento.

4) –Conexiones frontales en la cubierta fija:

H1 → Entrada de agua fría a la sección de enfriamiento.

H4 → Salida de nata pasterizada.

La nata que sale ya pasterizada desde esta unidad se dirigirá rumbo al depósito de almacenamiento donde se conservará a una temperatura por debajo de 6° C.

## 7.2 DEPÓSITO 1

-El depósito 1 tiene como objetivo la regulación de caudal y no necesita ser refrigerado porque la nata todavía no ha sido pasterizada.

-Se tomó un volumen de depósito de 33 m<sup>3</sup> igual al volumen de nata obtenido diariamente en el proceso de desnatado. Las dimensiones del dicho depósito son:

- ✓  $D_i = 3,74$  m
- ✓  $H$  (altura depósito) = 3,64 m

-Es un depósito cerrado con fondos elípticos 2:1. El material empleado para su construcción es acero inoxidable AISI 316 (requisito imprescindible en la industria alimentaria). El peso de dicho depósito está soportado mediante patas articuladas.

-El espesor de la envolvente del depósito es de 3 mm y el espesor de los fondos es de 6 mm. La altura de la pestaña, es decir, la altura donde se llevará a cabo el solape mediante soldadura entre el cabezal y la envolvente, es de 45 mm. El espesor de la tubuladura de las conducciones es de 2,41 mm (ver “Documento I-Anexos-Dimensionado de Depósitos”).

-Dispone de medidor de nivel que mediante lazo automático abre la válvula de descarga del depósito al sobrepasar el 90% de la capacidad volumétrica de éste. También dispone de agitador para evitar que la grasa de la nata decante. Dicho agitador tiene una velocidad de agitación muy lenta para evitar la rotura de glóbulos de grasa y la posterior contaminación microbiana (aproximadamente 1 r.p.m).

-El fondo superior del depósito posee una serie de difusores que facilitan la operación de limpieza que se llevará a cabo a final de cada día. Además, en la parte baja tiene una boca elíptica con las dimensiones necesarias para el acceso del operario en caso de limpieza o mantenimiento.

### 7.3 DEPÓSITO 2

-El depósito 2 tiene como objetivo almacenar toda la nata pasteurizada a lo largo de la semana a la espera de su transporte. Por esta razón, el depósito está dotado de un sistema de refrigeración que mantiene la nata por debajo de los 6° C.

-El volumen del depósito es de 100 m<sup>3</sup> y posee las siguientes dimensiones:

✓  $D_i = 5,64 \text{ m}$

✓  $H \text{ (altura depósito)} = 4,92 \text{ m}$

-Es un depósito cerrado con fondos elípticos 2:1. El material empleado para su construcción es acero inoxidable AISI 316. El peso de dicho depósito está soportado mediante patas articuladas.

-El espesor de la envolvente del depósito es de 5 mm y el espesor de los fondos es de 9 mm. La altura de la pestaña, es decir, la altura donde se llevará a cabo el solape mediante soldadura entre el cabezal y la envolvente, es de 68 mm. El espesor de la tubuladura de las conducciones es de 2,41 mm (ver “Documento I-Anexos-Dimensionado de Depósitos”).

-Dispone de medidor de nivel que mediante lazo automático abre la válvula de descarga del depósito al sobrepasar el 90% de la capacidad volumétrica de éste. También dispone de agitador cuya velocidad es de 1 r.p.m.

-El fondo superior del depósito posee una serie de difusores que facilitan la operación de limpieza que se llevará a cabo a final de cada día. Además, en la parte baja tiene una boca elíptica con las dimensiones necesarias para el acceso del operario en caso de limpieza o mantenimiento.

-La distancia entre la pared del depósito y la pared del camisado es de 5 cm. Dicho camisado está fabricado en acero SA-285-C y tiene un espesor de 8 mm en la zona de la envolvente y 9 mm en la zona de los fondos.

-Exteriormente, dicho depósito se encuentra aislado con fibra de vidrio de 3 mm de espesor.

-También dispone de sensor de temperatura que mide en cada momento la temperatura interna del depósito para evitar que aumente por encima de los 6° C. Existe un lazo de control automático para aumentar el caudal de agua de refrigeración del camisado en caso de aumento de la temperatura interna de la nata.

#### 7.4 BOMBAS

-Para el dimensionado de bombas se utilizarán las unidades del sistema inglés porque las gráficas poseen estas unidades.

##### Bomba 1

-La bomba 1 tiene como objetivo impulsar la nata desde la salida del depósito 1 hasta el depósito 2 (almacenamiento) pasando por el pasterizador. Es una bomba de desplazamiento positivo tipo Waukesha Cherry-Burrell UL-018 a 940 rpm que evita la rotura de los glóbulos de grasa de la nata. La potencia de la bomba es de 2,86 hp (caballos de vapor) y la presión máxima que soporta es de 300 psi (ver “Documento I-Anexos-Selección de Bombas”). El rendimiento de la bomba es del 74%.

##### Bomba 2

-Esta bomba es la encargada de realizar la limpieza CIP del sistema impulsando las disoluciones de limpieza y el agua de los correspondientes enjuagues. Es una bomba centrífuga tipo Ampco MC 2 x 1 ½ que trabaja a 3.500 r.p.m y tiene una potencia máxima de 3 hp (caballos de vapor). El  $NPSH_{requerido}$  para esta bomba es de 10 feet (pies). El rendimiento de la bomba es del 30% (ver “Documento I-Anexos-Selección de Bombas”).

##### Bomba 3

-Es la encargada de hacer circular el agua caliente por el pasterizador y lograr el proceso de pasterización. Es una bomba centrífuga tipo Ampco MC 2 ½ x 2 que trabaja a 1.750 r.p.m y tiene una potencia máxima de 1,5 hp (caballos de vapor). El  $NPSH_{requerido}$  para

esta bomba es de 10 feet (pies). El rendimiento de la bomba es del 35% (ver “Documento I-Anexos-Selección de Bombas”).

#### Bomba 4

-La bomba 4 impulsa el agua fría a través del pasterizador y completa de este modo la pasterización. Es una bomba centrífuga tipo Ampco MC 3 x 2½ que trabaja a 1.750 r.p.m y tiene una potencia máxima de 1,5 hp (caballos de vapor). El NPSH<sub>requerido</sub> para esta bomba es de 10 feet (pies). El rendimiento de la bomba es del 29% (ver “Documento I-Anexos-Selección de Bombas”).

#### Bomba 5

-Ésta es la encargada de hacer circular el agua de refrigeración por el camisado del depósito 2 para mantener la temperatura de la nata por debajo de los 6° C. Es una bomba centrífuga tipo Ampco MC 2 ½ x 2 que trabaja a 1.750 r.p.m y tiene una potencia máxima de 1 hp (caballos de vapor). El NPSH<sub>requerido</sub> para esta bomba es de 10 feet (pies). El rendimiento de la bomba es del 40% (ver “Documento I-Anexos-Selección de Bombas”).

### 7.5 INSTRUMENTACIÓN

-La planta requiere una serie de lazos cerrados de control automático para asegurar el correcto funcionamiento de ésta. A continuación se detallarán dichos lazos y la instrumentación utilizada en cada uno:

#### **LAZO 1**

-Controla el nivel del depósito 1.

#### Componentes:

-Medidor de Nivel Hidrostático con sensor capacitivo tipo Kobold (ver “Documento I-Anexos-Tablas”).

- ✓ Temperatura Máxima: 150° C
- ✓ Medición linealizada.
- ✓ Salida Analógica.
- ✓ Con relé alarma.
- ✓ Display digital

-Válvula de mariposa de accionamiento neumático tipo Samson LTR 43.

- ✓ Material: acero inoxidable AISI 316
- ✓ Terminaciones soldadas.
- ✓ Rango Temperatura: -196° a 1000° C

-Regulador de Presión con control PID centralizado. (ver “Documento I-Anexos-Tablas”).

\* Si el medidor detecta que el nivel del depósito supera el 90% de la capacidad de éste, el controlador manda una señal a la válvula de descarga del depósito tipo mariposa para proceder al vaciado.

## **LAZO 2**

-Los componentes y el objetivo son los mismos que en lazo anterior sólo que en este caso controla el nivel del depósito 2.

## **LAZO 3**

-Controla la presión en la conducción a la salida de la bomba 1.

### **Componentes:**

-Manómetro digital alimentado por baterías tipo Kobold (ver “Documento I-Anexos-Tablas”).

-Válvula aliviadora de presión tipo Farris serie 2856.

- ✓ Presión máxima: 300 psig
- ✓ Construida según ASME Sección VIII
- ✓ Material en contacto con el fluido: AISI 316

-Regulador de Presión con control PID centralizado. (ver “Documento I-Anexos-Tabla”).

\* Si el manómetro digital detecta que la presión está por encima de un cierto valor manda una señal a la válvula aliviadora de presión que se abre recirculando de nuevo la nata al depósito 1 y disminuyendo la presión en la conducción.

#### **LAZO 4**

-Controla el caudal de nata en la alimentación del pasterizador regulando la bomba de desplazamiento positivo (Bomba 1).

#### **Componentes:**

- Medidor de caudal magnético-conductivo para aplicaciones con alimentos.

- ✓ Presión máxima: 16 bares
- ✓ Rango medición: 0-12 m /s
- ✓ Salida analógica: 4-20 mA
- ✓ Conexión tipo DIN 11851

- Regulador de Velocidad de Bomba con control PID centralizado.

\* El regulador variará la velocidad de la bomba 1 para mantener el caudal dentro del punto de consigna (6 m<sup>3</sup> / hora).

### **LAZO 5**

-Controla la temperatura de la nata a la entrada del tramo de tuberías de mantenimiento. Para ello, regula el caudal de la bomba de agua que entra en la sección de calentamiento del pasterizador.

#### Componentes:

-Sensor de temperatura de resistencia en línea para aplicaciones higiénicas tipo Kobold Pt 100:

- ✓ Material: acero inoxidable 1.4571.
- ✓ Rango medición: -20° C a 200° C.
- ✓ Protección tipo cabezal de forma B IP 65.
- ✓ Conexión tipo rosca.

- Regulador de Velocidad de Bomba con control PID centralizado.

\* Si el sensor de temperatura detecta un aumento o descenso de la temperatura de la nata en el tramo de tuberías de mantenimiento, aumentará o disminuirá la velocidad de la bomba del agua de calefacción (Bomba 3). De este modo, conseguirá restablecer de nuevo el punto de consigna.

### **LAZO 6**

-Controla la temperatura de la nata al finalizar el tramo de tuberías de mantenimiento.

#### Componentes:

-Sensor de temperatura de resistencia en línea para aplicaciones higiénicas tipo Kobold Pt 100:

- ✓ Material: acero inoxidable 1.4571.
- ✓ Rango medición: -20° C a 200° C.
- ✓ Protección tipo cabezal de forma B IP 65.
- ✓ Conexión tipo rosca.

- Regulador de temperatura con control PID centralizado.

- Válvula de bola de tres vías versión horizontal tipo Samson.

\* Si el sensor detecta, que la temperatura a la salida del tramo de tuberías de mantenimiento, ha descendido por debajo de los 85° C (temperatura de mantenimiento) cierra la entrada al pasteurizador y recircula de nuevo dicha nata al depósito 1. Si la temperatura de la nata toma valores por debajo de los 85° C se considera que la etapa de mantenimiento de la pasteurización no ha finalizado correctamente. La nata vuelve al depósito 1 para comenzar de nuevo la operación de pasteurización.

### **LAZO 7 - 8**

-Estos tres lazos tienen como objetivo el control de la temperatura y tienen los mismos componentes que el lazo 5 pero actuando del siguiente modo:

- A) -El **Lazo 7** medirá la temperatura de la nata a la salida del pasteurizador y regulará la velocidad de la bomba del agua de enfriamiento (Bomba 4).
- B) -El **Lazo 8** medirá la temperatura de la nata en el interior del depósito 2 y regulará la velocidad de la bomba del agua de refrigeración (Bomba 5). El agua de refrigeración entrará en el camisado del depósito 2.

-Para este lazo, el sensor de temperatura utilizado será la versión compacta que realiza mediciones de temperatura en el interior de depósitos.

\*Sensor de Temperatura tipo Kobold Pt 100 (versión compacta).

- ✓ Material: acero inoxidable 1.4571.
- ✓ Rango medición: -50° C a 250° C.
- ✓ Tubo de protección.
- ✓ Presión máxima = 10 bar

## 8. PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA NATA

-En este apartado se tendrán en cuenta parámetros de calidad referidos a la nata como: factores esenciales de composición, características físico-químicas, aditivos autorizados, normas de higiene y criterios microbiológicos...

-Todos estos aspectos vienen descritos en la Orden de 12 de Julio de 1983, por la que se aprueban las Normas Generales de Calidad para la Nata y Nata en Polvo con destino al mercado interior (ver “Documento I-Anexos-Norma General de Calidad para la Nata”).

## 9. BIBLIOGRAFÍA

-*Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. P. Walstra. Ed. Acribia. Zaragoza. 2001.

-*Código ASME SECCIÓN VIII Div. 1*. Diseño de recipientes.

-*Diseño térmico de intercambiadores de calor*. Manuel Ruiz Pueyo. Universidad Politécnica de Barcelona.

-*Handbook of heat exchanger design*. Plate heat exchangers. A. Copper and J.D. Usher. Hewitt G.F (Ed). New York. 1992.

-*Ingeniería química*. Operaciones básicas. Couldson J.M and Richardson J.F. Editorial Reverté. 1988.

-*Leche y productos lácteos*. Vol. 3. F.M. Luquet. Ed. Acribia. Zaragoza.1991.

-*Manual de disposición de aguas residuales*. Origen, Descarga, Tratamiento y Análisis de Aguas Residuales. Tomo 1. S. Foster. Lima, CEPIS; OPS; OMS, 1991.

-*Manual de industrias lácteas*. Antonio Madrid Vicente. Amv ediciones. Primera edición, 1996

-*Manual del ingeniero químico*. Robert H. Perry, Don W. Green. Editorial Mc Graw-Hill. Séptima Edición. 2001.

-*Manual de Recipientes de Presión*. Diseño y cálculo. Eugene F. Megyesy. Editorial Limusa. México. 1989.

-*Procesos de Transmisión de calor*. Exposición y problemas resueltos. Juan Herranz Arribas. Ediciones del Castillo S.A. 1979

## ***PAGINAS WEB***

<http://www.alfa-laval.com>

<http://www.ampcopumps.com>

<http://www.apv.com>

<http://www.farris.com>

<http://www.goodlucksteels.com>

<http://www.kobold.com>

<http://www.samson.com>

<http://www.sweppe.com>

<http://www.waukeshaengine.com>

# **ANEXOS**

## **ÍNDICE**

### **ANEXOS**

<u>NÚM.</u>	<u>PÁGINA</u>
Anexo I. DESCRIPCIÓN DE UNA CENTRAL LECHERA	
1. Recepción de la leche.....	2
2. Termización de la leche.....	5
3. Almacenamiento de la leche.....	6
4. Desnatado, estandarización e higienización de leche.....	10
5. Instalaciones de Pasterización.....	16
6. Homogeneización de leche y de los productos lácteos.....	19
Anexo II. NORMA GENERAL DE CALIDAD PARA LA NATA	
Anexo III. CRITERIO DE SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR	
Anexo IV. SELECCIÓN DE LA PLACA ÓPTIMA DEL PASTERIZADOR	
1. Estudio placa óptima en sección de calentamiento.....	3
2. Placa EnergySaver 30°.....	7
3. Placa EnergySaver 60°.....	18
4. Placa DuraFlow 30°.....	23
5. Placa DuraFlow 60°.....	26
6. Conclusiones para la placa óptima.....	29

---

<u>NÚM.</u>	<u>PÁGINA</u>
Anexo V. DIMENSIONADO TÉRMICO DEL PASTERIZADOR	
1. Sección de Regeneración.....	1
2. Sección de Enfriamiento.....	12
Anexo VI. CAÍDA DE PRESIÓN DEL PASTERIZADOR	
1. Caída de presión en la sección de calentamiento.....	3
2. Caída de presión en la sección de regeneración.....	5
3. Caída de presión en la sección de enfriamiento.....	6
Anexo VII. CONFIGURACIÓN ÓPTIMA DE LAS PLACAS	
1. Secuencia de placas de la sección de enfriamiento.....	3
2. Secuencia de placas de la sección de regeneración.....	6
3. Secuencia de placas de la sección de calentamiento.....	11
Anexo VIII. DIMENSIONADO DE TUBERÍAS	
1. Red de Tuberías.....	2
2. Caudales máximos de circulación.....	2
3. Cálculo de la sección de tuberías.....	3
4. Cálculo del espesor de las tuberías.....	7
Anexo IX. DIMENSIONADO DE BOMBAS	
1. Pérdidas de carga.....	2
2. Cálculo del NPSH.....	20
3. Presión de descarga y potencia absorbida.....	23
4. Selección de bombas.....	25

---

NÚM. PÁGINA

Anexo X. DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS

1. Descripción del modo de producción.....	2
2. Depósito 1.....	2
3. Depósito 2.....	9
4. Camisado del Depósito 2.....	14
4.1. Generalidades.....	15
4.2. Cálculo del espesor de la pared del camisado.....	15
4.3. Balance energético al camisado.....	17

Anexo XI. TABLAS

• Tabla 1. Densidad de la nata.....	1
• Tabla 2. Capacidad calorífica de la nata.....	2
• Tabla 3. Conductividad térmica de la nata.....	3
• Tabla 4. Propiedades físicas del agua.....	4
• Tabla 5. Presión vapor del agua.....	7
• Tabla 6. Gráfica de Moody.....	8
• Tabla 7. Catálogo del intercambiador de placas.....	9
• Tabla 8. Cálculo del espesor de tuberías.....	14
• Tabla 9. Dimensiones de tuberías de acero inoxidable.....	16
• Tabla 10. Ábaco para $l_{eq}$ de accesorios.....	17
• Tabla 11. Valores de K para codos, curvas, uniones y válvulas.....	18
• Tabla 12. Valores de K para tees y válvulas de mariposa.....	18
• Tabla 13. Valores de K para estrechamientos y ensanchamientos.....	19
• Tabla 14. Catálogo válvula aliviadora de presión.....	20
• Tabla 15. Catálogo de válvulas de control tipo mariposa.....	22
• Tabla 16. Válvula de bola de tres vías.....	25

---

<u>NÚM.</u>	<u>PÁGINA</u>
• Tabla 17. Elección de la bomba de desplazamiento positivo.....	27
• Tabla 18. Instrucciones de uso de la curva (B. Desp. Positivo).....	28
• Tabla 19. Curva de la bomba de desplazamiento positivo.....	29
• Tabla 20. Dimensiones de la bomba de desplazamiento positivo....	30
• Tabla 21. Características de las bombas centrífugas.....	31
• Tabla 22. Curva de selección del modelo de bomba centrífuga.....	32
• Tabla 23. Curvas de la bomba 2.....	33
• Tabla 24. Dimensiones de la bomba 2.....	34
• Tabla 25. Curvas de la bomba 3.....	35
• Tabla 26. Dimensiones de la bomba 3.....	36
• Tabla 27. Curvas de la bomba 4.....	37
• Tabla 28. Dimensiones de la bomba 4.....	38
• Tabla 29. Curvas de bomba 5.....	39
• Tabla 30. Dimensiones de la bomba 5.....	40
• Tabla 31. Catálogo sensor de nivel del depósito.....	41
• Tabla 32. Catálogo del medidor de caudal.....	44
• Tabla 33. Catálogo del manómetro digital.....	46
• Tabla 34. Catálogo del sensor de temperatura en línea.....	48
• Tabla 35. Catálogo de sensor de temperatura del Dep. 2.....	51
• Tabla 36. Catálogo de regulador de presión y regulador de temp.....	54

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

### LISTA DE SÍMBOLOS

$A_p$  = área de placa ( $m^2$ )

$A_T$  = área transversal ( $m^2$ )

$a_1, a_2, a_3$  = coeficientes para Nusselt de placas Chevron en función del ángulo (adimensional)

$b$  = profundidad del canal (corrugado) (m)

$C$  = capacidad volumétrica del depósito ( $m^3$ )

$C$  = sobreespesor de corrosión (m)

$C_p$  = capacidad térmica calorífica ( $KJ / Kg \cdot K$ )

$D$  = diámetro (m)

$D_e$  = diámetro efectivo (m)

$D_p$  = diámetro de tobera (m)

$E$  = factor de eficiencia de soldadura (adimensional)

$f$  = factor de fricción (adimensional)

$F_T$  = factor de corrección de temperatura (adimensional)

$Gr$  = número de Graetz (adimensional)

$h$  = coeficiente de convección ( $W / m^2 \cdot K$ )

$h$  = altura de pestaña (m)

$h_f$  = pérdidas de carga (m)

$H$  = potencia de cabeza (m)

$k$  = conductividad térmica ( $W / m \cdot K$ )

$L$  = longitud de placa (entre tobera y tobera) (m)

$L$  = longitud de tubería (m)

$L$  = longitud característica de depósitos (m)

$L_p$  = longitud de placa (incluido las toberas) (m)

$m_f$  = caudal másico ( $Kg / s$ )

$M$  = coeficiente para fondos policéntricos de depósitos (adimensional)

$N$  = número de canales por paso (adimensional)

$N_c$  = número de canales totales (adimensional)

$NPSH$  = altura neta de succión positiva (m)

$Nu$  = número de Nusselt (adimensional)

$P$  = número de pasos (adimensional)

$P$  = presión (Pa)

$Pr$  = número de Pr andtl (adimensional)

$P$  = potencia de bomba (KW ó caballos de vapor)

$q$  = flujo de calor transferido en el camisado (W)

$Q$  = flujo de calor transferido en la sección del pasterizador (W)

$Q_v$  = caudal volumétrico ( $m^3 / s$ )  
 $R$  = radio ( $m$ )  
 $Re$  = número de Reynolds (adimensional)  
 $R_f$  = coeficiente de ensuciamiento ( $m^2 \cdot K / W$ )  
 $R, S$  = coeficientes para el cálculo de  $F_T$  (adimensional)  
 $S$  = tensión máxima admisible del material ( $Pa$ )  
 $SG$  = gravedad específica (adimensional)  
 $t$  = espesor ( $m$ )  
 $T$  = temperatura ( $K$ )  
 $U$  = coeficiente global de transmisión de calor ( $W / m^2 \cdot K$ )  
 $V$  = volumen ( $m^3$ )  
 $V_{fluido}$  = velocidad del fluido ( $m / s$ )  
 $W^I$  = caudal másico pasos impares ( $Kg / s$ )  
 $W^{II}$  = caudal másico pasos pares ( $Kg / s$ )  
 $Y$  = factor exclusivo del material (adimensional)  
 $Z$  = cota de altura ( $m$ )

### SÍMBOLOS GRIEGOS

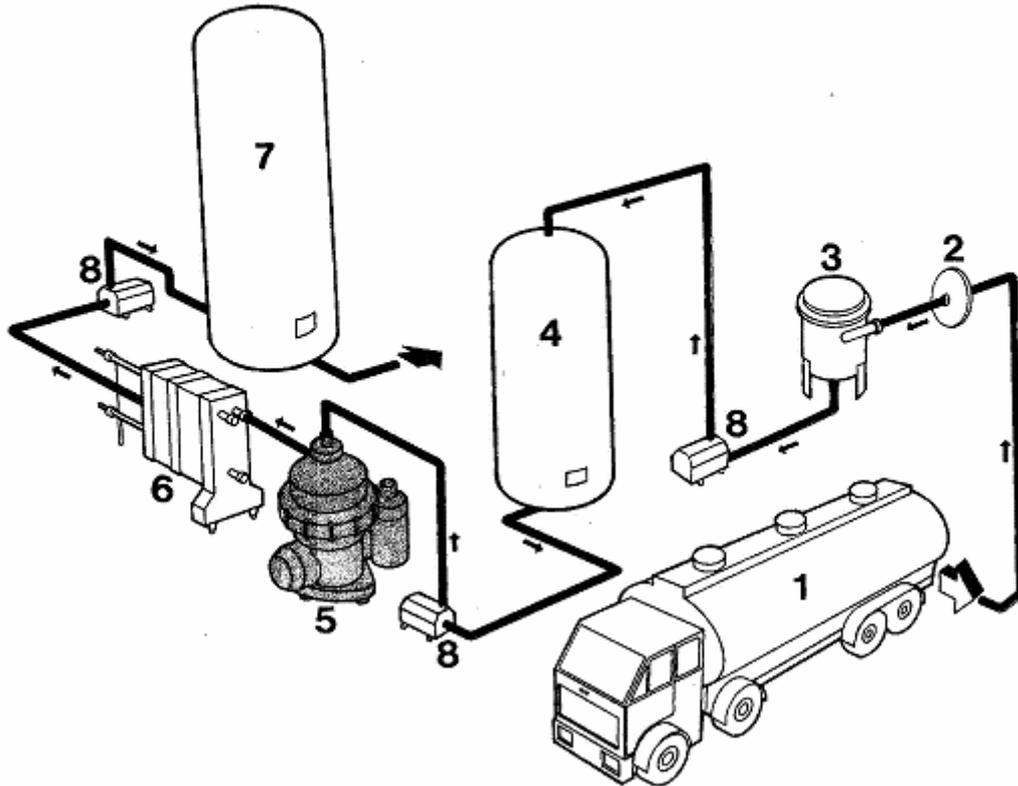
$\beta$  = ángulo de placa (grados centígrados)  
 $\beta$  = factor de expansión volumétrica del fluido ( $K^{-1}$ )  
 $\varepsilon$  = espesor de placa ( $m$ )  
 $\eta$  = rendimiento o eficacia de bomba (adimensional)  
 $\mu$  = viscosidad cinemática ( $N \cdot s / m^2$ )  
 $\rho$  = densidad ( $Kg / m^3$ )  
 $w$  = ancho de placa ( $m$ )  
 $\Delta T_{ml}$  = temperatura media logarítmica ( $K$ )  
 $^I$  = pasos impares  
 $^{II}$  = pasos pares

# *Anexo I*

## *DESCRIPCIÓN DE UNA CENTRAL LECHERA*

DESCRIPCIÓN DE UNA CENTRAL LECHERA

1. RECEPCIÓN DE LA LECHE



**Esquema**

Recepción y tratamientos previos de la leche en la central lechera:

1. Camión cisterna.
2. Tamiz
3. Desaierador.
4. Depósito intermedio.
5. Centrífuga higienizadora.
6. Enfriador de Placas.
7. Depósito de Almacenamiento.
8. Bombas de impulsión.

-El esquema presenta el sistema de recepción y tratamientos previos de la leche en una central lechera. La cisterna (1) es descargada pasando en primer lugar la leche por un tamiz (2) donde se separan las impurezas más groseras que pudiese llevar. Inmediatamente después pasa a un pequeño depósito de desaireación (3) sometido a la acción del vacío para eliminar el oxígeno ocluido.

-Normalmente, la leche contiene un 4 %, de aire que se encuentra disuelto o en forma de burbujas. Por otra parte, la leche absorbe más aire a temperaturas bajas, por lo que es especialmente importante evitar la mezcla con aire cuando la tenemos a 3-8° C.

-Los tratamientos mecánicos, como bombeo, agitación, etc., a que tan frecuentemente es sometida la leche, incorporan aún más aire, que tiene malas consecuencias sobre la calidad:

- Formación de espuma.
- Fraccionamiento de la materia grasa.

-La formación de espuma acarrea problemas tales como errores volumétricos en la medición, pérdida de eficacia en la pasterización, etc.

-En la tabla siguiente se clasifica la leche según su contenido en ácidos grasos libres por litro, llegando a proponerse en algunos países europeos una reducción en el precio pagado cuando ese coeficiente sea superior a 0,8. Cuando es superior a 1,5 se nota ya un sabor especial.

<b><u>Clasificación de la leche según su contenido en ácidos grasos libres.</u></b>	
<u>Concentración de AGL (mEq/ litro)</u>	<u>Clasificación</u>
Menos de 0.6 .....	Normal
0.6-0.8 .....	Alto
0.8-1.0 .....	Muy Alto
Más de 1.0 .....	Demasiado Alto

-Volviendo al esquema anterior, una bomba (8) envía la leche a un depósito intermedio (4) donde se deben tomar muestras para analizar diversos parámetros. La siguiente tabla ofrece algunos de esos parámetros que deben ser sometidos a análisis al llegar una cisterna y cuando tenemos la leche almacenada. Estos son controles internos que debe hacer la central lechera con la materia primera que recibe.

Análisis y clasificación	A la recepción de la cisterna	Depósito antes del tratamiento del producto
Edad de la leche	X	X
Temperatura	X	X
Peso/ volumen	X	
Contenido de grasa	X	
Acidez	X	
Antibióticos	X	
Contenido total de bacterias	X	X
Bacterias coliformes (leche termizada)		X
Aspecto	X	X
Olor y sabor	X	X
Registro gráfico del programa de limpieza	X	X
Control de limpieza bacteriológica	X	X

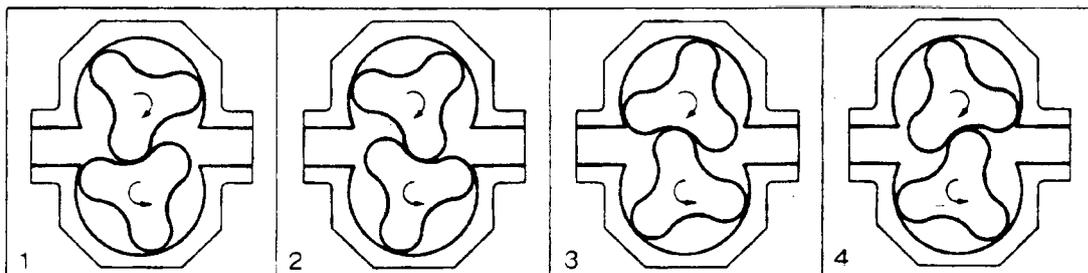
**\*Controles a la recepción de la leche en la central**

-Otra bomba (8) envía la leche desde el depósito (4) a una centrífuga de alta velocidad (5), cuya misión es separar la mayoría de las impurezas sólidas e incluso un número elevado de microorganismos de la leche. Después se procede a su enfriamiento en un intercambiador de placas (6) hasta una temperatura de 4° C. Otra bomba lleva la leche hasta el depósito de almacenamiento final (7).

-Como se puede apreciar, son muchos los bombeos a que es sometida la leche, por lo que es necesario dimensionar bien las bombas y las tuberías para evitar los problemas antes citados. Cuanto más estrecha sea una tubería para un caudal determinado de leche, mayor estrés mecánico se producirá con aparición de más ácidos grasos libres.

-Las pérdidas de carga también son mayores con diámetros pequeños, lo que origina más incorporación del aire, necesidad de un bombeo más potente, etc.

-Se recomienda también el uso de bombas de desplazamiento positivo a temperaturas inferiores a 40° C, ya que entonces la emulsión de grasa está parcialmente fundida y cristalizada, siendo especialmente sensible. El esquema siguiente presenta el principio de funcionamiento de una bomba de lóbulos que se caracteriza por la suavidad con que se trata al producto. Se realiza el bombeo mediante dos rotores que giran sin rozamientos entre ellos y que son arrastrados por un juego de engranajes ubicados en un compartimiento independiente. El giro de los lóbulos o rotores crea sucesivas cámaras que producen la aspiración e impulsión del producto sin cizallamiento.



**\*Principio de funcionamiento de una bomba de lóbulos**

## 2. TERMIZACIÓN DE LA LECHE

-La termización es el calentamiento de la leche cruda, durante 15 segundos como mínimo, a una temperatura comprendida entre 57 y 68° C, de forma que la leche, después de dicho tratamiento, reaccione positivamente a la prueba de la fosfatasa.

-Este es un proceso térmico que se hace en algunos centros de recogida e industrias cuando la leche va a permanecer más de 24 horas en depósitos de almacenamiento. Se ha estudiado que, si la leche debe esperar mucho tiempo, antes de su pasterización o esterilización y envasado, no basta con mantenerla refrigerada a 3-6 °C. Y dado que la doble pasterización está prohibida en muchos países, se recurre a un tratamiento término más suave (57/68° C durante 15/20 segundos) que reduce considerablemente el número

total de microorganismos. Es condición indispensable que la leche sea enfriada inmediatamente a 3-4°.

-Se ha comprobado que la termización de la leche tiene un efecto beneficioso cuando se destina a la elaboración de quesos. Efectivamente, mediante este calentamiento suave, muchas esporas de bacterias pasan a su fase vegetativa, pudiendo ser destruidas posteriormente con más facilidad en el proceso normal de pasterización. Las bacterias formadoras de esporas se suelen desarrollar durante el proceso de maduración del queso, produciendo malos olores y sabores. Por ello es importante su eliminación.

-El proceso de termización se puede realizar en las mismas instalaciones donde se lleva a cabo la pasterización. No se debe abusar de este proceso, ya que lo ideal es que la leche, a su llegada a la industria, no sea sometida a largos períodos de almacenamiento.

-La misma Unión Europea exige las siguientes condiciones para la termización de la leche:

1. El calentamiento debe ser durante 15 segundos como mínimo a una temperatura de 57/68° C (prueba de la fosfatasa positiva en la leche termizada).
2. La leche cruda de vaca antes de su termización no debe tener más de 300.000 gérmenes por ml a 30° C.
3. Si se destina a la producción de leche pasterizada, UHT o esterilizada o a la fabricación de productos lácteos, la leche termizada no superará los 100.000 gérmenes por ml a 30° C.

### 3. ALMACENAMIENTO DE LA LECHE

-Las industrias lácteas deben disponer básicamente de tres tipos de sistemas de almacenamiento de la leche:

1. Depósitos de recepción de la leche cruda.
2. Depósitos de tratamiento, normalización y mezcla.
3. Depósitos de regulación entre etapas de los procesos de fabricación.

-El acero inoxidable es el material preferentemente utilizado por sus indudables cualidades higiénicas, reuniendo ventajas tales como:

- Pueden construirse los depósitos de acero inoxidable en volúmenes que oscilan desde unos pocos litros hasta más de un millón.
- Pueden aislarse, con lo que guardan la leche a la temperatura deseada.
- Pueden encamisarse para efectuar toda clase de tratamientos térmicos (enfriamiento, calentamiento), haciendo pasar fluidos frigorígenos o calefactores por los circuitos.
- Los depósitos de acero inoxidable se amoldan muy bien a los sistemas automáticos de limpieza.
- Pueden ser de diseño horizontal o vertical, cerrados o abiertos, de diseño higiénico, etc.
- No transmiten olores ni sabores extraños a la leche.
- Se les pueden incorporar toda clase de accesorios (boca de hombre, termómetros, indicadores de nivel, grifos toma muestras).
- Pueden construirse depósitos asépticos para conservación de la leche UHT y otros productos lácteos.

-Los depósitos de las industrias lácteas se construyen principalmente en acero inoxidable AISI 304 ó AISI 316. El primero lleva un 18 % de cromo y un 8% de níquel. El AISI 316 lleva, además, una pequeña proporción de Molibdeno (2-3%), que le da más resistencia a la corrosión.

-Normalmente, la leche cruda recién llegada a la central se almacena en grandes depósitos (30.000 a 500.000 litros). Estos depósitos, por necesidades de espacio, se pueden instalar fuera de las naves de la industria. En este caso, deben aislarse para conservar la leche a la temperatura adecuada.

-Para evitar la separación de las fases de la leche (fase grasa y fase acuosa), los depósitos deben llevar un sistema de agitación suave, ya que si es fuerte produce efectos nocivos, tales como:

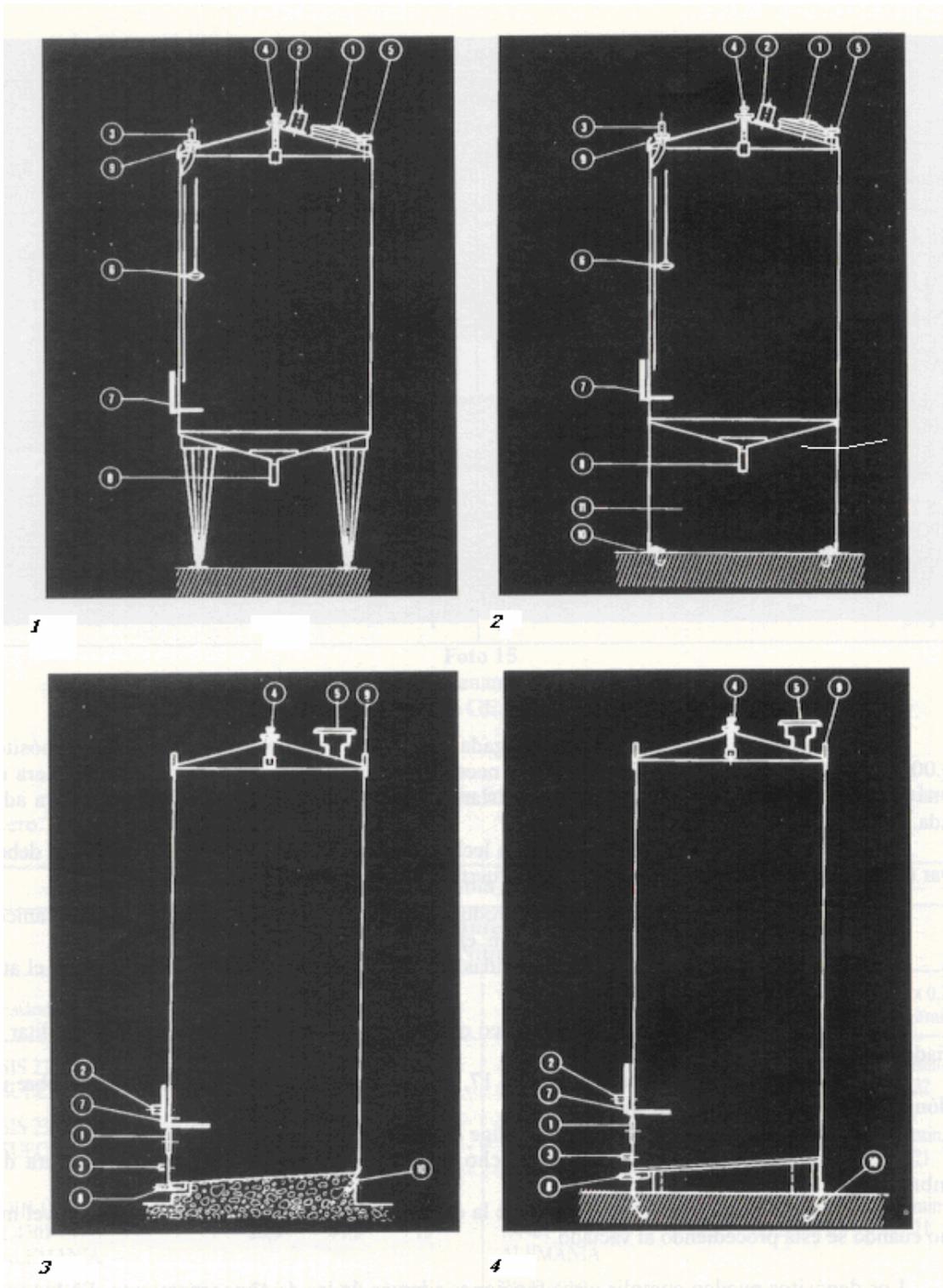
- Incorporación de aire a la leche, que produce oxidación de las grasas, problemas mecánicos en el bombeo, datos erróneos de volumen, etc.
- Rotura de los glóbulos grasos, con pérdidas de su membrana protectora, lo que facilita el ataque enzimático a la grasa láctea.

-El fondo de los depósitos puede ser cónico o plano con una ligera inclinación para facilitar el vaciado de la leche. Los depósitos, como se ve en el siguiente esquema, pueden ir sujetos sobre pies regulables, sobre un faldón, sobre cimentación o sobre un bastidor.

-Los depósitos pueden cumplir otras funciones además de las de almacenamiento. En los procesos de elaboración de productos lácteos se intercalan depósitos que pueden tener una o varias funciones:

- 1) -Hacer de reguladores del proceso entre dos etapas del mismo.
- 2) -Sirven para mezclar varios ingredientes.
- 3) -Sirven para enfriar, calentar, madurar, etc.

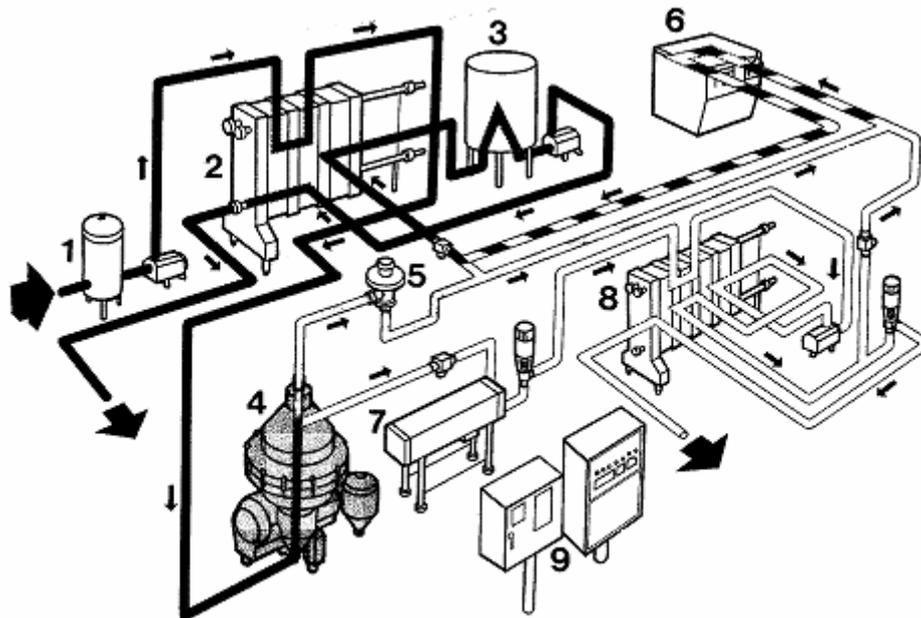
-A continuación, aparecen diversos tipos de depósitos.



**\*Diversos tipos de depósitos**

1. Fondo cónico descansado sobre pies regulables.
2. Fondo cónico descansado sobre un faldón.
3. Fondo plano inclinado sobre cimentación.
4. Fondo plano inclinado descansado sobre un bastidor.

#### 4. DESNATADO, ESTANDARIZACIÓN E HIGIENIZACIÓN DE LA LECHE



Tratamientos de la leche en la central.

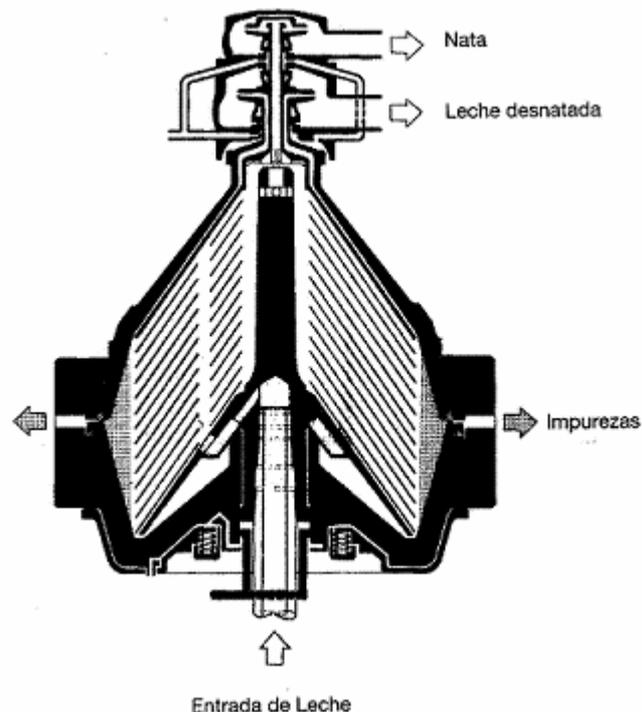
- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Depósito regulador.       | 6. Homogeneizador.           |
| 2. Pasterizador de la leche. | 7. Densímetro.               |
| 3. Depósito de retención.    | 8. Pasterizador de la nata.  |
| 4. Centrífuga desnatadora.   | 9. Panel de estandarización. |
| 5. Válvula modulante.        |                              |

-El siguiente esquema presenta los tratamientos a que es sometida la leche en las centrales lecheras después de acabada la recepción y control de calidad.

-En primer lugar, la leche refrigerada a 4° C procedente del depósito de almacenamiento pasa al depósito de regulación (1). Una bomba la envía a las dos primeras secciones del pasterizador (2), donde se precalienta a unos 65° C, para pasar a esta temperatura a la centrifugadora desnatadora, donde se hace la separación de la nata de la leche.

-La nata se pasteriza en el intercambiador de placas (8). Parte de la nata se mezcla nuevamente con la leche para dar leche estandarizada en su porcentaje de grasa, que se homogeneiza en el aparato (6), volviendo a la última sección del pasterizador (2), donde se procede al calentamiento final, a 72-75° C, durante 15 ó 20 segundos, gracias a la retención en el depósito (3). De dicho depósito la leche pasterizada vuelve a pasar por las dos primeras secciones del pasterizador (2), donde cede calor a la leche entrante, enfriándose hasta 4-6° C. El densímetro (7) sirve para regular el contenido de grasa de la nata, aunque se produzcan variaciones en la alimentación.

-Por otro lado, se regula únicamente la cantidad de nata que se necesita para conseguir la leche estandarizada al porcentaje graso deseado. A continuación se estudiará el proceso de higienización de la leche con centrífugas de alta velocidad. La leche por simple decantación en un recipiente consigue separarse de la nata formando una capa de nata en la parte superior (asciende debido a su menor peso). Si la leche se somete a centrifugación de miles de veces la fuerza de la gravedad, la separación es mucho más rápida y el caudal horario también. De hecho las modernas centrífugas trabajan de 10.000 a 14.000 veces la fuerza de la gravedad, con lo que su eficiencia es también del mismo orden.



**\*Principio de funcionamiento de una centrífuga higienizadora y desnatadora.**

-Como se puede apreciar en el esquema anterior la leche entra por abajo y se distribuye en el cuerpo de la máquina, que lleva un paquete de discos para aumentar la eficacia de separación. Las impurezas sólidas que aún contenga, al ser más pesadas, se van hacia la periferia, siendo descargadas a intervalos reguladores sin necesidad de parar la máquina. La nata, menos pesada, se queda en el centro y es descargada por arriba, mientras la leche lo hace por la boca inmediatamente inferior.

-Actualmente, las modernas centrífugas incorporan una serie de mejoras, tales como:

- Diseño hermético
- Sistemas de descargas parciales de las impurezas acumuladas en las paredes del motor.
- Sistema de autodisparos, de forma que las descargas de impurezas se realizan en el momento preciso, independientemente de las variaciones en la alimentación.
- Altos caudales horarios.
- Sistemas de seguridad.

-La misma máquina centrífuga realiza dos funciones:

- Eliminación de impurezas.
- Estandarización del contenido en grasa de la leche por separación de la nata.

Para la estandarización del contenido graso de la leche y la nata se puede proceder de varias formas:

- La leche contenida en un depósito se agita, se toma una muestra, se analiza el contenido graso y, en función del resultado, se añade o quita nata.
- La leche es estandarizada de forma automática en modernas líneas de funcionamiento continuo.

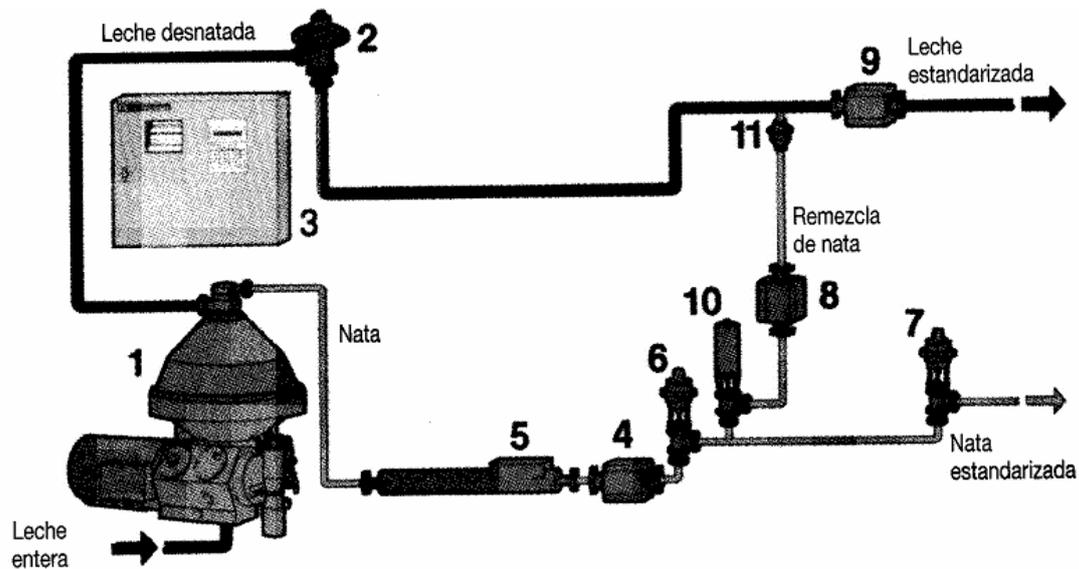
-A continuación se muestra un sistema automático de estandarización del contenido graso de la leche y la nata. Existen numerosas variantes que se pueden presentar en la práctica diaria de una industria:

- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera, que tiene un mayor contenido graso que el final buscado.
- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera, que tiene menos contenido graso que el final buscado.
- Estandarización de nata y leche con la posibilidad de añadir otro producto a la leche (nata, suero de nata u otra sustancia grasa). A veces sólo se desnata una parte de la leche entera en centrífuga, y a su salida de la máquina se vuelve a reunir con el resto de la leche entera que no ha sido centrifugada. Este sistema tiene la ventaja de permitir el uso de una máquina de menor capacidad que la de la línea de tratamiento.
- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera con un contenido graso mayor que el que se pretende alcanzar, pero con la opción de estandarizar la proporción: contenido en grasa/ materia seca de la leche.
- Estandarización de nata y leche partiendo de una leche entera con un contenido en grasa que puede ser mayor o menor que el final que deseamos alcanzar, pero con la opción de estandarizar la proporción: contenido en grasa/ materia seca de la leche.
- Estandarización de nata y leche con la opción de estandarizar la relación «contenido en grasa/ contenido en materia seca» y adicionando otro producto a la leche (nata, suero, leche entera, etc.).

-El sistema que aparece a continuación funciona midiendo las densidades y caudales de los productos. En función de las medidas obtenidas y de los resultados que se pretenden obtener, se producen ajustes de los caudales. Para poder hacer esas mediciones, el sistema lleva una serie de transmisores de caudal, válvulas modulantes y un panel de control. Este último contiene un ordenador, con un módulo de control y un módulo de operación situados en la parte delantera.

-En el módulo de operación se fijan los valores del contenido graso deseado, así como la cantidad total de producción de nata. Todos los datos del proceso se conocen de forma simultánea:

- Contenidos grasos fijados para la leche y la nata.
- Valores reales del contenido en grasa de la leche y la nata.
- Volúmenes prefijados de leche y nata a producir.
- Volúmenes de leche y nata producidos realmente.
- Estado operativo del proceso.



\* **Sistema automático de estandarización del contenido graso de la leche y de la nata.**

1. Separadora.
2. Válvula de modulación de presión constante para leche desnatada.
3. Panel de control con módulo de operación y registrador.
4. Transmisor de caudal para nata.
5. Transmisor de densidad para nata.
6. Válvula de modulación para nata.
7. Válvula para nata sobrante.
8. Transmisor de caudal para remezcla de nata.
9. Transmisor de caudal para leche estandarizada.

10. Válvula de corte para remezcla de nata.

11. Válvula de retención.

-Como se aprecia en el esquema, la leche entera se bombea a la separadora centrífuga (1) para su separación en leche desnatada y nata. La presión de la leche desnatada en la centrífuga se mantiene constante mediante una válvula de modulación (2). Al recibir las señales de los transmisores, el ordenador del panel de control (3) calcula el contenido en grasa en relación con los valores prefijados y los caudales e inmediatamente transmite señales de control a las válvulas de modulación de caudal, siempre que sea necesario.

-El caudal de nata procedente de la separadora se mide con un transmisor de caudal (4) y su contenido en grasa con un transmisor de densidad (5). El caudal de nata se regula por medio de una válvula de modulación (6). En la línea de nata sobrante, una segunda válvula de modulación (7) regula su caudal, mientras que la cantidad de nata de remezcla se mide con un transmisor (8). El caudal de leche estandarizada se mide por medio de otro transmisor (9). La válvula de corte (10) se cierra cuando se va a producir nata y leche estandarizadas.

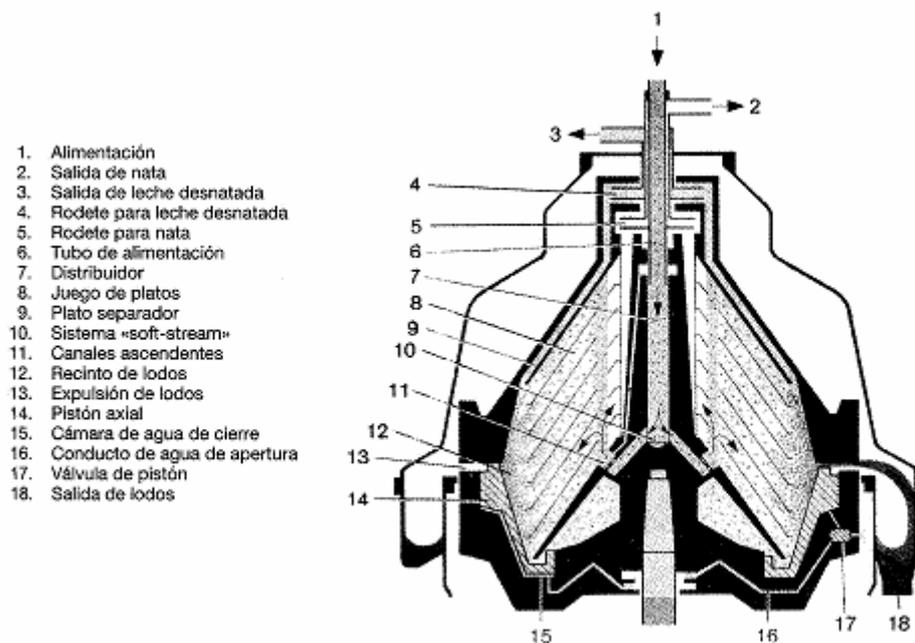
-El transmisor de densidad está integrado junto con el transmisor de caudal de nata (4) y el ordenador en un «sistema de control en cascada», que garantiza una rápida respuesta en el proceso y una correcta estandarización de la nata y de la leche.

-El desnatado de la leche se puede hacer en frío o en caliente. A continuación se presenta un esquema con la sección de una centrífuga utilizada en el desnatado de la leche en caliente. La leche entra a la máquina en rotación por arriba (1). La energía cinética en el tubo de alimentación fijo (6) se convierte en presión en la cámara de alimentación (7).

-La entrada (10) al juego de platos (8), donde se produce la separación de la leche en nata y leche desnatada. Al mismo tiempo se eliminan las impurezas sólidas, que son conducidas hasta el recinto de lodos (12) por acción de la fuerza centrífuga.

-La leche llega al juego de platos por los canales ascendentes (11). Las partículas de grasa se separan en el juego de platos y se desplazan hacia el interior de la máquina, ya que tienen menor peso específico, saliendo a presión y sin espuma por el rodete (5) hasta la tubería (2).

-La leche desnatada pasa por encima del plato separador (9), que limita por la parte superior el recinto de centrifugación, siendo descargada a presión y sin espuma mediante el rodete (4) hasta la tubería (3). El grado de desnate viene dado por la cantidad de partículas de grasa que queden en la leche desnatada.



**\*Sección de una centrífuga utilizada en el desnatado de la leche.**

## 5. INSTALACIONES DE PASTERIZACIÓN

-La pasterización tiene como objetivo primordial la destrucción de microorganismos patógenos que pueden transmitir enfermedades al consumidor. Desde tiempo inmemorial, una de las formas en que el hombre ha conservado sus alimentos ha sido por el uso del calor, eliminando, gracias a ello, y aún sin saberlo, los microorganismos presentes en los mismos. Pasteur, basándose en este hecho, desarrolló una técnica conocida en todo el mundo como pasterización, nombre dado en su honor, para la eliminación de microorganismos presentes en los alimentos.

-En principio se aplicó a la leche, y consistía en calentarla a 60° C durante aproximadamente treinta minutos. Posteriormente, la industria alimentaria en general aceptó esta técnica en la elaboración de los más diversos alimentos, tales como zumos de frutas, yogur, nata, etc., por las innegables ventajas de higiene para el consumo humano que reporta. La industria del mundo entero, sea a un nivel artesanal o industrial, aplica esta técnica, ya que la leche es un excelente caldo de cultivo para todo tipo de microorganismos. Otros objetivos de la pasterización son:

- Destrucción de cierto tipo de microorganismos que pueden producir olores o sabores desagradables.
- Conseguir una completa disolución de los ingredientes de la mezcla en el caso de leches especiales (batidos, leches gelificadas, helados, etc.).

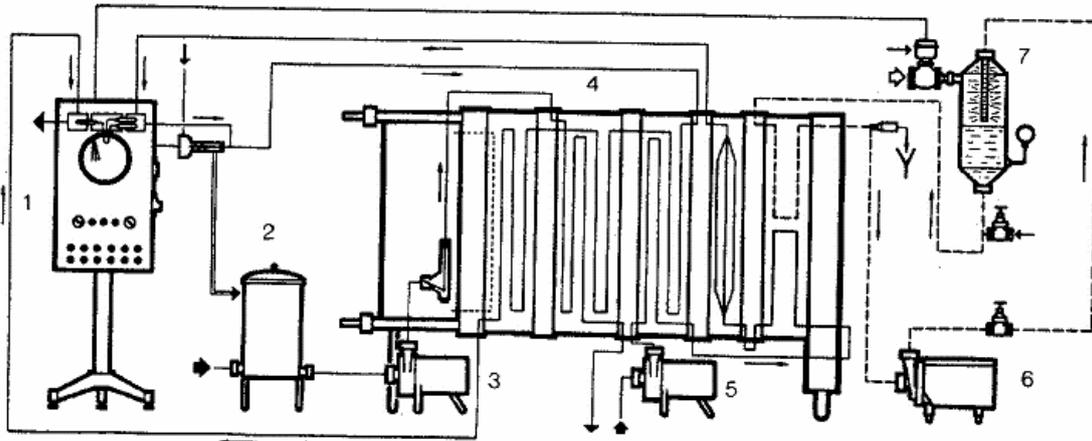
-El efecto destructor de gérmenes patógenos se consigue por la combinación de temperatura y tiempo de mantenimiento de dicha temperatura. Tres son las combinaciones más utilizadas a nivel industrial:

- Pasterización baja, que fue la aplicada en su día por Pasteur (60° C mantenidos durante treinta minutos).
- Pasterización intermedia, a una temperatura de 70-72° C durante quince a treinta segundos.
- Pasterización alta, de 83-85° C durante quince-veinte segundos.

-Actualmente se tiende a la pasterización intermedia durante quince segundos, ya que presenta ventajas claras como:

- Proceso muy rápido, lo que significa más capacidad productiva.
- Temperatura suficiente, que asegura la destrucción de todos los microorganismos patógenos.
- Ahorro energético.

-A continuación se muestra una planta completa de pasterización leche:



**\*Planta de Pasterización de leche.**

1. Panel de control.
2. Depósito de regulación.
3. Bomba de impulsión de la leche.
4. Pasterizador de placas con varias secciones.
5. Bomba de agua de enfriamiento.
6. Bomba de agua caliente.
7. Calderín de calentamiento de agua.

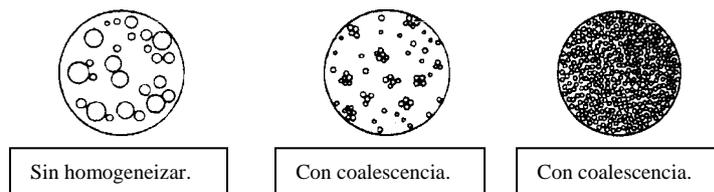
-El funcionamiento de la planta es el siguiente:

-La leche llega al tanque regulador (2), desde donde una bomba (3) la envía al pasterizador de placas (4), donde se calienta en contracorriente con leche que ya sale pasterizada. En la última sección se produce el salto térmico hasta 70-72° C, en circulación alternativa con agua caliente a 78-80° C, que es calentada por vapor en el calderín (7), siendo impulsada por la bomba (6). En la penúltima sección del pasterizador se mantiene la temperatura de 70-72° C durante unos quince a veinte segundos. Sale nuevamente la leche, que se va enfriando. Si por cualquier causa no se produce la pasterización, una válvula recircula la leche nuevamente. En el panel (1) se controla y registran las temperaturas durante todo el proceso.

## 6. HOMOGENEIZACIÓN DE LA LECHE Y DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS.

-El propósito de la homogeneización es desintegrar y dividir finamente los glóbulos de grasa en la leche con objeto de conseguir una suspensión permanente, evitando que la grasa se separe del resto de los componentes y ascienda hacia la superficie por su menor peso.

-A continuación se presentan tres muestras de leche vistas al microscopio. La de arriba no ha sido homogeneizada, y presenta glóbulos de grasa enteros, con un diámetro medio de 3-4 micras (la micra es la milésima parte de un milímetro), aunque puede haber glóbulos de grasa desde 0,1 a 20 micras. La figura de abajo presenta una mezcla homogeneizada, donde se ve que los glóbulos han sido finamente divididos hasta reducirlos a un diámetro medio de 0,3 a 0,4 micras. Es decir, con el tratamiento de homogeneización reducimos el diámetro de los glóbulos a un décimo de su diámetro inicial.



### **\*Muestras de leche vistas al microscopio.**

-Por medio de alta presión se hace pasar la leche a través de las pequeñas ranuras existentes entre la válvula y el asiento, lo que produce la rotura de los glóbulos. El efecto final de homogeneización es el resultado del conjunto de tres factores.

1. Paso por una estrecha ranura a una alta velocidad, lo que somete a los glóbulos de grasa a poderosas fuerzas de rozamiento, que los deforman y rompen.
2. La aceleración que sufre el líquido a su paso por esa estrecha franja va acompañada por una caída de presión, lo que crea un fenómeno de cavitación, en el que los glóbulos de grasa se ven sometidos a poderosas fuerzas de implosión.
3. Al chocar los glóbulos de grasa contra las paredes del cabezal de homogeneización, en el impacto, se rompen y dividen.

**Anexo II**

**NORMA GENERAL  
DE CALIDAD PARA  
LA NATA**

## NORMA GENERAL DE CALIDAD PARA LA NATA

-Orden de 12 de Julio de 1983, por la que se aprueban las Normas Generales de Calidad para la Nata y Nata en Polvo con destino al mercado interior.

### A) NOMBRE DE LA NORMA

Norma General de Calidad para la nata.

### A) OBJETO DE LA NORMA

La presente Norma tiene por objeto definir aquellas condiciones y características que debe reunir la nata para su comercialización y consumo en el mercado interior.

### C) ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma General abarca a la nata destinada a su comercialización en el mercado interior, con excepción de la nata en polvo.

### D) DEFINICIÓN

Se entiende por nata en general al producto lácteo rico en grasa separado de las leches de las especies animales a que luego se alude, que toma la forma de una emulsión del tipo grasa en agua.

La nata se elaborará con leche procedente de animales que no padezcan procesos infecciosos peligrosos para la salud pública, y forzosamente habrá de ser sometida a un tratamiento que asegure la destrucción de los gérmenes patógenos.

### E) DENOMINACIONES

a) Por su origen.

Nata o nata de vaca: cuando procede exclusivamente de leche de vaca.

La nata que se fabrique con leche de oveja, leche de cabra, o mezcla de ambas entre sí y con la de vaca deberá incluir en su denominación, después de la palabra «Nata», la

indicación de la especie o especies animales de las que proceda la leche empleada por orden descendente de proporciones en caracteres claros y legibles.

b) Por su composición.

Según el contenido en materia grasa, expresado en porcentaje en masa de materia grasa sobre masa del producto final, las natas se denominarán:

- ✓ Doble nata: la que contenga un mínimo de materia grasa del 50 %.
- ✓ Nata: la que contenga un mínimo de materia grasa del 30 % y menos del 50 %.
- ✓ Nata delgada o ligera: la que contenga un mínimo de materia grasa del 12 % y menos del 30%.

Cuando la nata contenga productos añadidos autorizados, la determinación del porcentaje de materia grasa se efectuará sobre la parte láctea, descontando dichos añadidos.

c) Por su tratamiento higiénico y conservación.

- ✓ Nata pasterizada: se entiende por nata pasterizada la sometida a un tratamiento térmico en condiciones tales de temperatura y tiempo que aseguren la total destrucción de los gérmenes patógenos y la casi totalidad de la flora banal sin modificación sensible de su naturaleza físico-química y cualidades nutritivas.
- ✓ Nata esterilizada: se entiende por nata esterilizada la sometida en el mismo envase en que se suministra al consumidor a tratamiento térmico que asegure la destrucción de los gérmenes y la inactividad de sus formas de resistencia.
- ✓ Nata UHT: se entiende por nata UHT la sometida en circulación continua a tratamiento térmico que asegure la destrucción de los gérmenes y la inactivación de sus formas de resistencia, siendo posteriormente envasada en condiciones asépticas.

- ✓ Nata pasterizada envasada bajo presión: es la nata esterilizada envasada y acondicionada bajo presión de gases inertes para su venta en recipientes estancos.
  
- ✓ Nata esterilizada envasada bajo presión: es la nata esterilizada envasada y acondicionada bajo presión de gases inertes para su venta en recipientes estancos.
  
- ✓ Nata UHT envasada bajo presión: es la nata UHT envasada bajo presión de gases inertes para su venta en recipientes estancos.
  
- ✓ Nata congelada: es la nata pasterizada y envasada, azucarada o no, sometida a un proceso rápido de congelación que permita alcanzar al menos  $-18^{\circ}$  C en el centro de su masa.
  
- ✓ Nata homogeneizada: cualquiera de las natas anteriores sometidas a un proceso mecánico que subdivida los glóbulos grasos y asegure una mejor emulsión.

#### F) FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD

- Ingredientes esenciales: leche de vaca, oveja o cabra o sus mezclas.
- Ingredientes facultativos:
  - Sacarosa y/o glucosa en proporción total no superior al 15 % en masa con respecto al producto terminado en las natas azucaradas.
  
  - Sustancias aromáticas naturales o idénticas naturales en las natas aromatizadas.
  
  - Frutas y otros alimentos naturales.

□ Características físico-químicas.

➤ Organolépticas:

La nata dispuesta para su venta deberá presentar las siguientes características:

- ✓ Consistencia líquida más o menos viscosa, excepto la «nata batida» o «montada», que presentará consistencia semisólida.
- ✓ Color blanco amarillento.
- ✓ Sabor y olor característicos.

➤ Intrínsecas:

- ✓ Contenido mínimo en materia grasa de leche, 12 %.
- ✓ La composición del extracto seco de la fracción no grasa de las distintas natas, descontando el correspondiente al de los ingredientes facultativos y aditivos añadidos, será la misma que la del extracto seco magro de la leche natural de partida.
- ✓ Acidez, expresada en peso de ácido láctico % de nata en volumen de la parte no grasa 0,25 % como máximo, excepto para la nata acidificada, que podrá ser del 9,65 % como máximo.
- ✓ Impurezas macroscópicas: grado 0.

G) ADITIVOS AUTORIZADOS

Las siguientes estipulaciones relativas a los aditivos y sus especificaciones han sido sancionadas por la Subsecretaría de Sanidad y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo. De conformidad con el artículo 2.2. del Decreto 2.519/1974, de 9 de agosto, dicha Subsecretaría podrá modificar en cualquier momento la presente relación de aditivos mediante Resolución.

Los aditivos que se indican a continuación deberán responder a las normas de identificación, calidad y pureza prescritas por la Subsecretaría de Sanidad y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo.

1) Reguladores de la maduración.

Exclusivamente para natas acidificadas o destinadas a la fabricación de mantequilla.

- Fermentos lácticos, especialmente Streptococcus Lactis y cremoris.
- Fermentos productores de aroma, especialmente, Leuconostoc citrovorum y paracitrovorum.

2) Estabilizantes.

- ✓ Los siguientes estabilizantes, para las natas esterilizadas y UHT y nata montada y batida, en las dosis que se indican respecto al producto terminado.

- Dosis máxima, 0,2 % solos y 0,3 % en combinación, expresadas como sustancias anhidras.
---

E-331	Citrato sódico.
E-332	Citrato potásico.
E-333	Citrato cálcico.
-	Cloruro sódico.
-	Cloruro potásico.
-	Cloruro cálcico.
-	Carbonato sódico.
-	Carbonato potásico.
E-170	Carbonato sódico.
E-339	Fosfato sódico.
E-341	Fosfato cálcico.
E-450	c. Polifosfato sódico.
E-450	c. Polifosfato potásico.

- Dosis máxima, 0,5 % solos o combinados.
--

E-401	Alginato sódico.
E-402	Alginato potásico.
E-403	Alginato amónico.
E-407	Carragenatos.

- ✓ Para nata batida o para batir, exclusivamente, y en las dosis que se indican respecto al producto terminado.

-Dosis máxima del 1% solos o en combinación.	E-407	Carragenato
	E-401	Alginato sódico
	E-402	Alginato potásico
	E-403	Alginato amónico
	E-405	Alginato propilenglicol
	E-400	Ácido algínico
	E-475	Ésteres de polialcoholes y ácidos orgánicos esterificados con ácidos grasos alimenticios.
	-	Gelatina
	E-322	Lecitina
	E-440	Pectina
	E-460	i.Celulosa microcristalina
	E-472	Mono y diglicéridos acetilados o de ácidos grasos alimenticios
	-	Preparados de cuajo
	E-406	Agar-agar
	E-414	Goma arábica
	E-413	Goma de tragacanto
E-410	Goma de Garrofín	
E-415	Goma Xantana	

-En dosis máxima del 0.5 % solos o en combinación.	-	Caseinatos
--	---	------------

### 3) Reguladores del pH

Los siguientes reguladores del pH, aislada o conjuntamente, exclusivamente en la nata destinada a la fabricación de mantequilla, en dosis máxima del 0,2 %, expresado dicho porcentaje en masa de las sustancias anhidras respecto a la masa del producto total.

- E-339 Fosfato sódico.
- Bicarbonato sódico.
- Hidróxido sódico.
- Hidróxido cálcico.

4) Aromatizantes.

Sustancias no naturales autorizadas.

5) Gases.

- ✓ Gases inocuos solos o mezclados para la elaboración de «nata batida o montada».

- Nitrógeno
- E-290 Dióxido de carbono
- Óxido nitroso
- Aire

Protóxido de nitrógeno para la conservación bajo presión de la nata pasteurizada o esterilizada.

6) Conservadores.

Únicamente en natas montadas o batidas.

- En dosis máxima del 0,05 %
---------------------------------

E-200	Acido sórbico
E-201	Sorbato sódico
E-202	Sorbato potásico
E-203	Sorbato cálcico

H) NORMA MICROBIOLÓGICA Y CONTAMINANTES

➤ Norma microbiológica.

Las siguientes normas microbiológicas, relativas a la higiene alimentaria de estos productos, han sido aprobadas por la Subsecretaría de Sanidad y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo. En virtud del artículo 14 del Real Decreto 3.302/1978, de 22 de diciembre, dicha Subsecretaría podrá, atendiendo a motivaciones de salud pública, modificar en cualquier momento la presente relación mediante la Resolución correspondiente.

a) Criterio microbiológico para natas pasterizadas

Recuento de colonias aerobias mesófilas (31° C).....	Máximo 10 <sup>5</sup> colonias /g
Enterobacteriaceae totales.....	Máximo 10 colonias /g
Escherichia coli.....	Ausencia /g
Salmonella Shigella.....	Ausencia /25 g
St. Aureus enterotoxigénico.....	Máximo 10 colonias/ g
Otros gérmenes patógenos.....	Ausencia
Prueba de la fosfatasa.....	Negativa

Además, el producto deberá estar exento de toxinas microbianas peligrosas.

b) Criterio microbiológico para natas esterilizadas.

No debe haber ningún crecimiento microbiano después de ser sometido el producto a pruebas de preincubación a 31±1° C y 55° C durante setenta y dos horas.

➤ Contaminantes.

La tolerancia de productos contaminantes y sustancias tóxicas no deberá sobrepasar los contenidos en la legislación vigente y, en su defecto, los contenidos en las normas internacionales aceptadas por el Estado español.

I) PROHIBICIONES

Queda expresamente prohibido:

- 1) Utilizar en la elaboración de la nata materias primas que estén adulteradas o alteradas, así como las consideradas extrañas a su composición.
- 2) Cualquier manipulación que tienda a sustituir total o parcialmente la grasa natural de la leche utilizada en su fabricación por grasas distintas.
- 3) La utilización de aditivos alimentarios no autorizados para este producto.
- 4) La tenencia en la industria de aditivos alimentarios no autorizados para alguno de los productos que elabore la misma.
- 5) La adición de sustancias destinadas al aumento de peso.

- 6) La venta de productos en cuya denominación se incluya la palabra «Nata» donde la totalidad de la materia grasa no proceda exclusivamente de la leche, exceptuando aquellos en cuya composición se incluya únicamente como grasa distinta de la leche la manteca de cacao o aquellos otros donde la nata resulte fácilmente separable o identificable.
- 7) El empleo de las palabras «Crema» y «Chantilly» para designar aquellos productos que puedan tener el carácter de sucedáneos o productos análogos a la nata, en sus distintas formas, e incluso para la nata misma.
- 8) La venta de natas adulteradas, alteradas o contaminadas.
- 9) La venta de nata con un contenido en materia grasa menor del 12 %.
- 10) La tenencia y venta de nata a granel y en envases abiertos en los locales de venta al público, exceptuándose la de uso propio o de cocina en establecimientos de la industria alimentaria y en el ramo de la hostelería.
- 11) El envasado de nata que no haya sido tratada térmicamente, según corresponda, en el mismo centro envasador.
- 12) El envasado de natas bajo presión de protóxido de nitrógeno puro en recipientes estancos que contengan más de 2 kg de nata.
- 13) La venta de nata sin higienizar al consumidor, a los establecimientos de venta al público, a los del ramo de hostelería y a las industrias alimentarias distintas de las lácteas.

#### J) HIGIENE

- ✓ El fabricante deberá responsabilizarse de los controles de las materias primas y demás ingredientes, salvo prueba en contrario, comprobando sus condiciones de pureza, en el momento de su recepción o de uso, mediante exámenes y análisis normales en buena práctica industrial o por medio de las certificaciones necesarias aportadas por el proveedor.
- ✓ Los productos terminados no deberán contener microorganismos patógenos ni sustancias tóxicas, según lo dispuesto en la legislación vigente.
- ✓ La conservación del producto se realizará en todo momento a una temperatura no superior a 8° C, a excepción de las natas esterilizadas y UHT.

### K) ENVASADO

- ✓ El material de envase podrá ser vidrio, porcelana, cartón parafinado, material macromolecular o cualquier otro autorizado para este fin por el Ministerio de Sanidad y Consumo.
  
- ✓ Los diversos tipos de nata se presentarán al consumidor debidamente envasados en recipientes íntegros, en perfectas condiciones de higiene y limpieza y cerrados herméticamente. Se exceptúan los empleados en natas batidas o montadas, que en todo caso reunirán las necesarias garantías de estanqueidad.
  
- ✓ Los envases podrán ser «recuperables» o «de retorno» únicamente cuando en la industria existan instalaciones técnicas que garanticen su correcta limpieza y esterilización.
  
- ✓ El llenado se realizará mecánicamente.
  
- ✓ La tolerancia máxima admisible en la capacidad de envasado en una muestra individual será de un 5 % en más o en menos si el contenido es igual o inferior a 220 g o ml, y de un 3 % en más o menos si es superior.

No obstante, en el caso de una muestra representativa de la totalidad de un lote la media del conjunto de dicha muestra deberá corresponderse con el contenido neto declarado en la etiqueta, con las tolerancias admitidas por el muestreo estadístico.

### L) ETIQUETADO Y ROTULACIÓN

El etiquetado de los envases y rotulación de los embalajes deberán cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 1.122/1988, de 23 de septiembre, por el que se aprueba la Norma General de Etiquetado, Presentación y Publicidad de los Productos Alimenticios Envasados.

➤ Etiquetado.

La nata dispuesta para el consumo llevará en el cuerpo del envase y/o en su cierre las siguientes indicaciones:

❖ La denominación del producto, que incluirá obligatoriamente:

- La palabra «Nata», seguida de la indicación de la especie de procedencia en caracteres de igual tamaño y el nombre de su tratamiento higiénico. Esta última mención no será obligatoria en el caso de la nata montada o batida.
- El porcentaje mínimo de grasa, que se declarará por defecto en unidades completas, y discrecionalmente la denominación correspondiente.
- Las palabras «Batida» o «Montada», o «Para batir» o «Para montar», o «Apta para batir» o «Apta para montar», o acidificada, en su caso.
- En el caso de añadirse azúcares, la expresión «Azucarada».
- En el caso de utilizarse sustancias aromáticas, la expresión «Aromatizada».

❖ Irá precedida del título «Ingredientes», y se mencionarán todos los ingredientes en orden decreciente de sus pesos en el momento en que se incorporan en el proceso de fabricación del producto.

❖ Contenido neto.

Se declarará en gramos o kilogramos, excepto para las natas líquidas, que se indicarán en mililitros o en litros.

❖ Marcado de fechas.

- ✓ Para las natas pasterizadas y batidas o montadas figurará la fecha de caducidad, que se indicará mediante la leyenda «fecha de caducidad», seguida del día y mes en dicho orden. El período entre la

fecha de fabricación y la fecha de caducidad no podrá sobrepasar de veinticinco días.

- ✓ Para las demás natas figurará la fecha de duración mínima, que se indicará mediante la leyenda «consumir preferentemente antes de», seguida del mes y el año en dicho orden.

El período entre la fecha de duración mínima y la de fabricación no podrá ser superior a:

- Doce meses para las natas esterilizadas y UHT.
- Seis meses para la nata congelada mantenida a -15° C.
- Dieciocho meses para la nata congelada mantenida a -30° C.

- ✓ Todas las fechas definidas se indicarán en la forma siguiente:

- El día, con la cifra o cifras correspondientes.
- El mes, con su nombre o con las tres primeras letras del nombre o con los dos dígitos (del 01 al 12) que correspondan. La expresión del mes mediante dígitos sólo podrá utilizarse cuando también figure el año.
- El año, con sus cuatro cifras o sus dos cifras finales.

Las indicaciones antedichas estarán separadas unas de otras por espacios en blanco, punta, guión, etc., salvo cuando el mes se exprese con letras.

❖ Instrucciones para la conservación.

La indicación «Consérvese en frío», en todas las latas menos en las esterilizadas y UHT. En el caso de las natas congeladas se indicará «consérvese como mínimo a -15° C».

❖ Identificación de la Empresa.

Se hará constar el nombre o la razón social o la denominación del fabricante, envasador o importador y, en todo caso, su domicilio.

Se hará constar el número de Registro Sanitario de Industria para las de fabricación nacional. El número de Registro del Producto en el Ministerio de Sanidad y Consumo para las importadas. Cuando la elaboración de la nata se realice bajo marca de un distribuidor, además de figurar su nombre, razón social o denominación y domicilio, se incluirán los de la industria elaboradora o su número de Registro Sanitario, precedidos por la expresión “Fabricado por”.

❖ Identificación del lote de fabricación.

Todo envase deberá llevar una indicación que permita identificar el lote de fabricación, quedando a discreción del fabricante la forma de dicha identificación.

***Anexo III***

***CRITERIO  
SELECCIÓN  
INTERCAMBIADOR***

-Debido al aumento del coste de los intercambiadores y a las limitaciones de espacio, los cambiadores de calor más utilizados en el mercado son los intercambiadores de calor compactos. Existen dos tipos de intercambiadores de calor compactos:

- a) Intercambiadores compactos de placas empaquetadas (GPHE)  
(gasketed plate heat exchanger)
- b) Intercambiadores compactos de placas soldadas (WPHE)  
(welded plate heat exchanger)

Necesidades del proceso:

1. Inspecciones de fugas para evitar la contaminación microbiológica.
2. Limpiezas mecánicas periódicas debido a las incrustaciones de nata en su interior (fluido viscoso).
3. Limpiezas químicas con el tratamiento CIP (Cleaning in place) en industrias alimentarias.
4. El volumen de nata retenido es pequeño.

\*\*El caudal de nata es pequeño para evitar la rotura de los glóbulos de grasa y la pérdida de las propiedades organolépticas y de homogeneización. Si los caudales fuesen altos se necesitaría una mayor potencia de bombeo que provocaría agresiones a los glóbulos de grasa. (Los glóbulos de grasa rotos son atacados más fácilmente por los microorganismos).

5. El material del intercambiador debe ser forzosamente acero inoxidable AISI 316 o AISI 304 para la industria alimentaria.
6. La viscosidad de la nata al 40% de grasa es media.

-A continuación aparece una tabla para la óptima selección del tipo de intercambiador, según el “Manual del Ingeniero Químico” (Perry-Green).

**FABLA 11.18. Guía de aplicaciones de los cambiadores compactos**

Condiciones de diseño	G. PHE	W. PHE	WG. PHE	BHE	DBL	MLT	STE	CP	SHE	THE
Temperatura diseño, °C	165	150	150	185	+500	+500	+500	450	+400	+500
Temperatura mínima metal, °C	-30	-30	-30	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160
Presión diseño, MPa	2,5	2,5	0,7	3,1	+20	+20	+20	3,1	2,0	+20
Inspección de fugas	Sí	Parcial	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Parcial	Sí	Sí
Limpieza mecánica	Sí	Sí/No	Sí	No	Sí	Sí	Sí/No	Sí	Sí	Sí
Limpieza química	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad expansión	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	No
Reparación	Sí	Sí/No	Sí	No	Sí	Sí	Parcial	Parcial	Parcial	Sí
Cruce de temperatura	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No*
Superf. área/unidad m <sup>2</sup>	1.850	900	250	50	10	150	60	275	450	Alto
Volumen retenido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto
<b>Materiales</b>										
Acero medio	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Acero inoxidable	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Titanio	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Hastalloy	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Níquel	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Alcación 20	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Incoloy 825	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Monel	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Grafito impermeable	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí
<b>Servicio</b>										
Fluidos limpios	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Incompat. empaquetado	D	A/D	D	A	A	A	A	A	A	A
Viscosidad media	A/B	A/B	A/B	B	A	A	A/B	A/B	A	A
Viscosidad alta	A/B	A/B	A/B	D	A	A	A/B	A/B	A	A
Todos y finos	B/D	D	A/B	C	A	A	C	B	A	A/D
Todos y gruesos	D	D	B	D	A	B/C	D	B	A	A/D
Refrigerantes	D	A	D	A	A	A	B/C	A	A	A
Fluidos térmicos	D	A/B	D	A/B	A	A	C	A	A	A
Condensadores venteo	D	D	D	D	A/D	A	A	B/C	A	A
Condensador proceso	D	C	D	D	A/D	A	A	B/C	B	A/C
Reherv./condens. vacío	D	D	B	D	A/D	B	A	B/C	C	A
Evaporador	D	C	C	A	B	B	A	B/C	C	A
Control temperatura	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Gran escala	B	B	A	D	A	A/B	B/C	B	B	A/D

-Y para la elección del elastómero óptimo se hará uso de la siguiente tabla:

**TABLA 11.19. Guía de selección de elastómeros**

	Usos	Evitar
Nitrilo (NBR)	Resistente a aceites Resistente a grasas Alimentos Aceite mineral Agua	Oxidantes Ácidos Aromáticos Alcalis Alcoholes
Resina curada de butilo (IIR)	Ácidos Legías Álcalis fuertes Ácido fosfórico fuerte Ácidos minerales diluidos Cetonas Aminas Agua	Grasas y ácidos grasos Aceites de petróleo Hidrocarburos clorados Disoluciones con cloruros Aceite mineral Agua desmineralizada rica en O <sub>2</sub> Oxidantes fuertes
Etileno-propileno (EPDM)	Agentes oxidantes Ácidos diluidos Aminas Agua La mayoría de fluidos IIR	Aceites Ácidos calientes y concentrados Oxidantes muy fuertes Grasas y ácidos grasos Hidrocarburos clorados
Viton (FKM, FPM)	Agua Aceites de petróleo Mayoría de ácidos inorgánicos Mayoría de fluidos NBR	Aminas Cetonas Ésteres Ácidos orgánicos Amoníaco líquido

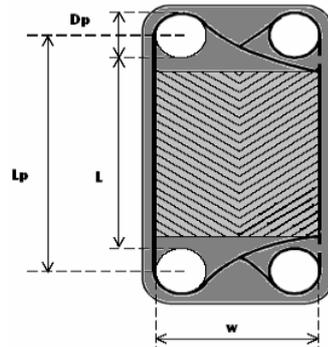
\*\*El intercambiador óptimo según las necesidades del proceso es un intercambiador de placas empaquetadas (GPHE) y el elastómero para el empaquetado será nitrilo (NBR) por ser utilizado en industria alimentaria.

**Anexo IV**

**SELECCIÓN  
PLACA ÓPTIMA  
PASTERIZADOR**

-A continuación se detalla el procedimiento llevado a cabo para determinar la placa óptima del intercambiador de placas o pasterizador.

-El fabricante de dicho intercambiador tiene dos tipos de placas disponibles en dos ángulos diferentes:



Q055 EnergySaver

$w = 418 \text{ mm}$
$L = 1.129,5 \text{ mm}$
$L_p = 1.237,5 \text{ mm}$
$\beta = 30^\circ \text{ y } 60^\circ$
$b = 2,7 \text{ mm}$
$A_p = 0,57 \text{ m}^2$
$\varepsilon = 0,6 \text{ mm}$
$D_p = 108 \text{ mm}$

Q055 DuraFlow

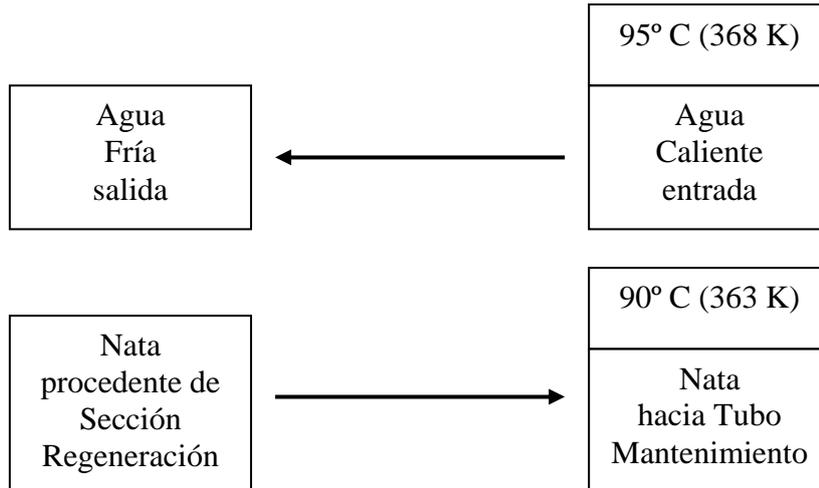
$w = 420 \text{ mm}$
$L = 1.127,5 \text{ mm}$
$L_p = 1.237,5 \text{ mm}$
$\beta = 30^\circ \text{ y } 60^\circ$
$b = 3,95 \text{ mm}$
$A_p = 0,55 \text{ m}^2$
$\varepsilon = 0,6 \text{ mm}$
$D_p = 110 \text{ mm}$

\* Luego habrá 4 posibilidades diferentes:

- 1) EnergySaver  $30^\circ$
- 2) EnergySaver  $60^\circ$
- 3) DuraFlow  $30^\circ$
- 4) DuraFlow  $60^\circ$

-El objetivo de este anexo será llegar a la conclusión de cuál de estas cuatro posibilidades da un rendimiento de trabajo mayor. El estudio de cuál de las cuatro posibilidades es la mejor se llevó a cabo en una sección del pasterizador y se extrapoló al resto de las secciones, de esta manera, se simplifican los cálculos. Se tomó la sección de calentamiento para dicho estudio porque posee las condiciones de operación más restrictivas dentro del pasterizador (temperaturas más altas).

**SECCIÓN  
CALENTAMIENTO**



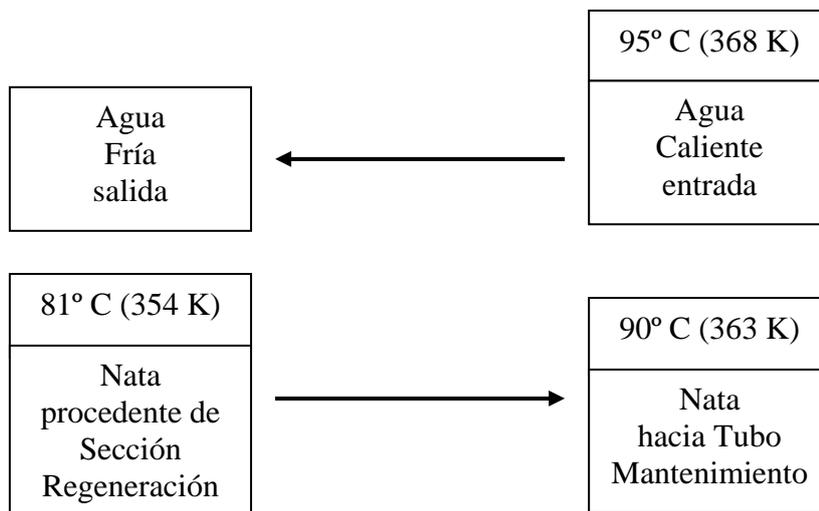
-La temperatura a la salida de la sección de calentamiento debe tener un valor mínimo de 85° C pero se tomó un pequeño margen de seguridad por las posibles pérdidas caloríficas de la nata en la sección de mantenimiento, es decir, una temperatura de salida de esta sección mayor a la requerida (90° C).

-Según el Manual de Industrias Lácteas (por Antonio Madrid Vicente) se suelen conseguir rendimientos regenerativos del 85- 90 % en este tipo de pasterizadores. Según dicho manual se tiene:

$$R(\text{regeneración}) = \frac{T^a_{\text{nata}}(\text{salida regenerador}) - T^a_{\text{nata}}(\text{entrada pasterizador})}{T^a_{\text{pasterización}} - T^a_{\text{nata}}(\text{entrada pasterizador})}$$

$$85 = \frac{T^a_{\text{nata}}(\text{salida regenerador}) - 30}{90 - 30} \cdot 100$$

$$T^a_{\text{nata}}(\text{salida regenerador}) = 81^{\circ} \text{C}$$



$$Q_v(\text{nata}) = 6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m_f = Q_v \cdot \rho$$

$$m_f = 1,63 \text{ Kg/s}$$

$$\rho(\text{nata}, 30^\circ \text{C}) = 981 \text{ Kg/m}^3$$

$$m_c = 2,25 \text{ Kg/s}$$

-  $m_f$  y  $m_c$  son los caudales máxicos de nata y agua caliente, respectivamente.

- El caudal de nata se tomó como base de cálculo para este proyecto ( $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y el caudal de agua caliente al igual que el de agua fría se fijaron en función de dicho caudal de nata.

**NATA**

Temperatura	$Cp_f$ (KJ/ Kg ·K)
(363K) 90° C	2,10
(354K) 81° C	2,50

$$\overline{Cp_f} = \frac{2,50 + 2,10}{2} = 2,30 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$$

$$\overline{Cp_c} = 4,18 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K} \equiv \text{cte}$$

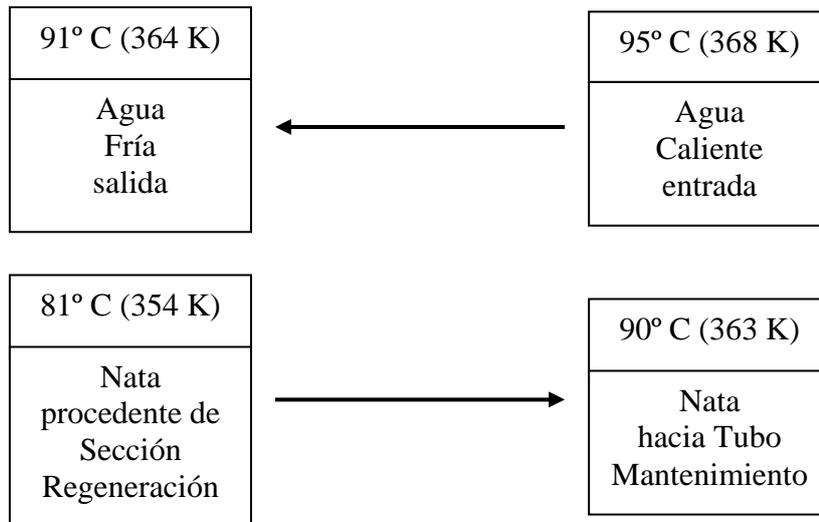
(Ver “Documento I-Anexos-Propiedades de la Nata”)

-Se realizará un balance energético para determinar el calor transferido desde la corriente caliente hasta la fría (“Procesos de Transmisión de Calor” por Juan Herranz).

$$\text{Ec. 1 } Q = m_c \cdot \overline{Cp_c} \cdot (T_{c,o} - T_{c,l}) = m_f \cdot \overline{Cp_f} \cdot (T_{f,l} - T_{f,o})$$

$$2,25 \cdot 4,18 \cdot (368 - T_{c,l}) = 1,63 \cdot 2,30 \cdot 9$$

$$T_{c,l} = 91^\circ \text{C} (364\text{K})$$



- Se calcula el incremento de temperatura media logarítmica entre ambas corrientes (“Procesos de Transmisión de Calor” por Juan Herranz).

$$\text{Ec. 2 } \Delta T_{m1} = \frac{(T_{c,salida} - T_{f,entrada}) - (T_{c,entrada} - T_{f,salida})}{\ln \frac{(T_{c,salida} - T_{f,entrada})}{(T_{c,entrada} - T_{f,salida})}}$$

$$\Delta T_{m1} = \frac{(91 - 81) - (95 - 90)}{\ln \frac{(91 - 81)}{(95 - 90)}}$$

$$\Delta T_{m1} = 7,21 \text{ K}$$

## *Placa EnergySaver 30°*

-El procedimiento de cálculo es el mismo para cualquier tipo de placa y ángulo de placa. Por esta razón, solo se explicará dicho procedimiento para EnergySaver 30° y en el resto de placas solo se detallarán las ecuaciones obtenidas.

-A continuación se detalla una expresión para el número de Nusselt en función del ángulo de placa. Y de esta expresión obtendremos los coeficientes de convección (h) para el lado del agua y de la nata (“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

$$Nu = \frac{h \cdot De}{k} = a_1 \cdot Re^{a_2} \cdot Pr^{a_3} \cdot \left( \frac{\mu_m}{\mu_w} \right)^{a_\mu}$$

$a_3 \equiv 1/3 \Rightarrow$  Para pasterizadores de placas

$\left( \frac{\mu_m}{\mu_w} \right)^{a_\mu} \equiv$  Factor de corrección de viscosidad (Igual a 1 porque el contenido en agua de la nata es muy alto).

-Finalmente, la expresión queda simplificada de la siguiente forma:

$$\text{Ec. 3} \quad Nu = \frac{h \cdot De}{k} = a_1 \cdot Re^{a_2} \cdot Pr^{1/3}$$

-Los valores de  $a_1$  y  $a_2$  dependerán del número de Reynolds y del ángulo de placa. Estos valores vienen tabulados para placas tipo Chevron que son las utilizadas en el pasterizador.

$\beta$	$Re$	$a_1$	$a_2$
$\leq 30^\circ$	$\leq 10$	0.718	0.349
	$> 10$	0.348	0.663
$45^\circ$	$< 10$	0.718	0.349
	10 – 100	0.400	0.598
	$> 100$	0.300	0.663
$50^\circ$	$< 20$	0.630	0.333
	20 – 300	0.291	0.591
	$> 300$	0.130	0.732
$60^\circ$	$< 20$	0.562	0.326
	20 – 400	0.306	0.529
	$> 400$	0.108	0.703
$\geq 65^\circ$	$< 20$	0.562	0.326
	20 – 500	0.331	0.503
	$> 500$	0.087	0.718

\* Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

AGUA

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	k (W/m·K)	Pr(adimensional)
(368K) 95° C	961,90	$2,42 \cdot 10^{-4}$	0,67	1,83
(364K) 91° C	964,65	$2,41 \cdot 10^{-4}$	0,49	1,94

NATA

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	k (W/m·K)	Pr(adimensional)
(363K) 90° C	947,00	$3,60 \cdot 10^{-3}$	0,59	12,81
(354K) 81° C	951,00	$3,90 \cdot 10^{-3}$	0,58	16,70

(ver ”Documento I-Anexos-Propiedades de la Nata y Propiedades del Agua”)

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \quad \text{centipoise(cp)} \equiv 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

- El pasterizador consiste en una serie de placas corrugadas dispuestas de modo que se van alternando el paso de un fluido y a continuación el otro. De esta manera, se favorece el intercambio calorífico entre ambos fluidos separados por la placa. El fluido circula a través de una especie de canal formado entre el corrugado de una placa y el de la siguiente.

-Se tendrán ecuaciones para el paso de cada uno de los fluidos y se utilizarán los superíndices <sup>I</sup> ó <sup>II</sup> para diferenciar un fluido del otro.

$$\text{Ec. 4} \quad Re = \frac{\rho \cdot V_{\text{fluido}} \cdot D_e}{\mu} = \frac{G_c \cdot D_e}{\mu}$$

$$\text{Ec. 5} \quad V_{\text{fluido}}^I(\text{agua}) = \frac{W^I}{N^I \cdot b \cdot w \cdot \rho^I} = \frac{G_c^I}{\rho^I}$$

$$\text{Ec. 6} \quad V_{\text{fluido}}^{II}(\text{nata}) = \frac{W^{II}}{N^{II} \cdot b \cdot w \cdot \rho^{II}} = \frac{G_c^{II}}{\rho^{II}}$$

(“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher)

-Se considerará que por los pasos impares pasará el fluido calefactor, es decir, el agua; y por los pares, la nata.

$N^I$  ≡ número de canales de agua por paso.

$N^{II}$  ≡ número de canales de nata por paso.

-Para 30°, se obtiene de la tabla anterior los valores  $a_1$  y  $a_2$  quedando las ecuaciones:

$$\text{Ec. 7} \quad Nu(\text{agua}) = \frac{h_{\text{agua}} \cdot D_e}{K_{\text{agua}}} = 0,348 \cdot (Re^I)^{0,663} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

$$\text{Ec. 8} \quad Nu(\text{nata}) = \frac{h_{\text{nata}} \cdot D_e}{K_{\text{nata}}} = 0,348 \cdot (Re^{II})^{0,663} \cdot Pr_{\text{nata}}^{1/3}$$

-Se ha supuesto para tomar estas ecuaciones que  $Re > 10$ . Luego, al final se debe verificar esta suposición.

$$\text{Ec. 9} \quad Re^I = \frac{\rho^I \cdot V_{\text{fluido}}^I \cdot D_e}{\mu^I}$$

$$\text{Ec. 10} \quad Re^{II} = \frac{\rho^{II} \cdot V_{\text{fluido}}^{II} \cdot D_e}{\mu^{II}}$$

-Para introducir la densidad ( $\rho$ ) y la viscosidad ( $\mu$ ) se debe hacer una media ponderada entre la temperatura de entrada y la de salida.

$$\mu^I = \frac{2,42 \cdot 10^{-4} + 2,41 \cdot 10^{-4}}{2} = 2,42 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\rho^I = \frac{961,91 + 964,65}{2} = 963,27 \text{ Kg/m}^3$$

-A continuación se introducen los anteriores valores en la ecuación 5:

$$b = 2,70 \cdot 10^{-3} \text{ m} \qquad W^I \equiv m_C$$

$$De = 2 \cdot b = 5,40 \cdot 10^{-3} \text{ m} \qquad W^I = 2,25 \text{ Kg/s}$$

-Los valores "b" y "De" son suministrados por el fabricante de placas del pasterizador.

$$V_{\text{fluido}}^I = \frac{2,25 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 2,70 \cdot 10^{-3} \cdot 0,418 \cdot 963,27 \text{ Kg/m}^3} = \frac{2,07}{N^I} \text{ m/s}$$

$$\rho^{II} = \frac{947,00 + 951,00}{2} = 949,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu^{II} = \frac{3,60 \cdot 10^{-3} + 3,90 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

-A continuación se sustituyen los valores anteriores en la ecuación 6:

$$W^{II} \equiv m_F = 1,63 \text{ Kg/s}$$

$$V_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,63 \text{ Kg/s}}{N^{II} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,418 \cdot 949,00 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,53}{N^{II}} \text{ m/s}$$

-Las expresiones de velocidad de fluido de la página anterior se introducen en las de Reynolds, es decir, en las ecuaciones 9 y 10:

$$Re^I = \frac{963,27 \cdot 2,07 \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{N^I \cdot 2,42 \cdot 10^{-4}}$$

$$Re^I = \frac{4,46 \cdot 10^4}{N^I}$$

$$Re^{II} = \frac{949,00 \cdot 1,53 \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{N^{II} \cdot 3,75 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re^{II} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{N^{II}}$$

-Hay que introducir las conductividades térmicas y los números de Prandtl en la ecuación de Nusselt. Para ello, se utilizará un valor promediado entre la entrada y la salida en cada una de las corrientes.

$$k_{agua}^I = \frac{0,67 + 0,49}{2} = 0,58 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$k_{nata}^{II} = \frac{0,59 + 0,58}{2} = 0,59 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$Pr_{nata} = \frac{12,81 + 16,70}{2} = 14,75$$

$$Pr_{agua} = \frac{1,83 + 1,94}{2} = 1,89$$

-Ahora todos estos valores promediados se introducen en la ecuación 7:

$$\frac{h_{\text{agua}} \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{0,58} = 0,348 \cdot \left( \frac{4,46 \cdot 10^4}{N^I} \right)^{0,663} \cdot 1,89^{1/3}$$

$$h_{\text{agua}} = \frac{5,56 \cdot 10^4}{(N^I)^{0,663}}$$

-Se hace lo mismo con la ecuación 8:

$$\frac{h_{\text{nata}} \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{0,59} = 0,348 \cdot \left( \frac{2,09 \cdot 10^3}{N^{II}} \right)^{0,663} \cdot 14,75^{1/3}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{1,47 \cdot 10^4}{(N^{II})^{0,663}}$$

-De la ecuación 1 se obtiene el calor transferido desde el agua hasta la nata mediante un balance energético en la sección de calentamiento (ya que el estudio de la placa óptima se está haciendo en esta sección).

$$Q = \overline{m_c} \cdot C_{p_c} \cdot (T_{c,o} - T_{c,l}) = \overline{m_f} \cdot C_{p_f} \cdot (T_{f,l} - T_{f,o})$$

$$Q = 2,25 \text{ Kgr/s} \cdot 4,18 \text{ KJ/Kgr} \cdot (95 - 91)$$

$$Q = 37,66 \text{ KW} = 37.660 \text{ W}$$

$$\text{Ec.11 } Q = U \cdot A \cdot F_T \cdot \Delta T_{mL}$$

$$\text{Ec.12 } A = (N_c - 1) \cdot A_p$$

(“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

$A_p$  = área de la placa (para EnergySaver 30°  $A_p = 0,57 \text{ m}^2$ )

$F_T$  = factor de corrección de la temperatura que se calcula de la misma forma que un intercambiador de calor de tubo y carcasa de un sólo paso.

$N_c$  = número de canales totales (igual a la suma de canales de agua y canales de nata)

$$1/U = \frac{1}{h_{nata}} + \frac{1}{h_{agua}} + \frac{\epsilon_p}{k_p} + R_f(nata) + R_f(agua)$$

(“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

$$\text{Ec. 13 } U = \frac{1}{\frac{1}{h_{agua}} + \frac{1}{h_{nata}} + \frac{\epsilon_p}{k_p} + R_f(nata) + R_f(agua)}$$

$R_f(nata)$  = resistencia ofrecida por el ensuciamiento de la nata.

$$R_f(nata) = 5,20 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$R_f(agua)$  = resistencia ofrecida por el ensuciamiento del agua para tratamiento térmico.

$$R_f(agua) = 3,40 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$k_p$  = conductividad térmica de la placa de acero AISI 316L.

$$k_p = 0,17 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$$

$\epsilon_p$  = espesor del plato.

$$\epsilon_p = 6,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

-Se introducen las ecuaciones 12 y 13 junto con todo lo calculado anteriormente en la ecuación 11 y se obtiene la siguiente expresión general:

$$37.660 = \frac{(N_c - 1) \cdot 0,57 \cdot F_T \cdot 7,21}{\frac{(N^I)^{0,663}}{5,56 \cdot 10^4} + \frac{(N^{II})^{0,663}}{1,47 \cdot 10^4} + \frac{6,00 \cdot 10^{-4}}{0,17} + 3,40 \cdot 10^{-5} + 5,20 \cdot 10^{-5}}$$

$$\text{Ec. 14} \quad Nc^I = N^I \cdot P^I$$

$$\text{Ec. 15} \quad Nc^{II} = N^{II} \cdot P^{II}$$

$$\text{Ec. 16} \quad Nc = Nc^I + Nc^{II}$$

(“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

$Nc^I$  = Número de canales totales de agua.

$Nc^{II}$  = Número de canales totales de nata.

$Nc$  = Número de canales totales.

$N^I$  = Número de canales de agua por paso

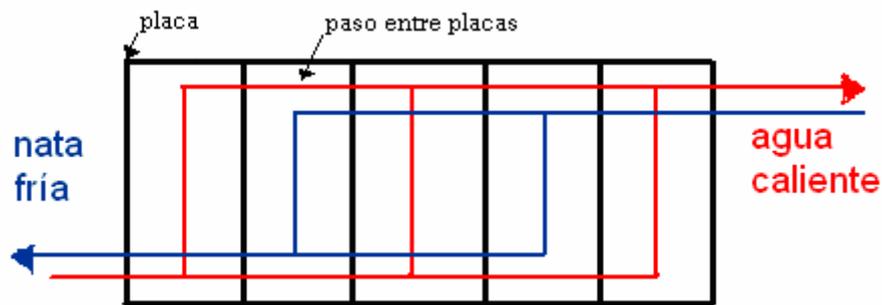
$N^{II}$  = Número de canales de nata por paso.

$P^I$  = Número de pasos para el agua.

$P^{II}$  = Número de pasos para la nata.

- A continuación aparece un par de ejemplos gráficos para entender los conceptos de canales y pasos en intercambiadores de placas:

**\*\*Ejemplo 1:**



**Agua caliente**

3 canales x 1 paso

$$Nc^I = N^I \times P^I$$

$$3 = 3 \times 1$$

**Nata fría**

2 canales x 1 paso

$$Nc^{II} = N^{II} \times P^{II}$$

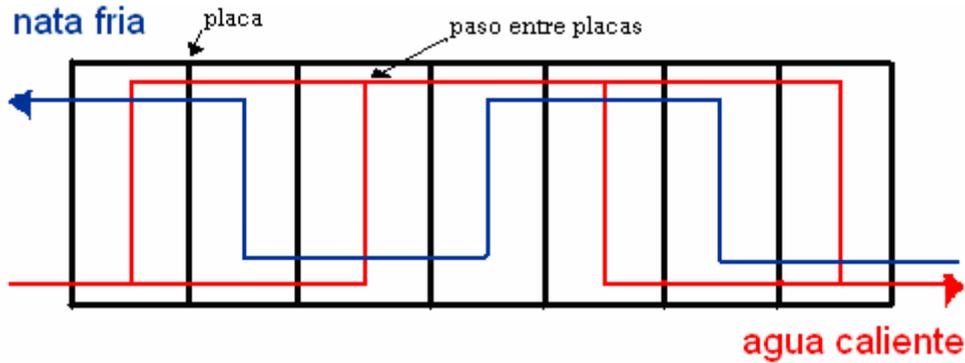
$$2 = 2 \times 1$$

$$Nc = Nc^I + Nc^{II}$$

$$Nc = 3 + 2$$

$$Nc = 5$$

**\*\*Ejemplo 2:**



<b><u>Agua caliente</u></b>
2 canales x 2 pasos
$Nc^I = N^I \times P^I$
$4 = 2 \times 2$

<b><u>Nata fría</u></b>
1 canal x 3 pasos
$Nc^{II} = N^{II} \times P^{II}$
$3 = 1 \times 3$

$$Nc = Nc^I + Nc^{II}$$

$$Nc = 4 + 3$$

<b>Nc = 7</b>
---------------

- El  $F_T$  o factor de corrección de temperatura para un intercambiador de placas se calcula del mismo modo que para un intercambiador de tubo y carcasa de un solo paso y es independiente del número de pasos utilizados en el intercambiador de placas (pasterizador).

$$R = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i}$$

$$P = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i}$$

$$R = \frac{95 - 91}{90 - 81}$$

$$P = \frac{90 - 81}{95 - 81}$$

-A partir de los valores anteriormente calculados (R y P) y la tabla para cambiadores de tubo y carcasa de un paso se obtiene el valor de  $F_T$ .

<b><math>F_T = 0,9</math></b>
-------------------------------

-A partir del factor de corrección de temperatura obtenido e introduciendo las ecuaciones 14 y 15 en la expresión general obtenida anteriormente se obtiene la expresión final.

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc^I}{P^I}\right)^{0,663}}{5,56 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc^{II}}{P^{II}}\right)^{0,663}}{1,47 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

-Se debe hacer el estudio de la placa óptima para las diferentes configuraciones posibles, es decir, para distinto número de pasos. Por tanto, la expresión final quedará en función del número de pasos y el número de canales totales (Nc) en lugar de  $Nc^I$  y  $Nc^{II}$  como se tiene en la expresión anterior. Por este motivo se harán los siguientes cambios:

$$Nc^I = \begin{cases} Nc/2 & \text{si } Nc \text{ par} \\ \frac{Nc+1}{2} & \text{si } Nc \text{ impar} \end{cases} \quad Nc^{II} = \begin{cases} Nc/2 & \text{si } Nc \text{ par} \\ \frac{Nc-1}{2} & \text{si } Nc \text{ impar} \end{cases}$$

- A partir de ahora se hará el estudio para diferentes pasos.

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc^I}{P^I}\right)^{0,663}}{5,56 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc^{II}}{P^{II}}\right)^{0,663}}{1,47 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Para facilitar el cálculo se hará la simplificación de que el número de pasos para ambas corrientes es el mismo, es decir:

$$P^I = P^{II} = P$$

- Si  $N_c$  par:

$$\frac{\left(\frac{N_c}{P}\right)^{0,663}}{8,78} + \frac{\left(\frac{N_c}{P}\right)^{0,663}}{2,33} + 36,15 = 0,98 \cdot (N_c - 1)$$

- Si  $N_c$  impar:

$$\frac{\left(\frac{N_c+1}{P}\right)^{0,663}}{8,78} + \frac{\left(\frac{N_c-1}{P}\right)^{0,663}}{2,33} + 36,15 = 0,98 \cdot (N_c - 1)$$

- Mediante una hoja de cálculo de Excel se resolvieron las ecuaciones anteriores.

$$Re^I = \frac{4,46 \cdot 10^4}{N^I} \quad Re^{II} = \frac{2,08 \cdot 10^3}{N^{II}} \quad A = (N_c - 1) \cdot 0,57$$

P	$N_c$	$N^I$	$N^{II}$	$Re^I$	$Re^{II}$	$Re^{I,II} > 10$	Área(m <sup>2</sup> )
1	44,7 = 45	23,00	22,00	1939	94	SI	25,08
2	42,1 = 43	11,00	10,50	4054	198	SI	23,94
5	40,1 = 41	4,20	4,00	10.619	520	SI	22,80
10	39,3 = 40	2,00	2,00	22.300	1.040	SI	22,23

\*\* No se sigue realizando el cálculo para un mayor número de pasos porque la diferencia entre la utilización de 5 pasos y 10 pasos supone sólo el ahorro de una placa, es decir; de 40 placas a 41 placas; sin embargo, el ahorro de una placa supondrá un gasto energético de bombeo mucho mayor debido al incremento de pérdidas de carga al aumentar el número de pasos.

P	$N_c$	$N^I$	$N^{II}$	U (W/m <sup>2</sup> · K)
1	45	23,00	22,00	233

2	43	11,00	10,50	248
5	41	4,20	4,00	261
10	40	2,00	2,00	266

## *Placa EnergySaver 60°*

- Ahora se hará el estudio de la placa EnergySaver pero esta vez para un ángulo de 60° entre la dirección de los canales y la horizontal. Antes se llevo a cabo el estudio de la placa con ángulo de 30° y ahora con 60°. El procedimiento llevado a cabo es el mismo que para una placa de 30° así que se obviarán ciertos pasos.

- Para 60° se observan los valores de  $a_1$  y  $a_2$  en la tabla. De esta manera se obtienen las ecuaciones:

$$Nu(\text{agua}) = \frac{h_{\text{agua}} \cdot De}{K_{\text{agua}}^I} = 0,108 \cdot (Re^I)^{0,703} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

$$Nu(\text{nata}) = \frac{h_{\text{nata}} \cdot De}{K_{\text{nata}}^{II}} = 0,306 \cdot (Re^{II})^{0,529} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

- Al final se deben verificar las suposiciones que se han hecho para utilizar estas ecuaciones:

$$Re^I > 400$$

$$20 < Re^{II} < 400$$

$$V_{\text{fluido}}^I = \frac{2,25 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 2,70 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 963,27 \text{ Kg/m}^3} = \frac{2,07}{N^I} \text{ m/s}$$

$$V_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,63 \text{ Kg/s}}{N^{II} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,418 \text{ m} \cdot 949,00 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,53}{N^{II}} \text{ m/s}$$

$$\text{Re}^{\text{I}} = \frac{4,46 \cdot 10^4}{\text{N}^{\text{I}}}$$

$$\text{Re}^{\text{II}} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{\text{N}^{\text{II}}}$$

- Se obtienen los siguientes coeficientes de convección:

$$h_{\text{agua}} = \frac{2,65 \cdot 10^4}{(\text{N}^{\text{I}})^{0,703}}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{4,65 \cdot 10^3}{(\text{N}^{\text{II}})^{0,529}}$$

$$Q = 37,660 \text{ KW} = 37660 \text{ W}$$

-  $\Delta T_{\text{ml}}$  también es el mismo.

$$\Delta T_{\text{ml}} = 7,21 \text{ K}$$

- Finalmente, queda la expresión

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(\text{Nc} - 1)}{\frac{\left(\frac{\text{Nc}^{\text{I}}}{\text{P}^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{2,65 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{\text{Nc}^{\text{II}}}{\text{P}^{\text{II}}}\right)^{0,529}}{4,65 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc par:

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(\text{Nc} - 1)}{\frac{\left(\frac{\text{Nc}}{\text{P}^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{4,31 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{\text{Nc}}{\text{P}^{\text{II}}}\right)^{0,529}}{6,71 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc impar:

$$1,49 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\left( \frac{Nc + 1}{P^I} \right)^{0,703} + \left( \frac{Nc - 1}{P^{II}} \right)^{0,529}} + 3,62 \cdot 10^{-3}$$

$4,31 \cdot 10^4$        $6,71 \cdot 10^3$

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup> > 400	Re <sup>II</sup>	20 < Re <sup>II</sup> < 400	Área (m <sup>2</sup> )
1	54,5 = 55	23	22	1.939	SI	95	SI	30,78
2	48,3 = 49	12,5	12	3.568	SI	174	SI	27,36
5	43,8 = 44	4,4	4,4	10.136	SI	475	NO	NO
10	41,9 = 42	2,1	2,1	21.238	SI	995	NO	NO

- Para 5 y 10 pasos no se cumple la condición inicial del Re<sup>II</sup> (nata):

$$20 < \text{Re}^{\text{II}} < 400$$

- Así que para 5 y 10 pasos se debe cambiar la ecuación inicial del Nusselt de donde se extrae el coeficiente de convección de la nata:

$$\text{Nu} = 0,108 \cdot (\text{Re}^{\text{II}})^{0,703} \cdot \text{Pr}^{1/3}$$

- Se hará una suposición que al final se deberá verificar:

$$\text{Re}^{\text{II}} > 400$$

- Se obtienen los siguientes coeficientes de convección para el agua y la nata:

$$h_{\text{agua}} = \frac{2,65 \cdot 10^4}{(\text{N}^{\text{I}})^{0,703}}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{6,20 \cdot 10^3}{(\text{N}^{\text{II}})^{0,703}}$$

- Finalmente, se obtiene la expresión:

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(\text{Nc} - 1)}{\frac{\left(\frac{\text{Nc}^{\text{I}}}{\text{P}^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{2,65 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{\text{Nc}^{\text{II}}}{\text{P}^{\text{II}}}\right)^{0,703}}{6,20 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc par:

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(\text{Nc} - 1)}{\frac{\left(\frac{\text{Nc}}{\text{P}^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{4,31 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{\text{Nc}}{\text{P}^{\text{II}}}\right)^{0,703}}{1,01 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc impar:

$$1,02 \cdot 10^4 = \frac{(\text{Nc} - 1)}{\frac{\left(\frac{\text{Nc} + 1}{\text{P}^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{4,31 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{\text{Nc} - 1}{\text{P}^{\text{II}}}\right)^{0,703}}{1,01 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>II</sup>	Re <sup>I,II</sup> >400	Área(m <sup>2</sup> )
5	43,7 = 44	4,4	4,4	10.136	475	SI	24,51
10	41,3 = 42	2,1	2,1	21.238	995	SI	23,37

- A continuación se detallan todos los resultados obtenidos para la placa EnergySaver 60° :

P (número de pasos)	Nc	Área (m <sup>2</sup> )
1	55	30,78
2	49	27,36
5	44	24,51
10	42	23,37

- Finalmente se obtienen los siguientes coeficientes globales de transmisión de calor.

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	U (W/ m <sup>2</sup> · K)
1	55	23	22	197
2	49	12,5	12	215
5	44	4,4	4,4	239
10	42	2,1	2,1	253

*Placa DuraFlow 30°*

-DuraFlow es el otro tipo de placa disponible para el pasterizador. A continuación se detallan las dimensiones de la placa DuraFlow cedidas por el fabricante de placas:

$$b = 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\varepsilon = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$A_p = 0,55 \text{ m}^2$$

$$w = 0,420 \text{ m}$$

- Para un ángulo de 30° se obtienen los siguientes valores de  $a_1$  y  $a_2$ :

$$a_1 = 0,348$$

$$a_2 = 0,663$$

-Se ha hecho la suposición de que  $Re^{I,II} > 10$ ; así que, al final, se debe confirmar dicha suposición:

$$Nu(\text{agua}) = \frac{h_{\text{agua}} \cdot De}{K_{\text{agua}}^I} = 0,348 \cdot (Re^I)^{0,663} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

$$Nu(\text{nata}) = \frac{h_{\text{nata}} \cdot De}{K_{\text{nata}}^{II}} = 0,348 \cdot (Re^{II})^{0,663} \cdot Pr_{\text{nata}}^{1/3}$$

$$De = 2 \cdot b = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$V_{\text{fluido}}^I = \frac{2,25 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 963,27 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,41}{N^I} \text{ m/s}$$

$$V_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,63 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 949,00 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,04}{N^I} \text{ m/s}$$

$$Re^I = \frac{4,46 \cdot 10^4}{N^I}$$

$$Re^{II} = \frac{2,08 \cdot 10^3}{N^{II}}$$

$$h_{\text{agua}} = \frac{3,79 \cdot 10^4}{(N^{\text{I}})^{0,663}}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{1,00 \cdot 10^4}{(N^{\text{II}})^{0,663}}$$

-El factor de corrección de temperatura ( $F_T$ ) es el mismo que para la placa EnergySaver porque las temperaturas de entrada y salida de las corrientes también son las mismas.

$$F_T = 0,9$$

$$\Delta T_{m1} = 7,21 \text{ K}$$

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc^{\text{I}}}{P^{\text{I}}}\right)^{0,663}}{3,79 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc^{\text{II}}}{P^{\text{II}}}\right)^{0,663}}{1,00 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc par:

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc}{P^{\text{I}}}\right)^{0,663}}{6,00 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc}{P^{\text{II}}}\right)^{0,663}}{1,59 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc impar:

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc + 1}{P^{\text{I}}}\right)^{0,663}}{6,00 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc - 1}{P^{\text{II}}}\right)^{0,663}}{1,59 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup> > 10	Re <sup>II</sup>	Re <sup>II</sup> > 10	Área (m <sup>2</sup> )
1	51,0 = 51	26	25	1.715	SI	83	SI	27,50
2	46,3 = 47	12	11,5	3.717	SI	181	SI	25,30
5	43,1 = 44	4,4	4,4	10.136	SI	473	SI	23,65
10	41,7 = 42	2,1	2,1	21.238	SI	990	SI	22,55

- Finalmente se obtienen los siguientes coeficientes globales de transmisión de calor:

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	U (W/ m <sup>2</sup> · K)
---	----	----------------	-----------------	---------------------------

1	51	26	25	213
2	47	12	11,5	235
5	44	4,4	4,4	253
10	42	2,1	2,1	261

## *Placa DuraFlow 60°*

- Para un ángulo de 60° se obtienen los siguientes valores de  $a_1$  y  $a_2$ :

Agua	Nata
$a_1 = 0,108$	$a_1 = 0,306$
$a_2 = 0,703$	$a_2 = 0,529$

$$Nu(\text{agua}) = \frac{h_{\text{agua}} \cdot De}{K_{\text{agua}}} = 0,108 \cdot (Re^I)^{0,703} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

$$Nu(\text{nata}) = \frac{h_{\text{nata}} \cdot De}{K_{\text{nata}}} = 0,306 \cdot (Re^{II})^{0,529} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

- Se harán las siguientes suposiciones que se deberán verificar al final:

$$Re^I > 400$$

$$20 < Re^{II} < 400$$

$$V_{\text{fluido}}^I = \frac{2,25 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 963,27 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,41}{N^I} \text{ m/s}$$

$$V_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,63 \text{ Kg/s}}{N^I \cdot 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 949,00 \text{ Kg/m}^3} = \frac{1,04}{N^I} \text{ m/s}$$

$$Re^{II} = \frac{2,08 \cdot 10^3}{N^{II}}$$

$$h_{\text{agua}} = \frac{1,80 \cdot 10^4}{(N^{\text{I}})^{0,703}}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{3,17 \cdot 10^3}{(N^{\text{II}})^{0,529}}$$

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc^{\text{I}}}{P^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{1,80 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc^{\text{II}}}{P^{\text{II}}}\right)^{0,529}}{3,17 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc par:

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc}{P^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{2,94 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc}{P^{\text{II}}}\right)^{0,529}}{4,57 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc impar:

$$1,06 \cdot 10^4 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc + 1}{P^{\text{I}}}\right)^{0,703}}{2,94 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc - 1}{P^{\text{II}}}\right)^{0,529}}{4,57 \cdot 10^3} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- A continuación se expresan los coeficientes globales de transmisión de calor obtenidos para diferentes pasos:

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	U (W/ m <sup>2</sup> · K)
1	69	35	34	158
2	57	14,5	14	190
5	49	5	4,8	221

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup> > 400	Re <sup>II</sup>	20 < Re <sup>II</sup> < 400	Área (m <sup>2</sup> )
1	68,1 = 69	35	34	1.269	SI	61	SI	37,40
2	57,0 = 57	14,5	14	3.062	SI	149	SI	30,80
5	49,0 = 49	5	4,8	8.880	SI	398	SI	26,40

***CONCLUSIONES  
PARA LA PLACA  
ÓPTIMA***

-Para un mismo tipo de placa se puede apreciar que, a mayor ángulo de inclinación de los canales e igual número de pasos, se obtiene un coeficiente global de transmisión de calor (U) más pequeño. Por tanto, se necesitará un mayor número de placas.

Conclusión:

***“A menor ángulo de placa, mayor rendimiento”.***

-A continuación se detallan todos los resultados obtenidos con las diferentes placas y ángulos de placa:

**EnergySaver 30 °**

P(pasos)	Nc	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/ m <sup>2</sup> ·K)
1	45	25,08	233
2	43	23,94	248
5	41	22,80	261
10	40	22,23	266

**EnergySaver 60 °**

P(pasos)	Nc	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/ m <sup>2</sup> ·K)
1	55	30,78	197
2	49	27,36	215
5	44	24,51	239
10	42	23,37	253

**DuraFlow 30°**

P(pasos)	Nc	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/ m <sup>2</sup> ·K)
1	51	27,50	213
2	47	25,30	235
5	44	23,65	253
10	42	22,55	261

**DuraFlow 60°**

P(pasos)	Nc	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/ m <sup>2</sup> ·K)
1	69	37,40	158
2	57	30,80	190
5	49	26,40	221

-A igual ángulo de placa y número de pasos se puede apreciar que EnergySaver tiene un mejor rendimiento que DuraFlow. Luego, la placa óptima será:

**EnergySaver 30°**

-También hay que determinar la configuración óptima, es decir, el número de pasos óptimo. Se puede apreciar que a mayor número de pasos se necesita menor número de placas; pero también hay que tener en cuenta las pérdidas de carga. A mayor número de pasos existen mayores pérdidas de carga.

-Por tanto, habrá que llegar a una situación de compromiso donde se valore el óptimo entre pérdidas de carga y número de pasos. Esto se hará al final cuando se hayan dimensionado también las secciones de regeneración y enfriamiento del pasterizador.

↑ número de pasos	↓ área de intercambio	↑ pérdidas de carga	↑ potencia bombeo
↓ número de pasos	↑ área de intercambio	↓ pérdidas de carga	↓ potencia bombeo

**Anexo V**

***DIMENSIONADO  
TÉRMICO  
PASTERIZADOR***

***SECCIÓN  
REGENERACIÓN***

***1.***

-Esta sección tiene dos objetivos:

- a) -Precalentamiento de la nata de entrada al pasteurizador.
- b) -Preenfriamiento de la nata una vez ya sido calentada y mantenida durante 15 segundos.

-La nata ha sido calentada hasta una temperatura de 90° C en la sección de calentamiento porque la nata al 40% de grasa debe alcanzar como mínimo los 85° C para completar la operación de pasteurización. Sin embargo, se tomó dicha temperatura, mayor de la necesitada, por las posibles pérdidas caloríficas que pueda haber en el tubo de mantenimiento. Una vez abandonado el tubo de mantenimiento la nata vuelve a entrar en el pasteurizador a través de la sección de regeneración donde se preenfria para posteriormente completar dicho enfriamiento en la sección de enfriamiento del pasteurizador.

-Se hizo un cálculo aproximado de las pérdidas caloríficas en el tubo de mantenimiento:

$$T^{a}_{nata} = 90^{\circ} C (363 K)$$

$$Q = U_e \cdot A_e \cdot \Delta T$$

$$T^{a}_{ambiente} = 25^{\circ} C (298 K)$$

$$\Delta T = (363 - 298) K$$

$$U_e = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \cdot \frac{r_e}{r_i} + \frac{\ln(r_e/r_i)}{2\pi \cdot k_p \cdot \cancel{L}} + \frac{1}{h_e \cdot \cancel{L}} + R_{ensuc}}$$

$$h_i = 426,50 \text{ W/m}^2 \cdot K \quad (\text{calculado a partir de: } Nu = 0,023 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{0,8})$$

$$h_e = 6,84 \text{ W/m}^2 \cdot K \quad (\text{calculado a partir de: } h_e = 1,32 \cdot \left(\frac{\Delta T}{D_e}\right)^{1/4})$$

$$A_e = 1,33 \text{ m}^2 \quad (\text{área transversal tubo mantenimiento cuya longitud es de 5 m})$$

$$U_e = 6,71 \text{ W/m}^2 \cdot K \quad (\text{calculado con la expresión anterior})$$

$$Q = U_e \cdot A_e \cdot \Delta T = 580,34 \text{ W}$$

-Se ha estimado el flujo de calor disipado a lo largo del tubo de mantenimiento y ahora se determinará a partir de éste, la temperatura de la nata a la salida del tubo de mantenimiento.

-La temperatura de entrada al tubo de mantenimiento es la misma que la temperatura de salida del pasterizador por la sección de calentamiento.

$$T_{C,ent} = 363 \text{ K}$$

-A continuación se determina la temperatura de salida:

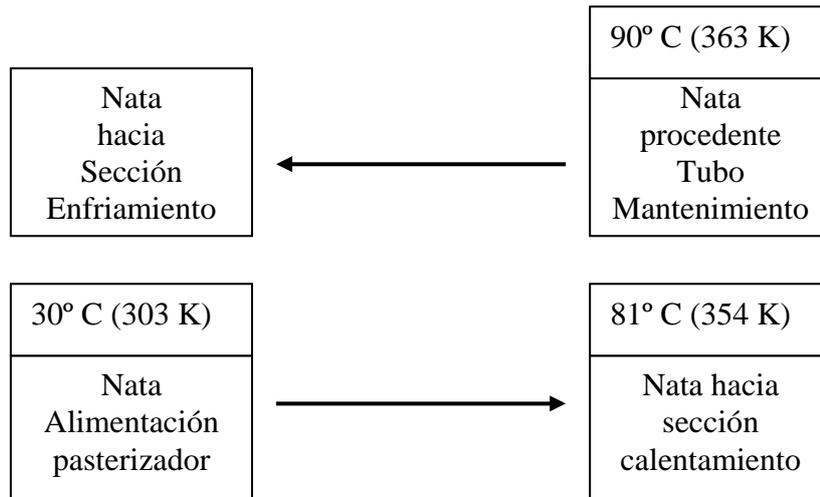
$$Q = 580,34 \text{ W} = m_c \cdot \overline{C_{P_C}} \cdot (T_{C,ent} - T_{C,sal})$$

$$T_{C,sal}(\text{calculada}) = 362,83 \text{ K}$$

-La temperatura a la entrada y a la salida del tubo de mantenimiento es prácticamente la misma luego las pérdidas caloríficas se pueden considerar despreciables.

-Tras abandonar la nata el tubo de mantenimiento vuelve a entrar en el pasterizador por la sección de regeneración. De este modo, se realiza un preenfriamiento antes de pasar a la sección de enfriamiento del pasterizador aprovechando dicho calor para un precalentamiento de la alimentación.

-Al considerarse despreciables las pérdidas caloríficas en el tubo de mantenimiento la temperatura de entrada en la sección de regeneración es la misma que a la salida de la sección de calentamiento, es decir, 90° C (363 K).



-A continuación se expresan las capacidades caloríficas para ambas corrientes.

Nata Caliente		Nata Fría	
Temperatura	Cp (KJ/kg· K)	Temperatura	Cp (KJ/kg· K)
90° C (363 K)	2,10	81° C (354 K)	2,50
		30° C (303 K)	3,67

-Se desconoce el valor de la  $T_{c,L}$  para determinar la  $\overline{C_{p_c}}$  así que se supondrá un valor inicial y mediante un balance energético (calor transferido entre las corrientes fría y caliente) se irán haciendo iteraciones hasta determinar el valor exacto de  $T_{c,L}$ .

$$\overline{C_{p_F}} = \frac{2,50 + 3,67}{2} = 3,08 \text{ KJ/Kg}\cdot\text{K} \qquad m_c = m_F = 1,63 \text{ Kg/s}$$

$$Q = \cancel{m_c} \cdot \overline{C_{p_c}} \cdot (T_{c,o} - T_{c,L}) = \cancel{m_F} \cdot \overline{C_{p_F}} \cdot (T_{F,L} - T_{F,o})$$

- Se supone un valor de  $\overline{C_{p_c}}$  :

$$\overline{C_{p_c}} = C_{p_c} (363\text{K})$$

-Se debe iterar hasta conseguir el valor exacto:

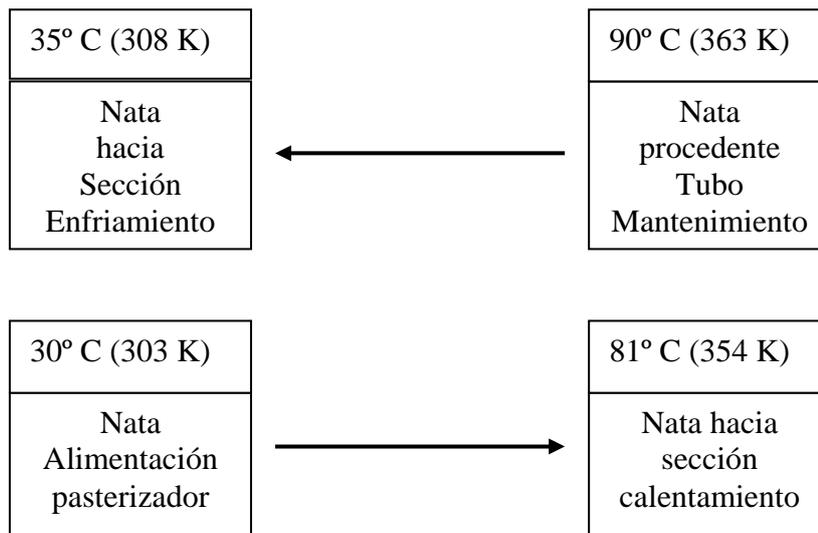
Iteración	$T_{c,L}$ (K)	$T_{c,L}$ (° C)
1	288	15
2	311	38
3	306	33
4	309	36
5	307	34
6	309	36
7	307	34

-Para cada iteración se obtuvo un valor de  $T_{c,L}$ . Luego se calculó la  $Cp_c$  (media) entre el valor obtenido y la temperatura de entrada (90° C) para la próxima iteración, y así sucesivamente hasta que se obtuvo un valor repetido de  $T_{c,L}$ .

-Se obtuvo dos veces 34° C y 36° C así que se considera que el proceso de iteración ha terminado.

$$T_{c,L} = 35^{\circ} \text{C} (308\text{K})$$

-Las temperaturas de entrada y salida para ambas corrientes quedan de la siguiente forma:



$$\Delta T_{m1} = \frac{(T_{c,salida} - T_{f,entrada}) - (T_{c,entrada} - T_{f,salida})}{\ln \frac{(T_{c,salida} - T_{f,entrada})}{(T_{c,entrada} - T_{f,salida})}}$$

$$\Delta T_{m1} = \frac{(35 - 30) - (90 - 81)}{\ln \frac{(35 - 30)}{(90 - 81)}}$$

$$\Delta T_{m1} = 6,80 \text{ K}$$

-Se hizo un estudio preliminar en la sección de calentamiento y se llegó a la conclusión de que la placa EnergySaver 30° es la óptima porque necesita un área de intercambio menor, es decir, necesita menor número de placas. Por tanto, es la placa que se utilizará en todo el pasterizador; es decir, no solo la sección de calentamiento sino también para las secciones de regeneración y enfriamiento.

-Dimensiones de placa:

EnergySaver 30°

$$L = 1.129,5 \text{ mm} = 1,129 \text{ m}$$

$$w = 418 \text{ mm} = 0,418 \text{ m}$$

$$b = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_p = 0,57 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

-El dimensionado térmico de la sección de regeneración se llevará a cabo del mismo modo que para la sección de calentamiento. Por esta razón, no se explicará el procedimiento, sólo aparecerán los resultados.

NATA CALIENTE

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	K (w/m·K)	Pr(adimensional)
(363K) 90° C	947,00	$3,60 \cdot 10^{-3}$	0,59	12,81
(308K) 35° C	978,00	$7,50 \cdot 10^{-3}$	0,53	51,08

NATA FRÍA

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	K (w/m·K)	Pr(adimensional)
(354K) 81° C	951,00	$3,90 \cdot 10^{-3}$	0,58	16,70
(303K) 30° C	976,70	$8,30 \cdot 10^{-3}$	0,53	58,00

$$\text{Nu}(\text{nata caliente}) = \frac{h_{\text{nata caliente}} \cdot \text{De}}{K_{\text{nata caliente}}} = 0,348 \cdot (\text{Re}^{\text{I}})^{0,663} \cdot \text{Pr}_{\text{nata caliente}}^{1/3}$$

$$\text{Nu}(\text{nata fría}) = \frac{h_{\text{nata fría}} \cdot \text{De}}{K_{\text{nata fría}}} = 0,348 \cdot (\text{Re}^{\text{II}})^{0,663} \cdot \text{Pr}_{\text{nata fría}}^{1/3}$$

-Se ha supuesto que:

$$\text{Re}^{\text{I,II}} \geq 10$$

-Al final se debe confirmar tal suposición.

-Para introducir la densidad y la viscosidad se debe hacer una media entre la entrada y la salida.

$$\begin{aligned} \rho^{\text{I}} &= 962,50 \text{ Kg/m}^3 & \rho^{\text{II}} &= 963,85 \text{ Kg/m}^3 \\ \mu^{\text{I}} &= 5,55 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} & \mu^{\text{II}} &= 6,10 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\text{De} = 2b = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$N^I$  = número de canales de nata caliente por paso.  
 $N^{II}$  = número de canales de nata fría por paso.

- Los caudales máxicos de nata caliente y nata fría son los siguientes:

$$W^I \equiv W^{II} \equiv m_c \equiv m_f = 1,63 \text{ Kg/s}$$

- Las expresiones de las velocidades y los números de Reynolds de ambos fluidos aparecen a continuación:

$$V_{\text{fluido}}^I = \frac{1,51}{N^I}$$

$$V_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,51}{N^{II}}$$

$$Re^I = \frac{1,41 \cdot 10^3}{N^I}$$

$$Re^{II} = \frac{1,28 \cdot 10^3}{N^{II}}$$

- Se introducen las expresiones anteriores junto con las conductividades caloríficas y los números de Prandtl en la expresión para Nusselt:

$K_{\text{nata}}^I = 0,56 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ caliente	$Pr_{\text{nata}} = 31,95$ caliente
$K_{\text{nata}}^{II} = 0,55 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ fría	$Pr_{\text{nata}} = 37,35$ fría

-Para la nata caliente:

$$\frac{h_{\text{nata}}^I \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{0,56} = 0,348 \cdot \left( \frac{1,41 \cdot 10^3}{N^I} \right)^{0,663} \cdot 31,95^{1/3}$$

$$h_{\text{nata}}^I = \frac{1,41 \cdot 10^4}{(N^I)^{0,663}}$$

-Para la nata fría:

$$\frac{h_{nata\ fría} \cdot 5,40 \cdot 10^{-3}}{0,55} = 0,348 \cdot \left( \frac{1,28 \cdot 10^3}{N^{II}} \right)^{0,663} \cdot 37,35^{1/3}$$

$$h_{nata\ fría} = \frac{1,37 \cdot 10^4}{(N^{II})^{0,663}}$$

- Se calcula el calor transferido desde el fluido caliente hasta el fluido frío:

$$Q = m_c \cdot C_{p_c} \cdot (T_{c,o} - T_{c,L}) = m_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_{f,L} - T_{f,o})$$

$$Q = 1,635 \text{ Kgr/s} \cdot 3.085 \text{ J/Kgr} \cdot (354 - 303)$$

$$Q = 257,24 \text{ KW} = 257.242 \text{ W}$$

- Según la gráfica para calcular el factor de corrección de temperatura ( $F_T$ ) se obtiene el siguiente valor:

$$F_T = 0,33$$

- Se calcula el coeficiente global de transferencia de calor entre ambas corrientes:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{nata\ caliente}} + \frac{1}{h_{nata\ fría}} + \frac{\epsilon_p}{K_p} + R_f(nata\ caliente) + R_f(nata\ fría)}$$

- Se obtiene la expresión general:

$$257.242 = \frac{(N_c - 1) \cdot 0,57 \cdot 0,33 \cdot 6,80}{\frac{(N^I)^{0,663}}{1,41 \cdot 10^4} + \frac{(N^{II})^{0,663}}{1,37 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc par:

$$2,01 \cdot 10^5 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc}{P^I}\right)^{0,663}}{2,23 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc}{P^{II}}\right)^{0,663}}{2,17 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

- Si Nc impar:

$$2,01 \cdot 10^5 = \frac{(Nc - 1)}{\frac{\left(\frac{Nc + 1}{P^I}\right)^{0,663}}{2,23 \cdot 10^4} + \frac{\left(\frac{Nc - 1}{P^{II}}\right)^{0,663}}{2,17 \cdot 10^4} + 3,62 \cdot 10^{-3}}$$

-En apartados anteriores se mencionaba que se lograban rendimientos del 80% en regeneradores de este tipo pero esto implica un gran número de placas en esta sección. Por este motivo, se utilizará un gran número de pasos si no, harían falta muchas placas.

-El número de pasos a tomar dependerá de las limitaciones del pasterizador porque a mayor número de pasos, mayor caída de presión.

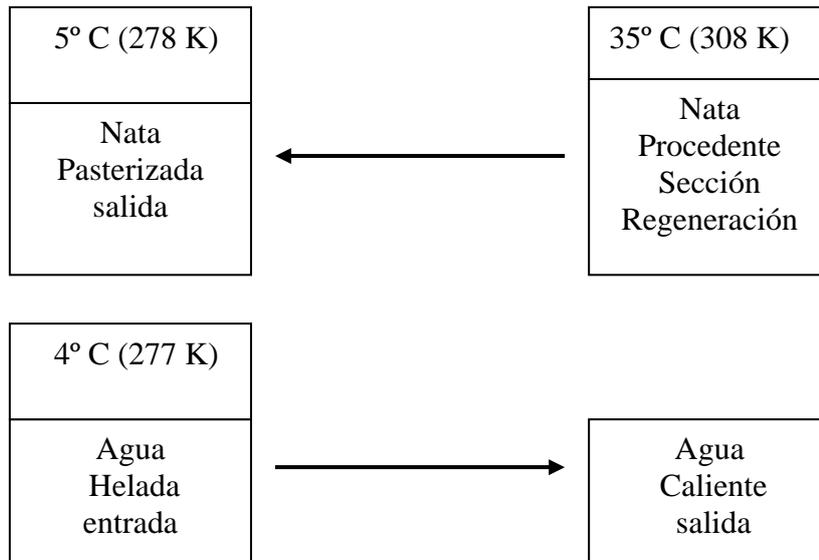
-En este caso se tomarán 50 pasos porque el pasterizador tiene una caída de presión máxima por sección de 0,6 MPa (ver “Documento I-Anexos-Caída de Presión del Pasterizador”).

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>II</sup>	Re <sup>I,II</sup> >10	Área(m <sup>2</sup> )
50	849,1 = 850	8,5	8,5	166	151	SI	483,93

- Finalmente se obtiene el siguiente coeficiente global de transmisión de calor:

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	U (W/ m <sup>2</sup> · K)
50	850	8,5	8,5	237

***SECCIÓN  
ENFRIAMIENTO***



$$m_c = 1,63 \text{ Kg/s}$$

$$m_F = 2,25 \text{ Kg/s}$$

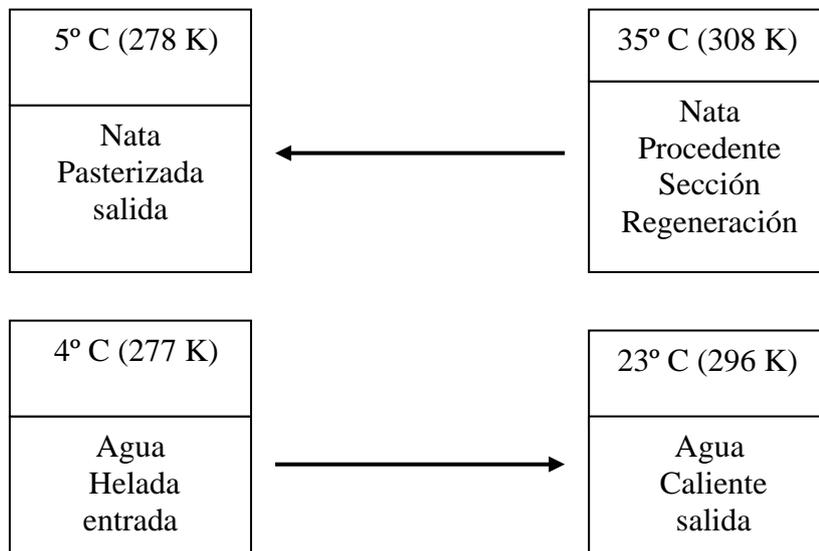
Temperatura	Cp (KJ/ kg· K)
81° C (354 K)	2,50
30° C (303 K)	3,67

$$\overline{Cp_c} = \frac{3,63 + 3,66}{2} = 3,65 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$Q = m_c \cdot \overline{Cp_c} \cdot (T_{c,o} - T_{c,L}) = m_F \cdot \overline{Cp_F} \cdot (T_{F,L} - T_{F,o})$$

$$1,63 \cdot 3,65 \cdot (308 - 278) = 2,25 \cdot 4,18 \cdot (T_{F,L} - 277)$$

$$T_{F,L} = 296 \text{ K (23° C)}$$



$$\Delta T_{ml} = \frac{(5 - 4) - (35 - 23)}{\ln \frac{(5 - 4)}{(35 - 23)}}$$

$$\Delta T_{ml} = 4,43 \text{ K}$$

-Dimensiones de placa:

EnergySaver 30°

$L = 1.129,5 \text{ mm} = 1,129 \text{ m}$   
 $w = 418 \text{ mm} = 0,418 \text{ m}$   
 $b = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$   
 $A_p = 0,57 \text{ m}^2$   
 $\varepsilon = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

NATA CALIENTE

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	K (w/m·K)	Pr(adimensional)
(308K) 35° C	978,00	$7,50 \cdot 10^{-3}$	0,53	51,08
(278K) 5° C	995,00	$12,40 \cdot 10^{-3}$	0,48	94,29

AGUA FRÍA

Temperatura	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )	K (w/m·K)	Pr(adimensional)
(296K) 23° C	997,54	$8,96 \cdot 10^{-4}$	0,61	5,84
(277K) 4° C	999,97	$1,08 \cdot 10^{-3}$	0,57	7,87

$$Nu(\text{agua fría}) = \frac{h_{\text{agua}} \cdot De}{K_{\text{agua}}^I} = 0,348 \cdot (Re^I)^{0,663} \cdot Pr_{\text{agua}}^{1/3}$$

$$Nu(\text{nata caliente}) = \frac{h_{\text{nata}} \cdot De}{K_{\text{nata}}^{II}} = 0,348 \cdot (Re^{II})^{0,663} \cdot Pr_{\text{nata}}^{1/3}$$

-Se ha supuesto que el  $Re > 10$ . Luego, al final se debe confirmar esta suposición.

$$\rho^I = 998,7 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho^{II} = 986,5 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu^I = 9,89 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\mu^{II} = 9,95 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$De = 2 \cdot b = 5,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

-Se considerará que por los pasos impares pasará el fluido enfriador, es decir, el agua; y por los pares, la nata.

$N^I \equiv$  número de canales de agua por paso.

$N^{II} \equiv$  número de canales de nata por paso.

$$W^I \equiv m_F = 2,25 \text{ Kg/s}$$

$$W^{II} \equiv m_C = 1,63 \text{ Kg/s}$$

$$v_{\text{fluido}}^I = \frac{2,00}{N^I}$$

$$v_{\text{fluido}}^{II} = \frac{1,47}{N^{II}}$$

$$Re^I = \frac{1,09 \cdot 10^4}{N^I}$$

$$Re^{II} = \frac{7,86 \cdot 10^2}{N^{II}}$$

$$K_{\text{agua}}^I = 0,59 \text{ W/m} \cdot \text{k}$$

$$Pr_{\text{agua}} = 6,85$$

$$K_{\text{nata}}^{II} = 0,51 \text{ W/m} \cdot \text{k}$$

$$Pr_{\text{nata}} = 72,68$$

$$h_{\text{agua}} = \frac{3,46 \cdot 10^4}{(N^I)^{0,663}}$$

$$h_{\text{nata}} = \frac{1,14 \cdot 10^4}{(N^{II})^{0,663}}$$

- Se calcula el calor transferido desde la corriente caliente hasta la fría:

$$Q = m_c \cdot \overline{C_{p_c}} \cdot (T_{c,o} - T_{c,l}) = m_f \cdot \overline{C_{p_f}} \cdot (T_{f,l} - T_{f,o})$$

$$Q = 2,25 \text{ Kgr/s} \cdot 4,18 \text{ KJ/Kgr} \cdot (296 - 277)$$

$$Q = 178.866 \text{ W} = 178,87 \text{ KW}$$

- A continuación se calcula el valor del coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{agua}}} + \frac{1}{h_{\text{nata}}} + \frac{\epsilon_p}{K_p} + R_f(\text{nata}) + R_f(\text{agua})}$$

- Se introducen las dos expresiones anteriores en la expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot F_T \cdot \Delta T_{mL}$$

$$A = (Nc - 1) \cdot A_p$$

-Se debe observar el valor del factor correctivo de la temperatura ( $F_T$ ), en la gráfica, como se hizo anteriormente para las otras secciones:

$$F_T = 0,50$$

- Se obtiene la expresión general:

$$178.866 = \frac{(Nc - 1) \cdot 0,57 \cdot 0,50 \cdot 4,43}{\frac{(N^I)^{0,663}}{3,46 \cdot 10^4} + \frac{(N^{II})^{0,663}}{1,14 \cdot 10^4} + \frac{6,00 \cdot 10^{-4}}{0,17} + 3,40 \cdot 10^{-5} + 5,20 \cdot 10^{-5}}$$

- Si Nc par:

$$2,62 \cdot 10^4 = \frac{(Nc-1)}{\left(\frac{Nc}{P^I}\right)^{0,663} + \left(\frac{Nc}{P^{II}}\right)^{0,663}} + 3,62 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{5,47 \cdot 10^4}{1,80 \cdot 10^4}$$

- Si Nc impar:

$$2,62 \cdot 10^4 = \frac{(Nc-1)}{\left(\frac{Nc+1}{P^I}\right)^{0,663} + \left(\frac{Nc-1}{P^{II}}\right)^{0,663}} + 3,62 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{5,47 \cdot 10^4}{1,80 \cdot 10^4}$$

- Se utilizarán 30 pasos en la sección de enfriamiento porque es el número máximo de pasos para no sobrepasar el límite de diseño del intercambiador, es decir, una caída de presión máxima por sección de 0,6 Mpa.

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	Re <sup>I</sup>	Re <sup>II</sup>	Re <sup>I,II</sup> >10	Área(m <sup>2</sup> )
30	590,0 = 590	9,83	9,83	1.109	80	SI	335,73

- Finalmente se obtiene el siguiente coeficiente global de transmisión de calor:

P	Nc	N <sup>I</sup>	N <sup>II</sup>	U (W/ m <sup>2</sup> · K)
30	590	9,83	9,83	241

**Anexos VI**

**CAÍDA  
PRESIÓN  
PASTERIZADOR**

- Hay tres tipos de pérdidas de carga:

- 1) -Pérdida de carga dentro de los canales corrugados.
- 2) -Pérdidas de carga dentro de los orificios de distribución que comunican las placas entre sí (toberas).
- 3) -Caída de presión por variación de cota.

$$\Delta P = \left( \frac{2f \cdot L_P \cdot P \cdot G_C^2}{\rho \cdot D_e} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{G_P^2}{2 \cdot \rho} \right) \cdot P + (\rho \cdot g \cdot L_P)$$

(“Handbook of Heat Exchanger Design” por A. Copper y J.D. Usher).

$$\left( \frac{2f \cdot L_P \cdot P \cdot G_C^2}{\rho \cdot D_e} \right) \equiv \text{pérdidas dentro los canales corrugados}$$

$$1,4 \cdot \left( \frac{G_P^2}{2 \cdot \rho} \right) \cdot P \equiv \text{pérdidas a través de las toberas}$$

$$(\rho \cdot g \cdot L_P) \equiv \text{caída de presión por variación de cota}$$

$$G_P = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot D_P^2}$$

$$G_C = \frac{W}{N \cdot b \cdot w}$$

$$\varepsilon = 4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m (AISI 316)}$$

$$L_P = L + D_P \quad \frac{\varepsilon}{D} \equiv \frac{\varepsilon}{D_e} = 9 \cdot 10^{-3}$$

-A continuación se calcularán las pérdidas de carga para cada sección. Se deben calcular las pérdidas de ambas corrientes en cada sección:

Sección Regeneración	→	Nata caliente y Nata Fría
Sección Calentamiento	→	Agua Caliente y Nata Fría
Sección Enfriamiento	→	Agua Fría y Nata Caliente

## SECCIÓN CALENTAMIENTO

### AGUA CALIENTE

P	Nc	N <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup>	f	$\Delta P (10^6 \text{ Pa})$
1	45	23,0	1.939	0,032	0,012
2	43	11,0	4.054	0,049	0,013
5	41	4,2	10.619	0,042	0,034
10	40	2,0	22.300	0,040	0,200

### NATA FRÍA

P	Nc	N <sup>II</sup>	Re <sup>II</sup>	f	$\Delta P (10^6 \text{ Pa})$
1	45	22,0	94	0,680	0,013
2	43	10,5	198	0,320	0,017
5	41	4,0	520	0,120	0,049
10	40	2,0	1.040	0,061	0,160

-Se llegó a la conclusión de que EnergySaver 30° era la placa óptima:

$$De = 2 \cdot b = 0,0054 \text{ m}$$
$$Lp = 1.237,5 \text{ mm} \approx 1,24 \text{ m}$$

-La densidad vendrá promediada entre la entrada y la salida.

-Una de las limitaciones de diseño del pasterizador es que la máxima caída de presión por sección (hay tres secciones: calentamiento, regeneración y enfriamiento) es de 0,6 MPa ( $6 \cdot 10^5$  Pa).

-Se puede apreciar en los resultados obtenidos, que ninguno sobrepasó esta caída de presión.

-Se podrían utilizar 10 pasos en la configuración de la sección de calentamiento pero se puede apreciar que, el hecho de tomar 10 pasos en lugar de 5 pasos supone un ahorro de tan sólo una placa. Sin embargo, el ahorro de una placa supondrá una caída de presión mucho mayor y consecuentemente, un mayor gasto energético en la bomba de impulsión del fluido. Por tanto, se puede concluir que la configuración óptima para esta sección será de 5 pasos.

**Nc  $\equiv$  número de canales totales**

$$Nc \equiv 41$$

**(Nc + 1)  $\equiv$  número de placas**

$$\text{número de placas} = 42$$

$\Delta P(\text{agua caliente}) = 0,034 \text{ MPa}$
--

$\Delta P(\text{nata fría}) = 0,049 \text{ MPa}$
--

# SECCIÓN REGENERACIÓN

## NATA CALIENTE

P	Nc	N <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup>	f	$\Delta P (10^6 \text{ Pa})$
50	850	8,5	166	0,380	0,274

## NATA FRÍA

P	Nc	N <sup>II</sup>	Re <sup>II</sup>	f	$\Delta P (10^6 \text{ Pa})$
50	850	8,5	151	0,420	0,301

- Al igual que para la sección de calentamiento, se observa que en ninguno de los casos, la caída de presión exceda la máxima (0,6 MPa).

- La configuración óptima será de 50 pasos para la sección de regeneración.

**Nc  $\equiv$  número de canales totales**

**Nc  $\equiv$  850**

**(Nc + 1)  $\equiv$  número de placas**

**número de placas = 851**

<b><math>\Delta P(\text{nata caliente}) = 0,274 \text{ MPa}</math></b>
--

<b><math>\Delta P(\text{nata fría}) = 0,301 \text{ MPa}</math></b>
--

# SECCIÓN ENFRIAMIENTO

## AGUA FRÍA

P	Nc	N <sup>I</sup>	Re <sup>I</sup>	f	ΔP(10 <sup>6</sup> Pa)
30	590	9,83	1.109	0,058	0,046

## NATA CALIENTE

P	Nc	N <sup>II</sup>	Re <sup>II</sup>	f	ΔP(10 <sup>6</sup> Pa)
30	590	9,83	80	0,800	0,250

-En este caso tampoco se supera el límite máximo de caída de presión (0,6 MPa) en ninguno de los casos.

- La configuración óptima será de 30 pasos para la sección de enfriamiento:

**Nc ≡ número de canales totales**

**Nc ≡ 590**

**(Nc + 1) ≡ número de placas**

**número de placas = 591**

<b>ΔP(nata caliente) = 0,250 MPa</b>
--------------------------------------

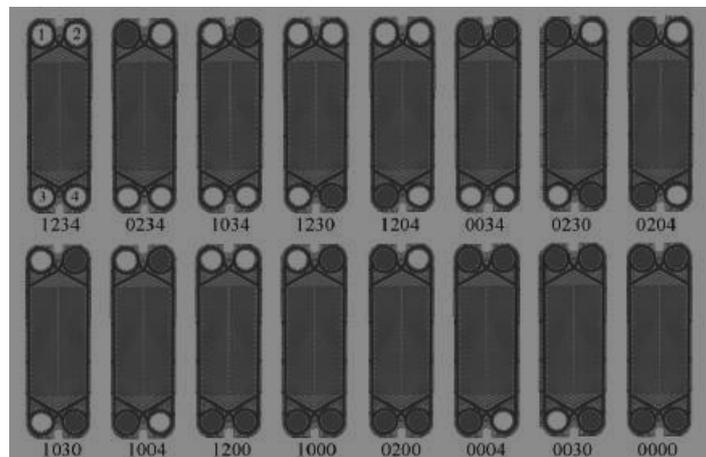
<b>ΔP(agua fría) = 0,046 MPa</b>
----------------------------------

***Anexos VII***

***CONFIGURACIÓN  
ÓPTIMA DE  
PLACAS***

-Se hizo el estudio para la determinación de la placa óptima en la sección de calentamiento del pasterizador y se extrapolo al resto de las secciones. Después se llevó a cabo el dimensionado térmico del intercambiador y la determinación del número de placas necesario para alcanzar las condiciones de operación (ver “Documento I-Anexos-Dimensionado Térmico del Pasterizador”).

-A continuación se detallan todas las posibilidades de perforación de las placas debido a la existencia de cambios de dirección de flujo para conseguir varios pasos del fluido y mejorar el intercambio calorífico.



-Como se dijo anteriormente el tipo de flujo es diagonal y además, el fluido caliente y el fluido frío circulan en contracorriente, es decir, que ambos entran por lados opuestos en el pasterizador; de esta forma, la transferencia de calor entre ambos fluidos tendrá un mayor rendimiento.

- Se dispone de diagrama de flujo en cada sección del pasterizador para determinar la secuencia de placas (ver “Documento II-Planos-Configuración de las Placas”).

- A continuación se enumerará la secuencia de placas (según el tipo de perforación) para cada sección del pasterizador.

-La secuencia de enumeración de las placas lleva la dirección “X” de avance de la nata

**A) – SECUENCIA DE PLACAS DE LA SECCIÓN DE  
ENFRIAMIENTO**

<i>Número de placa</i>	<i>Tipo de Perforación</i>
1	0 2 0 4
2-3-4-5-6-7-8-9-10	1 2 3 4
11	1 0 3 4
12-13-14-15-16-17-18-19	1 2 3 4
20	1 2 3 0
21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	1 2 3 4
31	1 2 0 4
32-33-34-35-36-37-38-39	1 2 3 4
40	0 2 3 4
41-42-43-44-45-46-47-48-49-50	1 2 3 4
51	1 0 3 4
52-53-54-55-56-57-58-59	1 2 3 4
60	1 2 3 0
61-62-63-64-65-66-67-68-69-70	1 2 3 4
71	1 2 0 4
72-73-74-75-76-77-78-79	1 2 3 4
80	0 2 3 4
81-82-83-84-85-86-87-88-89-90	1 2 3 4
91	1 0 3 4
92-93-94-95-96-97-98-99	1 2 3 4
100	1 2 3 0
101-102-103-104-105-106-107-108-109-110	1 2 3 4
111	1 2 0 4
112-113-114-115-116-117-118-119	1 2 3 4
120	0 2 3 4
121-122-123-124-125-126-127-128-129-130	1 2 3 4
131	1 0 3 4
132-133-134-135-136-137-138-139	1 2 3 4
140	1 2 3 0
141-142-143-144-145-146-147-148-149-150	1 2 3 4

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

151	1 2 0 4
152-153-154-155-156-157-158-159	1 2 3 4
160	0 2 3 4
161-162-163-164-165-166-167-168-169-170	1 2 3 4
171	1 0 3 4
172-173-174-175-176-177-178-179	1 2 3 4
180	1 2 3 0
181-182-183-184-185-186-187-188-189-190	1 2 3 4
191	1 2 0 4
192-193-194-195-196-197-198-199	1 2 3 4
200	0 2 3 4
201-202-203-204-205-206-207-208-209-210	1 2 3 4
211	1 0 3 4
212-213-214-215-216-217-218-219	1 2 3 4
220	1 2 3 0
221-222-223-224-225-226-227-228-229-230	1 2 3 4
231	1 2 0 4
232-233-234-235-236-237-238-239	1 2 3 4
240	0 2 3 4
241-242-243-244-245-246-247-248-249-250	1 2 3 4
251	1 0 3 4
252-253-254-255-256-257-258-259	1 2 3 4
260	1 2 3 0
261-262-263-264-265-266-267-268-269-270	1 2 3 4
271	1 2 0 4
272-273-274-275-276-277-278-279	1 2 3 4
280	0 2 3 4
281-282-283-284-285-286-287-288-289-290	1 2 3 4
291	1 0 3 4
292-293-294-295-296-297-298-299	1 2 3 4
300	1 2 3 0
301-302-303-304-305-306-307-308-309-310	1 2 3 4
311	1 2 0 4
312-313-314-315-316-317-318-319	1 2 3 4
320	0 2 3 4

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

321-322-323-324-325-326-327-328-329-330	1 2 3 4
331	1 0 3 4
332-333-334-335-336-337-338-339	1 2 3 4
340	1 2 3 0
341-342-343-344-345-346-347-348-349-350	1 2 3 4
351	1 2 0 4
352-353-354-355-356-357-358-359	1 2 3 4
360	0 2 3 4
361-362-363-364-365-366-367-368-369-370	1 2 3 4
371	1 0 3 4
372-373-374-375-376-377-378-379	1 2 3 4
380	1 2 3 0
381-382-383-384-385-386-387-388-389-390	1 2 3 4
391	1 2 0 4
392-393-394-395-396-397-398-399	1 2 3 4
400	0 2 3 4
401-402-403-404-405-406-407-408-409-410	1 2 3 4
411	1 0 3 4
412-413-414-415-416-417-418-419	1 2 3 4
420	1 2 3 0
421-422-423-424-425-426-427-428-429-430	1 2 3 4
431	1 2 0 4
432-433-434-435-436-437-438-439	1 2 3 4
440	0 2 3 4
441-442-443-444-445-446-447-448-449-450	1 2 3 4
451	1 0 3 4
452-453-454-455-456-457-458-459	1 2 3 4
460	1 2 3 0
461-462-463-464-465-466-467-468-469-470	1 2 3 4
471	1 2 0 4
472-473-474-475-476-477-478-479	1 2 3 4
480	0 2 3 4
481-482-483-484-485-486-487-488-489-490	1 2 3 4
491	1 0 3 4
492-493-494-495-496-497-498-499	1 2 3 4

500	1 2 3 0
501-502-503-504-505-506-507-508-509-510	1 2 3 4
511	1 2 0 4
512-513-514-515-516-517-518-519	1 2 3 4
520	0 2 3 4
521-522-523-524-525-526-527-528-529-530	1 2 3 4
531	1 0 3 4
532-533-534-535-536-537-538-539	1 2 3 4
540	1 2 3 0
541-542-543-544-545-546-547-548-549-550	1 2 3 4
551	1 2 0 4
552-553-554-555-556-557-558-559	1 2 3 4
560	0 2 3 4
561-562-563-564-565-566-567-568-569-570	1 2 3 4
571	1 0 3 4
572-573-574-575-576-577-578-579	1 2 3 4
580	1 2 3 0
581-582-583-584-585-586-587-588-589-590	1 2 3 4
591	0 2 0 4

**B) -SECUENCIA DE PLACAS DE LA SECCIÓN DE  
REGENERACIÓN**

<i>Número de Placa</i>	<i>Tipo de Perforación</i>
1	0 0 3 4
2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16	1 2 3 4
17	1 2 3 0
18	1 2 0 4
19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33	1 2 3 4
34	1 0 3 4
35	0 2 3 4
36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50	1 2 3 4
51	1 2 3 0

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

52	1 2 0 4
53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67	1 2 3 4
68	1 0 3 4
69	0 2 3 4
70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84	1 2 3 4
85	1 2 3 0
86	1 2 0 4
87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101	1 2 3 4
102	1 0 3 4
103	0 2 3 4
104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118	1 2 3 4
119	1 2 3 0
120	1 2 0 4
121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135	1 2 3 4
136	1 0 3 4
137	0 2 3 4
138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152	1 2 3 4
153	1 2 3 0
154	1 2 0 4
155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169	1 2 3 4
170	1 0 3 4
171	0 2 3 4
172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186	1 2 3 4
187	1 2 3 0
188	1 2 0 4
189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203	1 2 3 4
204	1 0 3 4
205	0 2 3 4
206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220	1 2 3 4
221	1 2 3 0
222	1 2 0 4
223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237	1 2 3 4
238	1 0 3 4
239	0 2 3 4
240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254	1 2 3 4

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

255	1 2 3 0
256	1 2 0 4
257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271	1 2 3 4
272	1 0 3 4
273	0 2 3 4
274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288	1 2 3 4
289	1 2 3 0
290	1 2 0 4
291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305	1 2 3 4
306	1 0 3 4
307	0 2 3 4
308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322	1 2 3 4
323	1 2 3 0
324	1 2 0 4
325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339	1 2 3 4
340	1 0 3 4
341	0 2 3 4
342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356	1 2 3 4
357	1 2 3 0
358	1 2 0 4
359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373	1 2 3 4
374	1 0 3 4
375	0 2 3 4
376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390	1 2 3 4
391	1 2 3 0
392	1 2 0 4
393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407	1 2 3 4
408	1 0 3 4
409	0 2 3 4
410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424	1 2 3 4
425	1 2 3 0
426	1 2 0 4
427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441	1 2 3 4
442	1 0 3 4
443	0 2 3 4

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458	1 2 3 4
459	1 2 3 0
460	1 2 0 4
461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475	1 2 3 4
476	1 0 3 4
477	0 2 3 4
478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492	1 2 3 4
493	1 2 3 0
494	1 2 0 4
495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509	1 2 3 4
510	1 0 3 4
511	0 2 3 4
512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526	1 2 3 4
527	1 2 3 0
528	1 2 0 4
529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543	1 2 3 4
544	1 0 3 4
545	0 2 3 4
546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560	1 2 3 4
561	1 2 3 0
562	1 2 0 4
563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577	1 2 3 4
578	1 0 3 4
579	0 2 3 4
580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594	1 2 3 4
595	1 2 3 0
596	1 2 0 4
597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611	1 2 3 4
612	1 0 3 4
613	0 2 3 4
614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628	1 2 3 4
629	1 2 3 0
630	1 2 0 4
631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645	1 2 3 4
646	1 0 3 4

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

647	0 2 3 4
648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662	1 2 3 4
663	1 2 3 0
664	1 2 0 4
665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679	1 2 3 4
680	1 0 3 4
681	0 2 3 4
682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696	1 2 3 4
697	1 2 3 0
698	1 2 0 4
699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713	1 2 3 4
714	1 0 3 4
715	0 2 3 4
716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730	1 2 3 4
731	1 2 3 0
732	1 2 0 4
733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747	1 2 3 4
748	1 0 3 4
749	0 2 3 4
750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764	1 2 3 4
765	1 2 3 0
766	1 2 0 4
767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781	1 2 3 4
782	1 0 3 4
783	0 2 3 4
784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798	1 2 3 4
799	1 2 3 0
800	1 2 0 4
801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815	1 2 3 4
816	1 0 3 4
817	0 2 3 4
818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832	1 2 3 4
833	1 2 3 0
834	1 2 0 4
835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849	1 2 3 4

850	0 2 3 4
851	0 0 3 4

**C) –SECUENCIA DE PLACAS DE LA SECCIÓN DE  
CALENTAMIENTO**

<i>Número de Placa</i>	<i>Tipo de Perforación</i>
1	0 2 0 4
2-3-4-5-6-7-8	1 2 3 4
9	1 2 3 0
10	1 0 3 4
11-12-13-14-15-16-17	1 2 3 4
18	1 2 0 4
19	0 2 3 4
20-21-22-23-24	1 2 3 4
25	1 2 3 0
26	1 0 3 4
27-28-29-30-31-32	1 2 3 4
33	1 2 0 4
34	0 2 3 4
35-36-37-38-39-40-41	1 2 3 4
42	1 0 3 0

***Anexos VIII***

***DIMENSIONADO  
TUBERÍAS***

***1.***

## DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

### 1. RED DE TUBERÍAS

#### Nomenclatura

a) Tramo Depósito 1-Pasterizador	A-B
b) Sección Mantenimiento	C-D
c) Tramo Pasterizador-Depósito 2	E-F
d) Circuito Agua Caliente	G-G''
e) Circuito Agua Fría	H-H''
f) Refrigeración Depósito 2	I-I''

- En los tramos de tuberías A-B, C-D y E-F circulará nata al 40% de grasa y las disoluciones limpiadoras de la fase de limpieza (tratamiento CIP). Por tanto, se calculará el espesor de tubería para ambos casos y se tomará el mayor de ellos.

### 2. CAUDALES MÁXIMOS DE CIRCULACIÓN

#### a) Tramo Depósito 1-Pasterizador (A-B)

Caudal de producción	6 m <sup>3</sup> /h nata
Caudal de limpieza	8,1 m <sup>3</sup> /h agua (limpieza CIP)

#### b) Sección de Mantenimiento (C-D)

Caudal de producción	6 m <sup>3</sup> /h nata
Caudal de limpieza	8,1 m <sup>3</sup> /h agua (limpieza CIP)

#### c) Tramo Pasterizador-Depósito 2 (E-F)

Caudal de producción	6 m <sup>3</sup> /h nata
Caudal de limpieza	8,1 m <sup>3</sup> /h agua (limpieza CIP)

d) Circuito Agua Caliente (G-G’)

Caudal de agua        8,1 m<sup>3</sup>/h agua

e) Circuito Agua Fría (H-H’)

Caudal de agua        8,1 m<sup>3</sup>/h agua

f) Refrigeración Depósito 2 (I-I’)

Caudal de agua        8,1 m<sup>3</sup>/h agua

### 3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE TUBERÍAS

Tramo Depósito 1- Pasterizador (A-F)

I) - Para circulación de NATA:

Caudal de bomba:        6 m<sup>3</sup>/h nata

Velocidad Máxima Fluido: 1,5 m/s (para nata en tuberías)  
(“Ingeniería Química” por Couldson y Richarson)

El diámetro de tubería viene determinado por la expresión:

$$Q_v = V \cdot A = V \cdot \pi \cdot \frac{D_{\text{interior}}^2}{4}$$
$$D_{\text{interior}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{V \cdot \pi}}$$

-Donde:

V = 1,5 m/s

Q<sub>v</sub> = 6 m<sup>3</sup>/h = 1,67 · 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s

D<sub>interior</sub> = diámetro interior tubería

- Se obtiene:

$$D_{\text{interior}} = 37,65 \text{ mm}$$

-Se tomará un diámetro interior normalizado tal que la velocidad de circulación del fluido alcanzada esté por debajo de la máxima.

-Al ser la nata un fluido viscoso se recomienda utilizar tuberías de diámetro nominal pequeño para abaratar costes de impulsión de las bombas. Se aconsejan diámetros nominales de 3 ó 4 pulgadas para circulación de nata a través de tuberías (“Manual de Industrias Lácteas” por Antonio Madrid Vicente). Para este caso, se tomarán tuberías cuyo diámetro nominal es 3 pulgadas dada la alta viscosidad de la nata al 40% de grasa.

-Se tomarán diámetros normalizados para tuberías de acero inoxidable (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Dimensiones de tuberías de acero inoxidable”).

$$D_{\text{interior normalizado}} = 85,00 \text{ mm}$$

-Las salidas del pasterizador están disponibles en 3 y 5 pulgadas pero se optó por la primera para coincidir con el diámetro normalizado de las tuberías (3 pulgadas).

-Se considerará un diámetro interior de tubería de 85 mm. De esta manera, se obtiene una velocidad de fluido inferior a la máxima velocidad aconsejada.

$$V_{\text{fluido}} = 2,94 \cdot 10^{-1} \text{ m/s} \leq 1,5 \text{ m/s} = V_{\text{máxima fluido}}$$

II) – Para circulación de AGUA:

Caudal de bomba:                    8,1 m<sup>3</sup> / h    agua

Velocidad Máxima Fluido:    2,0 m / s    (para agua en servicios normales)  
("Ingeniería Química" por Couldson y Richarson)

$$D_{\text{interior}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{V \cdot \pi}}$$

- Se obtiene:

$D_{\text{interior}} = 37,80 \text{ mm}$
--

- Se toma un diámetro interior normalizado.

$D_{\text{interior}} = 85,00 \text{ mm}$ normalizado
---

- Por tanto, la velocidad es inferior a la máxima aconsejada.

$V_{\text{fluido}} = 3,96 \cdot 10^{-1} \text{ m/s} \leq 2,0 \text{ m/s} = V_{\text{máxima fluido}}$
--

- Ambos diámetros interiores normalizados son iguales tanto para agua como para nata.

***Por tanto, en este tramo se utilizarán tuberías de acero inoxidable austenítico tipo AISI 304L de diámetro nominal (3 pulgadas) y Schedule 5S.***

***(espesor de pared =2,11 mm)***

- Después, se calculará el espesor requerido por presión interna y deberá ser menor a 2,11 mm para asegurar que la tubería resista las condiciones de trabajo.

- A continuación se repetirá el mismo procedimiento para cada tramo de tuberías de la planta pero teniendo en cuenta, que en el resto de tramos sólo circula agua a distintas temperaturas (según sean para enfriamiento o calentamiento).

Tramo	Caudal Bomba		Diámetro obtenido		Diámetro normalizado	
	Nata	Agua	Nata	Agua	Nata	Agua
A-B	6 m <sup>3</sup> /h	8,1 m <sup>3</sup> /h	37,65 mm	37,80 mm	85,00 mm	85,00 mm
C-D	6 m <sup>3</sup> /h	8,1 m <sup>3</sup> /h	37,65 mm	37,80 mm	85,00 mm	85,00 mm
E-F	6 m <sup>3</sup> /h	8,1 m <sup>3</sup> /h	37,65 mm	37,80 mm	85,00 mm	85,00 mm
G-G''	-	8,1 m <sup>3</sup> /h	-	37,80 mm	-	85,00 mm
H-H''	-	8,1 m <sup>3</sup> /h	-	37,80 mm	-	85,00 mm
I-I''	-	8,1 m <sup>3</sup> /h	-	37,80 mm	-	85,00 mm

*\*\*En G-G'', H-H'' y I-I'' sólo circula agua.*

- En tramos donde circule agua y nata se tomará el espesor mayor obtenido para ambos casos.

- A continuación se detallan las dimensiones obtenidas para todos los tramos de tubería de la planta con sus correspondientes espesores de pared:

Tramo	D <sub>exterior</sub>	D <sub>interior normalizado</sub>	Schedule	Espesor pared
A-B	88,90mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm
C-D	88,90 mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm
E-F	88,90 mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm
G-G''	88,90 mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm
H-H''	88,90 mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm
I-I''	88,90 mm	85,00 mm	5 S	0,08 in = 2,11 mm

#### 4. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS TUBERÍAS

- El cálculo del espesor de tuberías de acero inoxidable requerido por presión interna se realizará según norma ANSI B.31.3 (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Cálculo del espesor de tubería según norma”).

$$t = \left( \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (SE + P \cdot Y)} + C \right) \cdot M$$

- Donde:

t = espesor requerido (in) pulgadas

P = presión interna de diseño (psi)

D<sub>o</sub> = diámetro externo de la tubería (in)

S = tensión máxima admisible del material a la temperatura de diseño (S = 30.000 psi)

E = factor de eficiencia de soldadura (E=1)

Y = coeficiente que depende del material de la tubería y la temperatura (Y= 0,4)

M = tolerancia de fabricación (M= 12,50 %)

C = tolerancia a la corrosión (para aceros inoxidables C = 0)

-Para tomar la presión de diseño se tomará el máximo valor de estos tres:

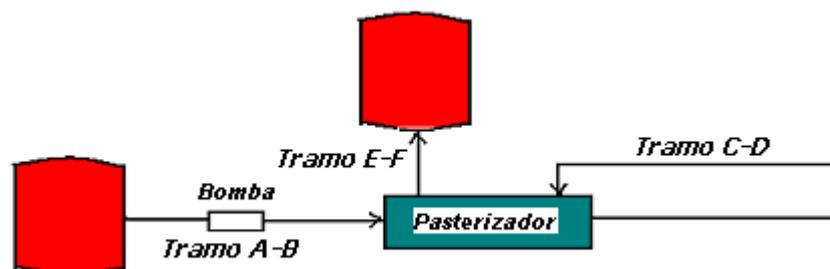
$$P \geq 1,1 \cdot \text{Presión Máxima Operación} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$P \geq \text{Presión Máxima Operación} + 2 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$P \geq 3,5 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

#### TRAMO DEPÓSITO 1-DEPÓSITO 2 (A-F)

-La presión máxima de operación en los tramos A-B, C-D y E-F es la presión de descarga de la bomba. La presión tendrá un máximo a la salida de la bomba y después irá disminuyendo hasta llegar al depósito 2.



$$\text{Presión Máxima Operación} = 10,04 \text{ Kg/cm}^2$$

-Ver “Documento I-Anexos-Dimensionado de Bombas”.

-Las bombas 1 y 2 bombean en el Tramo A-F. Por tanto, se tomará la máxima presión de descarga de ellas como presión máxima de operación.

-La presión de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = 12,04 \text{ Kg/cm}^2 = 171,24 \text{ psi}$$

-El espesor requerido:

$$t = \left( \frac{171,24 \cdot 3,5}{2 \cdot (30.000 \cdot 1 + 171,24 \cdot 0,4)} + 0 \right) \cdot 1,125$$

$$t = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ in} = 2,85 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$$

-Este es el espesor requerido por norma. Inicialmente se tomaron tuberías de diámetro nominal 3 pulgadas y Schedule 5S cuyo espesor de tubería es:

$$t_{\text{tubería}} = 2,11 \text{ mm}$$

-Por tanto, si los espesores que se tomaron en el cálculo de la sección de las tuberías son mayores que el requerido, se puede concluir que las tuberías del Tramo A-F soportarán bien la presión interna.

-Para el resto de los tramos de la planta el procedimiento será el mismo, así que no se repetirán los pasos anteriores y se detallarán solamente los resultados.

Tramo	Bombas	P <sub>max</sub> operación (Kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>diseño</sub> (psi)	t <sub>requerido</sub> (mm)	t <sub>tomado</sub> (mm)
A-F	1 y 2	10,04	171,24	2,85·10 <sup>-1</sup>	2,11
G-G''	3	1,38	49,78	3,26·10 <sup>-3</sup>	2,11
H-H''	4	1,29	49,78	3,26·10 <sup>-3</sup>	2,11
I-I''	5	0,91	49,78	3,26·10 <sup>-3</sup>	2,11

-La presión máxima de operación para cada tramo será la presión de descarga de la bomba ubicada en ese tramo.

- Para todos los tramos se cumple que:

$$t_{\text{tomado}} \geq t_{\text{requerido}}$$

-Así, las dimensiones de tuberías tomadas en el apartado anterior (Cálculo de la sección de las tuberías) son correctas y soportarán la presión interna sin llegar a romperse.

# **Anexos IX**

## **DIMENSIONADO BOMBAS**

## DIMENSIONADO DE BOMBAS

- Para el dimensionado de las bombas se calcularán las pérdidas de carga en los tramos de tuberías y en el pasterizador.

### 1. PÉRDIDAS DE CARGA

$$h_f = (4f) \cdot \frac{(L + L_{eq}) \cdot V^2}{2 \cdot D_i \cdot g}$$

$h_f$  = pérdidas de carga por unidad de masa (m)

$f$  = factor de fricción

$L$  = longitud de tubería (m)

$V$  = velocidad de fluido (m/s)

$D_i$  = diámetro interior de tubería (m)

$g$  = gravedad terrestre (9,8 m/s<sup>2</sup>)

#### I) Tramo Depósito 1- Depósito 2 (A-F)

-En el tramo A-F existen dos bombas diferentes:

- a) -Bomba de desplazamiento positivo para la fase de producción (pasterización)
- b) -Bomba centrífuga para la fase de limpieza CIP.

#### A) -FASE PRODUCCIÓN (circulación de nata)

<u>Condiciones:</u>	<u>Temperatura Fluido</u>
- Tramo A-B	30° C (303 K)
- Tramo C-D	90° C (363 K)
- Tramo E-F	5° C (278 K)

$$h_f (A - F) = h_f (A - B) + h_f (C - D) + h_f (E - F) + h_f (\text{pasterizador})$$

-Ahora se debe calcular la longitud de la sección de mantenimiento, es decir, la longitud del tramo C-D.

- La pasterización de la nata al 40% de grasa consiste en: (según “Manual de Industrias Lácteas” por Antonio Madrid Vicente).

- 1) Calentamiento hasta 85° C mínimo.
- 2) Mantenimiento durante 15 segundos.
- 3) Enfriamiento hasta una temperatura por debajo de 6° C.

- Se debe garantizar que la nata circule en la sección de mantenimiento durante 15 segundos.

- Según cálculos anteriores de la sección de tubería se determinó que el diámetro interior normalizado para todos los tramos era:

$$D_i(\text{normalizado}) = 85 \text{ mm} = 8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$Q_v(\text{nata}) = 6 \text{ m}^3 / \cancel{\text{h}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3.600 \text{ s}} = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_v = v \cdot A = v \cdot \pi \cdot \frac{D_i^2}{4}$$

$$v = 2,94 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

- Donde:

$Q_v$  = caudal volumétrico

$v$  = velocidad del fluido

$A$  = área de la sección de tubería

$D_i$  = diámetro interior de tubería

- Se obtiene:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Longitud(C-D)}}{\text{tiempo}}$$

$$2,94 \cdot 10^{-1} = \frac{\text{Longitud(C-D)}}{15}$$

$$\text{Longitud(C-D)} = 4,45 \text{ m}$$

- Con la longitud calculada se garantizan los 15 segundos de circulación de la nata en esta sección.

- Se tomará un margen de seguridad para garantizar el mantenimiento en un tiempo superior a 15 segundos. Para ello, se tomarán 5 metros de longitud en la sección de mantenimiento.

$$L_{\text{mantenimiento}} = L_{\text{C-D}} = 5 \text{ m}$$

Longitudes de Tramos de Tuberías

- Tramo A-B	3,95 m
- Tramo C-D	5,00 m
- Tramo E-F	10,50 m

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo A-B)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
3 tees	(2,00+1,50+1,00)	8,50 m
5 codos 90° (radio largo)	(5 · 0,20)	1,89 m
1 válvula aliviadora de presión (check)	-	7,00 m
1 válvula regulación caudal mariposa	150	283,33 m
1 contracción brusca	0,20	0,38 m
		L <sub>eq</sub> = 310,10 m

-Hay que tener en cuenta la contracción brusca del fluido al pasar del depósito 1 al Tramo A-B.



Radio Largo

$$A = 1,5 \cdot D_i (\text{nominal})$$

Radio Corto

$$A = D_i (\text{nominal})$$

---

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo C-D)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
3 codos 90° (radio largo)	(3 · 0,20)	1,42 m
1 tee	1	2,36 m
		L <sub>eq</sub> = 3,78 m

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo E-F)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
4 codos 90° (radio largo)	(4 · 0,20)	1,36 m
1 tee	2	3,40 m
1 válvula manual mariposa (90% abierta)	0,20	0,34 m
1 expansión brusca	1	1,70 m
		L <sub>eq</sub> = 6,80 m

-Hay que tener en cuenta la expansión brusca del fluido al pasar del Tramo E-F al depósito 2.

-Para el cálculo de K y L<sub>eq</sub> se utilizaron las siguientes tablas y anexos:

Ver: “Documento I-Anexos-Tablas”

- Gráfica de Moody.
- Valores de K para tees y válvulas de mariposa.
- Valores de K para estrechamientos y ensanchamientos.
- Ábaco para L<sub>eq</sub> de accesorios.

### Tramo A-B

\*\* Para el caso de válvulas de regulación de caudal de mariposa se tomará el caso más desfavorable, es decir, donde se produzcan mayores pérdidas por rozamiento.

20% de apertura      →      K=150

$$L_{eq} = \frac{K \cdot D_i}{f}$$

- Para calcular el factor de fricción hay que utilizar la gráfica de Moody. (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Gráfica de Moody”)

$$Re = \frac{\rho \cdot D_i \cdot v}{\mu}$$

-Donde:

$$\rho(\text{nata}, 30^\circ \text{C}) = 981,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_i = 8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = 2,94 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$\mu(\text{nata}, 30^\circ \text{C}) = 8,30 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$Re = 2.954$$

$$\frac{\epsilon}{D_i} = \frac{4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5,72 \cdot 10^{-4} \approx 6 \cdot 10^{-4}$$

-Según la gráfica de Moody se obtiene:

$f = 0,045$

- Ahora, se calculan las pérdidas de carga.

$$h_{fnata(A-B)} = (4f) \cdot \frac{(L + L_{eq}) \cdot v^2}{2 \cdot D_i \cdot g}$$

$$h_{fnata(A-B)} = (4 \cdot 0,025) \cdot \frac{(3,95 + 301,10) \cdot (2,94 \cdot 10^{-1})^2}{2 \cdot 8,50 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8}$$

$h_{fnata(A-B)} = 2,85 \text{ m}$

### Tramo C-D

-Para el Tramo C-D el factor “f” de fricción cambiará porque la temperatura es ahora de 90° C.

$$Re = \frac{\rho \cdot D_i \cdot v}{\mu}$$

-Donde:

$$\rho(\text{nata}, 90^\circ \text{C}) = 947,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_i = 8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = 2,94 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$\mu(\text{nata}, 90^\circ \text{C}) = 3,60 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$Re = 6.574$$

$$\frac{\epsilon}{D_i} = \frac{4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5,72 \cdot 10^{-4} \approx 6 \cdot 10^{-4}$$

- Según la gráfica de Moody se obtiene:

$f = 0,036$

$$h_{f \text{ nata (C-D)}} = (4 \cdot 0,036) \cdot \frac{(5,00 + 3,78) \cdot (2,94 \cdot 10^{-1})^2}{2 \cdot 8,50 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8}$$

$h_{f \text{ nata (C - D)}} = 0,07 \text{ m}$

### Tramo E-F

-Para el Tramo E-F se calcula de nuevo el factor de fricción (f):

$$Re = \frac{\rho \cdot D_i \cdot v}{\mu}$$

- Donde:

$$\rho(\text{nata}, 5^\circ \text{C}) = 995,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 2,94 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$D_i = 8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu(\text{nata}, 5^\circ \text{C}) = 12,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$Re = 6.574$$

$$\frac{\varepsilon}{D_i} = \frac{4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5,72 \cdot 10^{-4} \approx 6 \cdot 10^{-4}$$

- Según la gráfica de Moody se obtiene:

$f = 0,050$

$$h_{fnata(E-F)} = (4 \cdot 0,050) \cdot \frac{(10,50 + 6,80) \cdot (2,94 \cdot 10^{-1})^2}{2 \cdot 8,50 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8}$$

$h_{fnata(E-F)} = 0,18 \text{ m}$

-Las válvulas manuales de mariposa estarán siempre abiertas completamente (90% es el máximo de apertura).

$K = 0,20$

-A continuación se determinarán las pérdidas de carga a lo largo del pasterizador a partir del cálculo de caída de presión que se realizó anteriormente.

-El recorrido de la nata en el pasterizador es el siguiente:

1º) –La alimentación de nata entra por la sección de regeneración y luego pasa a la sección de calentamiento.

2º) –Abandona el pasterizador para entrar en el tubo de mantenimiento.

3º) –La nata entra de nuevo en el pasterizador por la sección de regeneración, pasa a la sección de enfriamiento y abandona el pasterizador.

-Resumiendo, la nata entra dos veces en el pasterizador. Así que, las pérdidas totales en el pasterizador serán igual a la suma de ambas pérdidas de carga.

$$h_{f\text{total}}(\text{nata pasterizador}) = h_{f\text{nata}}(\text{s.regen-s.calentam}) + h_{f\text{nata}}(\text{s.regen-s.enfriam})$$

A) Pérdidas de Carga (s.regeneración- s.calentamiento)

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta Z + \frac{\Delta v^2}{2g} = h_f$$

-Simplificaciones:

- ✓  $Z_1$  (entrada) → Conexión G4
- $Z_2$  (salida) → Conexión F1

$$\Delta Z = 1,24 \text{ m}$$

- ✓ Las secciones de entrada y salida son iguales. Luego ambas velocidades son iguales.

$$\frac{\Delta v^2}{2g} = 0$$

$$h_{f\text{nata}}(\text{s.regeneración-s.calentamiento}) = \frac{\Delta P_{\text{nata}}}{\rho \cdot g} + \Delta Z$$

$$\Delta P_{\text{nata}}(\text{s.regeneración-s.calentamiento}) = \Delta P_{\text{nata fría}}(\text{s.regeneración}) + \Delta P_{\text{nata}}(\text{s.calentamiento})$$

-Ver “Documento I-Anexos-Caída Presión en el Pasterizador”.

$$\Delta P_{\text{nata}} = 3,01 \cdot 10^5 + 4,90 \cdot 10^4 = 3,50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rho = \frac{981,00 + 947,00}{2} = 964,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$h_{f\text{nata}}(\text{s.regeneración - s.calentamiento}) = \frac{3,50 \cdot 10^5}{964,00 \cdot 9,8} + 1,24$$

$$h_{f\text{nata}}(\text{s.regeneración - s.calentamiento}) = 38,30 \text{ m}$$

B) Caída de Presión (s.regeneración- s.enfriamiento)

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta Z + \frac{\Delta V^2}{2g} = h_f$$

-Simplificaciones:

- ✓ Las secciones de entrada y salida son iguales. Luego ambas velocidades son iguales.

$$\frac{\Delta V^2}{2g} = 0$$

- ✓ La entrada (Conexión I3) y la salida (Conexión H4) están a la misma cota (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Catálogo Intercambiador de Placas”).

$$\Delta Z = 0$$

$$h_{fnata}(s.regeneración-s.enfriamiento) = \frac{\Delta P_{nata}}{\rho \cdot g}$$

$$\Delta P_{nata}(s.regeneración-s.enfriamiento) = \Delta P_{nata\ caliente}(s.regeneración) + \Delta P_{nata}(s.enfriamiento)$$

(ver “Documento I-Anexos-Caída Presión en el Pasterizador”)

$$\Delta P_{nata} = 2,74 \cdot 10^5 + 2,50 \cdot 10^5 = 5,24 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rho = \frac{947,00 + 995,00}{2} = 971,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$h_{fnata}(s.regeneración - s.enfriamiento) = \frac{5,24 \cdot 10^5}{971,00 \cdot 9,8} + 1,24$$

$$h_{fnata}(s.regeneración-s.enfriamiento) = 55,07 \text{ m}$$

$$h_{f\text{total}}(\text{nata pasterizador}) = 38,30 \text{ m} + 55,07 \text{ m} = 93,37 \text{ m}$$

-A continuación se calcularán las pérdidas de carga totales para el Tramo A-F (depósito 1- depósito 2).

$$h_{fnata(A-F)} = h_{fnata(A-B)} + h_{fnata(C-D)} + h_{fnata(E-F)} + h_{f\text{total}}(\text{Nata pasterizador})$$

$$h_{fnata(A-F)} = 2,85 + 0,07 + 0,18 + 93,37 = 96,50 \text{ m}$$

$$h_{fnata(A-F)} = 96,50 \text{ m}$$

**B) -FASE LIMPIEZA (circulación de disolución limpiadora)**

-Debido a las bajas concentraciones de disoluciones ácida y básica (1% y 2% respectivamente) se considera que el fluido es agua. De esta manera, se simplifican los cálculos.

- A mayor temperatura.	- Mayor viscosidad.
- A mayor viscosidad.	- Mayor factor de fricción (f).
- A mayor factor de fricción (f).	- Mayores pérdidas de carga.

-Según la tabla anterior, se debe hacer el estudio a la temperatura más baja (caso más desfavorable).

-Hay varios ciclos de limpieza CIP comprendidos entre 4-90° C pero el estudio se hará para 4° C que es el caso más desfavorable, es decir, las pérdidas de carga son mayores.

<u>- Condiciones</u>	<u>Temperatura del Fluido</u>
-Tramo A-B	4° C (277 K)
-Tramo C-D	4° C (277 K)
-Tramo E-F	4° C (277 K)

- Si se observa el diagrama de flujo se puede apreciar que en el Tramo A-B existen dos ramas en paralelo. En uno se encuentra una bomba de desplazamiento positivo y en el otro, una bomba centrífuga.

- En la fase de producción sólo la rama donde está ubicada la bomba de desplazamiento positivo está operativa. Hay dos válvulas de mariposa manuales que impiden el paso del fluido hacia la otra rama (V.4 y V.5).

-Sin embargo, en el proceso de limpieza el operario se encargará de abrir ambas válvulas manuales permitiendo el paso del agua por ambas ramas ya que la limpieza CIP se debe llevar a cabo con la bomba centrífuga. Además, de este modo se asegura la limpieza CIP de la bomba de desplazamiento positivo (en la fase de limpieza estará en funcionamiento también para asegurar su limpieza). Por esta razón ahora aparecerán nuevas pérdidas originadas por los nuevos accesorios.

-Para evitar que el tratamiento CIP entre en el depósito 2 (almacenamiento de nata), el operario también se encargará de cerrar la válvula V.9 y abrir la válvula V.8. De este modo, se desvía el flujo de fluido de limpieza hacia su depósito original.

-El procedimiento de cálculo de las pérdidas de carga se lleva a cabo del mismo modo que para la nata. Por este motivo, se obviarán ciertos pasos.

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo A-B)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
3 tees	(2,00+1,50+3,00)	22,10 m
7 codos 90° (radio largo)	(7 · 0,20)	4,76 m
1 válvula aliviadora de presión (check)	-	7,00 m
1 válvula regulación caudal mariposa	150	510,00 m
1 contracción brusca	0,20	0,38 m
		L <sub>eq</sub> = 544,54 m

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo C-D)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
3 codos 90° (radio largo)	(3 · 0,20)	2,04 m
1 tee	1	3,40 m
		L <sub>eq</sub> = 5,44 m

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo E-F)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
5 codos 90° (radio largo)	(5 · 0,20)	3,40 m
1 tee	1	3,40 m
1 válvula manual mariposa (90% abierta)	0,20	0,68 m
1 expansión brusca	1	3,40 m
		L <sub>eq</sub> = 10,88 m

Longitudes de Tramos de Tuberías

- Tramo A-B 5,15 m
- Tramo C-D 5,00 m
- Tramo E-F 25,00 m

-Para el caso de limpieza CIP, el factor de fricción (f) y el número de Reynolds (Re) no varían en ningún tramo porque la temperatura es la misma (4° C).

$$Q_v(\text{limpieza}) = 8,1 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_v = v \cdot A = v \cdot \pi \cdot \frac{D_i^2}{4}$$

$$v = 3,96 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$Re = 31.166$$

$$\frac{\varepsilon}{D_i} = \frac{4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{8,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5,72 \cdot 10^{-4} \approx 6 \cdot 10^{-4}$$

-Según la gráfica de Moody:

$$f = 0,025$$

-En apartados anteriores, se determinaron las caídas de presión de la nata en su recorrido por el pasterizador y de las aguas de calentamiento y enfriamiento. Pero ahora, se debe determinar la caída de presión del agua de limpieza a su paso por el pasterizador arrastrando los restos de nata adheridos, es decir, con el mismo recorrido que la nata a lo largo del pasterizador.

## *Caída de Presión en el Pasterizador*

$$\Delta P = \left( \frac{2f \cdot L_P \cdot P \cdot G_C^2}{\rho \cdot D_e} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{G_P^2}{2 \cdot \rho} \right) \cdot P + (\rho \cdot g \cdot L_P)$$

-Se determinó anteriormente que la placa óptima del pasterizador es la EnergySaver 30° y que el número de pasos para cada sección era:

<u>Sección del Pasterizador</u>	<u>Número de Pasos</u>
Enfriamiento	30
Regeneración	50
Calentamiento	5

- El procedimiento de cálculo es el mismo que se llevó a cabo para la nata, así que se obviará el procedimiento y se detallarán sólo los resultados.

Sección del Pasterizador	$\Delta P_{\text{agua limpieza}}$
Enfriamiento	$2,76 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
Regeneración	$4,58 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
Calentamiento	$2,66 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

-Las  $L_{eq}$  de los accesorios se calculan del mismo modo que para la nata, por esa razón no se detallan los cálculos.

-El recorrido del agua de la limpieza CIP es el mismo que para la nata. De hecho, su objetivo es limpiar los restos de nata que han quedado adheridos a su paso. Por tanto, la caída de presión total en el pasterizador se hará del mismo modo que para la nata.

$$h_{f\text{ total}}(\text{agua pasterizador}) = h_{f\text{ agua}}(\text{s. regeneración-s. calentamiento}) + h_{f\text{ agua}}(\text{s. regeneración-s. enfriamiento})$$

-El procedimiento no se detalla puesto que es el mismo que para la nata.

$$h_{f\text{ total}}(\text{agua pasterizador}) = 8,63 \text{ m} + 7,49 \text{ m} = 16,12 \text{ m}$$

-Finalmente, se determinan las pérdidas de carga del Tramo A-F en la fase de limpieza CIP:

$$h_{f\text{ agua}}(\text{A-F}) = h_{f\text{ agua}}(\text{A-B}) + h_{f\text{ agua}}(\text{C-D}) + h_{f\text{ agua}}(\text{E-F}) + h_{f\text{ total}}(\text{agua pasterizador})$$

$$h_{f\text{ agua}}(\text{A-F}) = 5,17 + 0,10 + 0,34 + 16,12 = 21,73 \text{ m}$$

$$h_{f\text{ agua}}(\text{A-F}) = 21,73 \text{ m}$$

## **II) Tramo Circuito Agua Caliente (G-G'')**

- El procedimiento para el cálculo es el mismo que para los anteriores tramos.

<u>Condiciones:</u>	<u>Temperatura Fluido</u>
- Tramo G- Pasterizador	95° C (368 K)
- Tramo Pasterizador- G''	91° C (364 K)

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo G-Pasterizador)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
4 codos 90° (radio largo)	(4 · 0,20)	3,24 m
1 válvula regulación caudal mariposa	150	607,14 m
		L <sub>eq</sub> = 610,38 m

<u>ACCESORIOS</u> (Pasterizador-Tramo G'')	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
4 codos 90° (radio largo)	(4 · 0,20)	3,24 m
1 expansión brusca	150	4,05 m
		L <sub>eq</sub> = 7,29 m

	V (m/s)	ε/Di	ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	μ (N·s/m <sup>2</sup> )	Re	f
Tramo G-Pasterizador	3,96·10 <sup>-1</sup>	6,0·10 <sup>-4</sup>	961,90	2,42·10 <sup>-4</sup>	1,33·10 <sup>5</sup>	0,021
Tramo Pasterizador-G''	3,96·10 <sup>-1</sup>	6,0·10 <sup>-4</sup>	964,60	2,42·10 <sup>-4</sup>	1,34·10 <sup>5</sup>	0,021

$$L_{eq} = \frac{K \cdot D_i}{f} \quad h_f = (4f) \cdot \frac{(L + L_{eq}) \cdot v^2}{2 \cdot D_i \cdot g}$$

Longitudes de Tramos de Tuberías

- Tramo G- Pasterizador 6,55 m
- Tramo Pasterizador- G'' 22,10 m

**h<sub>f</sub>(G-Pasterizador)= 4,88 m**

**h<sub>f</sub>(Pasterizador-G'')= 0,23 m**

-Aplicando la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta Z + \frac{\Delta V^2}{2g} = h_f$$

-Simplificaciones:

- ✓ Las secciones de entrada y salida son iguales. Luego ambas velocidades son iguales.

$$\frac{\Delta V^2}{2g} = 0$$

-Para saber la caída de presión en esta sección ver “Caída de Presión del Pasterizador-Anexos a la Memoria”.

$$h_{f \text{ pasterizador}} (\text{agua caliente}) = \frac{3,40 \cdot 10^4}{963,25 \cdot 9,8} + 1,24 = 4,84 \text{ m}$$

$$h_f(G-G'') = h_f(G\text{-Pasterizador}) + h_f(\text{Pasterizador-G''}) + h_{f \text{ pasterizador}}(\text{agua caliente})$$

$$h_f(G-G'') = 9,95 \text{ m}$$

### **III) Tramo Circuito Agua Fría (H-H'')**

- El procedimiento para el cálculo es el mismo que para los anteriores tramos.

Condiciones:

Temperatura Fluido

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| - Tramo H- Pasterizador   | 4° C (277 K)  |
| - Tramo Pasterizador- H'' | 23° C (296 K) |

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo H-Pasterizador)	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
1 tee	2	6,80 m
3 codos 90° (radio largo)	(3 · 0,20)	2,04 m
1 válvula regulación caudal mariposa	150	510,00 m
		L <sub>eq</sub> = 518,84 m

<u>ACCESORIOS</u> (Pasterizador-Tramo H'')	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
6 codos 90° (radio largo)	(6 · 0,20)	4,43 m
1 expansión brusca	1	3,70 m
		L <sub>eq</sub> = 8,13 m

	V (m/s)	ε/Di	ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	μ (N·s/m <sup>2</sup> )	Re	f
Tramo H-Pasterizador	3,96·10 <sup>-1</sup>	6,0·10 <sup>-4</sup>	999,97	1,08·10 <sup>-3</sup>	3,12·10 <sup>4</sup>	0,025
Tramo Pasterizador-H''	3,96·10 <sup>-1</sup>	6,0·10 <sup>-4</sup>	997,54	8,96·10 <sup>-4</sup>	3,75·10 <sup>4</sup>	0,023

$$L_{eq} = \frac{K \cdot D_i}{f} \quad h_f = (4f) \cdot \frac{(L + L_{eq}) \cdot v^2}{2 \cdot D_i \cdot g}$$

Longitudes de Tramos de Tuberías

- Tramo H- Pasterizador 4,60 m
- Tramo Pasterizador- H'' 2,60 m

**h<sub>f</sub>(H-Pasterizador)= 4,93 m**

**h<sub>f</sub>(Pasterizador-H'')= 0,27 m**

-Aplicando Bernoulli:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \cancel{\Delta Z} + \frac{\cancel{\Delta v}^2}{2g} = h_f$$

-Simplificaciones:

- ✓ Las secciones de entrada y salida son iguales. Luego ambas velocidades son iguales.

$$\frac{\cancel{\Delta v}^2}{2g} = 0$$

- ✓ La entrada y la salida tienen la misma cota.

$$\Delta Z = 0$$

-Para saber la caída de presión ver “Documento I-Anexos-Caída de Presión del Pasterizador”.

$$h_{f\text{pasterizador}}(\text{agua fría}) = \frac{4,60 \cdot 10^4}{998,97 \cdot 9,8} = 4,70 \text{ m}$$

$$h_f(H-H'') = h_f(H\text{-Pasterizador}) + h_f(\text{Pasterizador-H''}) + h_{f\text{pasterizador}}(\text{agua fría})$$

$$h_f(H-H'') = 9,90 \text{ m}$$

**IV) Tramo Refrigeración del depósito 2 (I-I'')**

-La temperatura del agua de refrigeración es de 4° C y la longitud del tramo de tubería I-I'' es de 27 metros.

<u>ACCESORIOS</u> (Tramo I-I'')	<u>K</u>	<u>L<sub>eq</sub></u>
6 codos 90° (radio largo)	(6 · 0,20)	4,08 m
1 válvula regulación caudal mariposa	150	510,00 m
1 contracción brusca	0,20	0,38 m
1 expansión brusca	1	2,34 m
		L <sub>eq</sub> = 516,80 m

	V (m/s)	ε/Di	ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	μ (N·s/m <sup>2</sup> )	Re	f
Tramo I- I''	3,96·10 <sup>-1</sup>	6,0·10 <sup>-4</sup>	999,97	1,08·10 <sup>-3</sup>	3,12·10 <sup>4</sup>	0,025

$$v = 3,96 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$h_f = (4f) \cdot \frac{(L+L_{eq}) \cdot v^2}{2 \cdot D_i \cdot g}$$

$$h_f = 5,12 \text{ m}$$

**2. CÁLCULO NPSH (Altura Neta Succión Positiva) Y POTENCIA DE CABEZA (H)**

-A continuación se realizará el cálculo del NPSH requerido para dimensionar las bombas. En la planta hay cinco bombas: una bomba de desplazamiento positivo para fluidos viscosos (nata) y cuatro bombas centrífugas para impulsión del agua.

	<u>Tramo de tubería</u>
-Bomba 1 (nata)	A-F
-Bomba 2 (limpieza CIP)	A-F
-Bomba 3 (circuito agua caliente)	G-G''
-Bomba 4 (circuito agua fría)	H-H''
-Bomba 5 (refrigeración depósito 2)	I-I''

La bomba 2 está en paralelo con la bomba 1 de producción (pasterización). En la operación de producción la bomba 2 no estará en funcionamiento de manera que el ramal donde se ubica la bomba 2 estará cerrado con dos válvulas manuales.

Cuando se lleve a cabo el proceso de limpieza CIP, las bombas 1 y 2 estarán funcionando de manera conjunta y para ello, será necesario abrir las válvulas manuales V.4 y V.5. De esta manera, se limpiará la bomba 2 y el ramal donde se encuentra ubicada.

### BOMBA 1

#### a) $NPSH_{disponible}$

La altura neta de succión positiva corresponde a la altura que debe estar la bomba con respecto a la altura de aspiración para evitar los fenómenos de cavitación de la bomba.

La cavitación es un fenómeno por el cual, el fluido sufre una depresión (disminuye la presión) al ser succionado por la bomba. Esta depresión provoca que disminuya la temperatura de ebullición y el fluido pase a estado gaseoso. El gas golpea a modo de martillo la carcasa de la bomba reduciendo su vida media.

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho \cdot g} - h_f$$

-Donde:

$P_1$  =presión tanque aspiración (Pa)

$\rho$  =densidad del fluido a la temperatura de bombeo ( $Kg/ m^3$ )

$z_1$  =altura aspiración del tanque (m)

$v_1$  =velocidad del fluido en el tanque (m/ s)

$P_v$  =presión vapor fluido (Pa)

$h_f$  =pérdidas de carga en la tubería de succión (m)

- Simplificaciones:

- El término de velocidad se anula porque la velocidad de bajada del fluido en el depósito es muy baja y se considera prácticamente cero.

- Se considera que la presión vapor de la nata es la presión vapor del agua debido a su alto contenido en agua.

$$NPSH_{disponible} = \frac{1,01 \cdot 10^5}{976,70 \cdot 9,8} \cdot \left( \frac{Kg/m \cdot s^2}{Kg/m \cdot s^2} \right) + 0,80m - \frac{4,15 \cdot 10^3}{976,70 \cdot 9,8} \cdot \left( \frac{Kg/m \cdot s^2}{Kg/m \cdot s^2} \right) - 2,80m$$

$$NPSH_{disponible} = 8,14m$$

b) Potencia de Cabeza (H=Head)

-Es la potencia que debe proporcionar la bomba al fluido para atravesar el tramo de tubería, salvando las pérdidas por rozamiento.

- Se aplica la ec. de Bernoulli:

$$\frac{P_a}{\rho \cdot g} + z_a + \frac{V_a^2}{2g} + H = \frac{P_d}{\rho \cdot g} + z_d + \frac{V_d^2}{2g} + h_{f \text{ A-F}}$$

- Simplificaciones:

- ✓ Se considera el caso más desfavorable, es decir, el tanque está vacío.

$$P_a = P_d = P_{atm}$$

- ✓ Las secciones de aspiración y descarga son iguales.

$$V_a = V_d$$

- Al final la ecuación queda de este modo:

$$H = (z_d - z_a) + h_{f \text{ nata}} \text{ (A - F)}$$

$$H = (6 - 1) + 96,5$$

$$H = 101,5m$$

\*\* Las bombas 2, 3, 4 y 5 son bombas centrífugas que bombean agua. Los cálculos se llevarán a cabo del mismo que para la bomba 1.

	NPSH <sub>disponible</sub>	NPSH <sub>disponible</sub>	H (Head)	H (Head)
Bomba 1	8,14 m	26,7 feet	101,5 m	333,0 feet
Bomba 2	5,27 m	17,3 feet	25,7 m	84,3 feet
Bomba 3	6,00 m	19,7 feet	13,9 m	45,6 feet
Bomba 4	5,37 m	17,6 feet	12,9 m	42,3 feet
Bomba 5	5,40 m	17,7 feet	9,1 m	29,9 feet

- El circuito de agua caliente se abastece de una unidad próxima a la planta. La bomba 3 aspira directamente de una tubería cuya presión es de 1,8 atm.

### 3. PRESIÓN DE DESCARGA Y POTENCIA ABSORBIDA

#### BOMBA 1

##### A) PRESIÓN DE DESCARGA

- La presión de descarga de la bomba es un dato fundamental para su dimensionado. Además, es necesaria para el dimensionado de tuberías porque la presión de descarga de la bomba es la máxima presión de operación para cada tramo de tubería.

$$P_{descarga} \text{ (psi)} = \frac{1}{2,31} \cdot SG \cdot H \text{ (feet)}$$

- Donde:

SG = gravedad específica (adimensional)

H = Head (m)

$$SG = \frac{\rho_{líquido}(60^\circ F)}{\rho_{agua}(60^\circ F)}$$

$$P_{descarga} \text{ (psi)} = \frac{1}{2,31} \cdot \frac{990,00}{999,19} \cdot 333,0$$

$$P_{descarga} = 142,8 \text{ psi} = 10,04 \text{ Kg/cm}^2$$

## B) POTENCIA ABSORBIDA

-En este apartado se debe hacer mención a dos potencias de bomba: la potencia hidráulica y la potencia absorbida.

**Potencia Hidráulica:** es la potencia que la bomba transfiere directamente al fluido. También se denomina *potencia de trabajo*. (Work Horse Power →WHP)

**Potencia Absorbida:** es la potencia eléctrica consumida por la bomba teniendo en cuenta ya el rozamiento producido en el interior de la bomba. También se denomina *potencia de freno*. (Brake Horse Power→BHP)

$$P_{\text{absorbida}} = P_{\text{hidraulica}} + \text{Pérdidas(rozamiento)}$$

$$\text{BHP} = \text{WHP} + \text{VHP}$$

-El rendimiento lo suministra el fabricante.

$$\eta_{\text{total}} = \frac{P_{\text{hidraulica}}}{P_{\text{absorbida}}}$$

$\eta_{\text{total}} = 0,74$
------------------------------

-Para calcular la potencia hidráulica de la bomba que impulsa un fluido, con varias temperaturas en el mismo tramo de tubería, se tomará el caso más desfavorable, es decir, las propiedades del fluido a la temperatura más baja.

-Para la Bomba “1” se calculará la potencia hidráulica en la situación más desfavorable, es decir, a la menor temperatura (5° C) porque las pérdidas por rozamiento son mayores.

$$P_{\text{hidraulica}} = \rho \cdot g \cdot Q_v \cdot H$$

$$P_{\text{hidraulica}} = 995,00 \cdot 9,81 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 101,5$$

$$P_{\text{hidraulica}} = 1,58 \text{ KW} = 2,12 \text{ CV}(\text{hp})$$

$$\text{CV}(\text{caballos vapor}) = \text{hp}(\text{horse power})$$

$P_{\text{absorbida}} = 2,13 \text{ KW} = 2,86 \text{ CV}(\text{hp})$
---

-Las bombas 2, 3, 4 y 5 son bombas centrífugas para bombear agua. Los cálculos se llevan a cabo de la misma forma que para la bomba 1, así que se detallarán solamente los resultados.

	PRESIÓN DESCARGA		POTENCIA			
	(psi)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	HIDRÁULICA		ABSORVIDA	
			(KW)	(hp)	(KW)	(hp)
BOMBA 1	142,8	10,04	1,58	2,12	2,13	2,86
BOMBA 2	36,50	2,57	0,57	0,76	1,90	2,53
BOMBA 3	19,70	1,38	0,30	0,40	0,86	1,14
BOMBA 4	18,30	1,29	0,28	0,37	0,97	1,28
BOMBA 5	12,90	0,91	0,20	0,27	0,50	0,67

#### 4. SELECCIÓN DE BOMBAS

##### BOMBA 1

-Para determinar el modelo de bomba necesario se hará el uso del catálogo de bombas: (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Elección de la bomba de desplazamiento positivo”)

-El caudal de trabajo de la bomba es:

$$Q_v \text{ (nata)} = 6 \text{ m}^3 / \text{h} = 26,42 \text{ GPM (gallons per minute)}$$

-Se tomará el modelo:

$$018 - UL \gg \text{Capacidad Nominal} = 33 \text{ GPM}$$

-Observando la curva de la bomba de desplazamiento positivo 018-UL Waukesha Cherry-Burrell y a partir de la viscosidad y presión de descarga de la bomba se obtendrá un valor de BHP y VHP. (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Curva de la bomba de desplazamiento positivo”)

$$P_{\text{descarga}} = 142,80 \text{ psi}$$

$$\text{GPM} = 26,42$$

$$\mu = 12,50 \text{ cps (centipoise)}$$

- Se obtiene:

$$\text{WHP} = 2,8 \text{ hp}$$

$$\text{BHP} = \text{WHP} + \text{VHP}$$

$$\text{VHP} = 1,0 \text{ hp}$$

$$\text{BHP} = 3,8 \text{ hp}$$

$$\eta_{\text{total}} = 0,74$$

$$940 \text{ rpm}$$

- La potencia absorbida necesaria para el sistema es de 2,86 hp y la bomba tiene una potencia 3,8 hp (ver “Documento I-Anexos-Dimensionado de Bombas-Potencia absorbida por la bomba 1”). Además, la presión de trabajo es de 142,80 psi y la presión máxima soportada por la bomba es 300 psi.

-Por tanto, se puede concluir que el modelo UL-018 Waukesha Cherry-Burrell a 940 rpm satisface las necesidades de la bomba 1.

## BOMBA 2

-La bomba 2 es una bomba centrífuga y por tanto, se utilizará la “Curva de Selección del modelo de Bomba Centrífuga” (ver “Documento I-Anexos-Tablas”).

-A partir de los datos:

$$Q_v = 35,64 \text{ GPM}$$

$$H = 84,30 \text{ feet}$$

-Se observa que el modelo que cubre este rango de trabajo es:

AMPCO MC 2 x 1 ½

3.500 rpm

-Para la gráfica de 3.500 rpm se obtiene:

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

$$\text{EFF} = 30\%$$

$$\eta_{\text{total}} = 0,30$$

$$P_{\text{máxima}} = 3 \text{ hp}$$

(ver “Documento I-  
Anexos-Tablas-Curvas  
de la Bomba 2”)

-La potencia que absorbe la bomba 2 se calculó anteriormente:

$$P_{\text{absorbida}} = 2,53 \text{ hp}$$

-Luego dicho modelo, con una potencia máxima de 3 hp, es capaz de satisfacer la potencia absorbida por la bomba 2 (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Dimensiones de la Bomba 2”).

$$26,7 \text{ feet} = \text{NPSH}_{\text{disponible}} \geq \text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

-De esta forma, se cubren todas las necesidades de la bomba 2.

*\*\* El procedimiento para las bombas 3, 4 y 5 es el mismo que para la bomba 2.*

### BOMBA 3

-A partir de los datos:

$$Q_v = 35,64 \text{ GPM}$$

$$H = 45,60 \text{ feet}$$

- Se observa que el modelo que cubre este rango de trabajo es:

AMPCO MC 2 ½ x 2

1.750 rpm

-Para la gráfica de 1.750 rpm se obtiene:

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

$$\text{EFF} = 35\%$$

$$\eta_{\text{total}} = 0,35$$

$$P_{\text{máxima}} = 1\frac{1}{2} \text{ hp}$$

(ver “Documento I-  
Anexos-Tablas-Curvas  
de la Bomba 3”)

-La potencia que absorbe la bomba 3 es:

$$P_{\text{absorbida}} = 1,14 \text{ hp} \leq 1,5 \text{ hp}$$

-Dicho modelo, cuya potencia máxima es 1,5 hp, es capaz de satisfacer la potencia absorbida por la bomba 3 (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Dimensiones de la Bomba 3”).

$$19,7 \text{ feet} = \text{NPSH}_{\text{disponible}} \geq \text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

-El modelo cubre todas las necesidades de la bomba 3.

#### BOMBA 4

-A partir de los datos:

$$Q_v = 35,64 \text{ GPM}$$

$$H = 42,30 \text{ feet}$$

-Se observa que el modelo que cubre este rango de trabajo es:

AMPCO MC 3 x 2½

1.750 rpm

-Para la gráfica de 1.750 rpm se obtiene:

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

$$\text{EFF} = 29\%$$

$$\eta_{\text{total}} = 0,29$$

$$P_{\text{máxima}} = 1\frac{1}{2} \text{ hp}$$

(ver “Documento I-  
Anexos-Tablas-Curvas  
de la Bomba 4”)

-La potencia que absorbe la bomba 4 es:

$$P_{\text{absorbida}} = 1,28 \text{ hp} \leq 1,5 \text{ hp}$$

-Dicho modelo, cuya potencia máxima es 1,5 hp, es capaz de satisfacer la potencia absorbida por la bomba 4 (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Dimensiones de la Bomba 4”).

$$17,6 \text{ feet} = \text{NPSH}_{\text{disponible}} \geq \text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

-El modelo cubre todas las necesidades de la bomba 4.

### BOMBA 5

-A partir de los datos:

$$Q_v = 35,64 \text{ GPM}$$

$$H = 29,90 \text{ feet}$$

-Se observa que el modelo que cubre este rango de trabajo es:

AMPCO MC 2 ½ x 2

1.750 rpm

-Para la gráfica de 1.750 rpm se obtiene:

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

$$\text{EFF} = 40\%$$

$$\eta_{\text{total}} = 0,40$$

$$P_{\text{máxima}} = 1 \text{ hp}$$

(ver “Documento I-  
Anexos-Tablas-Curvas  
de la Bomba 5”).

-La potencia que absorbe la bomba 5 es:

$$P_{\text{absorbida}} = 0,67 \text{ hp} \geq 1 \text{ hp}$$

-Dicho modelo, cuya potencia máxima es 1 hp, es capaz de satisfacer la potencia absorbida por la bomba 5 (ver “Documento I-Anexos-Tablas-Dimensiones de la Bomba 5”).

$$17,7 \text{ feet} = \text{NPSH}_{\text{disponible}} \geq \text{NPSH}_{\text{req}} = 10 \text{ feet}$$

-El modelo cubre todas las necesidades de la bomba 5.

***Anexos X***

***DIMENSIONADO  
DEPÓSITOS***

## DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS

### 1. DESCRIPCIÓN DEL MODO DE PRODUCCIÓN

-Según la política de producción de la empresa se desnatará 2 ó 3 días a la semana y durante 5 horas /día.

-El objeto del proyecto es conservar la nata durante una semana en la planta hasta su transporte en camiones. Según legislación la temperatura de conservación debe ser inferior a 6° C.

### 2. DEPÓSITO 1

-El depósito 1 tiene como objetivo la regulación de caudal y no necesita ser refrigerado porque la nata todavía no ha sido pasterizada.

-Se tomará un volumen de depósito igual al volumen de nata obtenido diariamente en el proceso de desnatado. De este modo las operaciones de desnatado de la leche y pasterización de nata no tienen que hacerse simultáneamente, es decir, se puede empezar a desnatar y el depósito va almacenando la nata hasta que comience la operación de pasterización.

$$Q_v(\text{producción})=6 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 5 \text{ h}/\text{día}=30 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$v_{\text{diario}}=30 \text{ m}^3$$

-La capacidad útil es el volumen necesario y la capacidad nominal es la capacidad total del depósito, es decir, se incluye el volumen muerto que supone un 10% del volumen útil.

$$C_{\text{nominal}}=1,1 \cdot C_{\text{util}}$$

$$C_{\text{nominal}}=1,1 \cdot 30=33 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{nominal}} = 33 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{nominal}} = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot \text{Altura}}{4}$$

-Dicho depósito debe tener una altura aproximada de 3 m (según las necesidades del emplazamiento).

$$D_i = 3,74 \text{ m}$$

-La presión de diseño es el valor máximo de estos tres:

$$P \geq 1,1 \cdot P_{\text{máxima operación}} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$P \geq P_{\text{máxima operación}} + 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ Kg/cm}^2$$

-Para saber la presión diseño es necesario determinar la máxima presión de operación.

$$P_{\text{máxima operación}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{columna líquido}}$$

$$P_{\text{máxima operación}} = 1,033 + \frac{\rho \cdot H}{10^4}$$

-Para determinar el peso de la columna de líquido se deben calcular las dimensiones del depósito. Más adelante se observa que se utilizarán fondos elípticos.

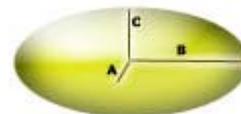
### Fondos Elípticos 2:1

$$A = \frac{D_i}{2}$$

$$B = \frac{D_i}{2}$$

$$C = \frac{D_i}{4}$$

$$V_{\text{fondo}} = \frac{4/3 \cdot \pi \cdot A \cdot B \cdot C}{2}$$



$$V_{\text{fondo}} = 6,85 \text{ m}^3$$

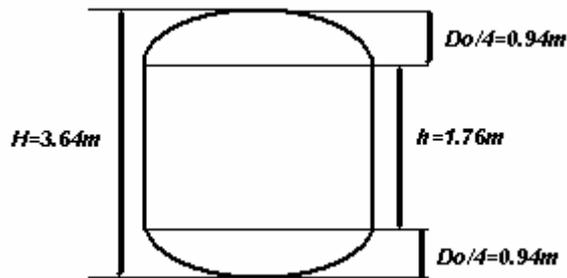
$$V_{2 \text{ fondos}} = 13,7 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cilindro}} = 33 - 13,7 = 19,3 \text{ m}^3$$

$$\pi \cdot (D_i / 2)^2 \cdot h = 19,3 \text{ m}^3$$

$$h = 1,76 \text{ m}$$

### Dimensiones



-Luego la presión y temperatura de diseño serán:

$$P_{\text{diseño}} = 3,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_{\text{diseño}} = 50^\circ \text{C} (323\text{K})$$

-El depósito irá ubicado en un recinto cerrado, de este modo, no se verá afectado por las cargas del viento.

### Espesor de Envolvente

-Hay que determinar el espesor mínimo por especificación o código y según ASME Sección VIII Div. 1. ("Manual de Recipientes a Presión" por Eugene F. Megyesy). Finalmente, se tomará el mayor de ellos.

1) – Según especificación:

-Se tomará el mayor de ambos, según especificación.

$$t_{\text{min}} = 2,5 + C(\text{mm})$$

**aceros inoxidables**

a)  $C = 0(\text{aceros inoxidables})$

b)  $t_{\text{min}} = 3\text{mm}$

-Finalmente, se obtiene un espesor de 3mm por especificación ya que es el máximo valor de los anteriores.

2) – Según ASME Sección III Div. 1:

$$t = \frac{P \cdot R}{2SE - 0,2P} + C \text{ ( mm )}$$

-Donde:

**P** ≡ presión diseño (Kg/cm<sup>2</sup>)

**R** ≡ radio interno (mm)

**S** ≡ tensión máxima admisible (Kg/cm<sup>2</sup>)

**E** ≡ eficiencia soldadura

**C** ≡ espesor corrosión

-Se tomará un eficiencia de soldadura de E = 0,55 porque la presión del depósito es baja y no hace falta el radiografiado de la soldadura, la cual encarecería el coste.

$$S = 30.000 \text{ psi} = 2,11 \cdot 10^3 \text{ Kg /cm}^2 \text{ (para aceros AISI 316)}$$

-Se obtiene:

$$t = 2,82 \text{ mm}$$

-El espesor, según ASME, es menor que por especificación. Por tanto:

$t = 3,00 \text{ mm}$
-----------------------

Espesor mínimo de envolvente.
----------------------------------

$$D_o = D_i + 2t$$

$$D_o = 3.746 \text{ mm} = 147,48 \text{ in}$$

Espesor del fondo

-La presión del depósito se puede considerar media o baja y para este rango de presiones se aconseja 3 tipos de fondos:

- a) –Fondos Elípticos 2:1
- b) –Fondos Policéntricos (tipo Korboggen)
- c) –Fondos Policéntricos (tipo Klopper)

-A continuación aparecen una serie de ecuaciones sacadas del “Manual de Recipientes a Presión“ de Eugene F. Megyesy para determinar el espesor de los fondos:

- a) - Fondos Elípticos 2:1

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot D_i}{2SE - 0,2P}$$

- b) – Fondos Policéntricos

- 1) –Si  $L / r < 16 \frac{2}{3}$ :

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2P}$$

- 2) – Si  $L / r = 16 \frac{2}{3}$ :

$$t_{\text{fondo}} = \frac{0,885 \cdot P \cdot L}{SE - 0,1P}$$

-Donde:

P ≡ presión diseño(psi)

S ≡ tensión máxima admisible(psi)

$D_i$  ≡ diámetro interior depósito

$$M = \frac{3 + \sqrt{L/r}}{4}$$

Tipo Korboggen

$L = 0,8 \cdot D_o$ $r = 0,154 \cdot D_o$
---

Tipo Klopper

$L = D_o$ $r = D_o / 10$
--------------------------

**Tipo Korboggen**

$$\begin{aligned} L &= 117,98 \text{ in} \\ r &= 22,7 \text{ in} \end{aligned}$$

$$L/r = 5,19 \leq 16 \frac{2}{3}$$

**Tipo Klopper**

$$\begin{aligned} L &= 147,48 \text{ in} \\ r &= 14,75 \text{ in} \end{aligned}$$

$$L/r = 10 \leq 16 \frac{2}{3}$$

-Para ambos casos se utilizará la ecuación 1):

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2P}$$

Tipo Fondo	M	t <sub>fondo</sub> (in)	t <sub>fondo</sub> (mm)
Elíptico 2:1	-	0,22	5,64
Korboggen	1,32	0,24	5,97
Klopper	1,54	0,34	8,70

-Se tomará el fondo que requiera menor espesor para que sea más económico. Por tanto, se tomarán fondos elípticos 2:1 de espesor:

$$t_{\text{fondo}} = 5,64 \text{ mm}$$

-Se utilizará un espesor normalizado.

$$t_{\text{fondo}} = 6,00 \text{ mm}$$

Altura de Pestaña

-La pestaña (h) es la parte cilíndrica del fondo donde se realiza la soldadura entre el cabezal y la envolvente. Se toma esta pestaña para evitar las soldaduras en la línea de tangencia entre cabezal y envolvente porque es ahí, donde se acumulan todas las tensiones.

-El valor de h es el mayor de estos tres valores:

$$h \equiv 25 \text{ mm}$$

$$h \equiv 3 \cdot t_{\text{fondo}}$$

$$h \equiv 0,3 \cdot \sqrt{(D_0 \cdot t_{\text{fondo}})}$$

-Se obtiene:

$$h \geq 44,97 \text{ mm}$$

-Se tomará una pestaña normalizada:

$$h = 45 \text{ mm} = 0,045 \text{ m}$$

### Tubuladuras de Conducciones

-En las conexiones con el depósito van a aparecer nuevas tensiones debidas a la dilación térmica y el peso del líquido confinado en las tuberías. Por esta razón es necesario el cálculo de este valor.

-Según ASME:

$$t_{\text{mínimo tubuladura}} = \frac{t_{\text{normalizado tuberías}}}{0,875} + C(\text{mm})$$

$$t_{\text{mínimo tubuladura}} = \frac{2,11}{0,875} + 0 = 2,41 \text{ mm}$$

-Finalmente, el espesor de tubuladura será el mayor entre el mínimo calculado y el espesor de tubería cuando es incrementado en un 12,5%. Por tanto:

$$t_{\text{mínimo tubuladura}} = 2,41 \text{ mm}$$

### 3. DEPÓSITO 2

-El objetivo del depósito 2 es almacenar toda la nata pasterizada a lo largo de la semana a la espera de su transporte. Por esta razón, el depósito debe estar dotado de un sistema de refrigeración que mantenga la nata por debajo de los 6° C.

-La empresa desnatará 2 ó 3 días por semana así que se tomará el caso en que la producción sea la máxima, es decir, desnatando 3 días a 5 horas diarias.

$$Q_v(\text{producción}) = 6 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 5 \text{ h/día} \cdot 3 \text{ días} = 90 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{útil}} = 90 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{nominal}} = 1,1 \cdot C_{\text{util}}$$

$$C_{\text{nominal}} = 99 \text{ m}^3$$

-Se tomará un volumen de depósito normalizado:

$$C_{\text{nominal}} = 100 \text{ m}^3$$

-El procedimiento de dimensionado del depósito se hará del mismo modo que para el depósito 1. Por tanto, no se detallará el procedimiento, sólo los resultados.

-La altura de la nave donde se ubicará este depósito es de 7 m y la altura de la bomba de desplazamiento positivo para asegurar un correcto funcionamiento sin cavitación es 0,8 m (según recomendaciones para bombas de desplazamiento positivo). Por esto razón, se intentará que el depósito tenga una altura aproximada de 4 m.

-Se obtiene:

$$D_i = 5,64 \text{ m}$$

$$V_{\text{fondo}} = 23,5 \text{ m}^3$$

$$V_{2 \text{ fondos}} = 47 \text{ m}^3$$

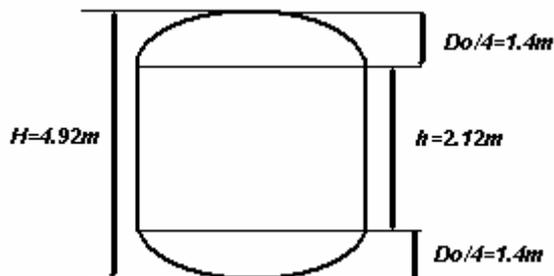
-El volumen de depósito, quitando los fondos es:

$$V_{\text{cilindro}} = 100 - 47 = 53 \text{ m}^3$$

$$\pi \cdot (D_i / 2)^2 \cdot h = 53 \text{ m}^3$$

$$h = 2,12 \text{ m}$$

### Dimensiones



-La pared del depósito 2 soporta presiones por ambas caras: la exterior y la interior. La presión interior es igual a la suma de la presión hidrostática de la columna de líquido (nata almacenada) y la presión atmosférica. La presión exterior es igual a la presión de descarga de la bomba que abastece de agua de refrigeración el camisado.

-Finalmente, se determinó que la presión y temperatura de diseño son:

$$P_{\text{diseño}} = 3,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_{\text{diseño}} = 25^\circ \text{ C} (298\text{K})$$

### Espesor de Envolvente

-Hay que determinar el espesor mínimo por especificación o código y según ASME Sección VIII Div. 1. Finalmente, se tomará el mayor de ellos.

– Según especificación:

$$t_{\min} = 3 \text{ mm}$$

– Según ASME Sección III Div. 1:

$$t = \frac{P \cdot R}{2SE - 0,2P} + C(\text{mm})$$

$$t = 4,25 \text{ mm}$$

-El espesor, según ASME, es mayor que por especificación. Por tanto, se tomará éste pero un valor normalizado.

$$t = 5,00 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de  
envolvente.

$$D_o = D_i + 2t$$

$$D_o = 5.650 \text{ mm} = 222,44 \text{ in}$$

Espesor del fondo

-La presión de este depósito también se considera media-baja.

a) - Fondos Elípticos 2:1

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot D_i}{2SE - 0,2P}$$

$$M = \frac{3 + \sqrt{L/r}}{4}$$

b) - Fondos Policéntricos

1) – Si  $L / r < 16 \frac{2}{3}$ :

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2P}$$

2) – Si  $L / r = 16 \frac{2}{3}$ :

$$t_{\text{fondo}} = \frac{0,885 \cdot P \cdot L}{SE - 0,1P}$$

Tipo Korboggen

$$L = 0,8 \cdot D_o$$

$$r = 0,154 \cdot D_o$$

Tipo Klopper

$$L = D_o$$

$$r = D_o / 10$$

**Tipo Korboggen**

$$L = 177,95 \text{ in}$$

$$r = 34,25 \text{ in}$$

$$L/r = 5,19 \leq 16 \frac{2}{3}$$

**Tipo Klopper**

$$L = 222,44 \text{ in}$$

$$r = 22,24 \text{ in}$$

$$L/r = 10 \leq 16 \frac{2}{3}$$

-Para ambos casos se utilizará la ecuación 1):

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2P}$$

<b>Tipo Fondo</b>	<b>M</b>	<b>t<sub>fondo</sub> (in)</b>	<b>t<sub>fondo</sub> (mm)</b>
Elíptico 2:1	-	0,33	8,51
Korboggen	1,32	0,35	8,89
Klopper	1,54	0,52	13,20

-Se tomará el fondo que requiera menor espesor para que sea más económico. Por tanto, se tomarán fondos elípticos 2:1 de espesor:

$$t_{\text{fondo}} = 8,51 \text{ mm}$$

-Se utilizará un espesor normalizado.

$$t_{\text{fondo}} = 9,00 \text{ mm}$$

Altura de Pestaña

-Se toma esta pestaña para evitar las soldaduras en la línea de tangencia entre cabezal y envolvente porque es ahí, donde se acumulan todas las tensiones.

-Se obtiene:

$$h \geq 67,65 \text{ mm}$$

-Se tomará una pestaña normalizada:

$$h = 68 \text{ mm} = 0,068 \text{ m}$$

### Tubuladuras de Conducciones

-En las conexiones con el depósito van a aparecer nuevas tensiones debidas a la dilación térmica y el peso del líquido confinado en las tuberías. Por esta razón es necesario el cálculo de este valor.

-Según ASME:

$$t_{\text{mínimo tubuladura}} = \frac{2,11}{0,875} + 0 = 2,41 \text{ mm}$$

-Finalmente, el espesor de tubuladura será el mayor entre el mínimo calculado y el espesor de tubería cuando es incrementado en un 12,5%. Por tanto:

$$t_{\text{mínimo tubuladura}} = 2,41 \text{ mm}$$

***GAMISADO DEL  
DEPÓSITO 2***

#### 4.1. GENERALIDADES

-La nata al 40% de grasa es un líquido viscoso y muy difícil de desincrustar de las paredes, incluso con la limpieza CIP. Por este motivo, se optó por el camisado como sistema de refrigeración en lugar del serpentín.

-Dicho serpentín tiene una forma enrollada tal que dificultaría su limpieza y daría lugar a incrustaciones de nata, creando posibles focos de contaminación microbiológica. De este modo, se incumplirían las normas básicas de la industria alimentaria, higiene y limpieza.

-La pared del camisado sólo está en contacto con el agua de refrigeración así que se tomará un acero al carbono SA-285-C, utilizado a temperaturas intermedias, que es mucho más económico que el acero inoxidable.

-El espesor de la pared del camisado se calculará teniendo en cuenta que la máxima presión de operación es la presión hidrostática en el punto más desfavorable, es decir, donde soporta el mayor peso de la columna de líquido.

-Además, el depósito dispone de un aislante térmico de 3 mm de espesor denominado fibra de vidrio y cuya conductividad es:  $k_A = 0,03 \text{ W/ m}^\circ\text{C}$

#### 4.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PARED DEL CAMISADO

-El procedimiento de cálculo es el mismo que para los depósitos y por esta razón no se detallarán los pasos a realizar.

##### Espesor de Envolvente

1) – Según especificación:

$$t_{\min} = 2,5 + C(\text{mm})$$

$$C = 3 \text{ mm (aceros al carbono)}$$

$$t_{\min} = 5,5 \text{ mm}$$

2) – Según ASME Sección III Div. 1:

$$t = \frac{P \cdot R}{2SE - 0,2P} + C(\text{mm})$$

-La presión de diseño es el valor máximo de estos tres:

$$P \geq 1,1 \cdot P_{\text{máxima operación}} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$P \geq P_{\text{máxima operación}} + 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ Kg/cm}^2$$

-El espesor de la pared del camisado se calculará teniendo en cuenta la máxima presión de operación que se calcula del siguiente modo:

$$P_{\text{máxima operación}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{columna líquido}}$$

$$P_{\text{máxima operación}} = 1,033 + \frac{\rho \cdot H}{10^4}$$

-La presión y temperatura de diseño son las siguientes:

$$P_{\text{diseño}} = 3,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_{\text{diseño}} = 25^\circ \text{ C (298K)}$$

-El material del camisado será acero al carbono tipo SA-285-C en lugar de acero inoxidable. Es posible el uso de este material puesto que la nata nunca estará en contacto directo con éste. De este modo, se abaratan los costes fijos de la planta.

$$S = 30.000 \text{ psi} = 2,11 \cdot 10^3 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (para aceros SA-285-C)}$$

-El espesor mínimo de envolvente requerido por presión interna es:

$$t = 7,33 \text{ mm}$$

-Se tomará un espesor normalizado:

$t = 8,00 \text{ mm}$
-----------------------

Espesor mínimo de envolvente.
----------------------------------

### Espesor del fondo

-Los fondos del camisado también son elípticos 2:1 al igual que los fondos del depósito. La expresión es la misma que se utilizó anteriormente:

$$t_{\text{fondo}} = \frac{P \cdot D_i}{2SE - 0,2P}$$

$$t_{\text{fondo}} = 8,66 \text{ mm}$$

-Se utilizará un espesor normalizado.

$t_{\text{fondo}} = 9,00 \text{ mm}$
--------------------------------------

### 4.3. BALANCE ENERGÉTICO AL CAMISADO

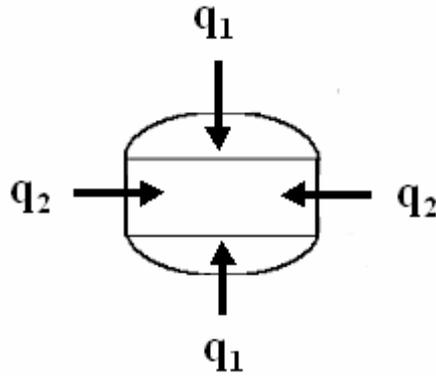
-Uno de los objetivos principales de este proyecto es la conservación de la nata pasterizada en el depósito 2 por debajo de los 6° C.

-Se determinará el flujo de calor que entra al depósito desde el exterior y de este modo se evaluará si el caudal de agua de refrigeración es suficiente para evitar que la temperatura de la nata supere los 6° C. El gradiente de temperatura será hacia el interior porque el exterior siempre estará a mayor temperatura que el interior.

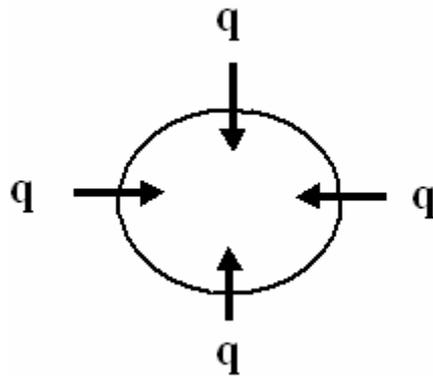
-La temperatura de entrada de la nata pasterizada al depósito 2 es igual a 5° C y se puede considerar uniforme en todo el depósito puesto que es un depósito de tanque agitado. Por tanto, el objetivo del camisado será conservar la nata interior a la misma temperatura de entrada, es decir, a 5° C.

-El flujo de calor total es igual a la suma de dos flujos:

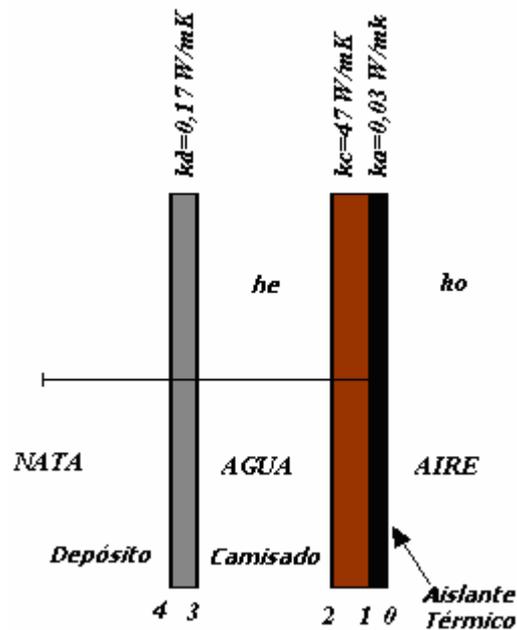
- 1) -Flujo a través de los fondos.
- 2) -Flujo a través de la envolvente.



-Para simplificar los cálculos se asemejará la geometría del depósito a la de una esfera cuyo radio es igual al radio del depósito y la suma de ambos flujos de calor (fondos + envolvente) será igual al flujo de calor a través de la esfera.



-El perfil de las resistencias del depósito es el siguiente:

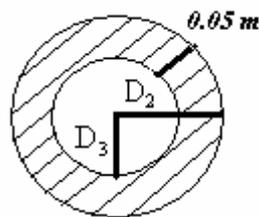


-En el interior del depósito la temperatura es constante puesto que es un tanque agitado y por tanto, al no haber gradiente de temperatura en el fluido, no existen fenómenos de transmisión de calor por convección dentro del depósito.

Coefficientes de Convección

h<sub>e</sub>

-Se calcula como el flujo interno con convección forzada en conducciones no circulares.



$$D_e = D_2 - D_3$$

$$D_e = 0,05 \text{ m}$$

$$A_T = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_3^2)}{4}$$

$$A_T = 0,89 \text{ m}^2$$

$$Q_v = v \cdot A_T$$

$$v = 2,53 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$



$$Re = 117$$

-Flujo Laminar

-Se considera que la temperatura de la pared es constante porque la temperatura a la entrada y salida del camisado es prácticamente la misma (esta suposición se confirmará más adelante).

-Para temperatura constante en la pared y flujo laminar se tiene:

$$Nu = 3,66$$

$$\frac{h_e \cdot D_e}{k} = 3,66$$

$$h_e = 42,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

h<sub>o</sub>

-En convección libre hacia aire a presión atmosférica y temperaturas moderadas (37° C a 815° C) se tiene:

$$Nu_m = \frac{h_m \cdot R}{k}$$

$$Gr_R = \frac{g \cdot \beta \cdot \rho^2 \cdot R^3 \cdot |T_s - T_\infty|}{\mu^2} \qquad \beta = \frac{-1}{\rho} \cdot \left( \frac{\rho_\infty - \rho}{T_\infty - T} \right)$$

TABLA

Geometría	L	Tipo de flujo	Rango de Gr <sub>L</sub> Pr	h <sub>m</sub> [Btu/hr.pie <sup>2</sup> .°F]	h <sub>m</sub> [W/m <sup>2</sup> .K]
Placas verticales	<i>Altura</i>	<i>Laminar</i>	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>9</sup>	0.29(ΔT/L) <sup>1/4</sup>	1.42(ΔT/L) <sup>1/4</sup>
		<i>Turbulento</i>	10 <sup>9</sup> a 10 <sup>13</sup>	0.19(ΔT) <sup>1/3</sup>	1.31(ΔT) <sup>1/3</sup>
Cilindros horizontales	<i>Diámetro Externo</i>	<i>Laminar</i>	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>9</sup>	0.27(ΔT/L) <sup>1/4</sup>	1.32(ΔT/L) <sup>1/4</sup>
		<i>Turbulento</i>	10 <sup>9</sup> a 10 <sup>12</sup>	0.18(ΔT) <sup>1/3</sup>	1.24(ΔT) <sup>1/3</sup>

$$\rho(\text{aire}) = 1,26 \text{ Kg/m}^3 \qquad T_\infty = 30^\circ \text{ C} \qquad \mu(\text{aire}) = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$\rho_\infty(\text{aire}) = 1,16 \text{ Kg/m}^3 \qquad Pr_{\text{aire}} = 0,71 \qquad T_s \equiv T^{\text{a pared}} = 29,5^\circ \text{ C}$$

\*\*Para esferas se pueden usar las mismas correlaciones que para cilindros horizontales considerando que la longitud característica es el radio de la esfera.

-Se obtienen los siguientes valores.

$$\beta = 1,39 \cdot 10^{-5}$$

$$Gr_R = 1,14 \cdot 10^7$$

$$Gr_R \cdot Pr = 8,1 \cdot 10^6$$

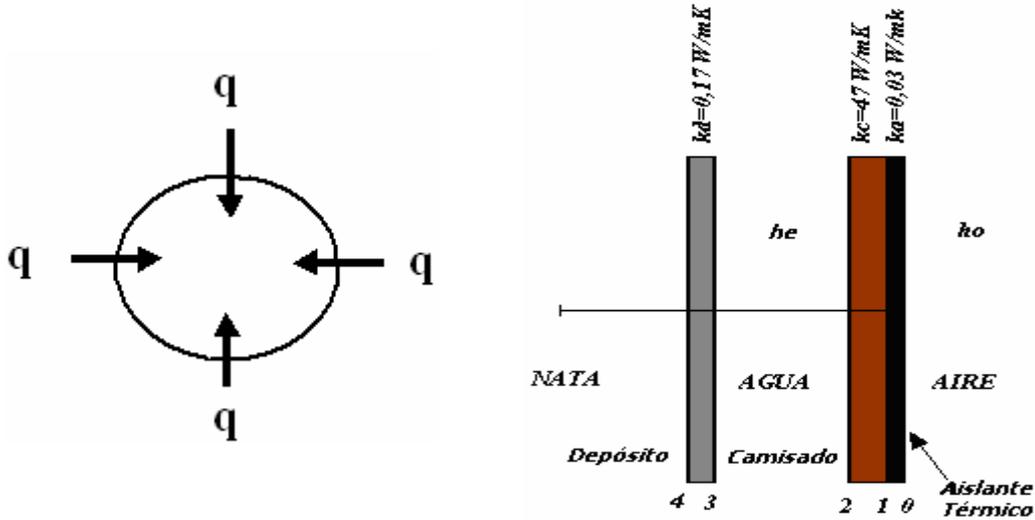
-Según la tabla anterior el régimen de flujo es laminar así que se tomará la siguiente ecuación:

$$h_o = 1,32 \cdot \left( \frac{\Delta T}{R} \right)^{1/4}$$

$$h_o = 0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

BALANCE ENERGÉTICO

-El flujo de calor se determinará a partir de la expresión donde aparecen las diferentes resistencias a dicho flujo: resistencias conductivas y convectivas.



$$q = \frac{T_o - T_i}{\frac{l_D}{k_D \cdot 4\pi \cdot R_3 \cdot R_4} + \frac{1}{h_e \cdot A_2} + \frac{l_C}{k_C \cdot 4\pi \cdot R_1 \cdot R_2} + \frac{l_A}{k_A \cdot 4\pi \cdot R_0 \cdot R_1} + \frac{1}{h_o \cdot A_0}}$$

-Debido a la simplificación de geometría esférica en el depósito se tomarán espesores medios entre los obtenidos en los fondos y la envolvente para el depósito y el camisado.

Espesores	Valor medio
$l_D$ =espesor depósito	7,00 mm
$l_C$ =espesor camisado	8,50 mm
$l_A$ =espesor aislante	3,00 mm

-El diámetro del depósito es muy grande en comparación con el espesor de éste, es decir, la curvatura es muy pequeña. Por este motivo, se harán las siguientes simplificaciones:

$$A_0 = A_1 = A_2 = 103,51 \text{ m}^2$$

$$R_0 = R_1 = R_2 = 2,87 \text{ m}$$

$$A_3 = A_4 = 99,93 \text{ m}^2$$

$$R_3 = R_4 = 2,82 \text{ m}$$

-Finalmente, se obtiene:

$$q_{\text{Total}} = 1.926,0 \text{ W}$$

-El calor que entra al depósito 2 desde el exterior debe ser liberado mediante el agua de circulación del camisado.

$$q_T = m_c \cdot C_{p_{\text{agua}}} \cdot (T_{\text{entrada}} - T_{\text{salida}})$$

$$m_c = 2,25 \text{ Kg/s}$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 4,18 \text{ KJ/Kg}\cdot\text{K}$$

$$T_{\text{entrada}} = 4^\circ \text{C}$$

-Despejando la  $T_{\text{salida}}$  del camisado se obtiene:

$$T_{\text{salida}} = 4,2^\circ \text{C}$$

-De esta forma se confirma la suposición hecha anteriormente de temperatura constante en la pared puesto que la temperatura de entrada y salida son prácticamente la misma.

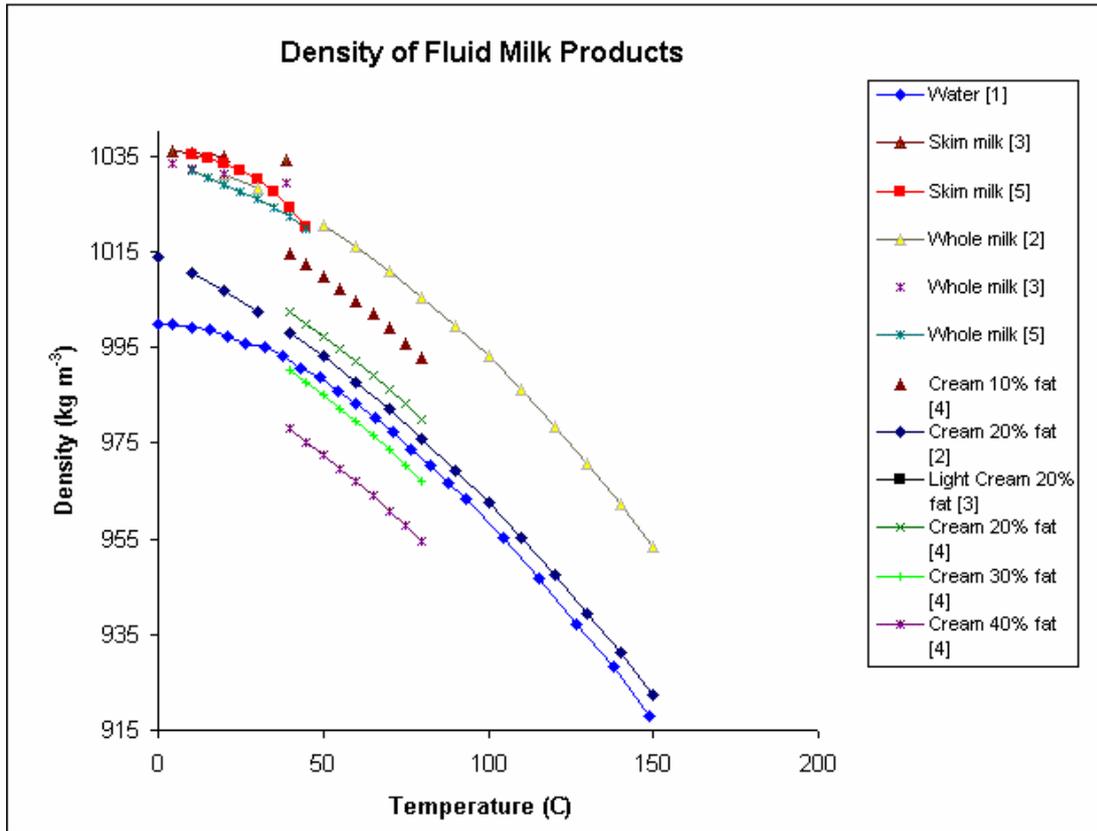
-Con este resultado final del balance energético al camisado se puede concluir que el caudal de agua de refrigeración es suficiente para asegurar la correcta conservación de la nata. Además, la temperatura de almacenamiento está por debajo de los  $6^\circ \text{C}$  que dicta la Normativa.

-Posteriormente esta nata será enviada a la planta de Granada para su elaboración.

***Anexos XI***

***TABLAS***

Tabla 1 - Densidad de la Nata al 40% de grasa.



[1] Holman (1976)

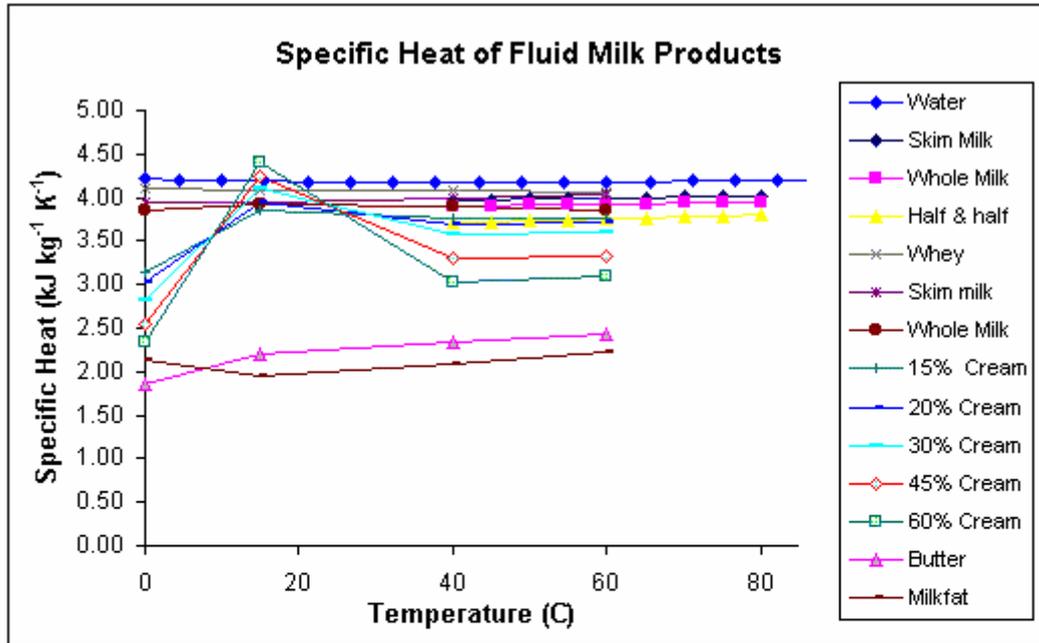
[4] Phipps (1969)

[2] Kessler (1981)

[5] Short (1955)

[3] USDA (1965)

Tabla 2 - Capacidad Calorífica de la Nata al 40% de grasa.

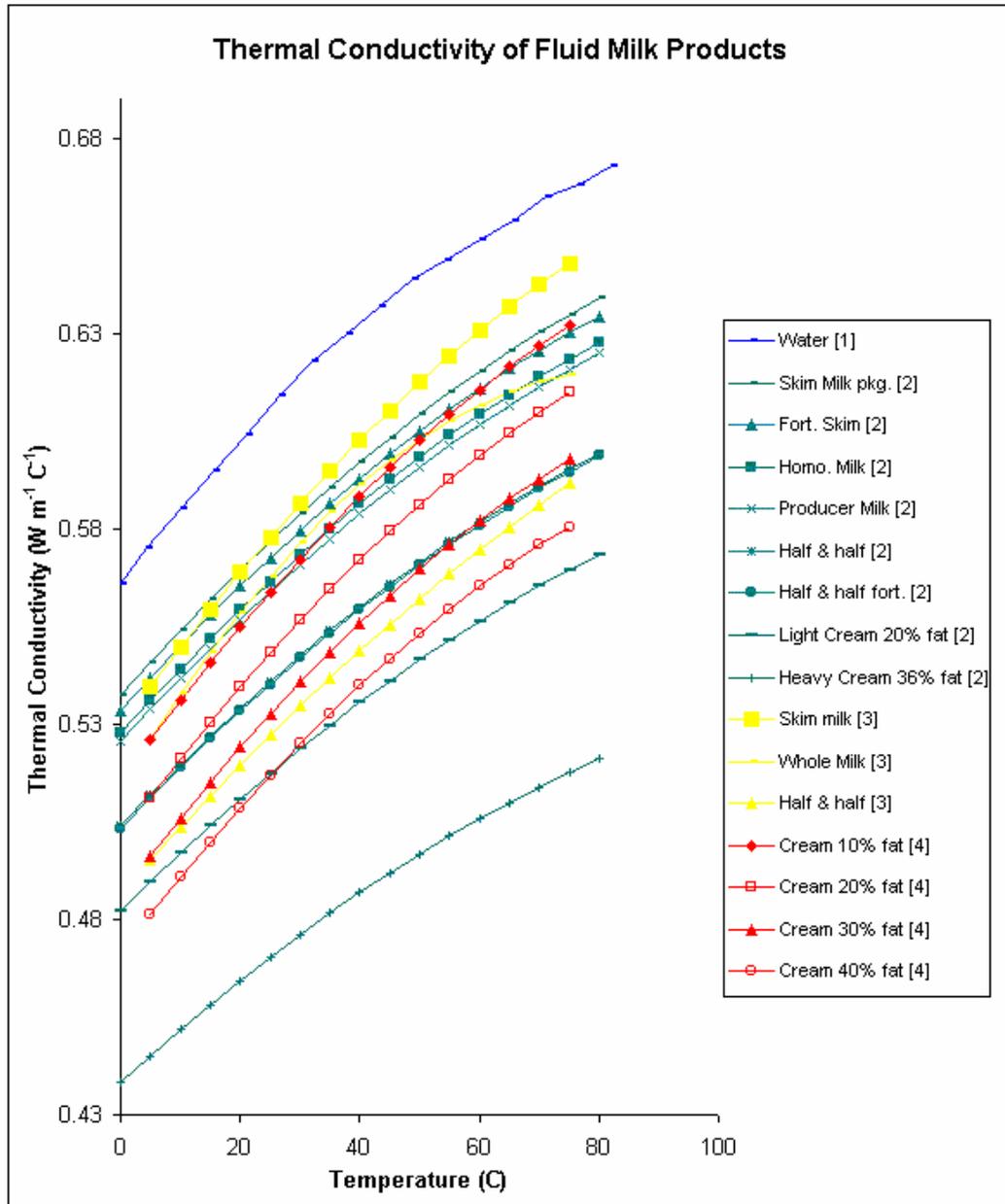


[1] Holman (1976)

[2] Fernandez - Martin and Montes(1972)

[3] ASHRAE (1982)

Tabla 3 - Conductividad Térmica de la Nata al 40% de grasa.



[1] Holman (1976)

[3] Fernandez - Martin and Montes (1972)

[2] Riedel (1949)

[4] Fernandez - Martin and Montes (1977)

Tabla 4 - Propiedades físicas del agua:

**Physical characteristics of water  
(at the atmospheric pressure)**

Temperature	Pressure	Saturation vapor pressure	Density	Specific enthalpy of liquid water		Specific heat		Volume heat capacity	Dynamic viscosity
				kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg		
°C	Pa	Pa	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/m <sup>3</sup>	kg/m.s
0.00	101325	611	999.82	0.06	0.01	4.217	1.007	4216.10	0.001792
1.00	101325	657	999.89	4.28	1.02	4.213	1.006	4213.03	0.001731
2.00	101325	705	999.94	8.49	2.03	4.210	1.006	4210.12	0.001674
3.00	101325	757	999.98	12.70	3.03	4.207	1.005	4207.36	0.001620
4.00	101325	813	1000.00	16.90	4.04	4.205	1.004	4204.74	0.001569
5.00	101325	872	1000.00	21.11	5.04	4.202	1.004	4202.26	0.001520
6.00	101325	935	999.99	25.31	6.04	4.200	1.003	4199.89	0.001473
7.00	101325	1001	999.96	29.51	7.05	4.198	1.003	4197.63	0.001429
8.00	101325	1072	999.91	33.70	8.05	4.196	1.002	4195.47	0.001386
9.00	101325	1147	999.85	37.90	9.05	4.194	1.002	4193.40	0.001346
10.00	101325	1227	999.77	42.09	10.05	4.192	1.001	4191.42	0.001308
11.00	101325	1312	999.68	46.28	11.05	4.191	1.001	4189.51	0.001271
12.00	101325	1402	999.58	50.47	12.06	4.189	1.001	4187.67	0.001236
13.00	101325	1497	999.46	54.66	13.06	4.188	1.000	4185.89	0.001202
14.00	101325	1597	999.33	58.85	14.06	4.187	1.000	4184.16	0.001170
15.00	101325	1704	999.19	63.04	15.06	4.186	1.000	4182.49	0.001139
16.00	101325	1817	999.03	67.22	16.06	4.185	1.000	4180.86	0.001109
17.00	101325	1936	998.86	71.41	17.06	4.184	0.999	4179.27	0.001081
18.00	101325	2063	998.68	75.59	18.05	4.183	0.999	4177.72	0.001054
19.00	101325	2196	998.49	79.77	19.05	4.182	0.999	4176.20	0.001028
20.00	101325	2337	998.29	83.95	20.05	4.182	0.999	4174.70	0.001003
21.00	101325	2486	998.08	88.14	21.05	4.181	0.999	4173.23	0.000979
22.00	101325	2642	997.86	92.32	22.05	4.181	0.999	4171.78	0.000955
23.00	101325	2808	997.62	96.50	23.05	4.180	0.998	4170.34	0.000933
24.00	101325	2982	997.38	100.68	24.05	4.180	0.998	4168.92	0.000911
25.00	101325	3166	997.13	104.86	25.04	4.180	0.998	4167.51	0.000891
26.00	101325	3360	996.86	109.04	26.04	4.179	0.998	4166.11	0.000871
27.00	101325	3564	996.59	113.22	27.04	4.179	0.998	4164.71	0.000852
28.00	101325	3779	996.31	117.39	28.04	4.179	0.998	4163.31	0.000833
29.00	101325	4004	996.02	121.57	29.04	4.179	0.998	4161.92	0.000815
30.00	101325	4242	995.71	125.75	30.04	4.178	0.998	4160.53	0.000798
31.00	101325	4491	995.41	129.93	31.03	4.178	0.998	4159.13	0.000781
32.00	101325	4754	995.09	134.11	32.03	4.178	0.998	4157.73	0.000765
33.00	101325	5029	994.76	138.29	33.03	4.178	0.998	4156.33	0.000749
34.00	101325	5318	994.43	142.47	34.03	4.178	0.998	4154.92	0.000734
35.00	101325	5622	994.08	146.64	35.03	4.178	0.998	4153.51	0.000720
36.00	101325	5940	993.73	150.82	36.02	4.178	0.998	4152.08	0.000705
37.00	101325	6274	993.37	155.00	37.02	4.178	0.998	4150.65	0.000692
38.00	101325	6624	993.00	159.18	38.02	4.178	0.998	4149.20	0.000678
39.00	101325	6991	992.63	163.36	39.02	4.179	0.998	4147.74	0.000666
40.00	101325	7375	992.25	167.54	40.02	4.179	0.998	4146.28	0.000653
41.00	101325	7777	991.86	171.71	41.01	4.179	0.998	4144.80	0.000641
42.00	101325	8198	991.46	175.89	42.01	4.179	0.998	4143.30	0.000629
43.00	101325	8639	991.05	180.07	43.01	4.179	0.998	4141.80	0.000618
44.00	101325	9100	990.64	184.25	44.01	4.179	0.998	4140.28	0.000607

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA  
DE PASTERIZACIÓN

*Anexos*

45.00	101325	9582	990.22	188.43	45.01	4.180	0.998	4138.75	0.000596
46.00	101325	10085	989.80	192.61	46.00	4.180	0.998	4137.20	0.000586
47.00	101325	10612	989.36	196.79	47.00	4.180	0.998	4135.64	0.000576
48.00	101325	11161	988.92	200.97	48.00	4.180	0.998	4134.06	0.000566
49.00	101325	11735	988.47	205.15	49.00	4.181	0.999	4132.47	0.000556
50.00	101325	12335	988.02	209.33	50.00	4.181	0.999	4130.87	0.000547
51.00	101325	12960	987.56	213.51	51.00	4.181	0.999	4129.25	0.000538
52.00	101325	13612	987.09	217.69	52.00	4.182	0.999	4127.61	0.000529
53.00	101325	14292	986.62	221.88	52.99	4.182	0.999	4125.97	0.000521
54.00	101325	15001	986.14	226.06	53.99	4.182	0.999	4124.30	0.000512
55.00	101325	15740	985.65	230.24	54.99	4.183	0.999	4122.63	0.000504
56.00	101325	16510	985.16	234.42	55.99	4.183	0.999	4120.94	0.000496
57.00	101325	17312	984.66	238.61	56.99	4.183	0.999	4119.24	0.000489
58.00	101325	18146	984.16	242.79	57.99	4.184	0.999	4117.52	0.000481
59.00	101325	19015	983.64	246.97	58.99	4.184	0.999	4115.79	0.000474
60.00	101325	19919	983.13	251.16	59.99	4.185	0.999	4114.05	0.000467
61.00	101325	20859	982.60	255.34	60.99	4.185	1.000	4112.30	0.000460
62.00	101325	21837	982.07	259.53	61.99	4.186	1.000	4110.53	0.000453
63.00	101325	22854	981.54	263.72	62.99	4.186	1.000	4108.75	0.000447
64.00	101325	23910	981.00	267.90	63.99	4.187	1.000	4106.97	0.000440
65.00	101325	25008	980.45	272.09	64.99	4.187	1.000	4105.17	0.000434
66.00	101325	26148	979.90	276.28	65.99	4.188	1.000	4103.36	0.000428
67.00	101325	27332	979.34	280.46	66.99	4.188	1.000	4101.54	0.000422
68.00	101325	28561	978.78	284.65	67.99	4.189	1.000	4099.71	0.000416
69.00	101325	29837	978.21	288.84	68.99	4.189	1.001	4097.88	0.000410
70.00	101325	31161	977.63	293.03	69.99	4.190	1.001	4096.03	0.000404
71.00	101325	32533	977.05	297.22	70.99	4.190	1.001	4094.18	0.000399
72.00	101325	33957	976.47	301.41	71.99	4.191	1.001	4092.31	0.000394
73.00	101325	35433	975.88	305.60	72.99	4.192	1.001	4090.45	0.000388
74.00	101325	36963	975.28	309.79	73.99	4.192	1.001	4088.57	0.000383
75.00	101325	38548	974.68	313.99	74.99	4.193	1.001	4086.69	0.000378
76.00	101325	40190	974.08	318.18	76.00	4.194	1.002	4084.80	0.000373
77.00	101325	41890	973.46	322.37	77.00	4.194	1.002	4082.91	0.000369
78.00	101325	43650	972.85	326.57	78.00	4.195	1.002	4081.01	0.000364
79.00	101325	45473	972.23	330.76	79.00	4.196	1.002	4079.11	0.000359
80.00	101325	47359	971.60	334.96	80.00	4.196	1.002	4077.20	0.000355
81.00	101325	49310	970.97	339.16	81.01	4.197	1.002	4075.29	0.000351
82.00	101325	51328	970.33	343.35	82.01	4.198	1.003	4073.38	0.000346
83.00	101325	53415	969.69	347.55	83.01	4.199	1.003	4071.46	0.000342
84.00	101325	55572	969.04	351.75	84.01	4.200	1.003	4069.54	0.000338
85.00	101325	57803	968.39	355.95	85.02	4.200	1.003	4067.62	0.000334
86.00	101325	60107	967.73	360.15	86.02	4.201	1.003	4065.70	0.000330
87.00	101325	62488	967.07	364.35	87.02	4.202	1.004	4063.78	0.000326
88.00	101325	64947	966.41	368.56	88.03	4.203	1.004	4061.85	0.000322
89.00	101325	67486	965.74	372.76	89.03	4.204	1.004	4059.93	0.000319
90.00	101325	70108	965.06	376.96	90.04	4.205	1.004	4058.00	0.000315
91.00	101325	72814	964.38	381.17	91.04	4.206	1.005	4056.08	0.000311
92.00	101325	75607	963.70	385.38	92.05	4.207	1.005	4054.15	0.000308
93.00	101325	78488	963.01	389.58	93.05	4.208	1.005	4052.23	0.000304
94.00	101325	81460	962.31	393.79	94.06	4.209	1.005	4050.31	0.000301
95.00	101325	84525	961.62	398.00	95.06	4.210	1.006	4048.39	0.000298
96.00	101325	87685	960.91	402.21	96.07	4.211	1.006	4046.47	0.000295
97.00	101325	90943	960.20	406.42	97.07	4.212	1.006	4044.55	0.000291
98.00	101325	94301	959.49	410.64	98.08	4.213	1.006	4042.64	0.000288
99.00	101325	97760	958.78	414.85	99.09	4.214	1.007	4040.73	0.000285
100.00	101325	101325	958.05	419.06	100.09	4.216	1.007	4038.82	0.000282

Tabla 5 - Presión vapor del agua.

**PROPERTIES OF WATER AT VARIOUS TEMPERATURES FROM 32° TO 705.4° F**

Temp. F	Temp. C	Specific Volume Cu Ft/Lb	SPECIFIC GRAVITY			Wt in Lb/Cu Ft	Vapor Pressure Psi Abs
			39.2 F Reference	60 F Reference	68 F Reference		
32	0	.01602	1.000	1.001	1.002	62.42	0.088
35	1.7	.01602	1.000	1.001	1.002	62.42	0.100
40	4.4	.01602	1.000	1.001	1.002	62.42	0.1217
50	10.0	.01603	.999	1.001	1.002	62.38	0.1781
60	15.6	.01604	.999	1.000	1.001	62.34	0.2563
70	21.1	.01606	.998	.999	1.000	62.27	0.3631
80	26.7	.01608	.996	.998	.999	62.19	0.5069
90	32.2	.01610	.995	.996	.997	62.11	0.6982
100	37.8	.01613	.993	.994	.995	62.00	0.9492
120	48.9	.01620	.989	.990	.991	61.73	1.692
140	60.0	.01629	.983	.985	.986	61.39	2.889
160	71.1	.01639	.977	.979	.979	61.01	4.741
180	82.2	.01651	.970	.972	.973	60.57	7.510
200	93.3	.01663	.963	.964	.966	60.13	11.526
212	100.0	.01672	.958	.959	.960	59.81	14.696
220	104.4	.01677	.955	.956	.957	59.63	17.186
240	115.6	.01692	.947	.948	.949	59.10	24.97
260	126.7	.01709	.938	.939	.940	58.51	35.43
280	137.8	.01726	.928	.929	.930	58.00	49.20
300	148.9	.01745	.918	.919	.920	57.31	67.01
320	160.0	.01765	.908	.909	.910	56.66	89.66
340	171.1	.01787	.896	.898	.899	55.96	118.01
360	182.2	.01811	.885	.886	.887	55.22	153.04
380	193.3	.01836	.873	.874	.875	54.47	195.77
400	204.4	.01864	.859	.860	.862	53.65	247.31
420	215.6	.01894	.846	.847	.848	52.80	308.83
440	226.7	.01926	.832	.833	.834	51.92	381.59
460	237.8	.0196	.817	.818	.819	51.02	466.9
480	248.9	.0200	.801	.802	.803	50.00	566.1
500	260.0	.0204	.785	.786	.787	49.02	680.8
520	271.1	.0209	.765	.766	.767	47.85	812.4
540	282.2	.0215	.746	.747	.748	46.51	962.5
560	293.3	.0221	.726	.727	.728	45.3	1133.1
580	304.4	.0228	.703	.704	.704	43.9	1325.8
600	315.6	.0236	.678	.679	.680	42.3	1542.9
620	326.7	.0247	.649	.650	.650	40.5	1786.6
640	337.8	.0260	.617	.618	.618	38.5	2059.7
660	348.9	.0278	.577	.577	.578	36.0	2365.4
680	360.0	.0305	.525	.526	.527	32.8	2708.1
700	371.1	.0369	.434	.435	.435	27.1	3093.7
705.4	374.1	.0503	.319	.319	.320	19.9	3206.2

Tabla 6 - Gráfica de Moody.

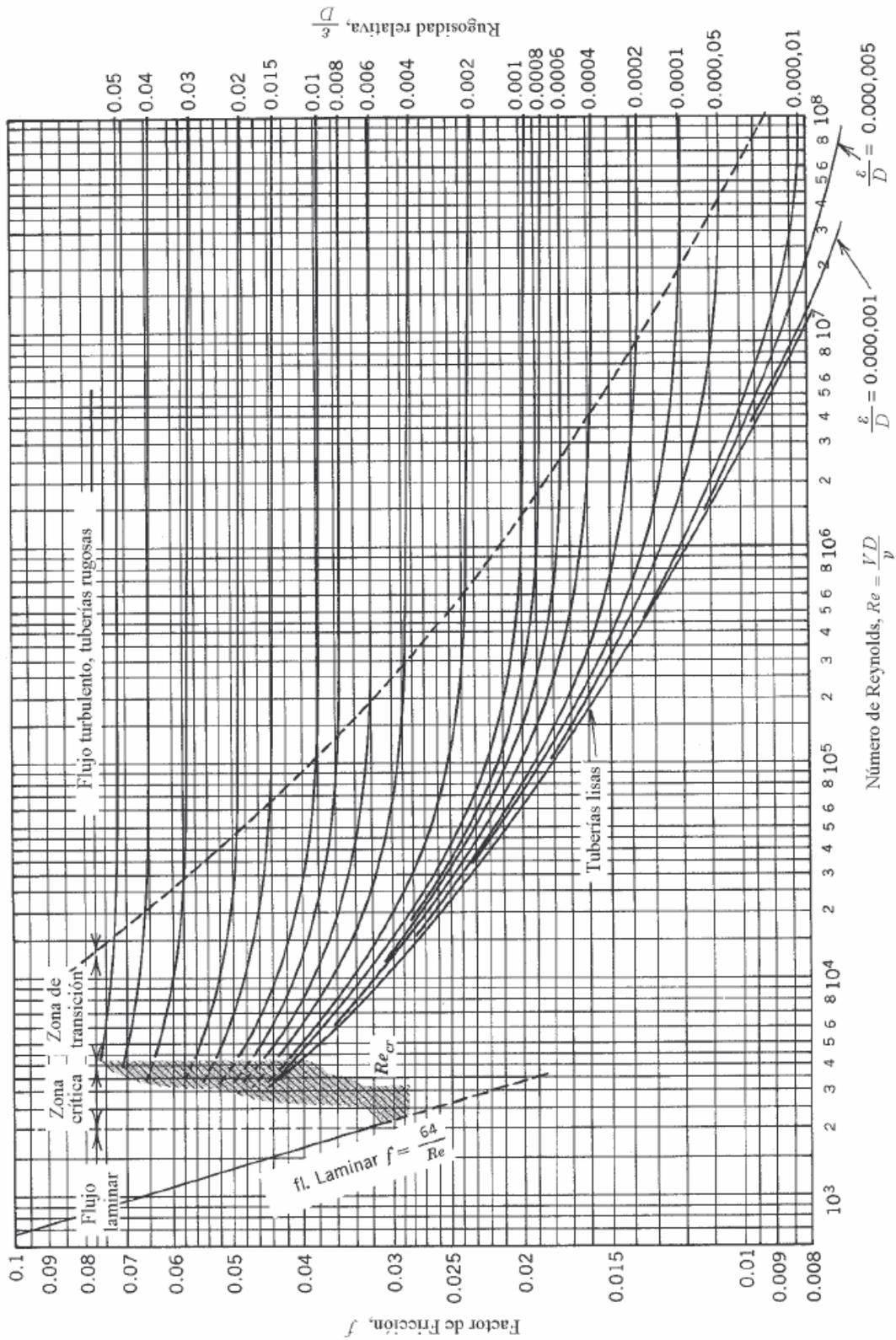
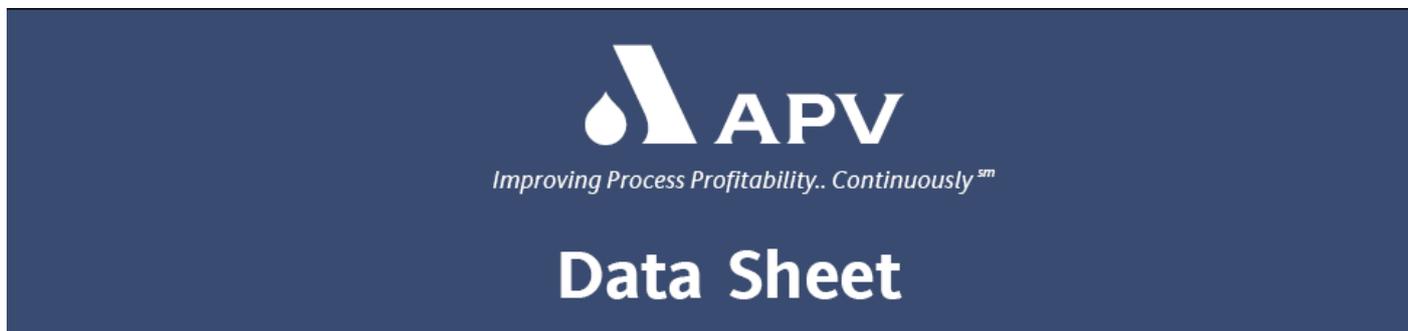
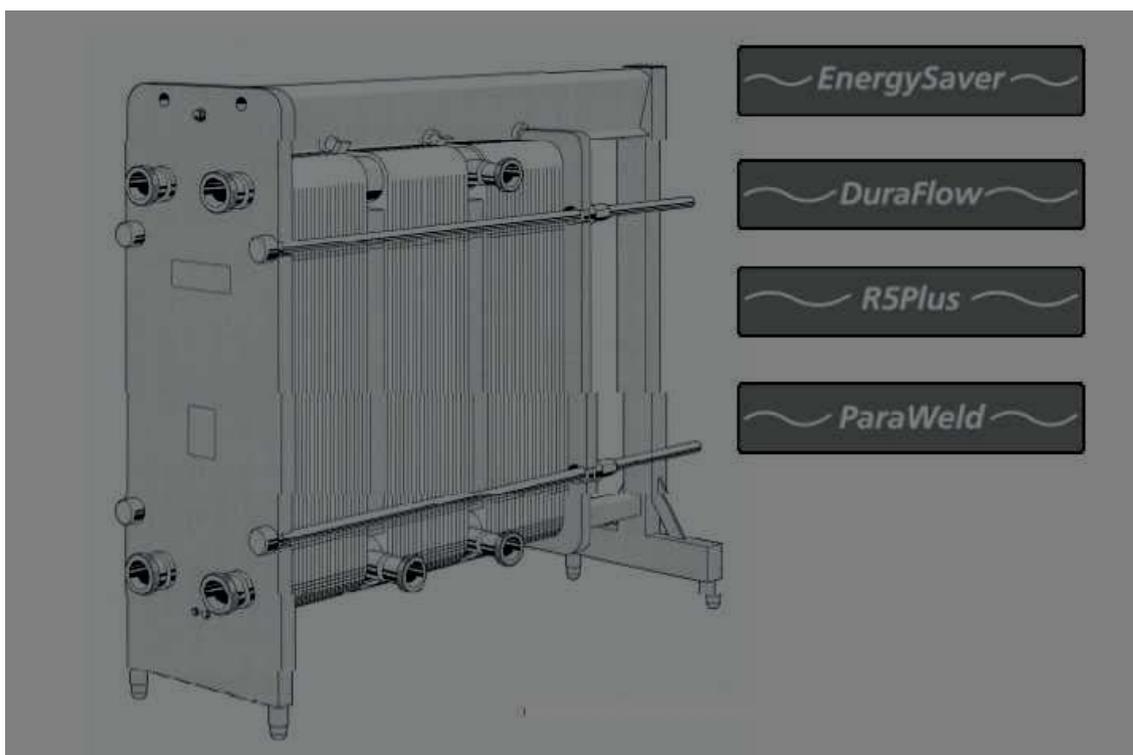


Figura 2.1 Diagrama de Moody

Tabla 7 - Catálogo del Intercambiador de Placas.



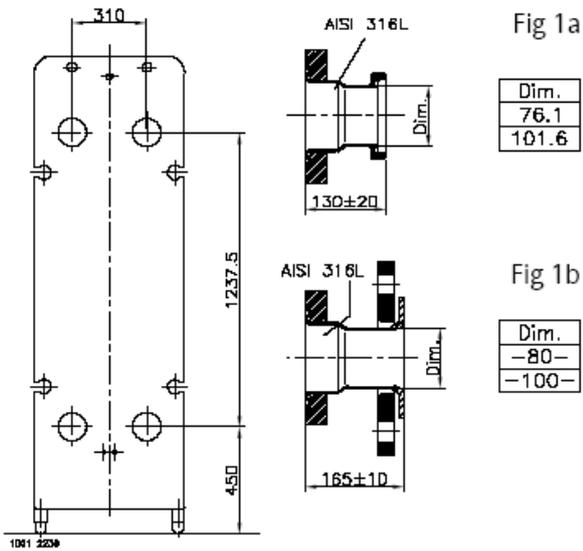
## Heat Exchange



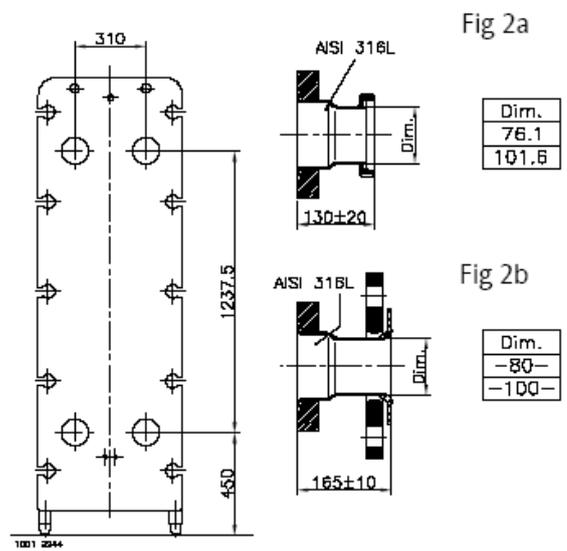
# Q055 RKS-10/25

Process To Boardroom Automation™

Data Sheet Q055-2-A



RKS-10



RKS-25

Fig. 3a

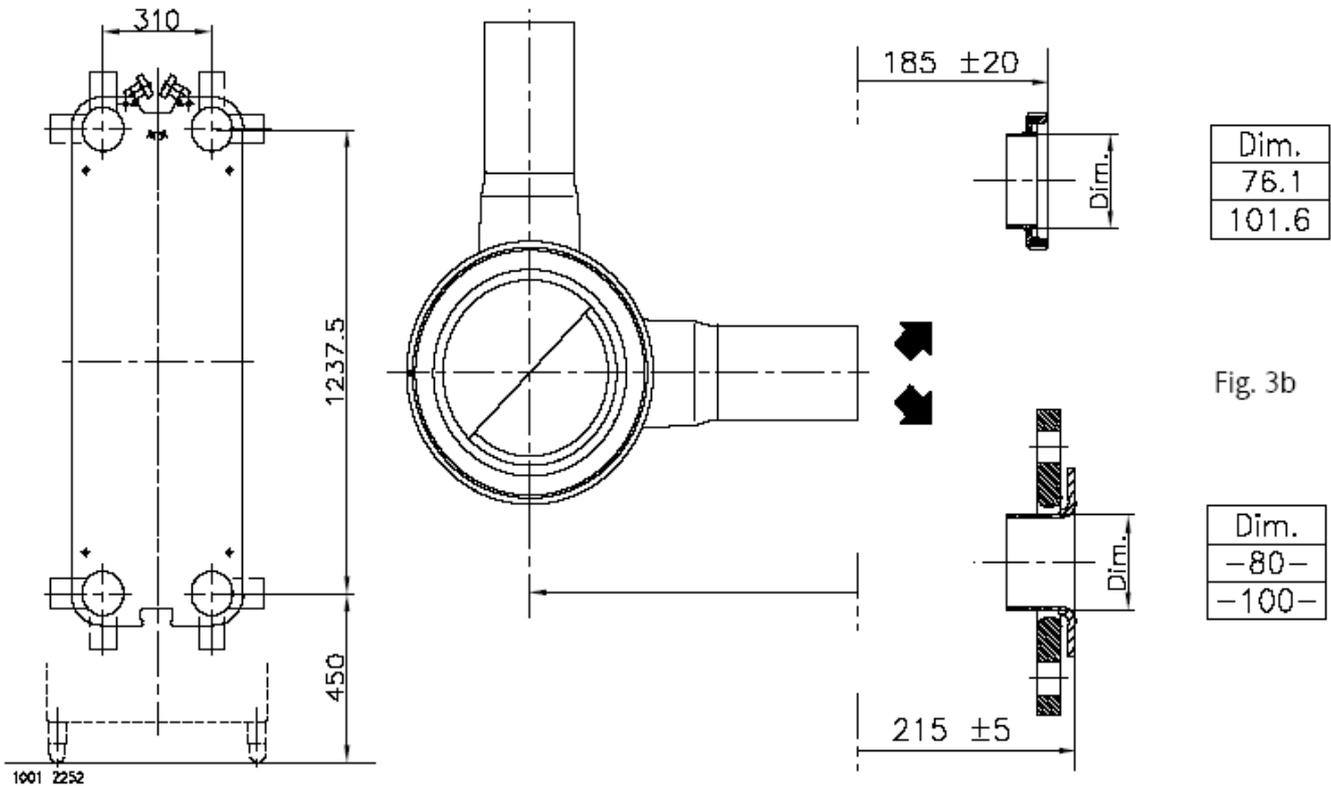


Fig. 3b

## Data Sheet Q055-2-A

### FRAME DESIGN

Stainless steel: Cover.  
Type: RKS - Adjustable stainless bail type feet and column.  
Design pressure: RKS-10 10 bar (1.0 MPa).  
RKS-25 25 bar (2.5 MPa).

### GRID

Stainless steel - exchangeable corner blocks in stainless steel AISI 316 L.  
Max. difference of pressure between two sections 6 bar (0.6 MPa).

### CONNECTIONS

**Sanitary:**  
Stainless steel AISI 316 L.  
Nom. diameter 76.1 or 101.6 mm.  
Available with welded nipple in the following types: DS/BS/ISO/SMS/Clamp, as well as NW 80 or 100 mm (DIN 11851), fig. 1a, 2a or 3a. Alternatively, a complete union *OR* loose flange NP 10, fig. 1b, 2b or 3b (BS 4504/DIN 2642) DN/NW 80 or 100 mm.  
Welding sleeve, stainless steel AISI 316 L and flange coated light metal.

### PLATES

EnergySaver: 2 angles, also available as DuoSafety.  
DuraFlow: 2 angles, also available as DuoSafety.

R5Plus: 1 angle, also available as DuoSafety.  
ParaWeld: 2 angles.  
Effective area: 0,55 m<sup>2</sup>.  
Material: Stainless steel AISI 316 & titanium.  
DuoSafety: Stainless steel AISI 316/AISI 316.  
Stainless steel AISI 316/titanium Gr. 1.

### GASKETS

Rubber: NBR EasyClip (glue-free tightening).  
EPDM EasyClip (glue-free tightening).

### PRESSURE

The APV standard construction is based on the EN 13445 for max. 150°C.

### ALTERNATIVE DESIGNS

Frames according to different standards or higher temperatures.  
Connecting unions according to different standards.  
Listed types are available with intermediate frames and safety screens as well as insulating jacket.

**GESTELLAUSFÜHRUNGEN**

Nichtrostender Stahl: Verkleidet.

Typ: RKS - Höhenverstellbare nichtrostender Stahl Kalottenfüsse und Säule.

Konstruktionsdruck: RKS-10 10 bar (1,0 MPa).  
RKS-25 25 bar (2,5 MPa).

**ZWISCHENRAHMEN**

Nichtrostender Stahl - auswechselbare Eckklötze aus nichtrostender Stahl AISI 316 L.

Höchster Druckunterschied zwischen zwei Abteilungen 6 bar (0,6 MPa).

**ANSCHLÜSSE**

**Sanitär:**

Nichtrostender Stahl AISI 316 L.

Nom. Diameter 76,1 oder 101,6 mm.

Wird mit angeschweisstem Nippel in den folgenden Typen geliefert: DS/BS/ISO/SMS/Clamp, sowie NW 80 oder 100 mm (DIN 11851), Fig. 1a, 2a und 3a.

Die Alternative, eine komplette Verschraubung *ODER* loser Flansche ND 10 Fig. 1b, 2b oder 3b (BS 4504/DIN 2642) DN/NW 80 oder 100 mm.

Schweisskragen, nichtrostender Stahl AISI 316 L und Flansch coated Leichtmetall.

**PLATTEN**

EnergySaver: 2 Plattenprägungen, auch erhältlich als DuoSafety.

DuraFlow: 2 Plattenprägungen, auch erhältlich als DuoSafety.

R5Plus: 1 Plattenprägung, auch erhältlich als DuoSafety.

ParaWeld: 2 Plattenmuster.

Effektive Fläche: 0,55 m<sup>2</sup>.

Material: Nichtrostender Stahl AISI 316 & Titan.

DuoSafety: Nichtrostender Stahl AISI 316/AISI 316.  
Nichtrostender Stahl AISI 316/Titan Gr.1.

**DICHTUNGEN**

Gummi: NBR EasyClip (leimfreie Festigung).

EPDM EasyClip (leimfreie Festigung).

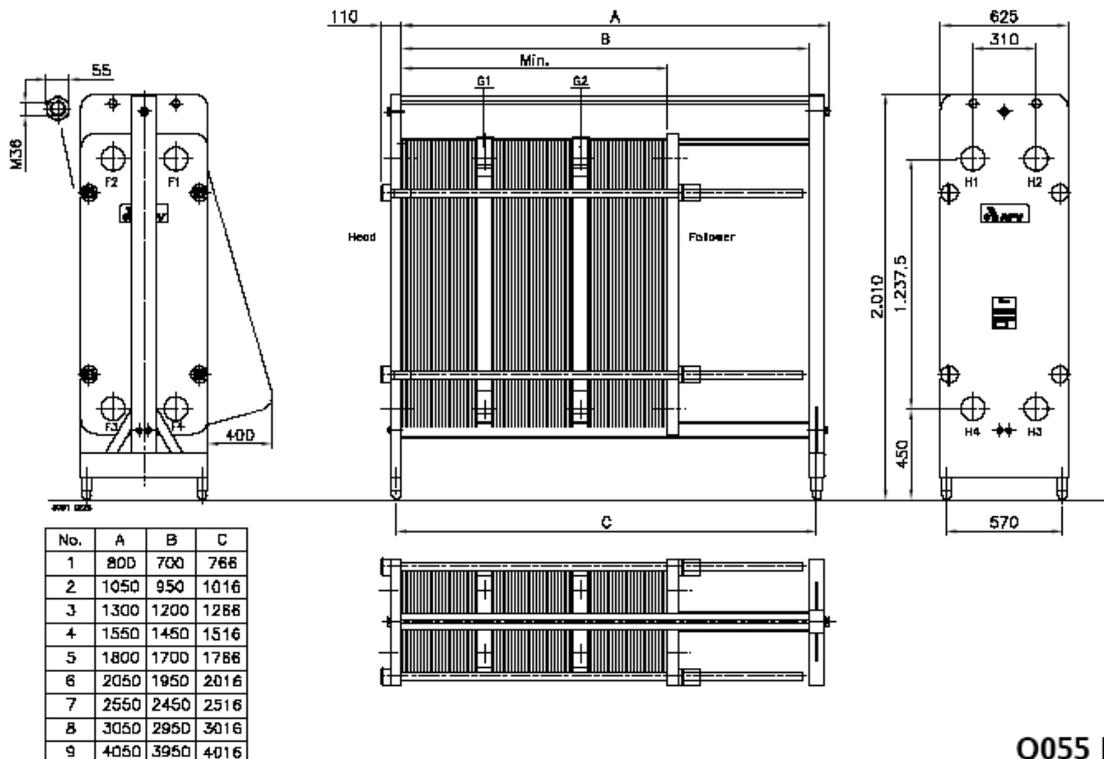
**DRUCK**

APV Standardkonstruktionen basieren sich auf EN 13445 für max. 150°C.

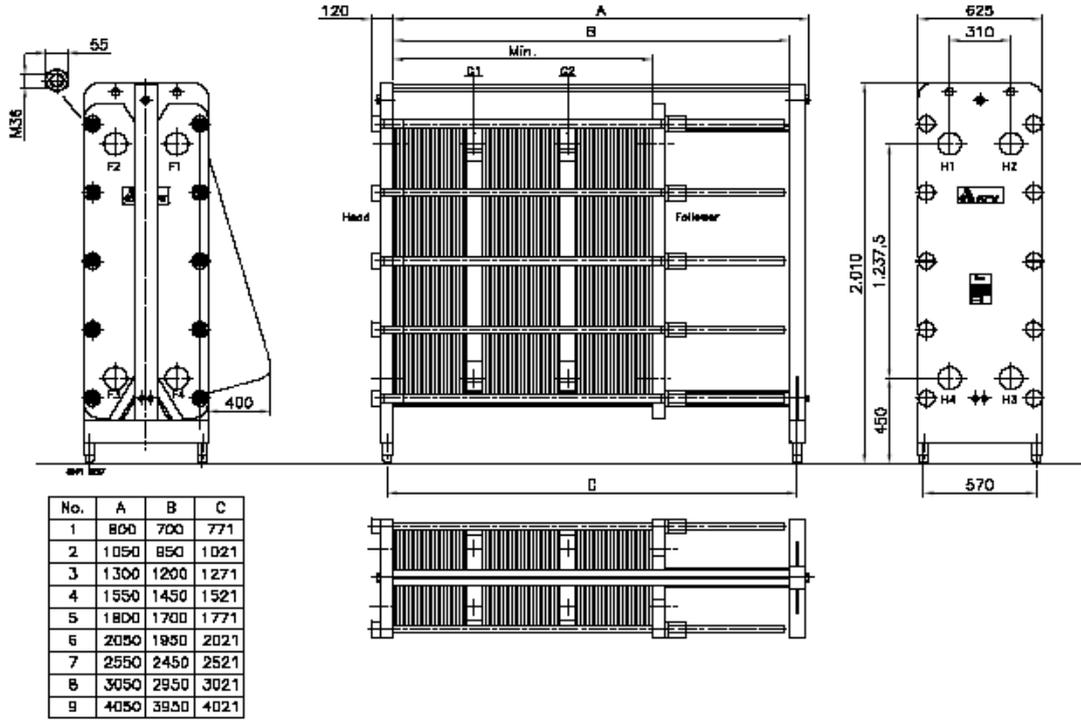
**ALTERNATIVE AUSFÜHRUNGEN**

Gestelle nach anderen Normen oder höhere Temperaturen.

Anschlussverschraubungen nach anderen Normen. Erwähnten Typen sind mit Zwischenrahmen und Blechschutzmantel erhältlich.



**Q055 RKS-10**



Q055 RKS-25



Technology Centre

**Tabla 8 – Cálculo del Espesor de Tuberías**

## Pressure - Temperature table in Bar/ °C

### STAINLESS STEEL TUBE AND PIPE ACC. TO ANSI AND DIN.

Acc. to ANSI B.31.3 ANSI 304 L

P = internal max pressure, PSI (Mpa)  
 D = outside tube diameter mm.  
 S = allowable stress, PSI (Mpa)  
 E = Weld joint factor = 1.0  
 T = min tube wall thickness, in mm,  
 incl. minus tolerance of 12,5%  
 Y = 0,4

$$P = \frac{2 \times S \times E \times T}{D \times 2 \times Y \times T}$$

Acc. to DIN 2413 werkstoff nr. 1.4306

P = internal max. pressure, bar.  
 Da = outside tube diameter in mm.  
 Di = inside tube diameter in mm.  
 Sv = min. tube wall thickness, incl.  
 minus tolerance of 12.5% (T2)  
 vN = weldfactor = 1.0  
 Qzul = allowable stress, N/mm<sup>2</sup>, based  
 on 1% offset yield strength acc.  
 to DIN17458 with safety factor  
 of 1.5.

#### CALCULATION VALUE.

Type	304/L	316/L	321	316Ti	310	904L
Qzul min.= (1% yield strength)	215	235	245	265	245	250
Type	400	600	825	C276	TiGr2	
Qzul min.= (0.2% yield strength)	240	310	310	415	275	

1) = temperature below 120 °C

$$P = \frac{20Qzul \times vN \times Sv}{Da}$$

2) = temperature above 120 °C

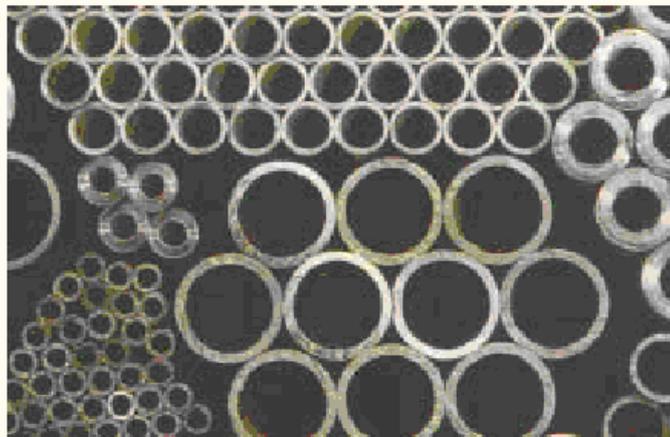
$$P = \frac{20Qzul \times vN \times Sv}{Di + vN \times Sv}$$

#### CALCULATION FOR THE WEIGHT OF TUBES

D = diameter  
 T = wall thickness

Conversion factor for  
 stainless steel = 0.02504

$$\text{Weight} = (D - T) \times T \times 0.02504$$



For other alloys :

Divide the result by 8 (specific weight of stainless steel) and multiply by the  
 specific weight of the requested alloy. (see page 19)

Tabla 9 - Dimensiones de tuberías de acero inoxidable (en pulgadas)

**ANSI /ASTM / ASME B36.19M-1985**  
**AMERICAN STANDARD/AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS**  
**WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE**

**TABLE 2 DIMENSIONS OF WELDED AND SEAMLESS STAINLESS STEEL  
PIPE - CUSTOMARY UNITS**

Inch Nominal Size	Outside Diameter, in.	Nominal Wall Thickness, in.			
		Schedule 5S (1)	Schedule 10S (1)	Schedule 40S	Schedule 80S
1/8	0.405	...	0.049	0.068	0.095
1/4	0.540	...	0.065	0.088	0.119
3/8	0.675	...	0.065	0.091	0.126
1/2	0.840	0.065	0.083	0.109	0.147
3/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.154
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.179
1 1/4	1.660	0.065	0.109	0.140	0.191
1 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.200
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.218
2 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.276
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.300
3 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.318
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.337
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.375
6	6.625	0.109	0.134	0.280	0.432
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.500
10	10.750	0.134	0.165	0.365	0.500(2)
12	12.750	0.156	0.180	0.375(2)	0.500(2)
14	14.000	0.156	0.188(2)	...	...
16	16.000	0.165	0.188(2)	...	...
18	18.000	0.165	0.188(2)	...	...
20	20.000	0.188	0.188(2)	...	...
22	22.000	0.188	0.188(2)	...	...
24	24.000	0.218	0.250	...	...
30	30.000	0.250	0.312	...	...

**GENERAL NOTES:**

- (a) 1in. = 25.4 mm
- (b) For tolerances, see Section 4.

**NOTES :**

- (1) Schedules 5S and 10S wall thicknesses do not permit threading in accordance with ANSI/ASME B1.20.1.
- (2) These dimensions do not conform to ANSI/ASME B36.10M.

Dimensiones de tuberías de acero inoxidable soldadas. (en mm)

**ANSI / ASTM / ASME B36.19M-1985**  
**AMERICAN STANDARD/AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS**  
**WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE**

**TABLE 2A DIMENSIONS OF WELDED AND SEAMLESS STAINLESS STEEL  
PIPE - SI UNITS**

Number Diameter	Outside Diameter, mm.	Nominal Wall Thickness, mm.			
		Schedule 5S (1)	Schedule 10S (1)	Schedule 40S	Schedule 80S
3	10.3	...	1.24	1.73	2.41
6	13.7	...	1.65	2.24	3.02
10	17.1	...	1.65	2.31	3.20
15	21.3	1.65	2.11	2.77	3.73
20	26.7	1.65	2.11	2.87	3.91
25	33.4	1.65	2.77	3.38	4.55
30	42.2	1.65	2.77	3.56	4.85
40	48.3	1.65	2.77	3.68	5.08
50	60.3	1.65	2.77	3.91	5.54
65	73.0	2.11	3.05	5.16	7.01
80	88.9	2.11	3.05	5.49	7.62
90	101.6	2.11	3.05	5.74	8.08
100	114.3	2.11	3.05	6.02	8.56
125	141.3	2.77	3.40	6.55	9.53
150	168.3	2.77	3.40	7.11	10.97
200	219.1	2.77	3.76	8.18	22.70
250	273.1	3.40	4.19	9.27	12.70(2)

**GENERAL NOTES:**

- (a) 25.4 mm = 1in.
- (b) For tolerances, see Section 4.

**NOTES :**

- (1) Schedules 5S and 10S wall thicknesses do not permit threading in accordance with ANSI/ASME B1.20.1.

Tabla 10 - Ábaco para  $L_{eq}$  de accesorios

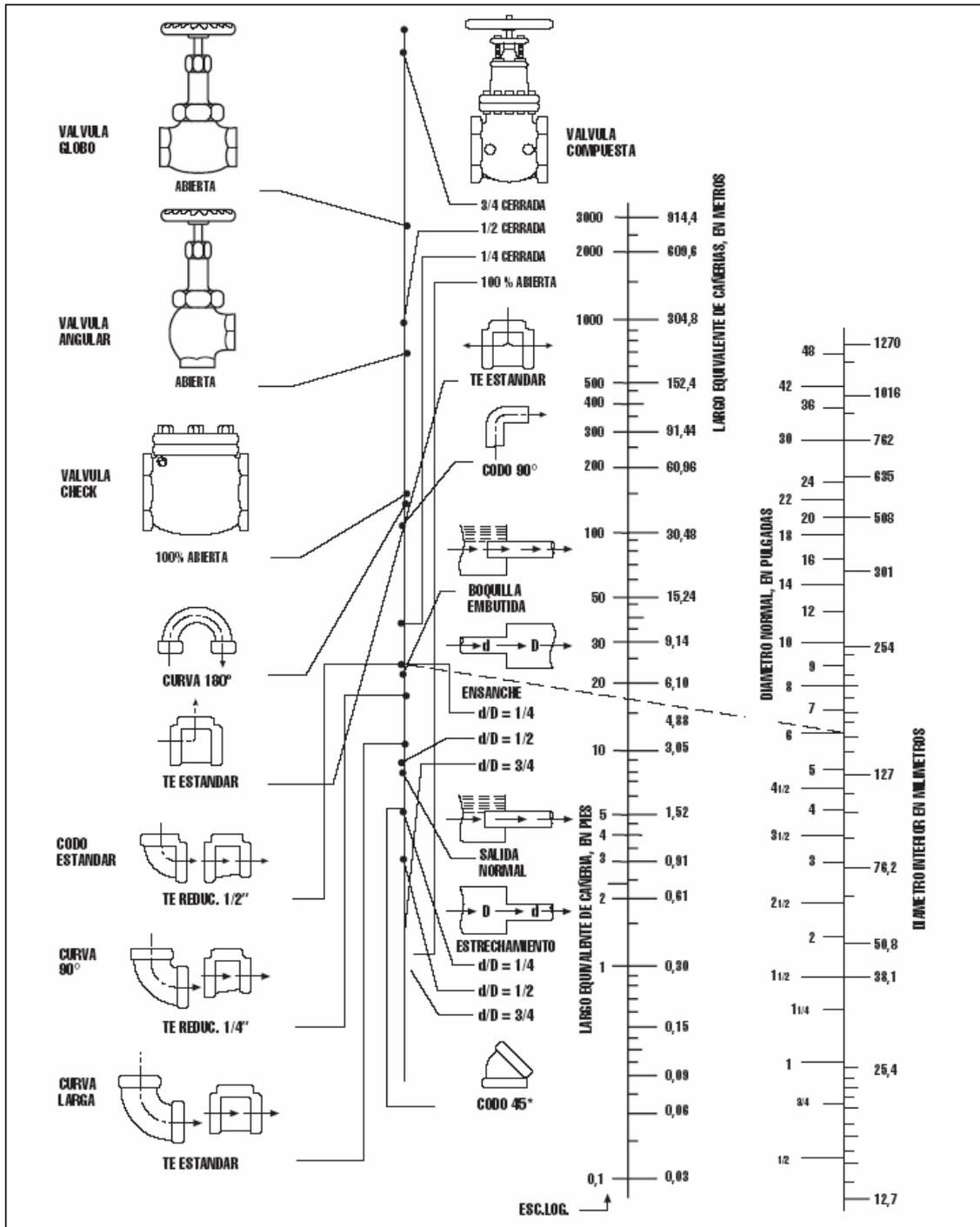


Tabla 11 - Valores de K para codos, curvas, uniones y algunas válvulas.

**Tabla 2.6 Coeficiente de pérdida (*K*) para aditamentos de tuberías.  
(Munson .B. R. et al., 1990).**

Componente	<i>K</i>	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Union con extremos roscados	0.08	
Válvulas		
Globo totalmente abiertas	10	
Angulo totalmente abiertas	2	
Compuerta totalmente abiertas	0.15	
Compuerta 1/4 cerrada	0.26	
Compuerta 1/2 cerrada	2.1	
Compuerta 3/4 cerrada	17	
Cheque en el sentido del flujo	2	
Bola totalmente abierta	0.05	
Bola 1/3 cerrada	5.5	
Bola 2/3 cerrada	210	

Tabla 12 - Valores de K para tees y válvulas de mariposa

**2.3.1.4 Coeficiente de pérdidas por cambio de dirección**

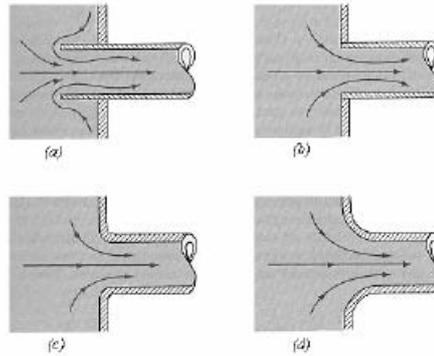
Figura					
<i>K</i>	0.5	1.0	1.5	3.0	0.05
Figura					
<i>K</i>	0.1	0.15	2.0	3.0	

**Figura 2.12 Coeficiente de pérdidas (*K*) por cambio de dirección. (Mataix C., 1982)**

Tabla 13 - Valores de K para estrechamientos y ensanchamientos

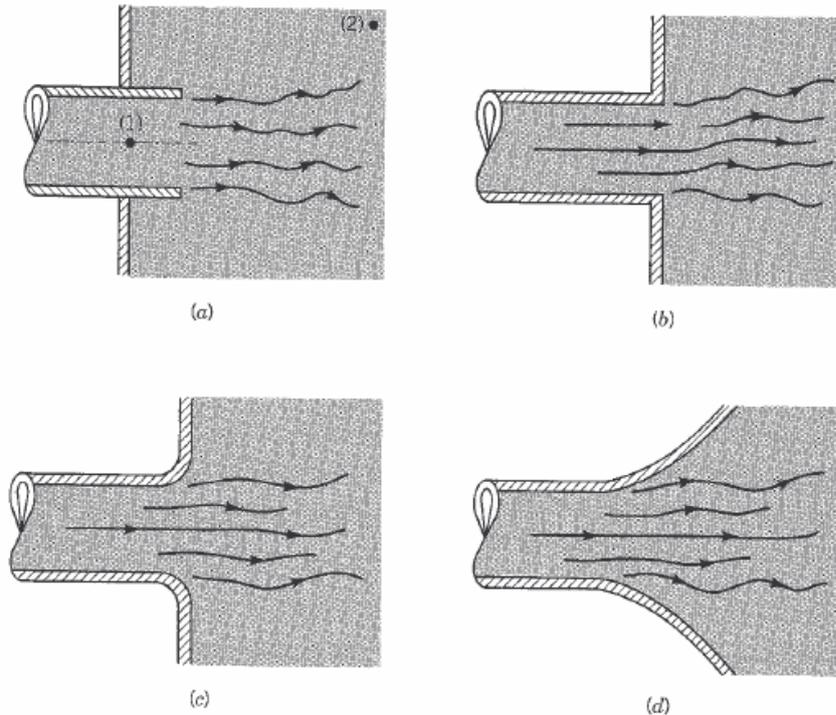
**2.3.1 Coeficientes de pérdidas locales (K)**

**2.3.1.1 Coeficiente de pérdidas por entrada a la tubería**



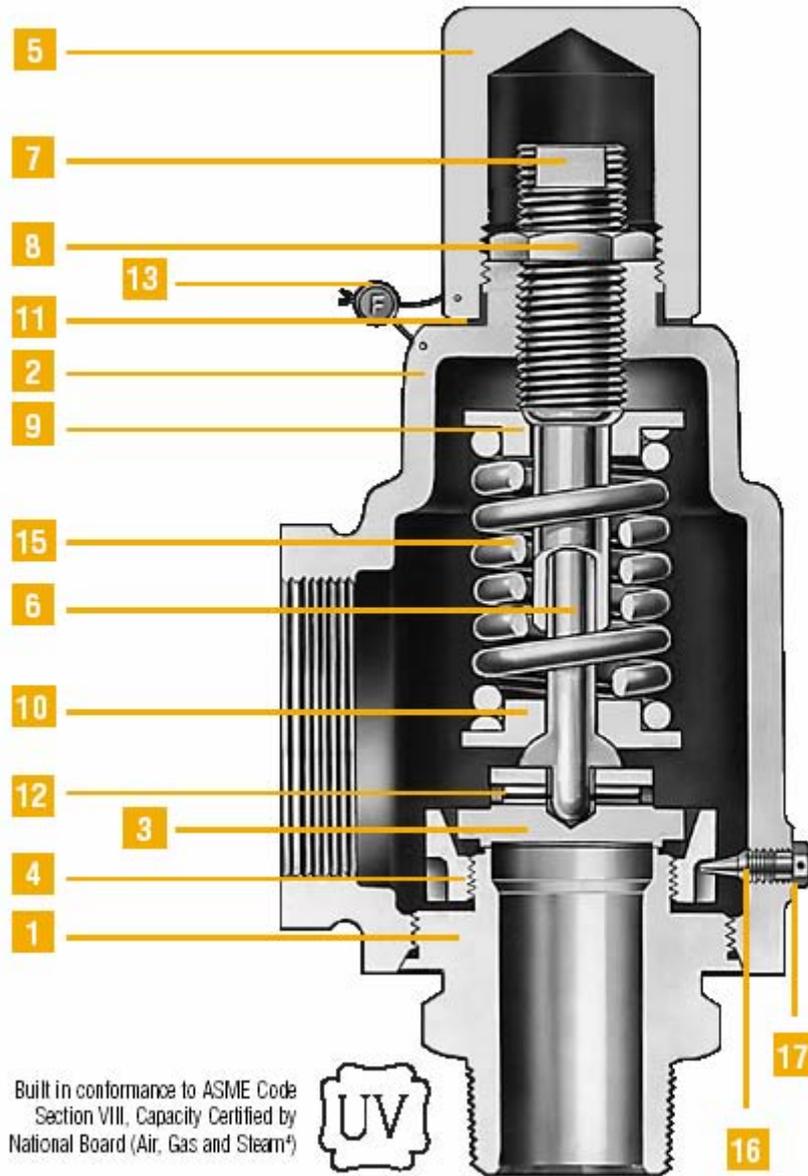
**Figura 2.2 Coeficientes de pérdida. (a) Entrada de borda  $K=0.8$ , (b) Entrada normal  $K=0.5$ , (c) Entrada ligeramente redondeada  $K=0.20$ , (d) Entrada bien redondeada  $K=0.04$  (Munson B. R. et al., 1994).**

**2.3.1.2 Coeficiente de pérdidas por salida de la tubería**



**Figura 2.6 Coeficientes de pérdida. (a) Salida de borda  $K=1$ , (b) Salida normal  $K=1$ , (c) Salida ligeramente redondeada  $K=1$ , (d) Salida bien redondeada  $K=1$  (Munson B. R. et al., 1994)**

Tabla 14 - Válvula aliviadora de presión



Catalog 1960

## Series 2856

Pressure Relief Valves for Air,  
Steam, Vapor & Liquid Service



Bill of Materials		
Item No.	Part Name	Material
1	Body	ASTM B16 H.H. Brass
2	Bonnet	SB-62 Bronze
3	Disc	ASTM B16 H.H. Brass
4	Blow Down Ring	316 St. St.
5	Cap, Plain Screwed	Brass
6	Stem	316 St. St.
7	Spring Adj. Screw	Brass
8	Jam Nut	Brass
9	Spring Button (Upper)	316 St. St.
10	Spring Button (Lower)	316 St. St.
11	Cap Gasket	316 St. St.
not shown	Body Gasket (2" inlet size only)	316 St. St.
12	Grooved Pin	Hardened Stainless Steel
13	Wire Seal	Stainless Steel Wire/Lead Seal
14	Nameplate (not shown)	Stainless Steel
15	Spring	316 St. St.
16	Blow Down Ring Lock Screw	316 St. St.

Effective Orifice Areas (Sq. In.)		
Inlet Size	Liquids Only	Vapors Gases & Steam
3/4	0.098	0.134
1	0.173	0.231
1 1/2	0.390	0.557
2	0.691	1.048

Note: For sizing purposes, the coefficients of discharge  $K_d$  are 0.953 for air, gas and vapor, 0.64 for liquids.

Dimensions & Weights (MNPT x FNPT)				
Size	A (max.) All Cap Constructions	B	C	Approx. Weight (lbs.)
3/4 x 1 1/4	8 3/16	1 11/16	2 13/16	3 1/2
1 x 1 1/2	8 11/16	1 15/16	3	5
1 1/2 x 2 1/2	10 7/16	2 5/8	4	11
2 x 3	13 1/16	3 5/16	4 3/8	20

Note: All dimensions are in inches.

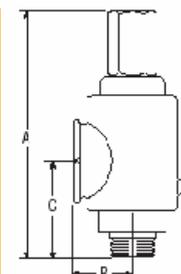


Tabla 15 - Válvulas de Control y Manuales (tipo mariposa)

## **Pneumatic Control and Shut-off Butterfly Valve Type LTR 43**

**LEUSCH**

**SAMSON**



Fig. 1 · Type LTR 43 High-pressure Butterfly Valve in double flange version, size 10", ANSI Class 1500 with pneumatic actuator and positioner



Fig. 2 · Tight-closing Type LTR 43 Butterfly Valve, lug type, metal sealing with manual gear

### Valve body material

- Carbon steel
- Stainless steel
- Special materials

### Valve styles

- Wafer
- Lug type (valve for dead-end service)
- Double flange
- Welding ends

### Seat ring material

- 316 stainless steel/graphite laminated seal
- 316 stainless steel stellited
- Filled PTFE
- Special materials

The butterfly valves can be equipped with various actuators, positioners, solenoid valves as well as other accessories.

## Pneumatic Control and Shut-off Butterfly Valve Type LTR 43

**LEUSCH**



**Table 1 • Technical data**

Nominal size	3" to 80" · DN 80 to DN 2000		
Nominal pressure	ANSI Class 150 to 2500 · PN 10 to 420		
Body style	Wafer · Lug type · Double flange		
Face-to-face dimensions	According to API, ANSI or DIN		
Seal Characteristics	Metal/graphite laminated seal	Stellite	PTFE
Opening angle max.	80° (90°)		
Rangeability	>50 : 1		
Permissible operating pressures	See pressure-temperature diagram		
Temperature range	-196 to 1000 °C	-196 to 1000 °C	-196 to 220 °C
Leakage acc. to DIN EN 12266-1	Test P12, leakage rate "A"		

**Table 2 • Materials**

Version	ANSI	DIN
Body	ASTM A 216 WCB · A 351 CF8M	1.0619 · 1.4408
Disc	ASTM A 216 WCB · A 351 CF8M	
Shaft	17-4PH	
Seat ring (for LTR 43-2 see Fig. 5)	316 SS · 316 SS with hard facing	
Seal	Metal/graphite laminated seal · Stellite · PTFE	
Bonnet and clamp ring	Carbon steel or 316 SS	
Packing gland	316 SS	
Bearing (two-piece)	Bronze · 316 SS with hard facing · Stellite	
Packing	Graphite · PTFE	

# Pneumatic Control and Shut-off Butterfly Valve Type LTR 43

LEUSCH

SAMSON

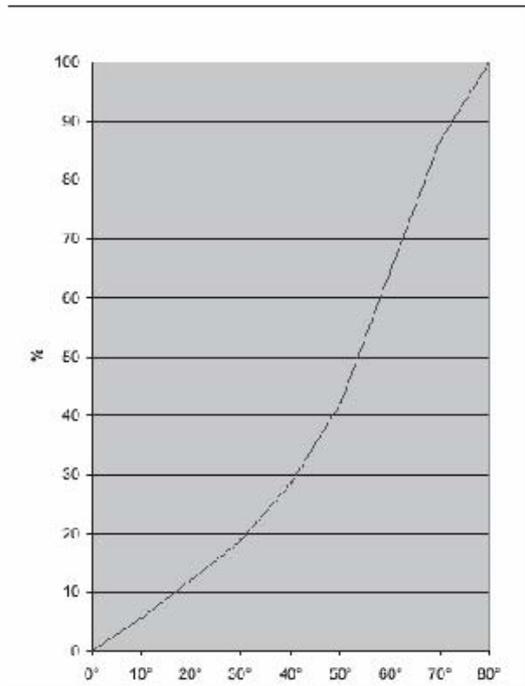
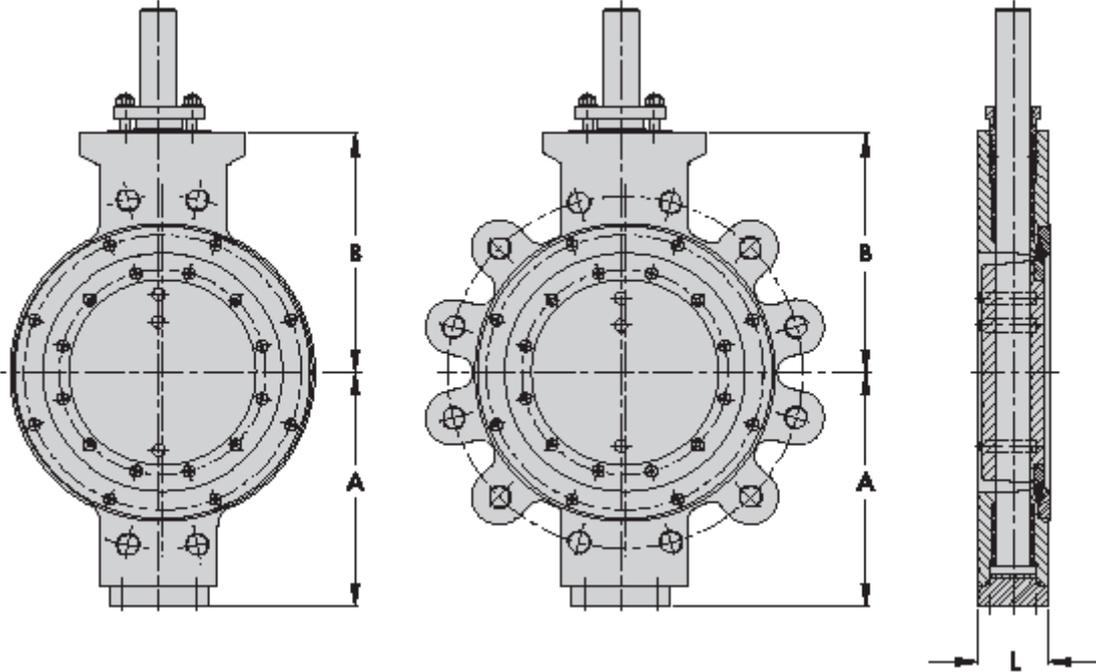


Fig. 6 - Flow characteristics

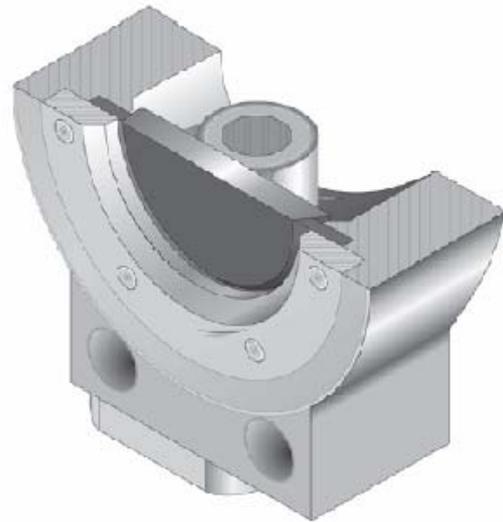


Fig. 7 - Disc with hard-faced seat ring

Tabla 16 - Válvula de bola de tres vías

### Three-way Ball Valve, horizontal version Pfeiffer Type BR 26l and Type BR 26t



#### Application

Tight-closing three-way ball valve made of stainless steel suitable for corrosive media, especially for high demands in chemical and pharmaceutical industries.

**Nominal size**           DN 15 to DN 100  
**Nominal pressure**   PN 16/40  
**Temperatures**        -10 to 200 °C

Fig. 1 · Horizontal Type BR 26l/BR 26t Three-way Ball Valve

**Table 1 · Technical data for Type BR 26l/BR 26t Ball Valve**

Nominal size	DN	15 to 100
Nominal pressure	PN	16/40
End connection		Flanges acc. to DIN 2501 PN 16/40
Ball sealing		TFM
Shaft sealing		PTFE V-ring packing
Temperature range		-10 to 200 °C
Leakage acc. to DIN EN 12266-1		Test P12, leakage rate "A"

## Three-way Ball Valve, horizontal version Pfeiffer Type BR 26l and Type BR 26t



Fig. 5 - Flow schematics of Type BR 26l Three-way Ball Valve with horizontal "L" port



Fig. 6 - Flow schematics of Type BR 26t Three-way Ball Valve with horizontal "T" port



**Legend for Figs. 3 and 4**

- 1 Body
- 2 Body flange
- 3 Outlet flange
- 4 Ball
- 5 Shaft
- 6 Packing flange
- 7 Set of sealing rings
- 8 Counter bearing
- 9/10 Body gasket
- 11/12 Bearing bushing
- 13 Set of spring washers
- 14 V-ring packing
- 15/16 Stud bolt/hexagon head bolt
- 17 Hexagon nut
- 18 Cheese-head screw

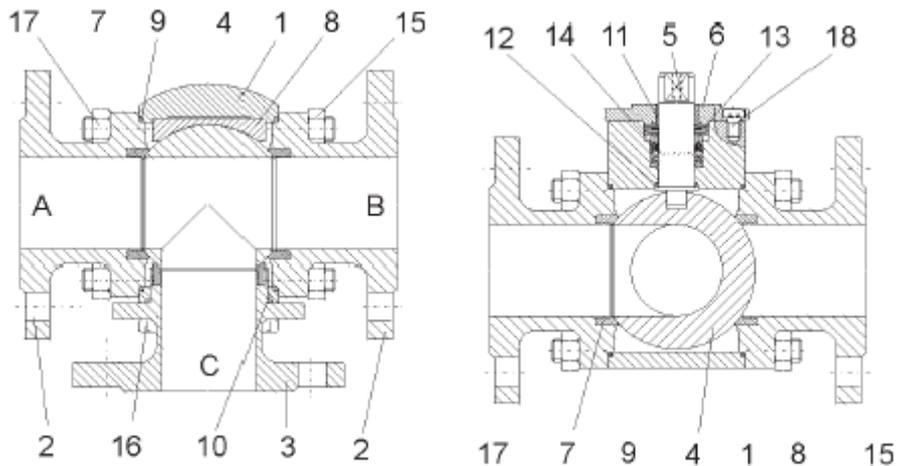
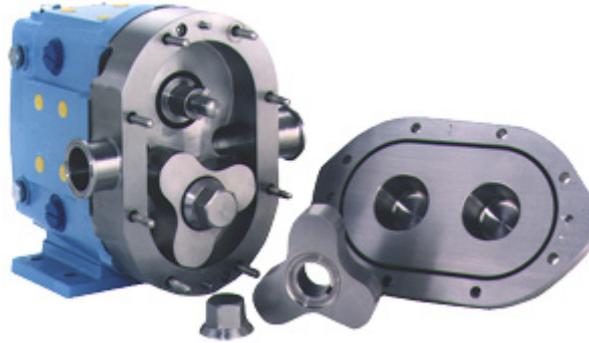


Tabla 17 - Elección de la bomba de desplazamiento positivo.

### Waukesha Cherry-Burrell Products: Universal Lobe Style PD Pumps

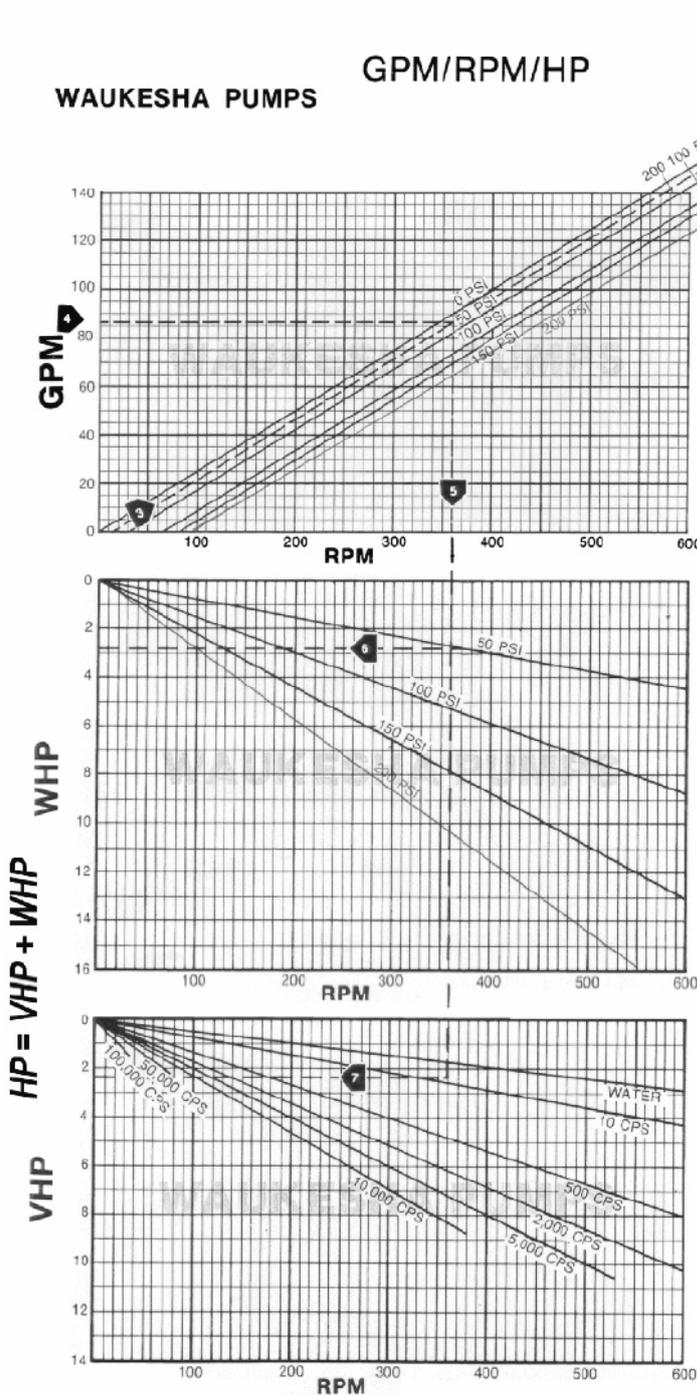
Universal lobe pumps feature bi-directional flow with a free draining internal flat profile pump body. Uniquely designed Waukesha "88" alloy rotors permit running at tighter clearances and higher efficiencies. Fully CIPable, the lobe pump body offers an alternative to higher priced external circumferential piston PD pumps.



- Free draining cover in horizontal or vertical port position
- Rotor/shaft connection sealed from product zone
- Exclusive, non-galling Waukesha "88" alloy rotors
- Mechanical seals standard; single or flushed double seals optional
- Optional steam-in-place and seal flush
- 316 stainless steel pump body and cover; 316L pump body optional
- Additional options: jacketed cover, steam-in-place and seal flush, stainless steel bearing frame, electropolish of product contact surfaces
- Maximum pressure: 200-300 psi (13.8-20.7 bar), depending on model
- Temperature range: -40° F. (-40° C.) to 300° F. (149° C.)

MODEL	DISPLACEMENT PER REVOLUTION	NOMINAL CAPACITY TO	INLET/OUTLET	PRESSURE PSI	MAX RPM	TEMP RANGE
<a href="#">018-UL</a>	0.033 Gal. (0.125 Liter)	33 GPM (7.5 m <sup>3</sup> /hr.)	1½" / 2"	200 PSI (13.8 bar)	1000	-40° F (-40° C) to 300° F (149° C)
<a href="#">030-UL</a>	0.071 Gal. (0.269 Liter)	71 GPM (16.1 m <sup>3</sup> /hr.)	1½" / 2"	300 PSI (20.7 bar)	1000	
<a href="#">060-UL</a>	0.153 Gal. (0.579 Liter)	120 GPM (27.3 m <sup>3</sup> /hr.)	2½"	300 PSI (20.7 bar)	800	
<a href="#">130-UL</a>	0.253 Gal. (0.958 Liter)	170 GPM (38.6 m <sup>3</sup> /hr.)	3"	200 PSI (13.8 bar)	700	
<a href="#">220-UL</a>	0.502 Gal. (1.900 Liter)	300 GPM (68.1 m <sup>3</sup> /hr.)	4"	200 PSI (13.8 bar)	600	
<a href="#">320-UL</a>	0.878 Gal. (3.324 Liter)	525 GPM (118.1 m <sup>3</sup> /hr.)	6"	200 PSI (13.8 bar)	600	

Tabla 18- Instrucciones de uso de la curva (bomba de desplazamiento positivo):



**Instructions for reading WCB's PD Pump Curves:**

- ① Start with viscosity
- ② and calculated pressure
- ③ to get operating line ③ ③
- ④ using required GPM
- ⑤ Find RPM
- ⑥ Find WHP
- ⑦ Find VHP
- ⑧ Add:  $HP = VHP + WHP$

**NOTE:** Waukesha Cherry-Burrell (WCB) curves are intended for use as an aid for preliminary selection of pumps by trained and qualified engineers. All selections must be reviewed by authorized WCB personnel prior to placing an order. WCB is not responsible for unauthorized or incorrect selections resulting from the use of these curves.



611 Sugar Creek Road  
 Delavan, WI 53115  
 TEL: 1-800-252-5200 or 262-728-1900  
 FAX: 1-800-252-5012 or 262-728-4904  
 E-Mail: [custserv@gowcb.com](mailto:custserv@gowcb.com)  
 Web Site: <http://www.gowcb.com>

Tabla 19 - Curva de la bomba de desplazamiento positivo

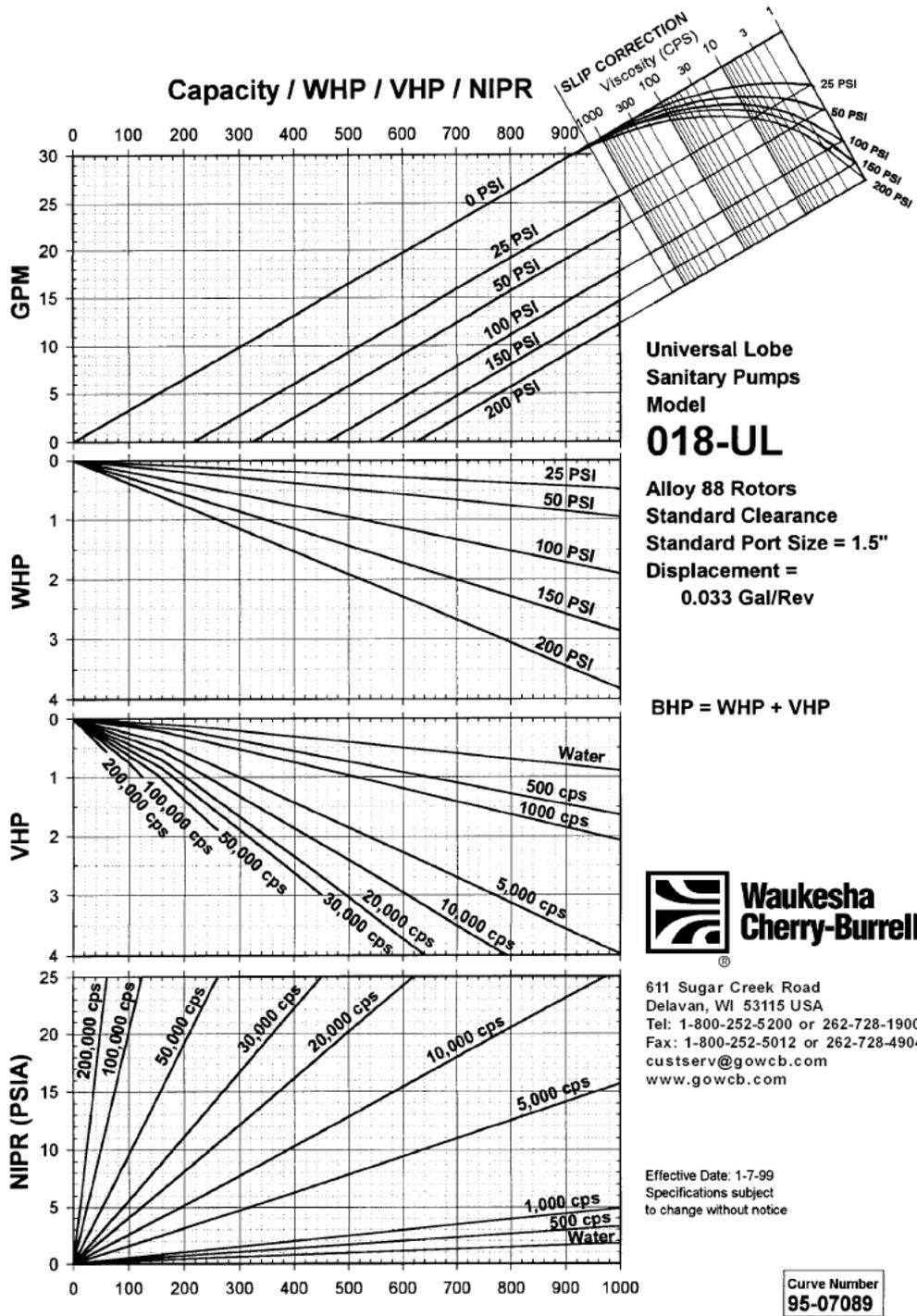
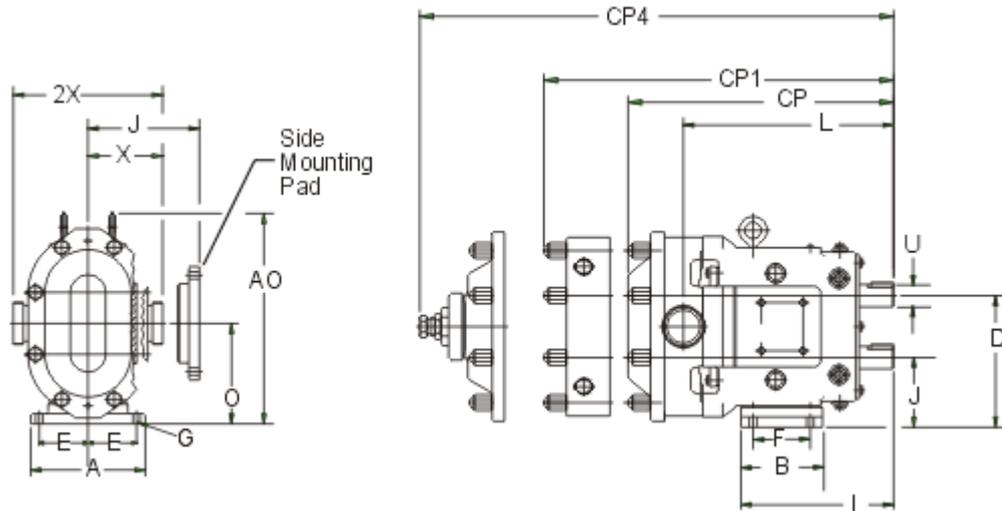


Tabla 20 - Dimensiones de la bomba de desplazamiento positivo.

### Waukesha Cherry-Burrell Products: Universal Lobe Pumps - Model 018-UL

0-1000 RPM speed range. 1½" (38.1 mm) port size; suitable to 200 PSI (13.8 bar) differential pressure. Temperature range -40°F (-40°C) to 300°F (149°C).



	A	AO	B	CP	CP1	CP4	D	E	F	G	I	J	L	O	U	X	2X
<b>IN</b>	4.75	8.3	3.75	12.37	14.59	15.58	5.50	1.94	2.31	.41slot	7.66	2.93	10.48	4.21	.875	3.49	6.97
<b>MM</b>	121	211	95	314	371	396	140	49	59	10 slot	194	74	266	107	22.23	89	177

*CP= Standard Cover, CP1= Jacketed Cover, CP4= Manual Vented Cover, Connection size for Jacketed Covers is ¾"-14 NPT.*

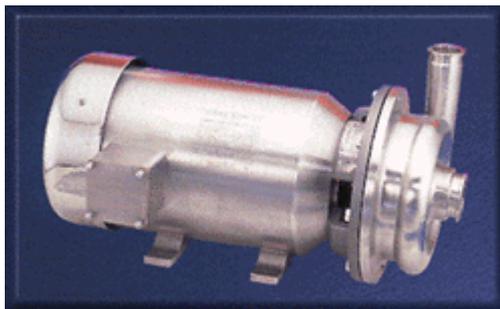
Dimension "X" and "2X" apply for Bevel Seat, "S"-Clamp, "Q"-Clamp, 15l and 14l fittings.

**NOTE:** Dimensions are for guidance purposes only. Contact your WCB Representative if more detailed measurements are needed.

**Approximate shipping weight 65 lb. (29.5 kg.).**

Tabla 21- Características generales de las bombas centrífugas.

### **Ampco M Series Pumps**



- A sanitary pump in conformance with 3A standards for milk and milk products.
- Also offered in an unpolished version with a semi-open impeller
- Maximum flow - 450 GPM
- Maximum head - 215 FT

The Ampco M Series is the first pump to offer a rugged physical design with a Francis style (double curvature) impeller, a spiral volute, proper transition of flow at the inlet and discharge, and a unique external seal design. These characteristics result in efficient performance, quiet operation, low maintenance and a long service life.

M Series pumps are offered with a 32RA (150 grit) surface finish and sanitary clamp-type connections. Advanced features, such as sight accessibility of "O" ring sealing on assembled rotating units, exceed standards set by government and industry. The M Series pumps are in conformance with 3A Sanitary Standards for Centrifugal Pumps for Milk and Milk Products (#02-09).

Tabla 22 - Curva de selección del modelo de bomba centrífuga.

M SERIES

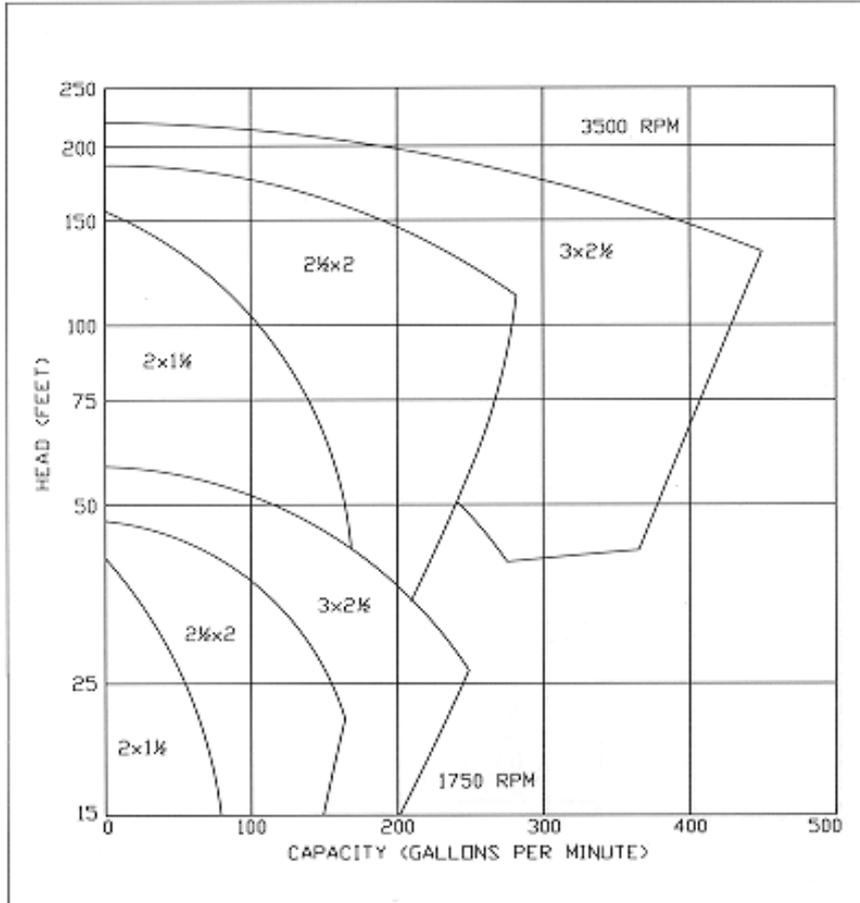
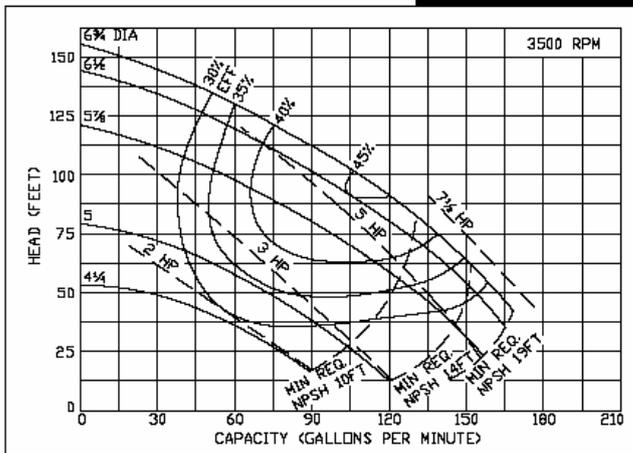


Tabla 23 - Curvas de la Bomba "2".



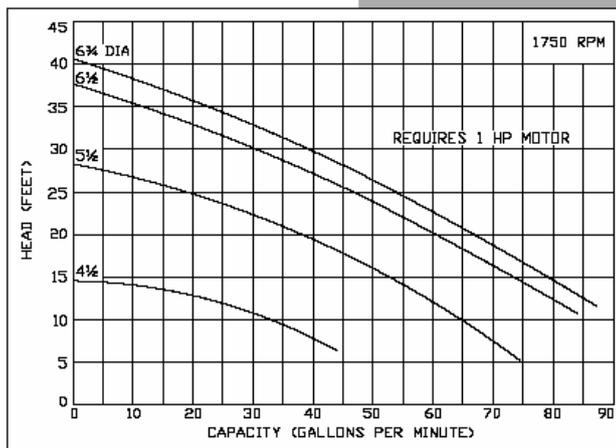
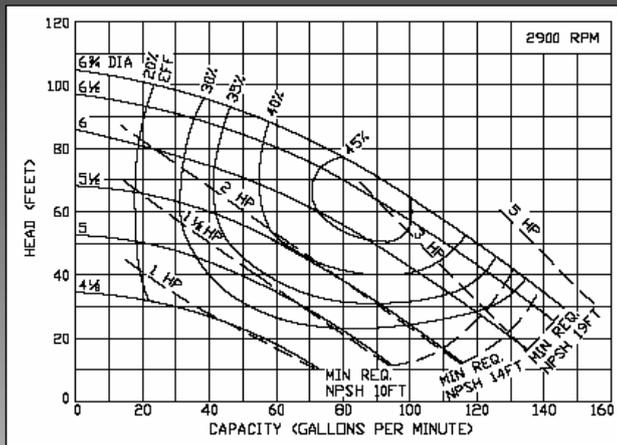
## Ampco Centrifugal Pumps

MODEL MC2 2 X 1 1/2

Curves show approximate characteristics based on clear 68° water. Rated point is guaranteed.

MC2/MCH2 pumps are in conformance with 3A sanitary standards for centrifugal pumps for milk and milk products, Number 02-09.

Standard M Series pumps have a 32RA (150 grit) finish, but they are also available in an unpolished version.

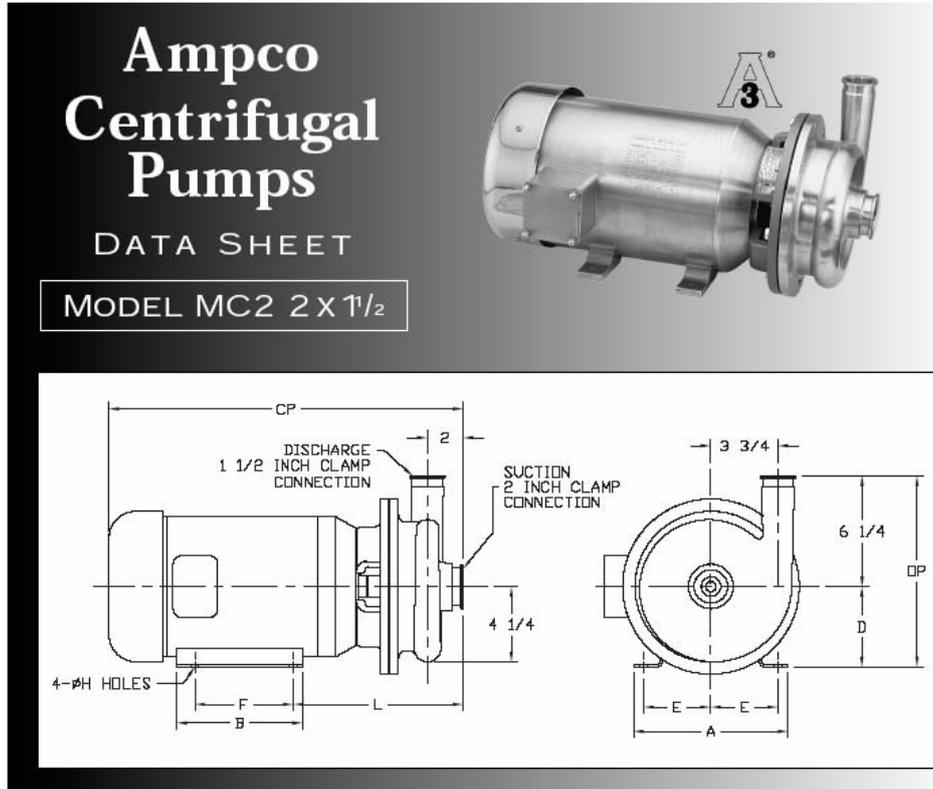


## Ampco Pumps Company

4424 West Mitchell Street  
Milwaukee, Wisconsin 53214  
PHONE (414) 643-1852  
FAX (414) 643-4452

MC2 2X1.5 4/99

Tabla 24 - Dimensiones de la Bomba "2".

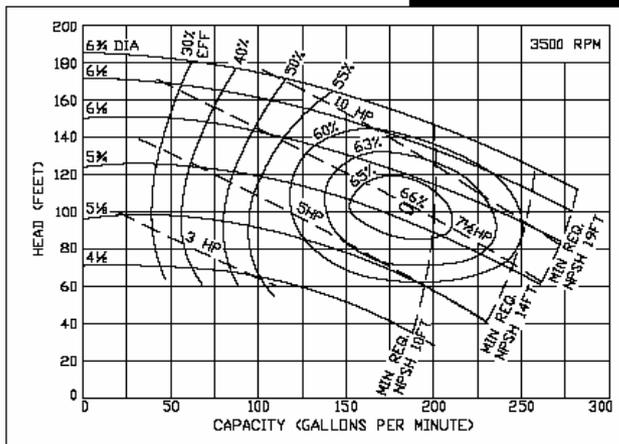


TEFC MOTOR			DIMENSIONS IN INCHES (For Reference Only)									APPROX. WEIGHT (LBS)
HP	RPM	FRAME	A (typ)	B (typ)	D	E	F	H	L	CP	OP	
1	1750	143JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	4	11/32	8-29/32	17-7/32	9-3/4	84
1-1/2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-29/32	17-7/32	9-3/4	88
2	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-29/32	17-7/32	9-3/4	84
3	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-29/32	17-7/32	9-3/4	92
5	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	4-1/2	13/32	9-17/32	20-1/8	10-3/4	110
7-1/2	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	5-1/2	13/32	9-17/32	21-5/8	10-3/4	129
10	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-17/32	21-5/8	11-1/2	168

**MATERIAL SPECIFICATIONS**

PART NAME	STAINLESS STEEL
Casing & Cover	316L Stainless
Impeller	316L Stainless
Motor Shaft	Steel
Shaft Sleeve	316L Stainless
Adapter	Cast Iron

Tabla 25 - Curvas de la Bomba "3".



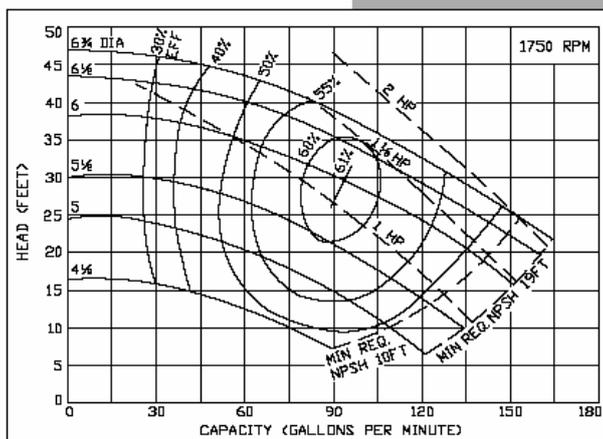
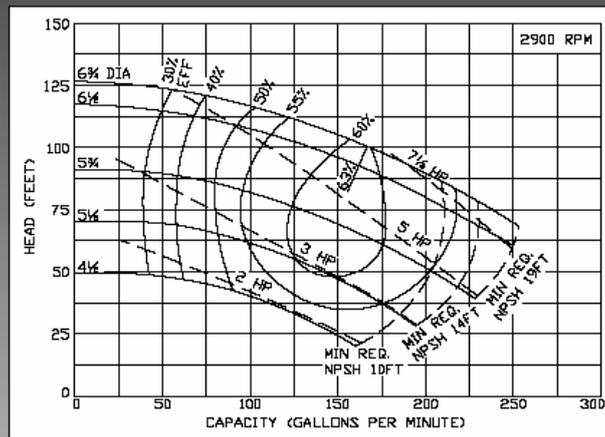
## Ampco Centrifugal Pumps

MODEL MC2 2 1/2 X 2

Curves show approximate characteristics based on clear 68° water. Rated point is guaranteed.

MC2/MCH2 pumps are in conformance with 3A sanitary standards for centrifugal pumps for milk and milk products, Number 02-09.

Standard M Series pumps have a 32RA (150 grit) finish, but they are also available in an unpolished version.

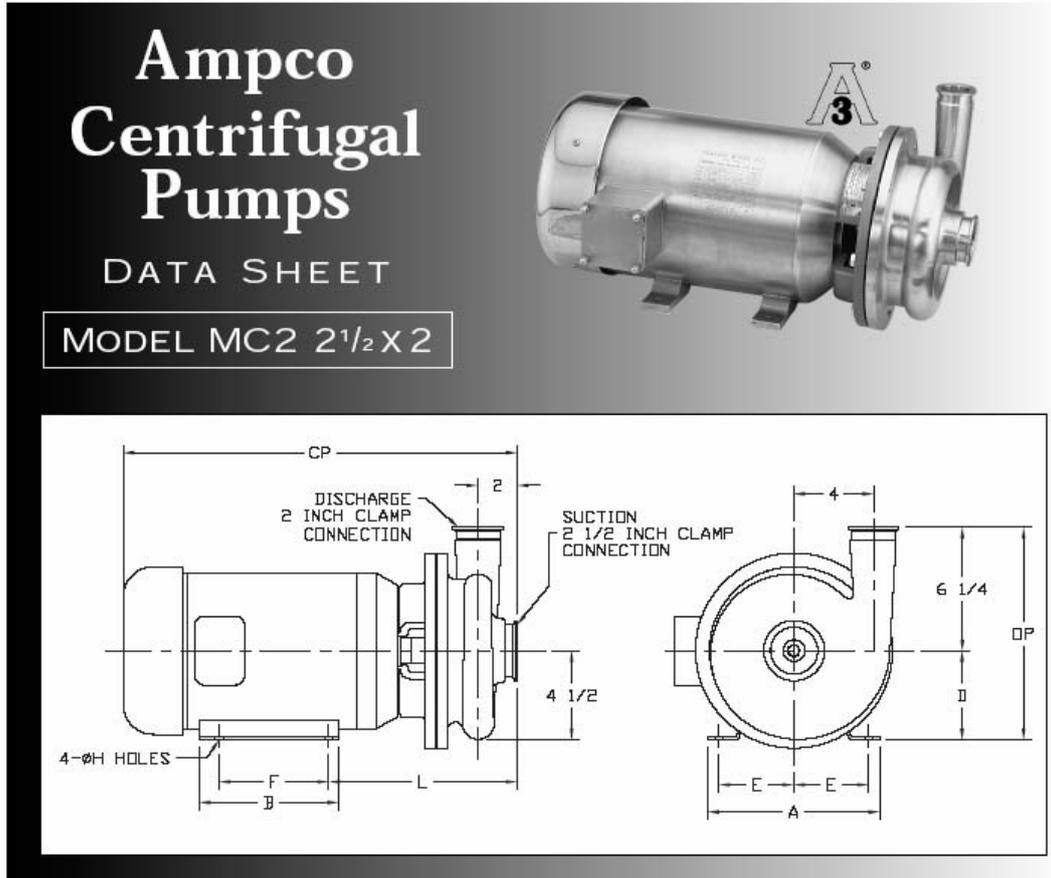


## Ampco Pumps Company

4424 West Mitchell Street  
Milwaukee, Wisconsin 53214  
PHONE (414) 643-1852  
FAX (414) 643-4452

MC2 2.5X2 4/99

Tabla 26 - Dimensiones de la Bomba "3"

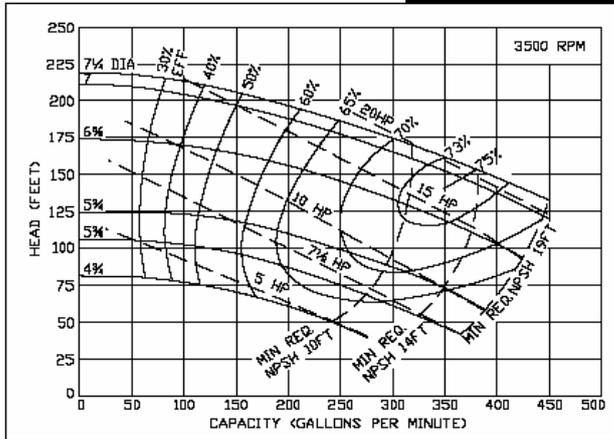


TEFC MOTOR			DIMENSIONS IN INCHES (For Reference Only)									APPROX. WEIGHT (LBS)
HP	RPM	FRAME	A (typ)	B (typ)	D	E	F	H	L	CP	OP	
1	1750	143JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	4	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	88
1-1/2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	92
2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	97
2	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	97
3	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	100
5	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	4-1/2	13/32	9-1/2	20-3/32	10-3/4	126
7-1/2	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	5-1/2	13/32	9-1/2	21-19/32	10-3/4	145
10	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-1/2	21-19/32	11-1/2	184
15	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-1/2	22-23/32	11-1/2	207

**MATERIAL SPECIFICATIONS**

PART NAME	STAINLESS STEEL
Casing & Cover	316L Stainless
Impeller	316L Stainless
Motor Shaft	Steel
Shaft Sleeve	316L Stainless
Adapter	Cast Iron

Tabla 27 - Curvas de la Bomba "4".



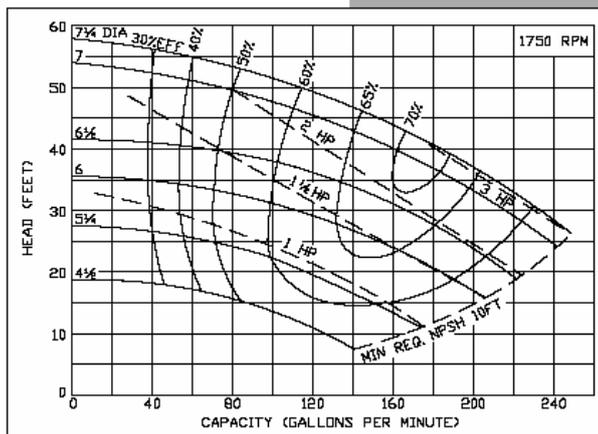
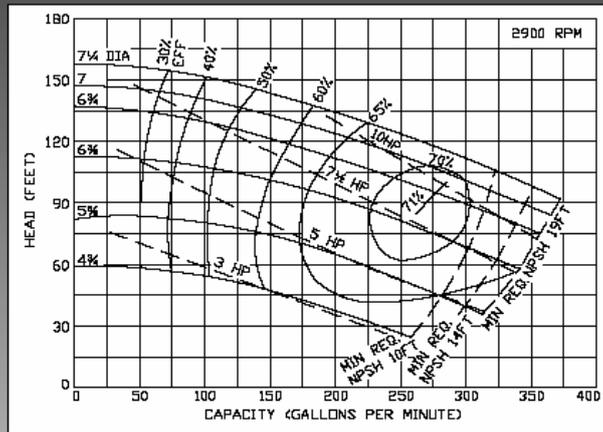
## Ampco Centrifugal Pumps

MODEL MC2/MCH2  
3 X 2 1/2

Curves show approximate characteristics  
based on clear 68° water.  
Rated point is guaranteed.

MC2/MCH2 pumps are  
in conformance with 3A  
sanitary standards for  
centrifugal pumps for  
milk and milk products,  
Number 02-09.

Standard M Series pumps  
have a 32RA (150 grit)  
finish, but they are  
also available in an  
unpolished version.

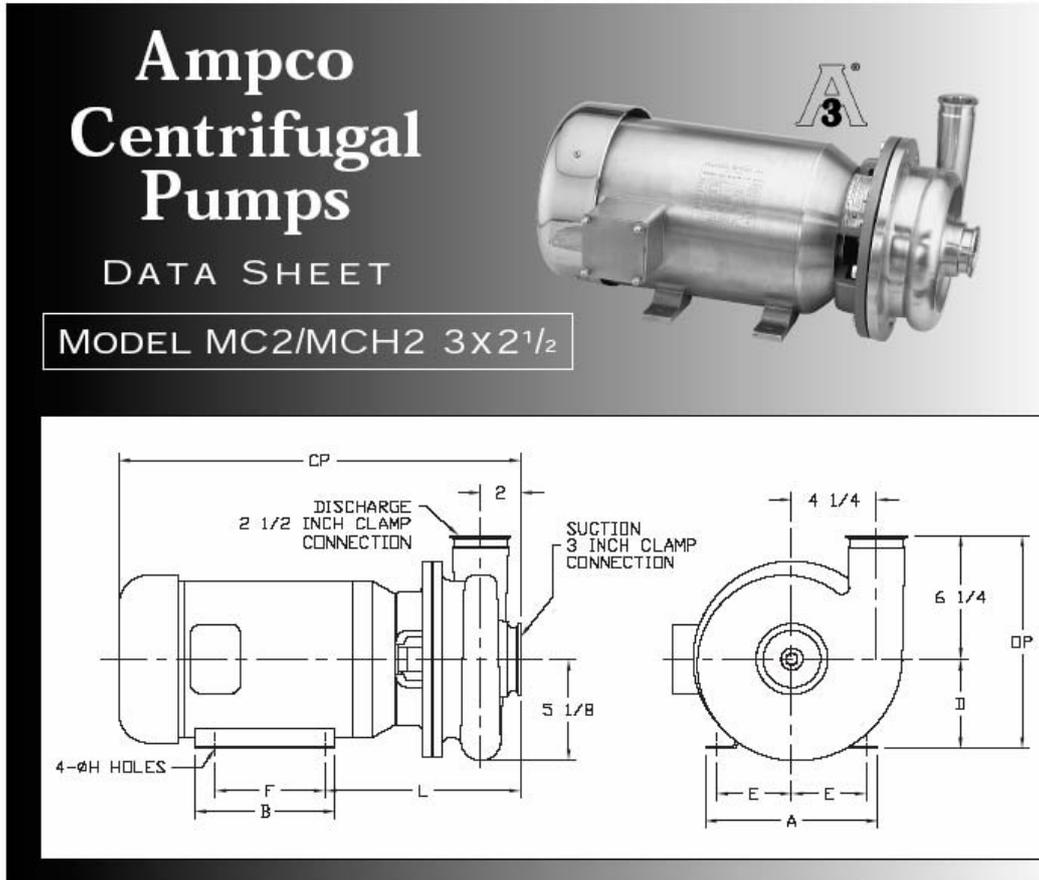


## Ampco Pumps Company

4424 West Mitchell Street  
Milwaukee, Wisconsin 53214  
PHONE (414) 643-1852  
FAX (414) 643-4452

MC2/MCH2 3X2.5 4/99

Tabla 28 - Dimensiones de la Bomba "4".

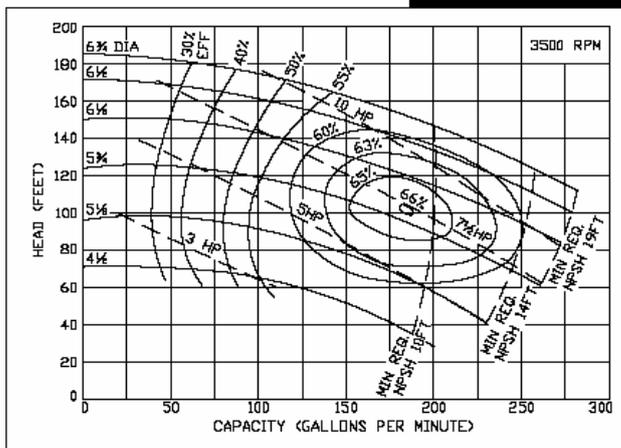


	TEFC MOTOR			DIMENSIONS IN INCHES (For Reference Only)									APPROX. WEIGHT (LBS)
	HP	RPM	FRAME	A (typ)	B (typ)	D	E	F	H	L	CP	OP	
MC2	2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	9-7/32	17-17/32	9-3/4	92
MC2	3	1750	182JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	4-1/2	13/32	9-27/32	18-29/32	10-3/4	127
MC2	5	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	4-1/2	13/32	9-27/32	20-7/16	10-3/4	121
MC2	7-1/2	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	5-1/2	13/32	9-27/32	21-15/16	10-3/4	140
MC2	10	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-27/32	21-15/16	11-1/2	179
MC2	15	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-27/32	23-1/16	11-1/2	202
MCH2	20	3500	256JM	11-1/2	11-1/2	6-1/4	5	10	17/32	12-3/32	26-15/16	12-1/2	228

**MATERIAL SPECIFICATIONS**

PART NAME	STAINLESS STEEL
Casing & Cover	316L Stainless
Impeller	316L Stainless
Motor Shaft	Steel
Shaft Sleeve	316L Stainless
Adapter	Cast Iron

Tabla 29 - Curvas de la Bomba "5".



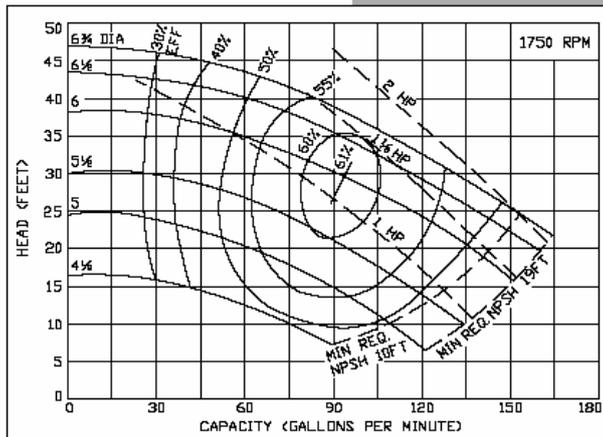
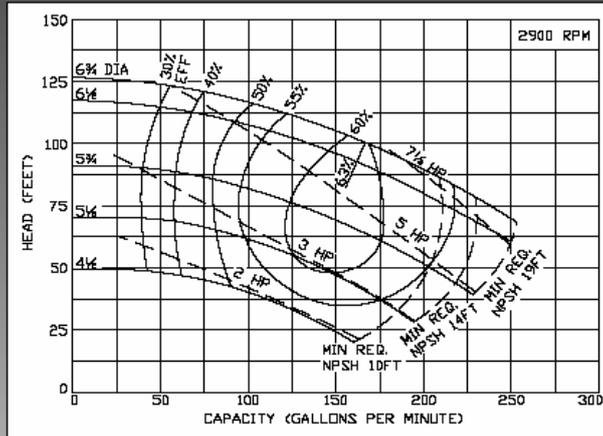
## Ampco Centrifugal Pumps

### MODEL MC2 2 1/2 X 2

Curves show approximate characteristics based on clear 68° water. Rated point is guaranteed.

MC2/MCH2 pumps are in conformance with 3A sanitary standards for centrifugal pumps for milk and milk products, Number 02-09.

Standard M Series pumps have a 32RA (150 grit) finish, but they are also available in an unpolished version.

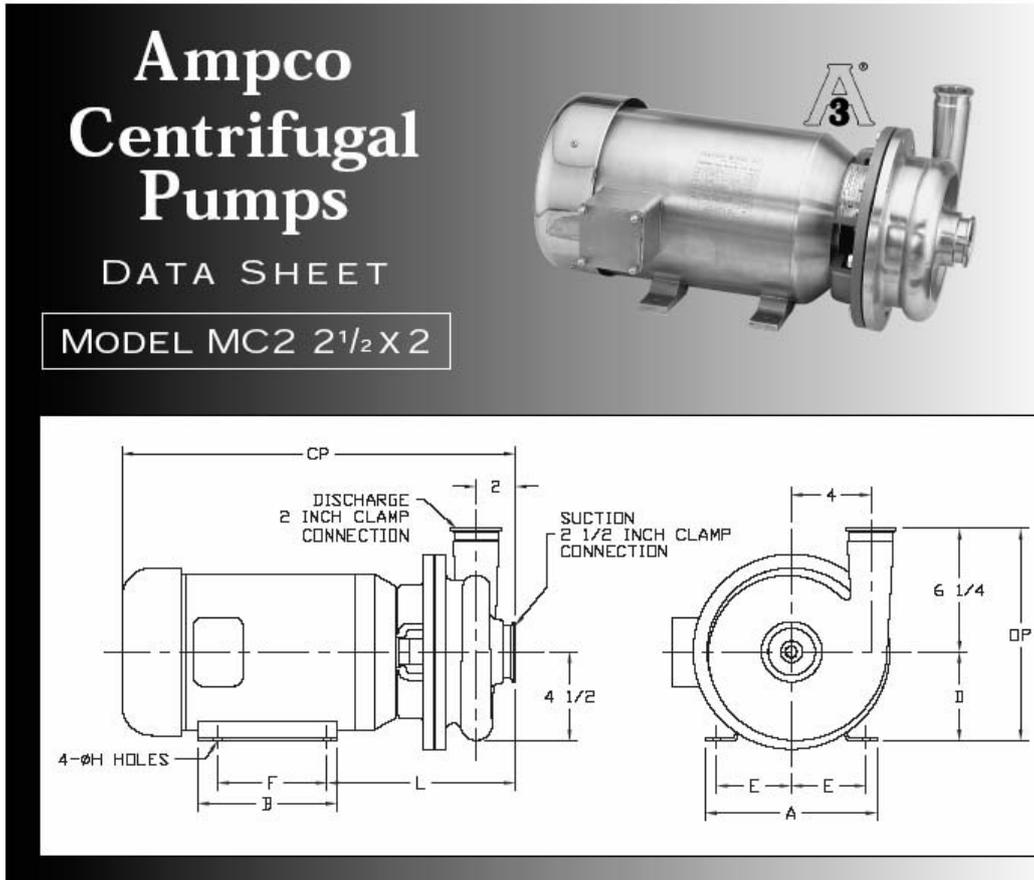


## Ampco Pumps Company

4424 West Mitchell Street  
Milwaukee, Wisconsin 53214  
PHONE (414) 643-1852  
FAX (414) 643-4452

MC2 2.5X2 4/99

Tabla 30 - Dimensiones de la Bomba "5".



TEFC MOTOR			DIMENSIONS IN INCHES (For Reference Only)									APPROX. WEIGHT (LBS)
HP	RPM	FRAME	A (typ)	B (typ)	D	E	F	H	L	CP	OP	
1	1750	143JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	4	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	88
1-1/2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	92
2	1750	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	97
2	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	97
3	3500	145JM	6-1/2	6	3-1/2	2-3/4	5	11/32	8-7/8	17-3/16	9-3/4	100
5	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	4-1/2	13/32	9-1/2	20-3/32	10-3/4	126
7-1/2	3500	184JM	8-5/8	6-1/2	4-1/2	3-3/4	5-1/2	13/32	9-1/2	21-19/32	10-3/4	145
10	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-1/2	21-19/32	11-1/2	184
15	3500	215JM	9-1/2	8	5-1/4	4-1/4	7	13/32	10-1/2	22-23/32	11-1/2	207

**MATERIAL SPECIFICATIONS**

PART NAME	STAINLESS STEEL
Casing & Cover	316L Stainless
Impeller	316L Stainless
Motor Shaft	Steel
Shaft Sleeve	316L Stainless
Adapter	Cast Iron

Tabla 31 - Sensor Nivel Depósito

 <p>Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifiz.Nr. 01017</p>	<h3>Medición de Nivel Hidrostático</h3> <p>con Sensor de Presión Capacitivo</p>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
--	---	--	--

	 
	<p><b>Sensor de presión:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Rango de medida: a 4 bar rel.</li><li>● Precisión de medida: 0.2% de la escala completa</li><li>● t<sub>max</sub>: 150°C</li><li>● Robusto, celda de medida capacitiva</li><li>● Conexión al proceso: G 1 montaje higiénico (EHEDG) con sistema de instalación LZE</li><li>● Diafragma cerámico montado a ras, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li></ul> <p><b>Transmitter:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Medida del contenido de tanque linearizada</li><li>● Linearización para formas de tanque estándar preprogramadas</li><li>● 2 entradas (permite mediciones de presión diferencia)</li><li>● 2 salidas de conmutación</li><li>● 1 relé alarma</li><li>● Salida analógica 0/4-20 mA</li></ul>



 <p>M-Zert Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifiz. Nr. 01217</p>	<p><b>Medición de Nivel Hidrostático</b> con Sensor de Presión Capacitivo</p>	 <p><b>KOBOLD</b></p>	<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
--	---	---	--



**Descripción del sensor de presión:**

Los sensores de presión compatibles con productos alimenticios KOBOLD serie LPC son ideales para la medición del contenido de tanques usando el principio hidrostático. El sensor de presión es montado con la manga soldada LZE en el fondo del tanque, por ejemplo, y produce una señal de 4-20 mA que es proporcional a la presión o nivel. Esta señal analógica puede ser procesada con la ayuda del dispositivo de evaluación LPA o sacada directamente al PLC.

Todas las partes húmedas son de acero inoxidable. El diafragma sensible a la presión está hecho de cerámicos altamente puros. Por lo tanto el sensor es ideal para limpieza CIP/SIP.

La conexión eléctrica es llevada a cabo ya sea en el cabezal de conexión o con un conector de enchufe M12. El punto cero y los valores FS se ajustan con los tres botones internos. El punto cero se puede ajustar por teclado. La compensación de presión a la presión atmosférica se logra mediante un segundo atornillamiento Pg.

 <p>M-Zert Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifiziert</p>	<p><b>Medición de Nivel Hidrostático</b> con Sensor de Presión Capacitivo</p>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
---	---	--	--

### Dimensiones

### Sensor de presión LPC

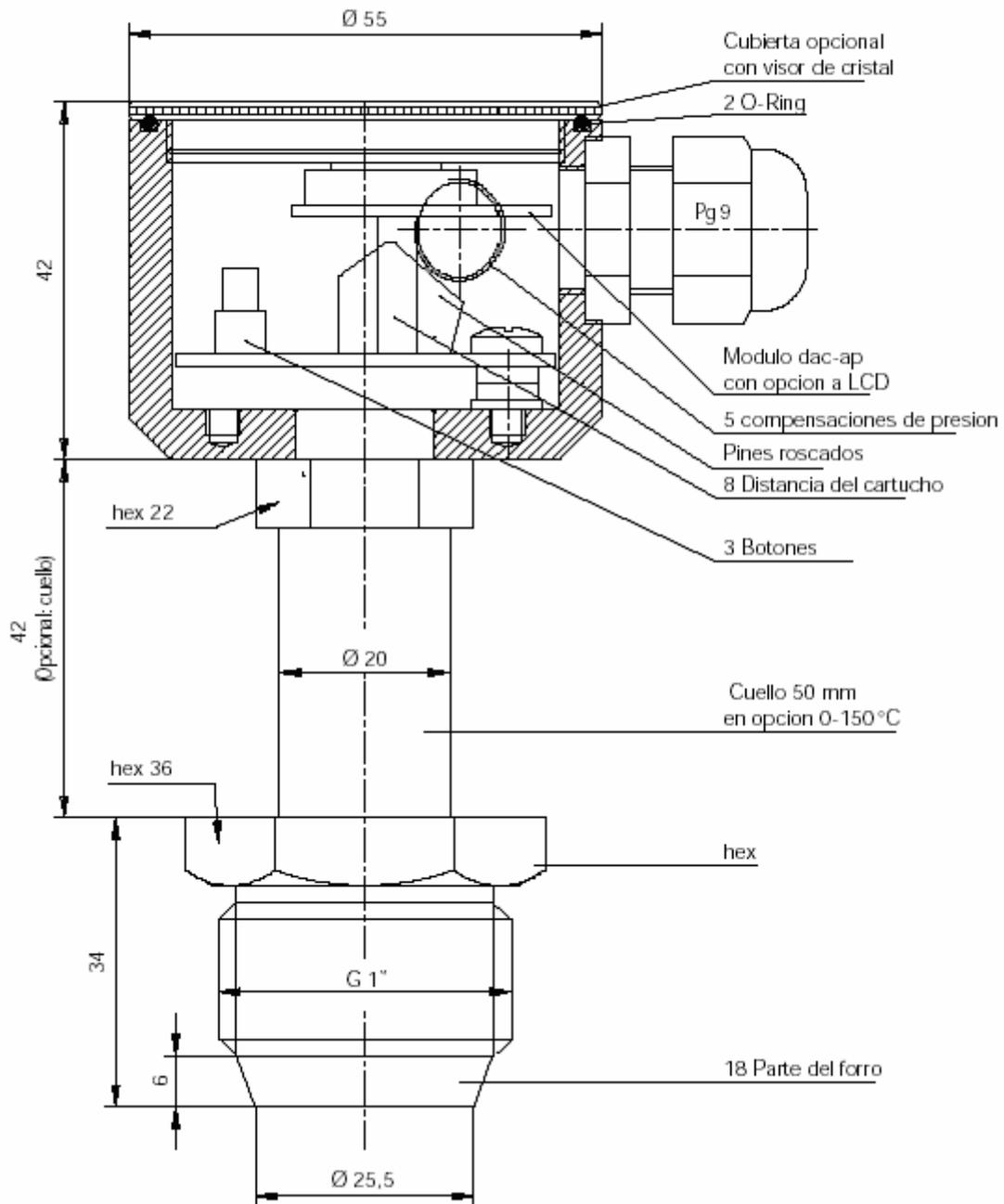


Tabla 32 - Medidor de Caudal

 <p>Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifiz. Nr. 01017</p>	<p><b>Medidor/Contador de Caudal Magnético-Inductivo para Aplicaciones con Alimentos</b></p>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
---	--	--	--





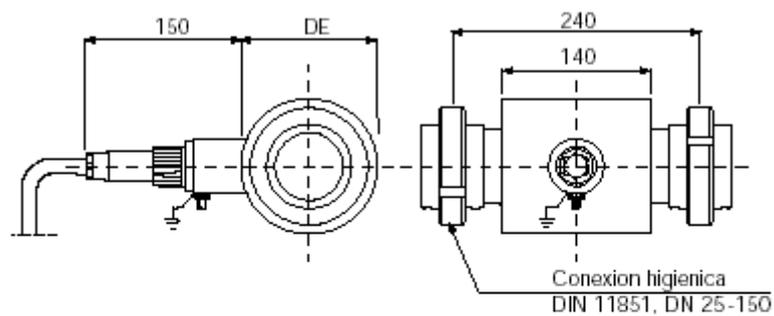
- Rango de medida: 0-12 m/s
- Precisión de medida:  $\pm 0.2\%$  del valor medido
- $p_{max}$ : 10 bar, opcional 16 bar,  $t_{max}$ : 150°C
- Conexión al proceso: manga de tubo DIN 11851, DN 25-150
- Salida analógica: 4-20 mA
- Diseñado para uso como contador y sistemas por lotes

 M-Zert Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifikat-Nr. 01017	<h3>Medidor/Contador de Caudal Magnético-Inductivo para Aplicaciones con Alimentos</h3>		Medir • Monitorear • Analizar
--	---	---	---

**Datos característicos para rangos de medida**

Tamaño nominal	Limite del rango más bajo (m <sup>3</sup> /h)	Valor a mín. escala completa (m <sup>3</sup> /h)	Valor a máx. escala completa (m <sup>3</sup> /h)
25	0.16	1	20
32	0.33	2	40
40	0.5	3	60
50	0.66	4	80
65	1	6	120
80	1.66	10	200
100	3.33	20	400
150	6.66	40	800

### Dimensiones



Tam. nominal	DE (mm)	Peso (kg)
DN 25	105	6
DN 32	105	6
DN 40	105	6
DN 50	105	7
DN 65	127	7
DN 80	142	8
DN 100	162	9
DN 150	220	11

Tabla 33 - Manómetro digital



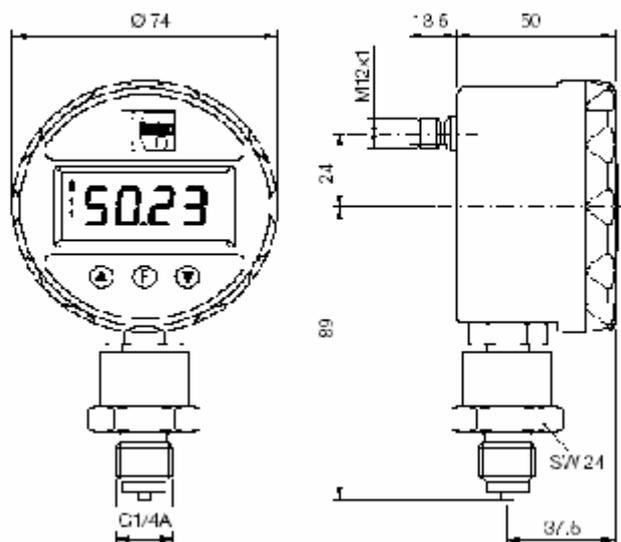
### Manómetro Digital Alimentado por Baterías



Medir  
•  
Monitorear  
•  
Analizar



#### Dimensiones



**Detalles técnicos**

Modelo MAN-	SD10...	SD1S...	SD20...	SD2S...	SD30...	SD3S...	Opcional	
								
Versión:		con memoria mín/máx	con relé biestable	con relé y mem. mín/máx	Salida analógica	Salida analógica, memoria mín/máx		
Salida analógica					0-2 V	0-2 V		
Rango de medida:	-1 - 0 bar a 0 - 600 bar							1000 bar 1600 bar
Cuerpo	74 mm, PA 6 GK 30, película de poliéster							
Conexión:	macho G 1/4 (otras conexiones bajo pedido) acero inoxidable 1.44571							
Sensor:	Cerámica (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )							
Cubierta O-ring:	NBR							
Máx. temperatura:	Almacenamiento: -30...+60 °C Medio: -30...+85 °C Ambiente: 0...+60 °C							
Humedad relativa:	< 90%, no condensados							
Límites de presión:	hasta 40 bar: 3 x rango 60 a 250 bar: 2 x rango > 250 bar: 1.5 x rango							
Precisión clase:	0,5							
Desviación característica:	≤ ±0,5% f. s.							
Coefficiente de temperatura:	Cero ≤ ±0,2% f. s. /10 K Alcance ≤ ±0,1% f. s. /10 K							
Índice de conversión:	5 / s							
Tiempo de apagado :	2, 4, 8, 16, 32, 64 min. (no para salida analógica y relé)							
Potencia auxiliar:	9 V batería							
Vida de la batería:	5000 h (9 V batería 600 mAh) 10000 h (9 V batería de litio 1200 mAh) (@ 5 conversiones /s)							
Indicador:	4-cifras indicador LCD, 12,7 mm							
Salida (opcional):	0 - 2 V <sub>DC</sub> (carga: ≥ 100 kΩ)							
Relé (opcional):	biestable contacto N/O							
Memoria pico (opcional):	Min.-Máx. valores indicados a través del teclado							
Carga nominal:	0,22 A / 230 V <sub>AC</sub> ; 2 A / 30 V <sub>DC</sub>							
máx.:	230 V <sub>AC</sub> , 220 V <sub>DC</sub>							
máx. voltaje:	2 A							
máx. voltaje de conmut.	30 V <sub>AC</sub> / V <sub>DC</sub> , 2 A							
Conexión eléctrica:	M12x1 enchufe DIN							
Protección:	IP 65							

Tabla 34 - Sensor Temperatura en Línea

**Termómetros de Resistencia en Línea  
para Aplicaciones Higiénicas**



Medir  
•  
Monit  
•  
Analiz



- Medición de temperatura confiable libre de zona muerta
- Cumple con CIP/SIP, apropiado para un limpieza en el lugar
- Sin pérdida adicional de presión
- Rangos de medición: -20 a +200°C
- Transmisor de cabezal opcional con salida de 4-20 mA
- Conexiones: rosca de tubo dauby o incluye otras bajo pedido

## Termómetros de Resistencia en Línea para Aplicaciones Higiénicas



Medir  
•  
Monitc  
•  
Analiz

### Detalles Técnicos

Protección:	Cabezal de forma B IP 65 Cubierta de campo IP 67
Sensor:	1 x Pt100, categoría B 2 x Pt100, categoría B
Temperatura ambiente:	-25 a +80°C
Rango de medición:	-20 a +200°C
Material:	
conexión A DIN 11887:	1.4571
abrazadera ISO 2852:	1.4404
Cuerpo:	Libre de silicona
Opcional:	Partes húmedas de Ac. Inox. Pulido eléctrico

### Termómetros de Resistencia en Línea

#### Cabezal de forma B

#### Cubierta de campo



## Termómetros de Resistencia en Línea para Aplicaciones Higiénicas

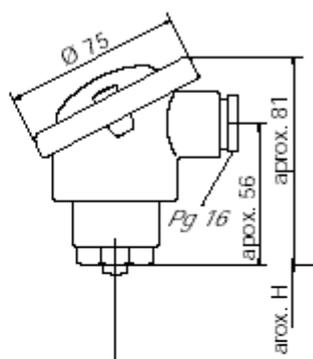


Medir  
•  
Monit  
•  
Analiz

**Tabla de dimensiones** (dimensiones en mm)

Conexión A con rosca DIN 11387	DN	A	L	L1	aprox. H
TWP/MA4D15.	15	Rd 34x3/8"	80	72	60
TWP/MA4D25.	25	Rd 52x1/6"	86	72	70
TWP/MA4D32.	32	Rd 53x1/6"	86	72	80
TWP/MA4D40.	40	Rd 65x1/6"	86	72	80
TWP/MA4D50.	50	Rd 73x1/6"	86	72	85
TWP/MA4D65.	65	Rd 95x1/6"	90	74	90
TWP/MA4D80.	80	Rd 110x1/4"	100	84	105

### Dimensión del diagrama Forma B



### Cubierta de campo

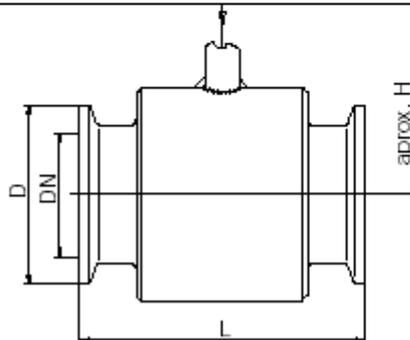
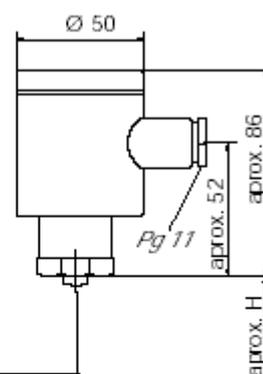


Tabla 35 - Sensor Temperatura Depósito 2

 Zertifizierung QM-System DIN EN ISO 9001 Zertifikat-Nr. 010177	<h2 style="margin: 0;">Sensor de Temperatura Pt 100 Versión Compacta</h2>		Medir • Monitorear • Analizar
--	---	--	---



- Rango de medición: -50 a +250 °C
- Precisión clase A según DIN IEC 751
- p<sub>max</sub>: 10 bar
- Conexión al proceso: Estándar G 1/2, G 1/2 o M12 libre de volúmenes de despeje con manga LZE (reportes EHEDG y 3A), sin rosca
- Sensor completamente integrado en acero inoxidable 1.4571 (316 Ti)
- Mediciones para espacios de montaje reducidos
- Opcional con transmisor montado en el cabezal (4-20 mA)
- Sensor térmico con cuello para pozo en altas temperaturas

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, BRASIL, CANADA, CHINA, FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS, PERU, POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA**

**KOBOLD Messring GmbH**  
 Manning 22-24  
 D-66719 - Rhein/Ts  
 ☎ (06-32) 299-0  
 Fax (06-32) 23368  
 E-mail: info.oe@kobold.com  
 Internet: www.kobold.com

**Modelo:**  
 LTS-NIK

13

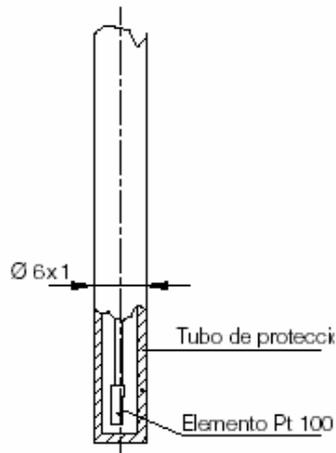


## Sensor de Temperatura Pt 100 Versión Compacta

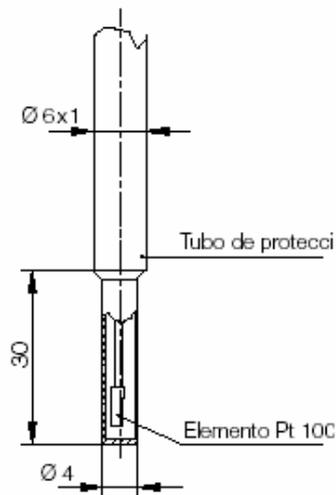


Medir  
•  
Monitorear  
•  
Analizar

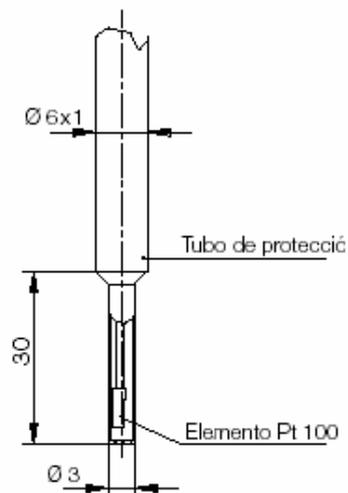
Punta del sensor  $\varnothing 6$  mm  
Vida media:  $t_{50} \leq 3.0$  s  
90 % tiempo:  $t_{90} \leq 8.0$  s

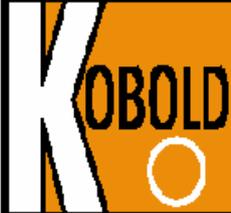


Punta del sensor  $\varnothing 4$  mm  
Vida media:  $t_{50} \leq 2.4$  s  
90 % tiempo:  $t_{90} \leq 6.5$  s



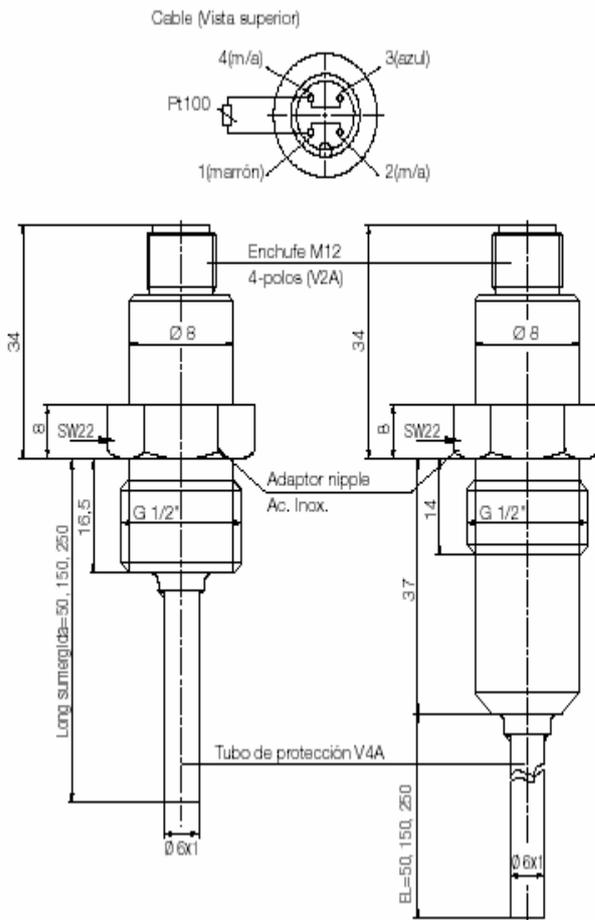
Punta del sensor  $\varnothing 3$  mm  
Vida media:  $t_{50} \leq 0.5$  s  
90 % tiempo:  $t_{90} \leq 1.5$  s



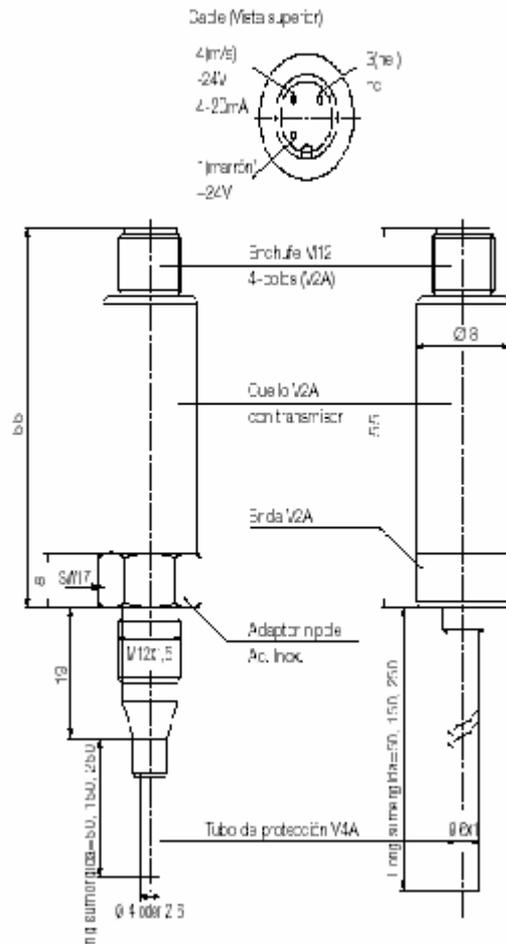
 <b>Zertifizierung QM-System</b> <small>DIN EN ISO 9001 Zertifiz.-Nr. 01117</small>	<h2 style="margin: 0;">Sensor de Temperatura Pt 100 Versión Compacta</h2>		Medir • Monitorear • Analizar
--	---	--	---

### Dimensiones

LTS-NK sin transmisor



LTS-NK con transmisor



### Detalles técnicos

#### Sensor de medición:

Sensor: Pt 100 clase A según DIN IEC 751  
1 o 2 Pt 100 por instrumento

Rango de temp.:  
cabezal (conector de enchufe):  
-50 a +90 °C  
(-30 °C con transmisor opcional)  
Punta del sensor: -50 a +250 °C  
(-30 °C con transmisor opcional)

Tolerancia clase A: 0 °C: ±0.15 K, 100 °C: ±0.35 K

Máx. presión: 10 bar

#### Materiales

cabezal + cuello: Ac. Inox. 1.4305 (V2A), Ø 55 mm  
cuello roscado: Ac. Inox. 1.4571 (V4A), SW22 mm  
tubo protector: Ac. Inox. 1.4571 (V4A) Ø 6 mm

Tabla 36 - Regulador de Velocidad de Bomba y Reguladores de Presión

## REGULADORES DE VELOCIDAD TRIFÁSICOS PARA VENTILADORES Y BOMBAS



Optidrive E



Optidrive VTC



Mando control

Código	Modelo	Dimensiones alto x ancho x fondo	Potencia			€
			Amp.	CV	Kw	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad de uso</li> <li>Filtro GMC integrado</li> <li>Rápido ajuste</li> <li>IP20</li> </ul>						
<b>OPTIDRIVE E</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentación: 230V II/III</li> <li>Salida: 230V III</li> </ul>						
AV 51 501	ODEF-12037-IN	155x80x130	2,3	1/2	0,37	218,00
AV 51 502	ODEF-12075-IN	155x80x130	4,3	1	0,75	233,00
AV 51 503	ODEF-12150-IN	155x80x130	7	2	1,5	273,00
AV 51 504	ODEF-22220-IN	260x100x175	10,5	3	2,2	330,00
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentación: 380V III</li> <li>Salida: 380V III</li> </ul>						
AV 51 511	ODEF-14075-IN	155x80x130	2,2	1	0,75	363,00
AV 51 512	ODEF-14150-IN	155x80x130	4,1	2	1,5	403,00
AV 51 513	ODEF-24220-IN	260x100x175	5,8	3	2,2	528,00
AV 51 514	ODEF-24400-IN	260x100x175	9,5	5,5	4	614,00
<b>OPTIDRIVE VTC</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentación: 380V III</li> <li>Salida: 380V III</li> <li>Control PID</li> <li>Indicado para HVAC</li> <li>Filtro GMC integrado</li> </ul>						
AV 51 521	ODV-24150-IN	260x100x175	4,1	2	1,5	581,00
AV 51 522	ODV-24220-IN	260x100x175	5,8	3	2,2	620,00
AV 51 523	ODV-24400-IN	260x100x175	9,5	5,5	4	684,00
AV 51 524	ODV-34055-IN	260x171x175	14	7,5	5,5	1.069,00
AV 51 525	ODV-34075-IN	260x171x175	18	11	7,5	1.098,00
AV 51 526	ODV-34110-IN	260x171x175	25	15	11	1.274,00
AV 51 527	ODV-34150-IN	260x171x175	30	20	15	1.327,00
AV 51 528	ODV-44185-IN	520x340x220	39	25	18,5	2.299,00
AV 51 529	ODV-44220-IN	520x340x220	46	30	22	2.695,00
<b>ACCESORIOS</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Interruptor paro-marcha</li> <li>Potenciómetro</li> <li>Dimensiones: 110 x 75 x 58</li> <li>Interconexión: 5 hilos</li> <li>Mando control convertidores</li> </ul>						
AV 51 535						61,54

## 31 REGULADORES DIGITALES ELECTRÓNICOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD O PRESIÓN



48 x 48

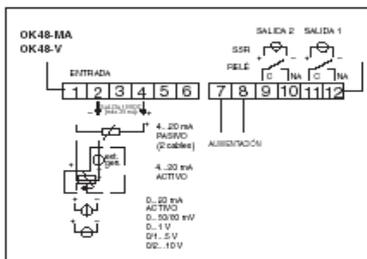


OK48-MA, OK48-V

### Regulador de humedad, presión, procesos con 2 relés

#### Características:

- Funcionamiento configurable: humedad, secaje, compresión, vacío, procesos
- Modelos para sonda: 0/4...20 mA, 0..50/60, 12..60 mV, 0..1, 0/1...5, 0/2...10 V.
- Control a 2 relés ON/OFF; Zona muerta, PID.
- Visualización 4 dígitos, rango (-9999, +9999)
- Punto decimal configurable; (1/0,1) (1/0,01) (1/0,001)
- 2 Salidas relés conmutados 8(3) A 250 Vac o 2 salidas SSR.
- 1 Salida de voltaje para sensores pasivos
- Indicación de aproximación al punto de consigna
- Alimentación: 230 Vac; 50/60 Hz, 24, 115 Vac, ±10%
- Opción de indicación a doble display
- Dimensiones frontal: 48 x 48 mm
- Frontal IP 65
- Profundidad: 98 mm
- Montaje: sobre panel
- Agujero panel: 45 x 45 mm
- Precisión: mejor del 0,5% fondo de escala
- Altura dígito: 12mm
- Funciones programables
- 4 Set Points programables
- Indicación de activación del/los relés
- Autotuning y Selftuning
- Conector Copy Key



OK48-MA, OK48-V. Regulador de humedad, presión, procesos con 2 relés

Código	Modelo	Entrada	Escala °C	€
<b>MODELO 1 DISPLAY</b>				
CO 31 745	OK48-MA (220V)	0/4...20 mA	-999/+9999	130,36
CO 31 746	OK48-V (220V)	0/1...5 - 0/2...10 V	-999/+9999	130,36
<b>MODELO 2 DISPLAYS</b>				
CO 31 747	OK482-MA (220V)	0/4...20 mA	-999/+9999	136,02
CO 31 748	OK482-V (220V)	0/1...5 - 0/2...10 V	-999/+9999	136,02

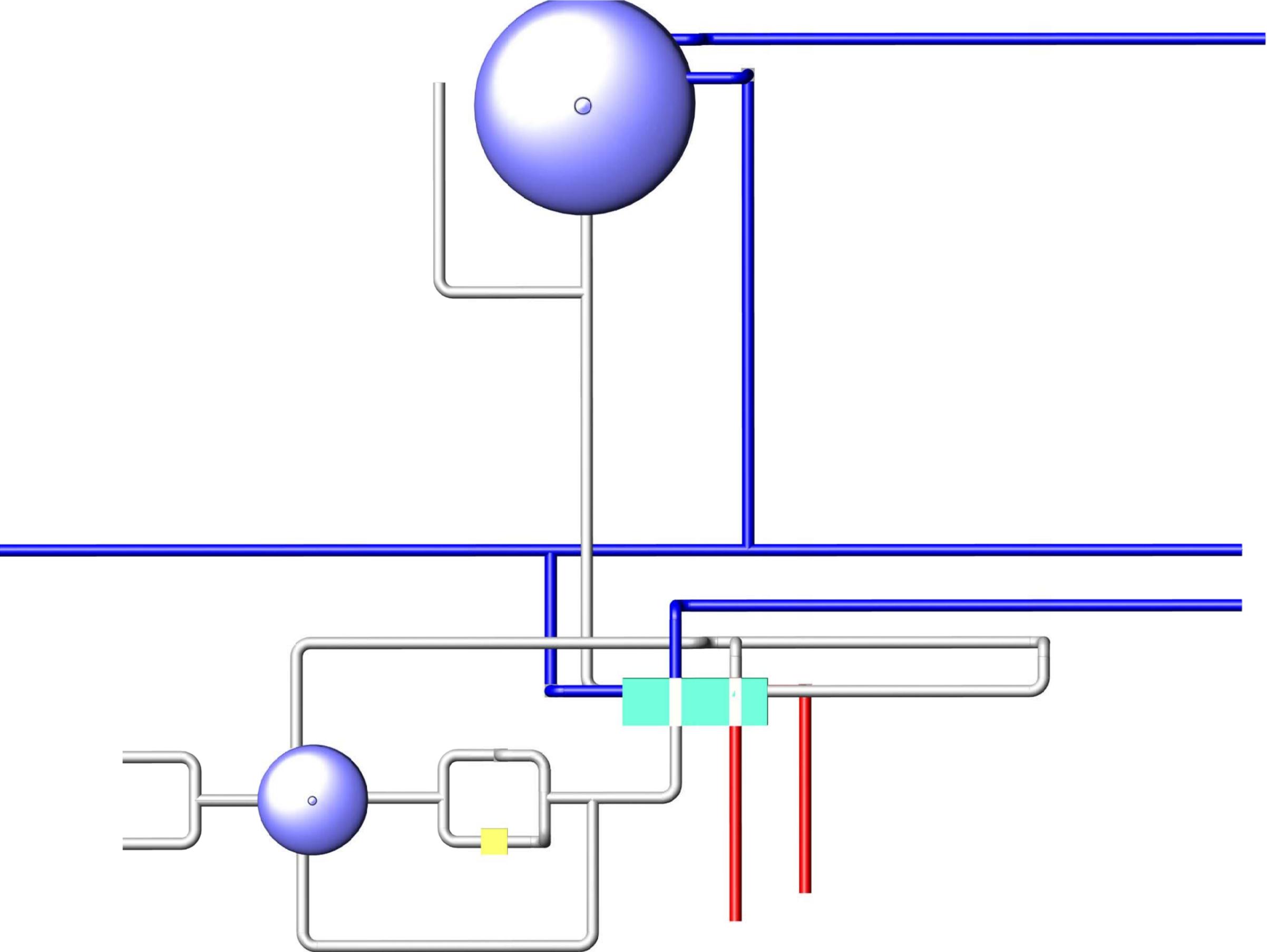
DOCUMENTO II

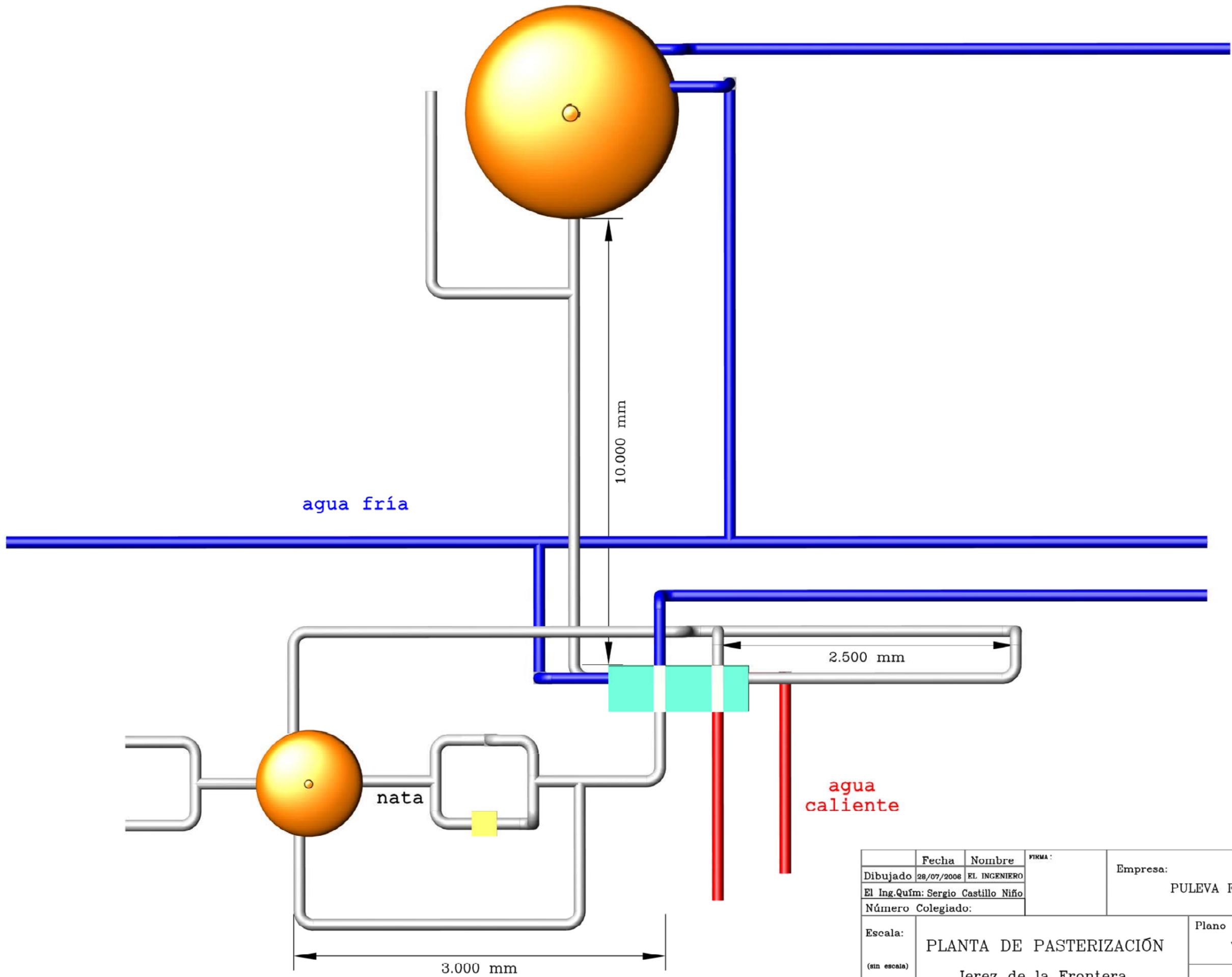
PLANOS

## **ÍNDICE**

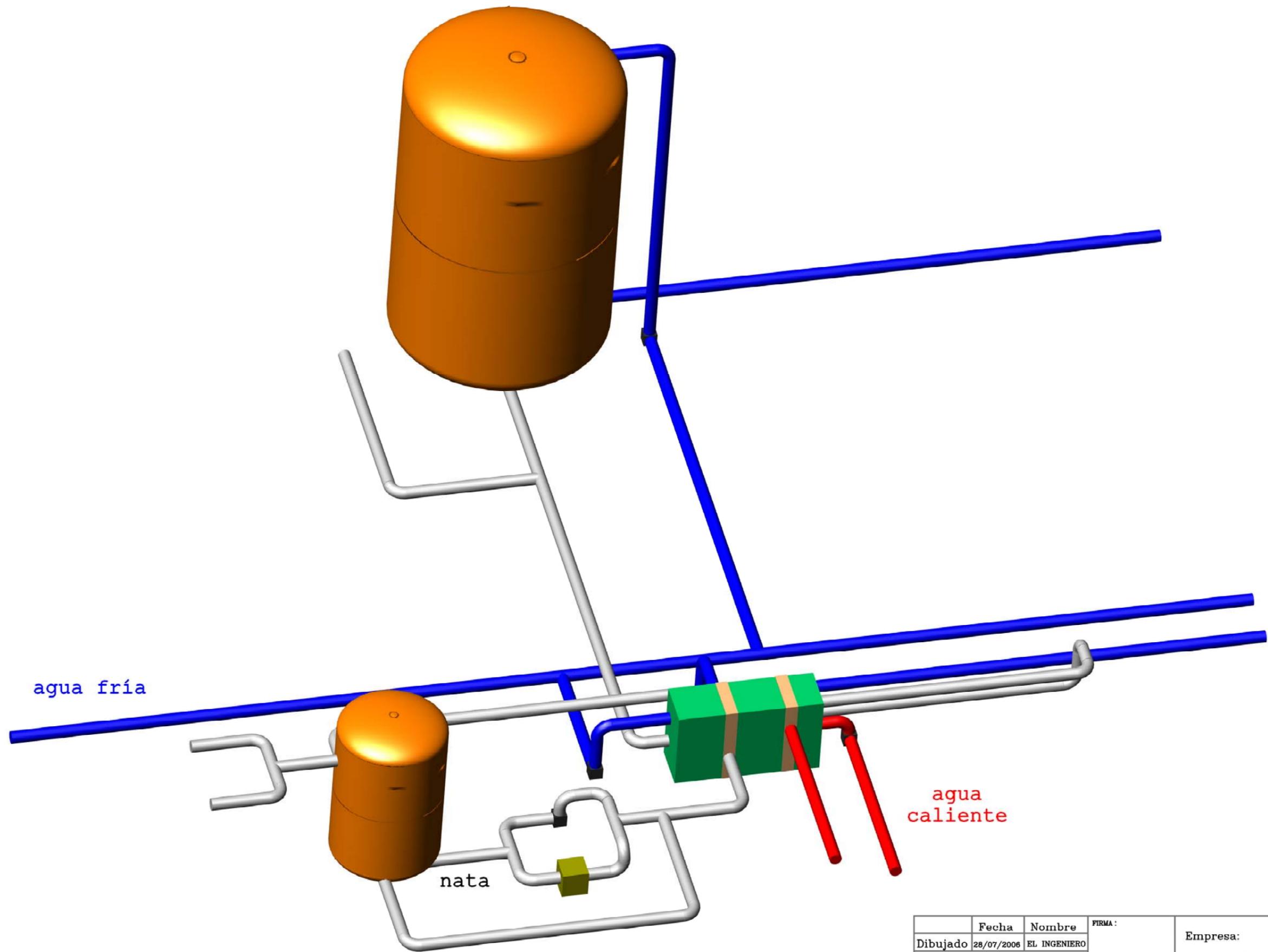
### **PLANOS**

- Plano I   SITUACIÓN DE LA PLANTA
  
- Plano II   PLANTA DE PASTERIZACIÓN VISTA “1” (3D)
  
- Plano III   PLANTA DE PASTERIZACIÓN VISTA “2” (3D)
  
- Plano IV   PLANTA DE PASTERIZACIÓN VISTA “3” (3D)
  
- Plano V   PLANTA DE PASTERIZACIÓN VISTA “4” (3D)
  
- Plano VI   PLANTA DE PASTERIZACIÓN VISTA “5” (3D)
  
- Plano VII   DEPÓSITO I
  
- Plano VIII   DEPÓSITO II
  
- Plano IX   CONFIGURACIÓN DE LAS PLACAS DE LA SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO DEL PASTERIZADOR
  
- Plano X   CONFIGURACIÓN DE LAS PLACAS DE LA SECCIÓN DE REGENERACIÓN DEL PASTERIZADOR
  
- Plano XI   CONFIGURACIÓN DE LAS PLACAS DE LA SECCIÓN DE CALENTAMIENTO DEL PASTERIZADOR

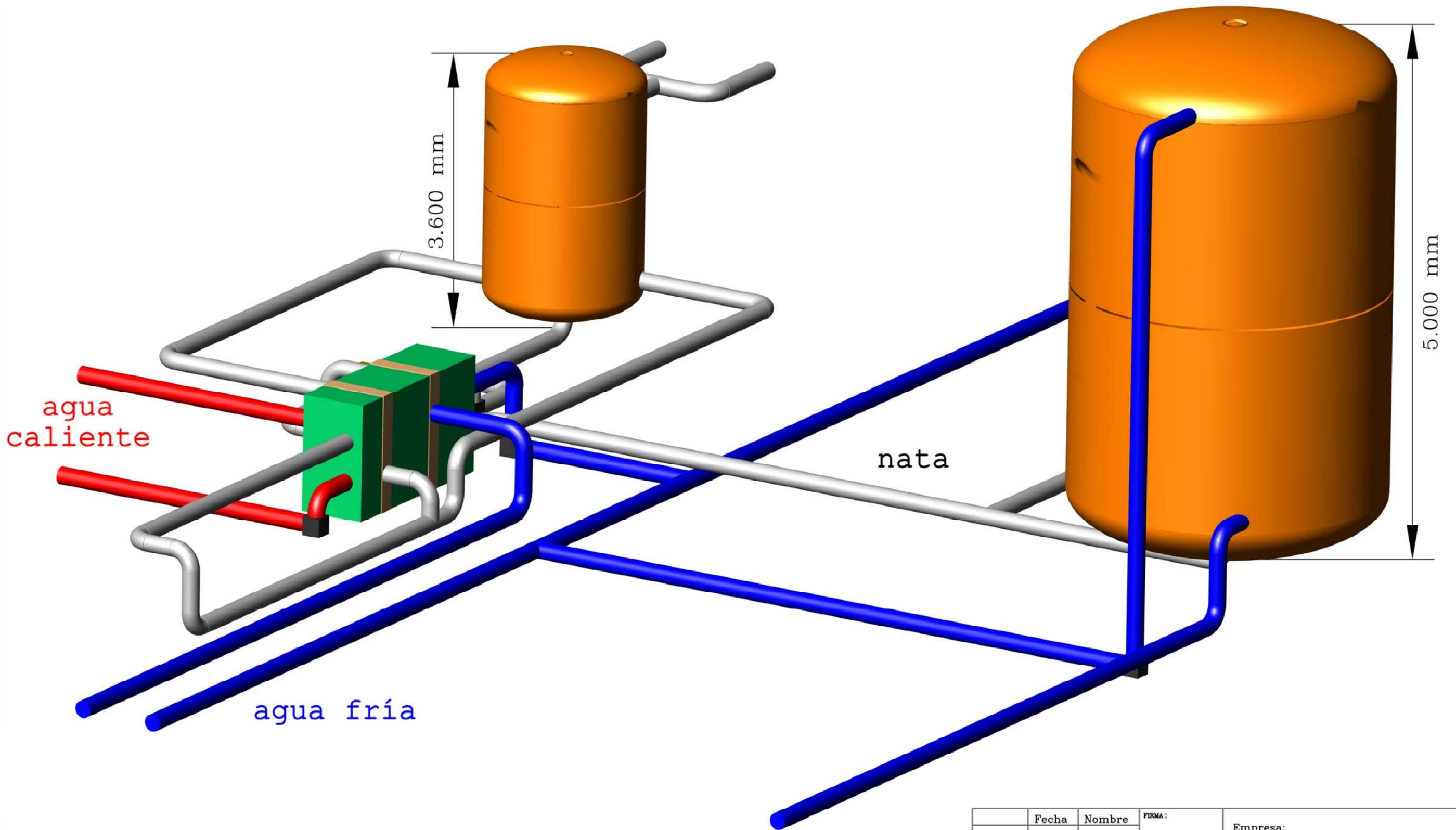




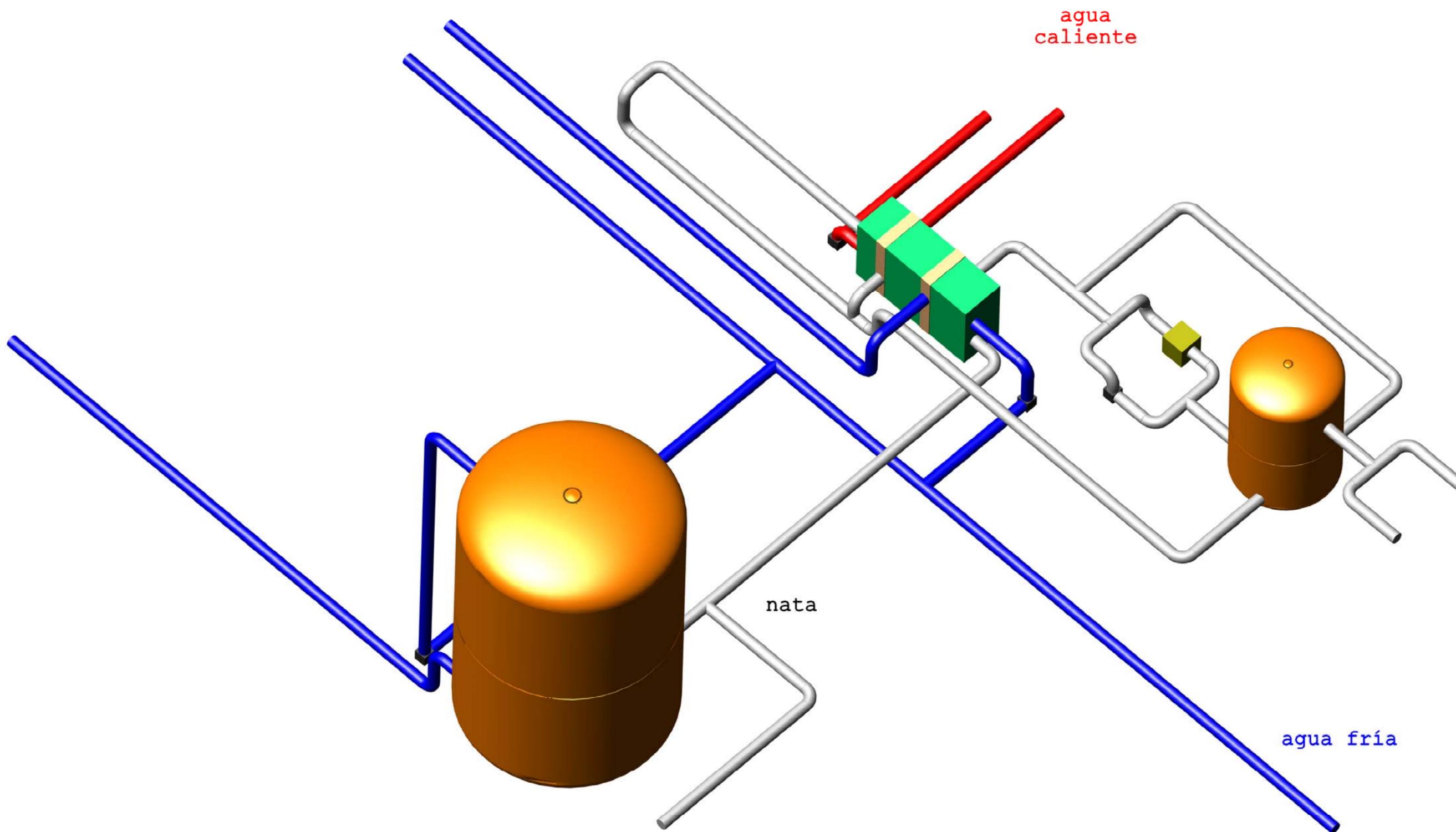
	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Nifo			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano II
(sin escala)				Jerez de la Frontera
				Vista "1" 3D
				Cádiz



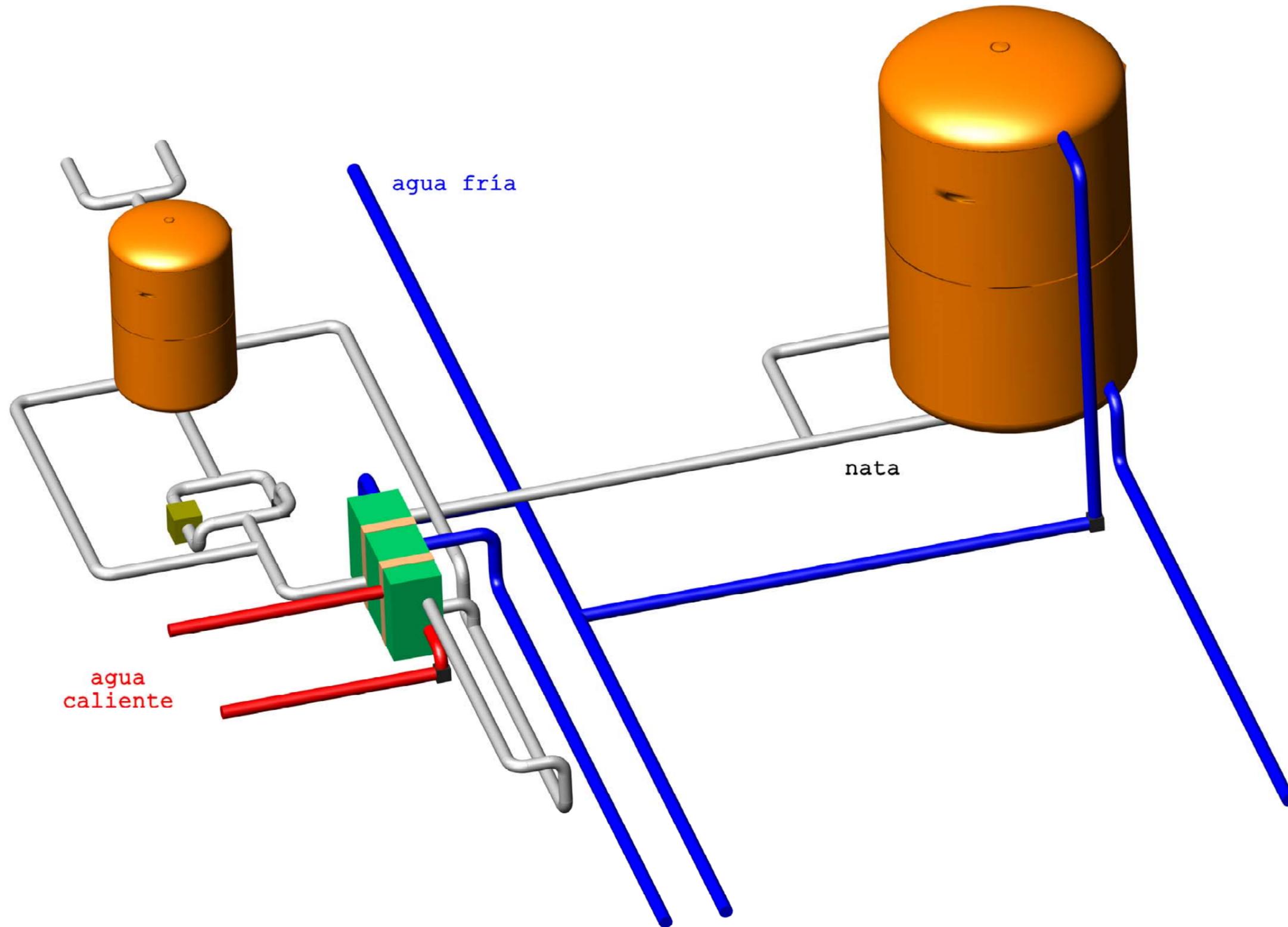
	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2006	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Nifo			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano III
(sin escala)				Jerez de la Frontera
				Cádiz



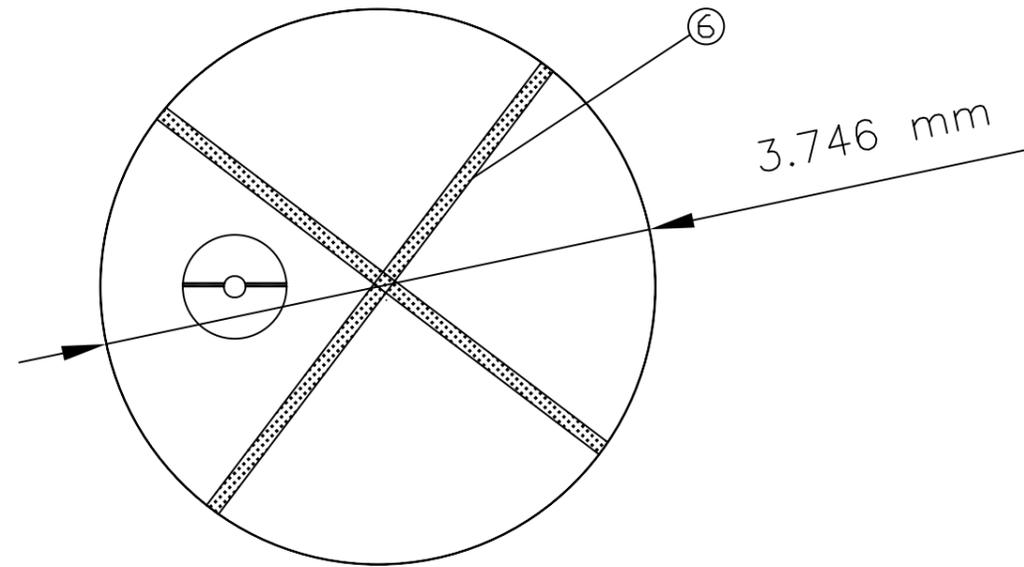
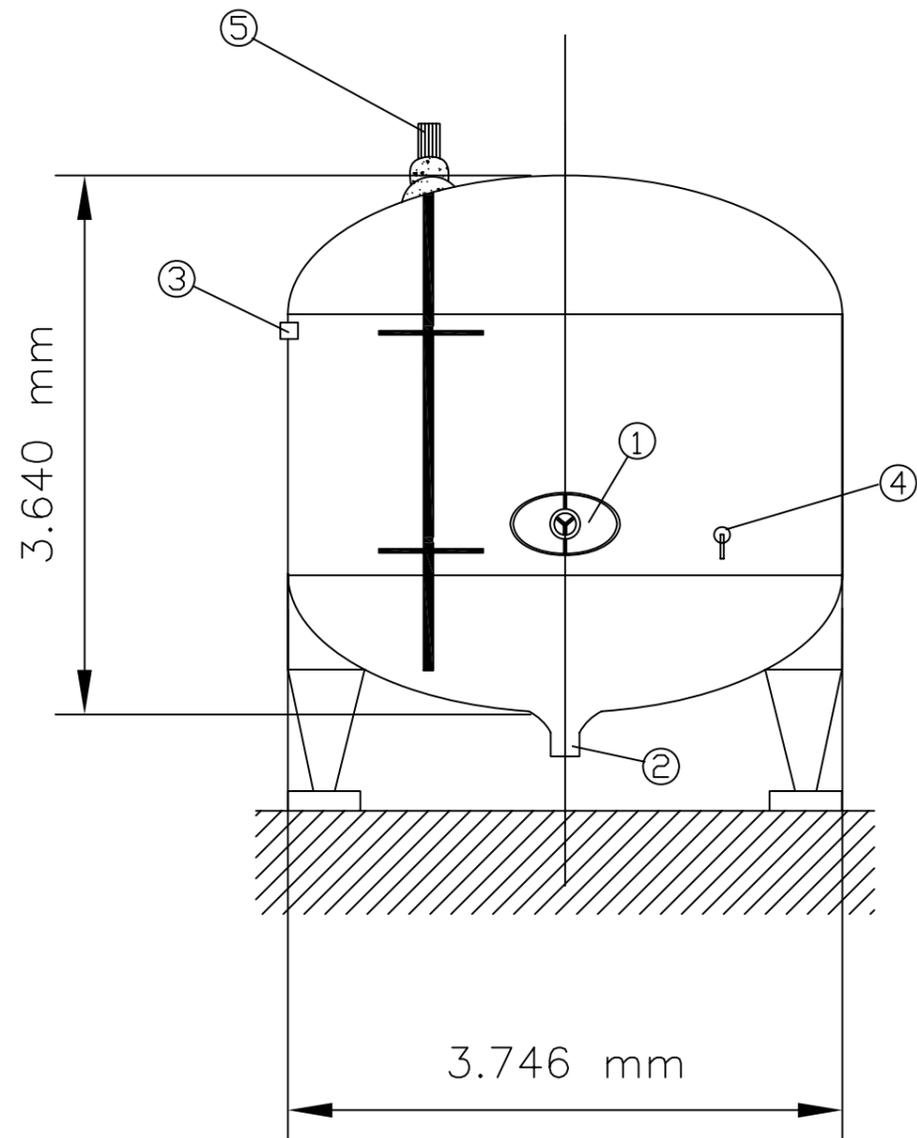
	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2006	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano IV
(sin escala)				Jerez de la Frontera
				Cádiz



	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2006	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Nifio			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano V
(sin escala)				Jerez de la Frontera
				Vista "4" 3D
				Cádiz

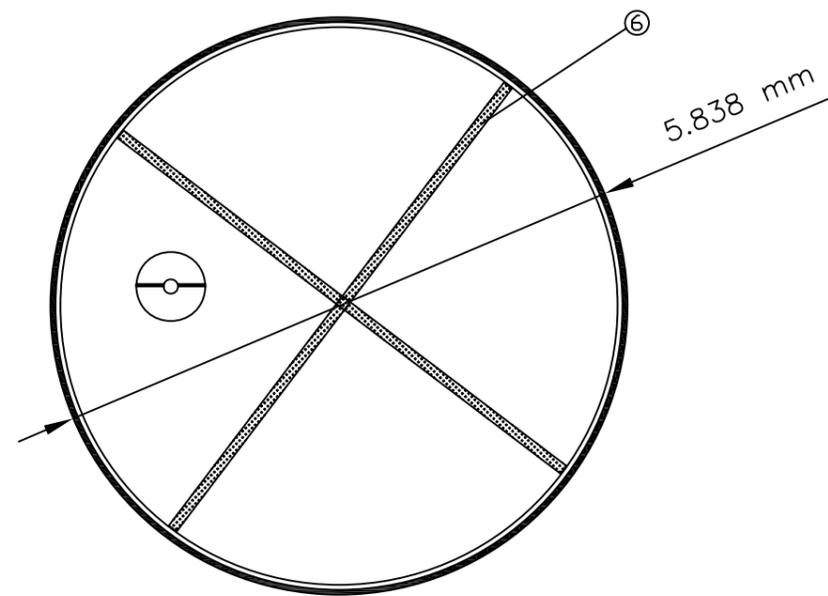
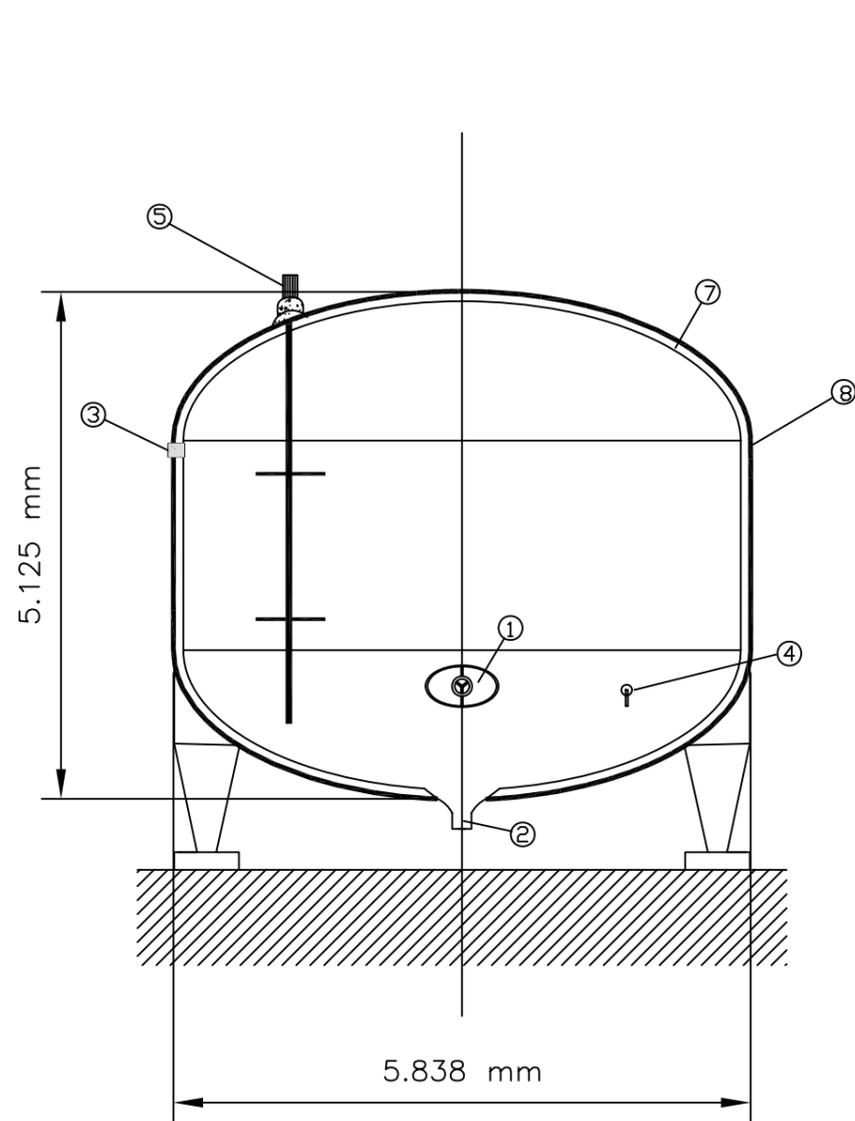


	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2006	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing Quím: Sergio Castillo Nifo			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano VI
(sin escala)				Jerez de la Frontera
				Vista "5" 3D
				Cádiz



1	Boca-Hombre
2	Tubuladura de Salida (descarga)
3	Sensor de Nivel
4	Grifo de toma de Muestra
5	Agitador
6	Boquillas de Limpieza

	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN		Plano VII	
1:50	Jerez de la Frontera		Depósito 1	
			Cádiz	

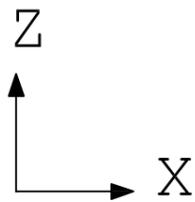
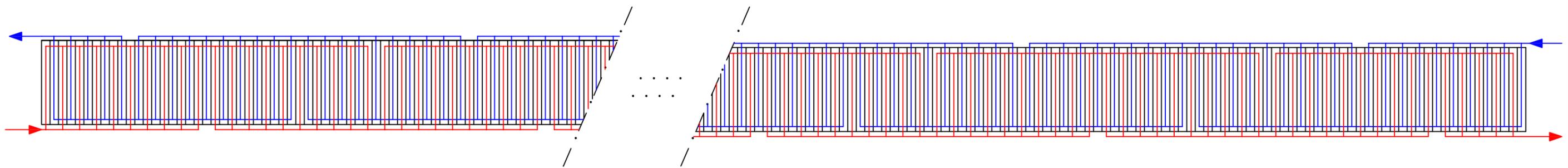


1	Boca-Hombre
2	Tubuladura de Salida (descarga)
3	Sensor de Nivel
4	Grifo de toma de Muestra
5	Agitador
6	Boquillas de Limpieza
7	Camisado de Refrigeración
8	Aislante de fibra vidrio

	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN		Plano VIII	
1:75	Jerez de la Frontera		Depósito 2	
			Cádiz	

# CONFIGURACIÓN DE PLACAS DEL PASTERIZADOR

## SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO

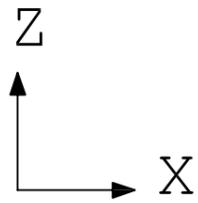
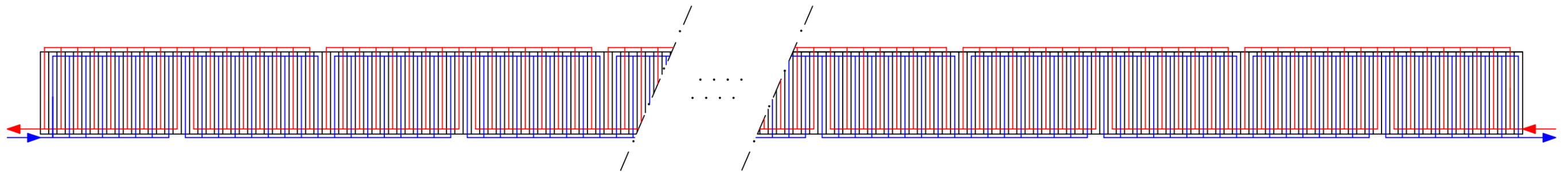


NATA CALIENTE  
 AGUA FRÍA

	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño				
Número Colegiado:				
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano IX
	Jerez de la Frontera			Sección Enfriamiento
				Pasterizador

# CONFIGURACIÓN DE PLACAS DEL PASTERIZADOR

## SECCIÓN DE REGENERACIÓN

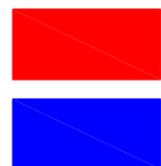
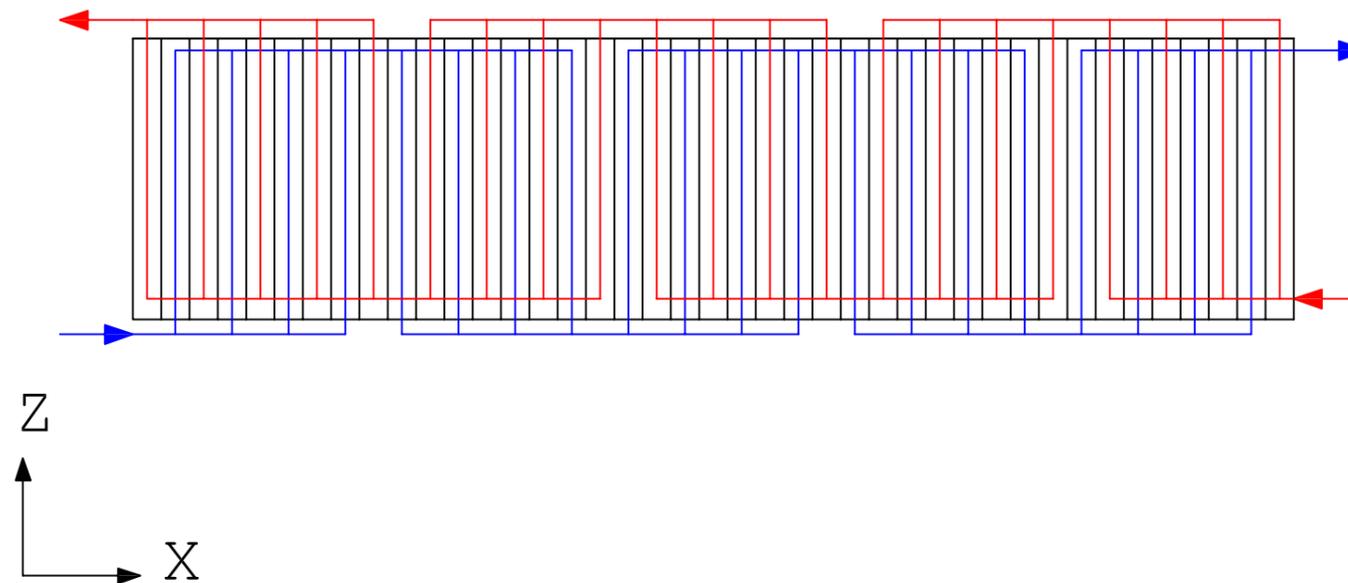


NATA CALIENTE  
 NATA FRÍA

	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño				
Número Colegiado:				
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano X
	Jerez de la Frontera			Sección Regeneración
				Pasterizador

# CONFIGURACIÓN DE PLACAS DEL PASTERIZADOR

## SECCIÓN DE CALENTAMIENTO



AGUA CALIENTE

NATA REGENERADA

	Fecha	Nombre	FIRMA:	Empresa:
Dibujado	28/07/2008	EL INGENIERO		PULEVA FOODS S.L
	El Ing. Quím: Sergio Castillo Niño			
	Número Colegiado:			
Escala:	PLANTA DE PASTERIZACIÓN			Plano XI
	Jerez de la Frontera			Sección Calentamiento
				Pasterizador

DOCUMENTO III

PLIEGO DE CONDICIONES



PLIEGO  
CONDICIONES  
GENERALES

## **CAPITULO I**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

#### **Art. 1- Documentos que definen las obras.**

Los documentos que definen las obras y que la Propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los Planos y Pliego de Condiciones que están recogidos en el presente Proyecto.

Los datos incluidos en la memoria y Anexos, así como la justificación de precios, tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planteamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado, deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

#### **Art. 2 –Compatibilidad y relación entre los documentos.**

En caso de contradicción entre los Planos y Pliego de condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los Planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

#### **Art. 3 –Dirección Técnica de las obras.**

La propiedad nombrará en su representación a un Ingeniero Superior, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente Proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades a la Dirección Técnica, o sus subalternos, para que puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

No será responsable ante la Propiedad, de la tardanza de los Organismos Competentes en la tramitación del Proyecto.

La tramitación es ajena a la Dirección Técnica, quien una vez conseguidos todos los permisos, dará orden de comenzar la obra.

## **CAPITULO II**

### **CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

#### **Art. 4 -Forma general de ejecutar los trabajos.**

Las obras se ajustarán a los Planos, la Memoria y Pliego de Condiciones, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir, por Ingenieros Directores de Obra. Si por cualquier circunstancia fuera necesario practicar alguna modificación en las obras a realizar se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerará parte integrante del proyecto primitivo, y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de este en cuanto no se oponga explícitamente.

Si el proyecto reformado supone variación en el presupuesto total de las obras, se procederá con arreglo a lo expresado, referente al tipo económico de Contrata.

#### **Art. 5 -Prescripciones Técnicas.**

El conjunto de los diversos trabajos que deben realizarse para ultimar en las condiciones requeridas el conjunto proyectado, así como los materiales y aparatos que se deben emplear relacionados y especificados en los documentos pertinentes y los restantes que, aunque no figuren, sean indispensables para la ejecución de los trabajos,

siempre de acuerdo y en armonía con los documentos del proyecto, deberán reunir las condiciones, requisitos y especificaciones recogidos en el Pliego de Condiciones Generales de Índole Técnica del Pliego de Condiciones. Se exceptúan de aquello las condiciones que por causa del avance tecnológico hubieren caído en desuso, y se entenderán sustituidas por las modernas.

#### **Art. 6 –Condiciones que deberán satisfacer los materiales.**

Todos los materiales que hayan de emplearse habrán de reunir con todo rigor las especificaciones mecánicas, físicas y químicas, requeridas para cada uno de ellos, reservándose la Dirección Técnica de la obra el derecho de ordenar sean retirados, demolidos o reemplazados, en cualquier momento durante el transcurso de las obras o cualquiera de los periodos de garantía, siempre que, as u parecer, perjudicasen la seguridad o la bondad de la obra. Deberán observarse con especial interés los siguientes aspectos técnicos:

- ✦ Como norma general, el acero empleado en toda la instalación será Acero Inoxidable AISI 316, salvo que se especifique lo contrario.
- ✦ El material de accesorios intermedios en contacto con las corrientes de proceso habrá de reunir, por el mismo motivo, las mismas especificaciones.
- ✦ Se prestará especial cuidado en el diseño mecánico de todos los elementos para evitar se produzcan futuros accidentes por estrés o corrosión.

#### **Art. 7 –Materiales no consignados en los Pliegos.**

Cualquier material no consignado ni descrito en los pliego, órdenes o normas ya mencionados y que fuese necesario emplear, reunirá las condiciones que se requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la obra, y en este sentido, el criterio de la Dirección Facultativa será inapelable.

**Art. 8 –Procedencia de los materiales y aparatos.**

El Contratista podrá abastecerse de objetos y aparatos para la ejecución de las obras en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las especificaciones técnicas exigidas por el proyecto.

**Art. 9 –Control.**

Antes de proceder al empleo de los materiales serán examinados y aceptados por el Director, quien podrá disponer si así lo considera, de todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., hasta su definitiva aprobación. Los gastos que dichos ensayos ocasionen, serán cargo exclusivo del Contratista.

**Art. 10 -Obras o instalaciones no especificadas.**

Si en el transcurso de los trabajos fuese necesario ejecutar alguna clase de obras no registrada en el Pliego de Condiciones, el Contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba de la Dirección Facultativa, quien a su vez cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El Contratista en dichos casos no tendrá derecho alguno a reclamación.

**Art. 11- Materiales y equipos en general.**

- a) –Como norma general, el material en contacto con la nata será acero inoxidable AISI 316 o AISI 304.
- b) –Las superficies en contacto con los alimentos serán lisas, pulidas y no porosas, para evitar el depósito y acumulación de partículas de alimento, bacterias o huevos de insectos, no debiéndose observar restos de alimentos en un análisis al microscopio de esa superficie.
- c) –Todas las superficies en contacto con los alimentos podrán ser visibles para su inspección, es decir, serán accesibles, o debe estar demostrado que con los procedimientos de limpieza de rutina establecidos se conseguirá un nivel de

limpieza, higiene y desinfección suficientes, sin que haya posibilidad de contaminación con bacterias o insectos. En este sentido, todas las superficies en contacto con los alimentos deben ser fácilmente accesibles para su limpieza manual, o si no son accesibles se debe asegurar un sistema de limpieza automático que garantice un nivel de limpieza similar al obtenido a mano.

- d) –Todas las zonas interiores de los equipos en contacto con los alimentos tendrán una disposición de manera que exista facilidad de drenado total de los líquidos alimentarios que se manejen o agentes y productos de limpieza.
- e) –El equipo también se diseñará para proteger los contenidos, el alimento que procesa, de la contaminación exterior. Por ello, las superficies exteriores y, en general, aquellas que no estén en contacto con el alimento, se dispondrán de manera que se evite la acumulación de suciedad y sea fácil su limpieza. Así, todas las partes del equipo serán accesibles para su limpieza y tendrá un diseño que permita un total drenaje de los agentes de limpieza para que no haya acumulación de estos o de aguas de aclarado.
- f) –Las uniones serán soldadas, como norma general, frente a las uniones roscadas, para evitar acumulación de líquidos.
- g) –Los tanques se han de diseñar teniendo en cuenta la facilidad de limpieza. Su superficie interior tendrá un acabado nº4 o equivalente. Dispondrán de bocas de hombre con accesos abatibles, que se dispondrán de manera que cuando se abran no dejen caer nada al interior del depósito. Se evitarán los montajes con la formación de ángulos agudos o rectos. Radios mínimos de 2 pulgadas. Las soldaduras con acero inoxidable han de ser de arco de argón y deben ser continuas, con material de soldadura similar al receptor.
- h) –El cálculo del espesor de pared en tanques se hará adecuadamente para evitar sobreesfuerzos en el material de construcción que pudieran dar lugar a corrosión por estrés.

- i) –Las patas de los tanques no tendrán encuentros cóncavos con el suelo. Serán acabadas en esfera preferentemente; si es necesario pie plano, se han de fijar al suelo sobre una pletina. Estas patas se dispondrán de manera que el tanque esté situado a no menos de 20 cm del suelo, permitiendo la limpieza de este bajo el depósito. Del mismo modo, se dejará una separación entre el tanque y el muro más cercano y el techo del edificio que lo aloja que permita el acceso suficiente para su fácil limpieza.
  
- j) –Las bombas de líquido alimentario tendrán superficies de paso pulidas. Se evitará las zonas muertas de flujo. Serán fácilmente desmontables para su limpieza, siendo pequeño el número de piezas a desmontar. Se evitará la presencia de roscas en contacto con el alimento. Los rodamientos de se colocarán fuera de la zona de paso del alimento, debiendo existir un buen sellado entre ambas zonas. La bomba tendrá un drenaje total de alimento líquido y agentes de limpieza. El diseño exterior del grupo motor-bomba permitirá su fácil limpieza, con cobertura de plancha de acero inoxidable.
  
- k) –Las bombas irán montadas sobre patas, que han de ser pulidas y con pies redondeados y libres de tornillos roscados expuestos. Irán colocadas en lugares de accesibilidad suficiente.
  
- l) –Las bombas de tornillo llevarán conectado el sistema de transmisión por el lado de alta presión, lo que evitará la entrada de aire y contaminantes exteriores al alimento líquido.
  
- m) -Las válvulas no pondrán en contacto sus mecanismos con el alimento, mediante la presencia de un sellado adecuado deberán ser autovaciantes. Los materiales de construcción en contacto con el alimento y agentes de limpieza tendrán suficiente resistencia a la corrosión y un adecuado acabado de superficie.

n) –Tuberías del producto alimenticio:

- Uniones de tuberías.- La superficie interior de las tuberías han de encontrar una solución de continuidad en las uniones entre las mismas. Por tanto, la unión será soldada o del tipo unión rápida sanitaria. Las soldaduras tendrán un acabado superficial similar al resto de la superficie interior de la tubería.
- Materiales de construcción y acabado de superficies.- En general se utilizará el acero inoxidable AISI-304 o AISI 316, según el grado de corrosión posible. El acabado será el n°4 en principio. Pueden utilizarse otros materiales, siempre que cumplan la legislación aplicable a los alimentos, y que sus propiedades sean similares a los aceros de calidad descritos, de modo que permitan una limpieza satisfactoria.
- Montaje de redes de tuberías fijas.- Será de manera que se consiga un drenaje fácil y total, para evitar que haya posible acumulación de alimento o de agentes de limpieza. La pendiente mínima será del 4% hacia los puntos de drenaje. Las tuberías serán accesibles para su inspección y mantenimiento.

## **CAPITULO III**

### **CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

#### **EPÍGRAFE I “DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA”**

**Art. 12 -Dirección facultativa.**

La dirección facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo de la propiedad.

**Art. 13 -Facultad general de la dirección facultativa.**

Además de las facultades generales que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia legal de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y en relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso pero con causa justificada, recusar en nombre de la Propiedad del Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todo las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar información necesaria sobre el cumplimiento de las condiciones de la contrata y del ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el Plan de Obra.

A todos estos efectos el Adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico y los capataces y encargados que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

---

## **EPÍGRAFE II “OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONTRATISTA”**

### **Art. 14 -Representación del Contratista**

Desde que se dé el principio de las obras, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como su representante autorizado que se encargará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Estará autorizado por el Contratista para recibir notificaciones escritas o verbales desde la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo, estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a su representante cualificado y en especial del Jefe de Obras deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa no pudiendo efectuar el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo, que como dependientes de la contrata intervengan en las obras y, en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aun en ausencia o negativa de recibido por parte de los dependientes de la contrata.

### **Art. 15 -Trabajos no estipulados expresamente en el pliego de condiciones**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle estipulado expresamente en el pliego de condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo dispone la Dirección Facultativa y dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada obra y tipo de ejecución.

**Art. 16 -Insuficiente especificación en la documentación del proyecto**

Si alguna parte de la obra no quedara suficientemente especificada en esta documentación, a juicio de la contrata o de la Propiedad, no se realizará hasta que la Dirección Facultativa diera las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada Dirección por escrito, con la antelación necesaria para que se pueda estudiar el problema y aportar la solución más acertada sin que ello suponga retraso de la marcha de la obra. El tiempo de antelación variará con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

**Art. 17 -Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver, los originales o copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará asimismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Contratista, habrá de dirigirla en un plazo de 15 días a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si lo solicitase.

**Art. 18 -Información del contratista a subcontratas, instaladores y oficios.**

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las subcontratas, instaladores y oficios, para que su labor se ajuste al proyecto. En cualquier caso el Contratista será el único responsable de las variaciones o errores que hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

**Art. 19 -Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la Propiedad, si son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida a la Dirección Facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

**Art. 20 -Recusación por el Contratista del personal nombrado por la Dirección Facultativa.**

El Contratista no podrá recusar el personal técnico o de cualquier índole, dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

**Art. 21 -Recusación por la Dirección Facultativa del representante del Contratista.**

Cuando esté ausente el Contratista, o si éste no fuese práctico en las artes de la construcción y siempre, por cualquier causa, la Dirección Facultativa lo estime necesario, el Contratista tendrá la obligación de poner al frente de su personal un facultativo legalmente autorizado.

Sus funciones serán: vigilar los trabajos y colocación de andamios y demás medios auxiliares, verificar los replanteos y demás operaciones técnicas, así como cumplir las instrucciones de la Dirección Facultativa y firmar el “Libro de Órdenes” con el enterado a las órdenes del citado facultativo.

Será objeto de recusación el facultativo si carece de carné que acredite su cualificación, o si carece de conocimientos de construcción, probados por su experiencia y que le permitan la interpretación de los planos órdenes de forma que pueda cumplir sus funciones.

**Art. 22 -Del personal del Contratista.**

a) Encargado.

El encargado nombrado por el contratista se considerará a las órdenes de la Dirección Facultativa, siempre que ésta o la persona que la sustituya, se lo requiera para el mejor cumplimiento de su misión.

b) Recusación del personal.

El Contratista viene obligado a separar de la obra, aquel personal que, a juicio de la Dirección Facultativa, no cumpla sus obligaciones de forma adecuada.

**EPIGRAFE III “CONDICIONES GENERALES SOBRE LAS  
OBRAS Y SU EJECUCIÓN”**

**Art. 23 –Calendario de Trabajo.**

El Contratista propondrá a la Dirección Facultativa el correspondiente calendario de trabajo. Aceptado este calendario se firmarán por la Contrata y la Dirección Técnica, quedándose cada parte en posesión de una copia.

La Contrata se obliga por este documento a justificar mensualmente el cumplimiento de las ejecuciones programadas.

**Art. 24 –Comienzo de los Trabajos y Plazo de Ejecución.**

Obligatoriamente y por escrito, el Contratista deberá dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos antes del transcurso de veinticuatro horas desde su comienzo.

Para la formalización del Acta de Replanteo serán necesarias la preparación a pie de obra de la maquinaria y demás elementos auxiliares para el comienzo, así como la adjudicación de los trabajos que haya lugar y con el personal suficiente.

La fecha de comienzo deberá constar en el calendario de trabajo, mientras que el plazo de ejecución vendrá determinado en el contrato establecido entre la Contrata y la Propiedad.

**Art. 25 –Orden de los Trabajos.**

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la Contrata, salvo aquellos casos en los que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Estas órdenes deberán ser comunicadas por escrito a la Contrata, que estará obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

**Art. 26 –Ampliación del Proyecto por Causas Imprevistas de Fuerza Mayor.**

Cuando en obras de reforma o reparación sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar al proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándolos según las instrucciones dadas por la Dirección Facultativa, en tanto se reformula o tramita el proyecto reformado.

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales, cuando la Dirección Facultativa de la obra lo disponga, para apeos, apuntalamientos, derribos

recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe será consignado en el presupuesto adicional o abonado directamente de acuerdo con lo que mutuamente acuerden.

**Art. 27 –Prorrogas por Causa de Fuerza Mayor.**

Si por causas de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como la rescisión en el capítulo “Condiciones Generales de Índole Legal”, aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas en los plazos prefijados se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata, previo informe favorable de la Dirección Facultativa acerca de la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

**Art. 28 –Responsabilidad de la Dirección Facultativa del Retraso de las Obras.**

Con objeto de no interferir la marcha de las obras, y para el cumplimiento del plazo, la Contrata solicitará a la Dirección Facultativa los datos que considere pueden retrasar el mismo.

Asimismo, antes de ejecutar una unidad de obra no estipulada en el Proyecto, se someterá con antelación suficiente el precio contradictorio para su aprobación, que firmarán en caso de aceptación la Propiedad, la Dirección Facultativa y el Contratista adjudicatario de las obras, previo informe de la repercusión económica de los precios contradictorios.

**Art. 29 –Trabajos Defectuosos.**

Cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos realizados, o que los materiales empleados o aparatos colocados no reúnen las condiciones necesarias y acordadas, ya sea durante el transcurso o tras la finalización previa a la verificación de la recepción definitiva, de los trabajos, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de

acuerdo con lo contratado y a expensas de la Contrata. Si ésta se negase por estimarlo injustificado, se procederá de acuerdo con el apartado “Materiales y Aparatos Defectuosos”.

**Art. 30 –De los Materiales, Aparatos, Procedencia y su Empleo.**

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clase cuando lo crea conveniente, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato y sean convenientemente aplicables según las disposiciones establecidas por la Dirección Facultativa en espliego de Condiciones.

No se procederá al empleo e instalación de los mismos sin el previo examen y visto bueno de la Dirección Facultativa, según las disposiciones establecidas. Deberá suministrarse al Contratista las muestras y modelos necesarios para la realización de las pruebas. Los gastos de ensayos, análisis y pruebas corren a cargo del Contratista.

**Art. 31 –Materiales No Utilizables.**

El Contratista deberá ubicarlos adecuadamente sin que con ello estorbe a la realización de los trabajos de los que es responsable. Posteriormente deberán ser retirados y depositados en un vertedero si en el Pliego de Condiciones Particulares de la Obra así estuviese indicado. En caso de no estar contemplado, se retirarán de la obra cuando lo ordene la dirección Facultativa, acordándolo con el Contratista, atendiendo con ello a su justa tasación y considerando los costes de transporte y el valor de los propios materiales.

**Art. 32 –Materiales Defectuosos.**

Cuando los materiales no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos de Condiciones específicos, o a falta de éstos, a las órdenes de la Dirección Facultativa.

**Art. 33 –Medios Auxiliares.**

Los andamios, cimbras, máquinas y demás medios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos serán responsabilidad del Contratista. El Propietario estará exento por tanto de responsabilidad por avería o accidente personal que pueda ocurrir por insuficiencia de dichos medios.

Del mismo modo los medios de señalización y protección de la obra y los trabajadores serán responsabilidad del Contratista.

## **CAPITULO IV**

### **CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL**

#### **Art. 34 – Contratistas.**

Los requisitos que deberán cumplir los Contratistas figuran detallados en los artículos correspondientes relacionados con los aspectos relacionados con la obra.

#### **Art. 35 –Responsabilidad del Contratista.**

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones recogidas en el contrato y según las disposiciones adoptadas en los Documentos de Proyecto (la Memoria tendrá consideración como tal).

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Técnica haya examinado y reconocido la construcción durante el transcurso de las obras, ni el que hayan sido abonadas en las liquidaciones parciales.

#### **Art. 36 -Accidentes de Trabajo.**

En casos de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en el ejercicio del trabajo para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la Legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por cualquier tipo de responsabilidades.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a

los viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos o susceptibles de riesgo de la obra.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados está incluido todo gasto preciso para cumplir debidamente dichas disposiciones. Será preceptivo que en el tablón de anuncios de la obra y durante todo el transcurso de los trabajos figure el artículo “Pliego de Condiciones Generales de Índole Legal”, sometiéndolo ‘previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

#### **Art. 37 –Obligaciones Laborales**

El Contratista es el único responsable del fiel cumplimiento de la vigente Legislación Laboral. Por tanto, todo el personal que intervenga en la obra estará dado de alta, con su cualificación correspondiente, en los Organismos Oficiales que sean indicados.

#### **Art. 38 –Copias de Documentos.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Planos, Presupuesto y Pliego de Condiciones, y demás documentos del Proyecto.

La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas.

#### **Art. 39 -Causas de Rescisión de Contrato.**

- Se consideran causas suficientes de rescisión las siguientes:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
  
- La quiebra del Contratista.

Para ambos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, son que en este último caso tengan aquellos derechos a indemnización alguna.

- Las alteraciones del contrato por alguna de las siguientes causas:
  - ✓ La modificación del Proyecto de forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones represente el 25% como mínimo, del importe de aquel.
  - ✓ La modificación de unidades de obra, siempre que éstas representen variaciones del 40% como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del Proyecto, o bien más del 50% de unidades de obra modificadas.
- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre por causas ajenas a la Contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada en el plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de obra comenzada, siempre considerando el plazo especificado en las Condiciones Particulares del Proyecto.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos en el plazo señalado en las Condiciones Particulares del Proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido a mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.

- La terminación del plazo de ejecución de las obras, sin haberse dado la conclusión de las mismas.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

## **CAPITULO V**

### **CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

#### **EPÍGRAFE I “BASE FUNDAMENTAL”**

##### **Art. 40 –Base Fundamental.**

Como base fundamental de estas “Condiciones particulares de índole económica”, se establece que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que se hayan llevado a cabo con arreglo a lo establecido en el texto y planos del proyecto, tanto a sus condiciones generales como particulares que fijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

#### **EPÍGRAFE II “GARANTÍAS Y FINANZAS”**

##### **Art. 41 –Garantías.**

La Dirección Técnica podrá exigir al Contratista la presentación de referencias o de otras entidades o personas, con objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias, de ser pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

##### **Art. 42 -Ejecución de los Trabajos con Cargo a la Fianza.**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Técnica, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero o por Administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de dicha fianza resultase insuficiente para abonar los gastos en las unidades de obra que fueran de recibo.

**Art. 43 –Devolución de la Fianza.**

El plazo de devolución de la fianza depositada por el Contratista no superará los ocho días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la Obra. Siempre y cuando el Contratista haya acreditado por vía certificada mediante la máxima autoridad política del municipio donde se halle emplazada la obra, que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos durante los trabajos.

**EPIGRAFE III “PRECIOS Y REVISIONES”**

**Art. 44 –Precios Unitarios.**

El Contratista presentará precios unitarios de todas las partidas que figuran en el estado de mediciones que se le entregará.

Los precios unitarios que compongan el presupuesto oferta, tienen valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pudieran sobrevenir.

**Art. 45 –Alcance de los Precios Unitarios.**

El presupuesto se entiende comprensivo de la totalidad de la obra, instalaciones o suministro que llevará implícito el importe de los trabajos auxiliares, el de la imposición fiscal derivada del contrato y de la actividad del Contratista en su ejecución, el de las cargas laborales de todo orden, todos los cuales no son objeto de partida específica. Quedarán incluidos en la oferta de la empresa constructora todos aquellos trabajos y materiales que aún no están descritos en el presente Pliego de Condiciones, y sean totalmente necesarios para la conclusión de la obra.

**Art. 46 –Revisión de Precios.**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ese motivo que no se deban admitir en principio la revisión de los precios contratados. Dada la variabilidad continua de los precios, de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, características de determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, tanto en alza como en baja y siempre en armonía con las oscilaciones de los precios del mercado. Se admitirán solamente aquellas variaciones de precios y jornales que hayan sido autorizados oficialmente. Por ello, en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, notificándolo por escrito, en el momento en que se produzca cualquier alteración de precios que repercuta aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de continuar con la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y por causa justificada, haya subido, especificándose, y acordándose previamente a la fecha a partir de la cual será actualizado el nuevo precio, para lo cual se tendrá en cuenta el acopio de materiales en la obra en el caso de que estuviesen abonados total o parcialmente por el Propietario. Si el Propietario, o en su representación la Dirección Facultativa, no estuviesen conformes con los nuevos precios de materiales, transportes, etc., que el Contratista desea recibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer Al Contratista, y éste la obligación de aceptar, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso se tendrán en cuenta para la revisión los precios de los materiales transportes, etc., adquiridos por el Contratista según la información del Propietario.

Cuando el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, solicitase al Contratista la revisión de precios por haber bajado los jornales, materiales, transportes, etc., se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad con la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados. Cuando entre los documentos firmados por ambas parte figurese el

relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

**Art. 47 –Precios no señalados.**

La fijación de precios deberá hacerse antes de que se ajuste la obra a la que haya de aplicarse, pero si por cualquier circunstancia, en el momento de hacer las mediciones no estuviese aun determinada, el Contratista está obligado a aceptar el que señale la Dirección Facultativa.

Cuando, a consecuencia de rescisión u otra causa, fuere necesario valorar obras incompletas cuyo precio no coincida con ninguno de los que consignen en el cuadro de precios, la Dirección Facultativa será la encargada de descomponer el trabajo realizado y compondrá el precio sin reclamación por parte del Contratista.

**EPÍGRAFE IV “VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS”**

**Art. 48 –Valoración de la Obra.**

La medición de la obra concluida se realizará por medio del tipo de unidad fijada en presupuesto. Deberá obtenerse la valoración aplicando a las diversas unidades de obra el precio que tuviese asignado en el presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el Contratista.

**Art. 49 –Equivocaciones en el Presupuesto.**

Si el Contratista no expone observaciones acerca de posibles errores en el presupuesto, se supone que está totalmente de acuerdo con lo que en él se presenta. Si la obra una vez en ejecución, contiene un mayor número de unidades de las que en el documento aparecen, no tendrá derecho a reclamación alguna. Si, por el contrario, el número de unidades resultase menor, se descontaría su importe del presupuesto.

**Art. 50 –Valoración de Obras Incompletas.**

Cuando a consecuencia de rescisión u otras causas, fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de precios.

**Art. 51 –Mejoras de Obras Librementemente Ejecutadas.**

Cuando el Contratista, incluso con la autorización de la Dirección Facultativa, emplease materiales de más esmerada preparación o de dimensiones superiores que la señalada en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra de mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta, y sin pedírsele, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Técnica, no tendrá derecho, sin embargo, mas que al abono de lo que pudiese corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con arreglo y sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

**Art. 52 –Abonos por Partidas Alzadas.**

Caso de que por no existir en el presupuesto precios unitarios que puedan emplearse por asimilación con las obras ejecutadas por partidas alzadas, éstas se abonarán previa presentación de los justificantes de su costo, (adquisición de materiales y lista de jornales debidamente controladas por la Dirección Facultativa).

**Art. 53 –Liquidaciones Parciales.**

Periódicamente, el Contratista tendrá derecho a recibir una cantidad proporcional al porcentaje de obra ejecutada en dicho periodo. A la vista del calendario de obra, se fijará el alcance de cada uno de ellos y las cantidades a percibir tras su conclusión.

Estas cantidades tendrán carácter de entrega a buena cuenta y el Contratista no podrá percibir las hasta que no hay dado la conformidad la Dirección facultativa.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya establecido.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso, suspender los trabajos ni llevarlos con menos incremento del necesario para la terminación de las obras en el plazo previamente establecido.

**Art. 54 –Liquidación General.**

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general, que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyan la obra.

**Art. 55 –Suspensión o Retraso en el Ritmo de los Trabajos.**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender los trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo a los plazos preestablecidos. Cuando se proceda de dicha forma, el Propietario podrá rescindir la Contrata.

PLIEGO

CONDICIONES

PARTICULARES

## **I) NORMATIVA BÁSICA**

☆ Ley 21/1992 de 16 de julio, de Industria B.O.E. Nº 176 publicado el 23/7/1992.

-Organismo competente: Jefatura del Estado.

-Fecha de Aprobación: 16/7/1992

-Comentarios:

- Tiene por objeto establecer las bases de ordenación del sector industrial, así como los criterios de coordinación entre las Administraciones Públicas, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 149.1.1. y 13. de la Constitución Española. Igualmente, regula la actuación de la Administración del Estado en relación con el sector industrial.
- Se consideran industrias, a los efectos de la presente Ley, las actividades dirigidas a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados. Asimismo, estarán incluidos en su ámbito de aplicación los servicios de ingeniería, diseño, consultoría tecnológica y asistencia técnica directamente relacionados con las actividades industriales.
- Su entrada en vigor supone la derogación de la Ley de 24 de noviembre de 1939, de Ordenación y Defensa de la Industria, y la Ley 152/1963, de 2 de diciembre, de Industrias de Interés Preferente, y cuantas disposiciones se opongan a lo determinado en la presente Ley.

☆ **Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal B.O.E. N° 128 publicado el 30/5/1995.**

-Organismo competente: Ministerio de Industria y Energía

-Fecha de Aprobación: 28/4/1995

-Comentarios:

- Esta disposición responde a la necesidad, expresada por la Ley 21/1992, de Industria, de establecer reglamentariamente la organización administrativa y los procedimientos del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal, así como la especificación de los datos complementarios de carácter obligatorio y la determinación del sistema de acceso a la información contenida en el mismo.
- Con tal objeto, el presente Reglamento regula el Registro de Establecimientos Industriales dependiente del Ministerio de Industria y Energía, sin perjuicio de los registros industriales que puedan constituir las Comunidades Autónomas. Al mismo tiempo, establece la composición y funcionamiento de la Comisión de Registro e Información Industrial.

☆ **Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial B.O.E. N° 32 publicado el 6/2/1996.**

-Organismo competente: Ministerio de Industria y Energía

-Fecha de Aprobación: 28/12/1995

-Comentarios:

- Aprueba e incluye el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, cuyo ámbito de aplicación y competencias se limita al contenido en el artículo 3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de

Industria. Asimismo, reconoce a la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, como organismo de normalización, y a la Entidad Nacional de Acreditación, ENAC, como entidad de acreditación, señalando, además, los cometidos del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial.

- Las figuras de homologación de producto, homologación de tipo y registro de tipo, preceptivas en disposiciones reglamentarias de seguridad industrial, quedan sustituidas, excepto en los casos previstos en el artículo 13.4 de la Ley de Industria, por la de certificaciones de conformidad con los requisitos reglamentarios.
- Regula la validez de los certificados y marcas de conformidad a norma y las actas o protocolos de ensayos, emitidos por organismos de evaluación de la conformidad oficialmente reconocidos en otros Estados miembros de la Unión Europea. También precisa plazos de tiempo para la actuación de entidades de inspección y control reglamentario, entidades colaboradoras en materia de medio ambiente y laboratorios de ensayo y calibración en lo relativo a su concesión o autorización.
- Incluye una relación de todas aquellas disposiciones que quedan derogadas a la entrada en vigor de la presente.

☆ **Real Decreto 251/1997, de 21 de febrero de 1987, por el que se aprueba el Reglamento del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial B.O.E. Nº 66 publicado el 18/3/1997.**

-Organismo competente: Ministerio de Industria y Energía

-Fecha de Aprobación: 21/2/1997

-Comentarios:

- Aprueba el Reglamento del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial que figura como anexo a este Real Decreto.

- El presente Real Decreto establece, en cumplimiento de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, la composición y normas de funcionamiento del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial, regulando la existencia de una Comisión Permanente con competencias delegadas del Consejo y de comités técnicos de carácter sectorial y horizontal, destinados a colaborar en las tareas reglamentarias y a coordinar con las actuaciones en materia de calidad y medio ambiente industrial.
  
- El Reglamento establece también los mecanismos necesarios para la emisión de los informes preceptivos sobre los proyectos de reglamentos técnicos de ámbito estatal, así como los relativos a los planes de seguridad industrial. Finalmente, el texto incluye una relación de disposiciones derogadas con la entrada en vigor de la presente.

☆ **Real Decreto 411/1997, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial B.O.E. N° 100 publicado el 26/4/1997.**

-Organismo competente: Ministerio de Industria y Energía.

-Aprobación: 21/3/1997

-Comentarios:

- El Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial, desarrolló aspectos la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, sobre los organismos y entidades que operan en el ámbito de la calidad y de la seguridad industrial. Los problemas planteados y detectados desde su entrada en vigor se resuelven a través de la presente disposición. En este sentido, prorroga los plazos establecidos en las disposiciones adicionales primera y tercera, y disposiciones transitorias primera, segunda y tercera del Real Decreto 2200/1995.

- Por otra parte, modifica la disposición transitoria cuarta, relativa a las certificaciones de conformidad que se establecen como sustitutorias de las figuras de homologación de producto, homologación de tipo y registro de tipo. Igualmente, modifica el artículo 14 del Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial, referido a naturaleza y finalidad.

## **II) LEGISLACIÓN NACIONAL SOBRE ALIMENTOS**

-Disposiciones a tener en cuenta:

☆ **Directiva (CEE) N° 590/1980, sobre el símbolo que debe acompañar a los materiales y objetos destinados a estar en contacto con los alimentos.**

☆ **Directiva (CEE) N° 109/1989, sobre materiales y objetos destinados a entrar en contacto con los alimentos.**

☆ **Real Decreto 1425/1988: “Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de materiales plásticos destinados a estar en contacto con productos alimenticios y alimentarios”.**

☆ **Real Decreto 397/1990: “Condiciones Generales de los materiales para uso alimentario, distinto de los poliméricos”.**

☆ **Real Decreto 1679/1994: “Condiciones Sanitarias aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos”.**

### **III) LEGISLACIÓN NACIONAL RELATIVA AL ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

#### **A) EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

##### **Directiva 89/686/CEE (Equipos de Protección Individual).**

☆ **Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre**, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

☆ **Orden de 16 de mayo de 1994**, por la que se modifica el período transitorio establecido en el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

☆ **Real Decreto 159/1995 de 3 de febrero**, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

☆ **Resolución de 25 de abril de 1996**, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

☆ **Orden de 20 de febrero de 1997**, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, que modificó a su vez el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, relativo a las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

☆ **Resolución de 18 de marzo de 1998**, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial, por la que se actualiza el anexo IV contenido en la Resolución de 25 de abril de 1996, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial.

☆ **Resolución de 29 de abril de 1999**, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial, por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 18 de marzo de 1998, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial.

☆ **Resolución de 28 de julio de 2000**, de la Dirección General de Política Tecnológica, por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 29 de abril de 1999, de la Dirección General de Industria y Tecnología.

☆ **Resolución de 7 de septiembre de 2001**, de la Dirección General de Política Tecnológica, por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 28 de julio de 2000.

☆ **Resolución de 27 de mayo de 2002**, de la Dirección General de Política Tecnológica, por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 25 de abril de 1996, por la que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

## **B) PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

### **Reglamento**

☆ **Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre**, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

☆ **Orden de 16 de abril de 1998**, sobre normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de

Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo.

## **C) SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS**

### **REGLAMENTACIÓN REFERENTE A DIRECTIVAS COMUNITARIAS**

#### **Directiva 98/37/CE (Máquinas)**

- ☆ **Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre**, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- ☆ **Real Decreto 56/1995, de 20 de enero**, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.
- ☆ **Resolución de 1 de marzo de 1995**, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se publica la relación de organismos notificados por los Estados miembros de la Unión Europea para la aplicación de la Directiva 89/392/CEE, sobre máquinas.
- ☆ **Resolución de 5 de marzo de 1996**, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se publica la relación de organismos notificados por los Estados miembros de la Unión Europea para la aplicación de la Directiva 89/392/CEE sobre máquinas.
- ☆ **Resolución de 1 de junio de 1996**, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial, por la que se acuerda la publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, sobre Máquinas.

☆ **Resolución de 19 de mayo de 1997**, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial, por la que se acuerda la publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de aplicación de la **Directiva 89/392/CEE**, sobre máquinas, modificado por Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.

☆ **Resolución de 5 de julio de 1999**, de la Dirección General de Industria y Tecnología, por la que se acuerda la publicación de la lista actualizada de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, sobre máquinas modificadas por el Real Decreto 56/1995 de 20 de enero.

## **IV) LEGISLACIÓN SOBRE APARATOS**

### **A) APARATOS A PRESIÓN**

#### **Reglamento**

☆ **Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.**

☆ **Real Decreto 507/1982, de 15 de enero, por el que se modifican los artículos sexto y séptimo del Reglamento de Aparatos a Presión.**

☆ **Real Decreto 1504/1990, de 23 de noviembre, por el que se modifican determinados artículos del Reglamento de Aparatos a Presión.**

## **B) LEGISLACIÓN COMPLEMENTARIA**



### **ITC-MIE-AP-05: extintores de Incendios.**

- **Orden de 31 de mayo de 1982**, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5 del Reglamento de Aparatos a Presión "Extintores de incendio".
- **Orden de 26 de octubre de 1983**, por la que se modifican los Artículos 2º, 9º y 10º de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5 del Reglamento de Aparatos a Presión relativo a "Extintores de Incendio".
- **Orden de 15 de noviembre de 1989**, por la que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a extintores portátiles de incendios.
- **Orden de 10 de marzo de 1998**, por la que se modifica la instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5 del Reglamento de Aparatos a Presión sobre extintores de incendios.



### **ITC-MIE-AP-13: intercambiadores de calor.**

- **Orden de 11 de octubre de 1988**, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a intercambiadores de calor de placas.

## **V) LEGISLACIÓN SOBRE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

### **Reglamento**

☆ **Real Decreto 379/2001, de 6 de abril**, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7.

☆ **Ley 21/1992, de 16 de julio**, de Industria, establece en el apartado 5 de su artículo 12 que los Reglamentos de Seguridad de ámbito estatal se aprobarán por el Gobierno de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas con competencias legislativas sobre Industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio. Además la evolución de la técnica y la experiencia que se ha ido acumulando en la aplicación de las instrucciones técnicas complementarias, ha puesto de manifiesto la necesidad de reelaborar todas ellas, adaptándolas al progreso técnico.

## **VI) LEGISLACIÓN NACIONAL RELATIVA A TUBOS DE ACERO INOXIDABLE SOLDADO**

### **Reglamentación Nacional**

☆ **Real Decreto 2605/1985 de 20 de noviembre**, por el que se declara de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los tubos de acero inoxidable soldados longitudinalmente y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

## **VII) LEGISLACIÓN SOBRE PLANTAS E INSTALACIONES FRIGORÍFICAS**

### **Reglamento**

☆ **Real Decreto 3099/1977, de 8 de septiembre**, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

☆ **Orden de 24 de enero de 1978**, por la que se aprueban las Instrucciones Complementarias denominadas instrucciones MI IF con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

☆ **Real Decreto 394/1979, de 2 de febrero**, por el que se modifica el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

☆ **Real Decreto 754/1981, de 13 de marzo**, por el que se modifican los artículos 28, 29 y 30 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

## **VIII) PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

### **Reglamento.**

☆ **Ley 31/1995 de 8 de noviembre**, de Prevención de Riesgos Laborales.

☆ **Real Decreto 39/1997** por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

☆ **Real Decreto 487/1997 de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

☆ **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

☆ **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

☆ **Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo**, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

☆ **Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.

☆ **Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre**, por el que se aprueban las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

## **IX) CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS**

- Código ASME: “Boiler and Pressure Vessel Code”, sección VIII, División I.
- Código TEMA: “Tubular Exanger Manufacturers Association”.
- ANSI B-16.5: “Piep Flanges and Flanged Fitting”.
- ASTM: “American Society for Testing and Materials”.

DOCUMENTO IV

PRESUPUESTO

## **ÍNDICE**

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	1
2.1. Presupuesto de equipo, materiales e instrumentación.....	1
2.2. Presupuesto de coste de personal.....	5
3. COSTES DE OPERACIÓN.....	6

## 1. INTRODUCCIÓN

-El objetivo de este documento es presentar una valoración aproximada de cuál será la inversión necesaria para la ejecución material del proyecto *Diseño de la Instalación de una Planta de Pasterización de Nata*, así como la estimación de los costes anuales de operación.

## 2. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

-Para la estimación del presupuesto de inversión se ha tenido en cuenta el coste del equipo, los materiales y la instrumentación, así como el coste del personal que ha intervenido en la realización del presente proyecto.

-Por ello, se ha dividido el presente capítulo en dos partes totalmente diferenciadas:

### 2.1 Presupuesto de equipo, materiales e instrumentación.

#### 2.1.1 Equipos de la Planta

#### 2.1.2 Materiales

#### 2.1.3 Instrumentación.

### 2.2 Presupuesto de coste de personal

## 2.1. PRESUPUESTO DE EQUIPO, MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN

- En esta parte del presupuesto se evaluarán los diferentes equipos de la planta, el coste de los materiales como: tuberías, valvulería, accesorios (codos, tees, etc) y la instrumentación necesaria para llevar a cabo el control automático de ésta. El control automático se llevará cabo mediante lazos de control en distintos puntos de la planta.

COSTE DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA

<b>CONCEPTO</b>	<b>Nº UDS</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
Depósito Acero Inoxidable (33 m <sup>3</sup> )	1	51.500,00 €	51.500,00 €
Depósito Acero Inoxidable (100 m <sup>3</sup> )	1	135.000,00 €	135.000,00 €
Bomba Desplazamiento Positivo	1	9.750,00 €	9.750,00 €
Bomba Centrifuga	4	2.425,00 €	9.700,00 €
Pasterizador de Placas	1	42.500,00 €	42.500,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>248.450,00 €</b>

COSTE DE LOS MATERIALES

CONCEPTO	Nº UDS	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubería acero inoxidable	105 m	49,00 €/m	5.145,00 €
Codo 90° (radio corto)	28	30,00 €	840,00 €
Tee	5	55,00 €	275,00 €
Válvula aliviadora presión	1	1.150,00 €	1.150,00 €
Válvula mariposa	8	740,00 €	5.920,00 €
Válvula tres vías	1	420,00 €	420,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>13.750,00 €</b>

COSTE DE LA INSTRUMENTACIÓN

<b>CONCEPTO</b>	<b>Nº UDS</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
Sensor Temperatura en Línea	4	187,00 €	748,00 €
Sensor Temperatura Depósito 2	1	215,00 €	215,00 €
Sensor Presión	1	238,00 €	238,00 €
Sensor Nivel Depósito	2	152,00 €	304,00 €
Medidor Caudal	1	172,00 €	172,00 €
Regulador Presión	3	136,00 €	408,00 €
Regulador Velocidad Bomba	6	620,00 €	3.720,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>5.805,00 €</b>

2.2. PRESUPUESTO DE COSTE DE PERSONAL

<b>PERSONAL</b>	<b>COSTE HORARIO</b>	<b>NÚMERO HORAS</b>	<b>TOTAL</b>
Ingeniero	30,00 €/hora	1.820 horas	54.600,00 €
Soldador	15,00 €/hora	120 horas	1.800,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>56.400,00 €</b>

-El presupuesto de inversión total es igual a la suma de los tres anteriores:

RESUMEN PRESUPUESTO INVERSIÓN

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL</b>
Equipo y materiales	262.200,00 €
Instrumentación	5.805,00 €
Personal	56.400,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>324.405,00 €</b>

### 3. COSTES ANUALES DE OPERACIÓN

Los costes anuales de operación se han estimado teniendo en cuenta los costes de funcionamiento del proceso y la mano de obra necesaria.

#### CONSUMO ELÉCTRICO DE BOMBAS

CONCEPTO	CONSUMO	TARIFA CONSUMO	TOTAL
Bomba Desplazamiento Positivo	1661,40 KWh / año	0,075 €/ KWh	124,60 €/ año
Bomba Centrífuga Limpieza	592,80 KWh / año	0,075 €/ KWh	44,50 €/ año
Bomba Centrífuga Calentamiento	670,80 KWh / año	0,075 €/ KWh	50,30 €/ año
Bomba Centrífuga Enfriamiento	756,60 KWh / año	0,075 €/ KWh	54,70 €/ año
Bomba Centrífuga Refrigeración Depósito	4.380,00 KWh / año	0,075 €/ KWh	328,50 €/ año
<b>TOTAL</b>			<b>602,60 €</b>

*\* La instrumentación, que regula el control automático de la planta, tiene sus propias baterías de alimentación y no tienen consumo eléctrico del proceso.*

CONSUMO DE AGUA DE LA RED

CONCEPTO	VOLUMEN CONSUMIDO AGUA	TARIFA CONSUMO	TOTAL
Agua de enfriamiento y calentamiento	83.592 m <sup>3</sup> /año	0,054 €/m <sup>3</sup>	4.514 €/año
Agua de Limpieza	2.527 m <sup>3</sup> / año	0,054 €/m <sup>3</sup>	136 €/año
<b>TOTAL</b>			<b>4.650 €/año</b>

COSTE DE MANO DE OBRA DE LA PLANTA

PERSONAL	COSTE HORARIO	NÚMERO HORAS	TOTAL
Operario de Planta	11,00 €/ hora · año	468 horas	5.148,00 €/ año
Operario de Limpieza	9,00 €/ hora · año	156 horas	1.404,00 €/ año
Mantenimiento de Planta	78,00 €/ hora · año	15 horas	1.170,00 €/ año
<b>TOTAL</b>			<b>7.722,00 €</b>

- Los costes de operación y funcionamiento anuales ascienden a:

RESUMEN DE COSTES ANUALES TOTALES

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL</b>
Consumo eléctrico	602,60 €/ año
Consumo de agua de red	4.650,00 €/ año
Mano de obra	7.722,00 €/ año
<b>TOTAL</b>	<b>12.974,60 €/ año</b>

DOCUMENTO V

ESTUDIOS  
DE  
ENTIDAD PROPIA



***ESTUDIO  
IMPACTO  
AMBIENTAL***

-Según Decreto 153/1996, de 30 de Abril de 1996, por el que se aprueba el reglamento de informe ambiental, en su anexo II párrafo 8 informa de la obligación, por parte del técnico de proyecto, a elaborar un estudio de impacto ambiental para actividades llevadas a cabo en industrias de producción de lácteos. Dicho estudio tendrá la siguiente estructura:

- Objeto y características de la actividad
- Descripción del emplazamiento
- Normativa en materia de seguridad industrial y protección ambiental
- Evaluación de las repercusiones ambientales
- Medidas correctoras

#### A) OBJETO Y CARACTERÍSTIAS DE LA ACTIVIDAD

-La actividad a desempeñar en la planta será la pasterización de nata procedente del desnatado de leche vaca. Se pasterizará 5 horas al día y 3 días a la semana a un caudal de 6 m<sup>3</sup>/hora. Para ello, se dispone de dos depósitos de acero inoxidable cuyos objetivos son la regulación de caudal y el almacenamiento de la nata pasterizada, respectivamente. La operación denominada pasterización se llevará acabo en un intercambiador de placas empaquetadas. El bombeo de los fluidos a través de las tuberías se llevará a cabo mediante 5 bombas: una bomba de desplazamiento positivo para la nata y las cuatro restantes, bombas centrífugas, para el bombeo del agua de refrigeración y calentamiento.

#### B) DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

-La planta se ubicará en la empresa “PULEVA FOODS SL” con dirección Avda. Europa s/n (Jerez de la Frontera) (ver “Documento I-Anexos-Plano Situación”). El lugar destinado al emplazamiento de la planta tendrá unas dimensiones de 40·50 m y una superficie útil de 1.986 m<sup>2</sup>. La central lechera está ubicada en una zona destinada al uso industrial. Por este motivo, la contaminación acústica no afectará directamente a la población.

-Además, el alcantarillado de la zona está preparado para recoger las volúmenes de efluente producidos y conducirlos hasta la EDAR más cercana.

-El consumo eléctrico de la planta es el siguiente:

<b>CONCEPTO</b>	<b>CONSUMO</b>
Bomba Desplazamiento Positivo	1661,40 KWh / año
Bomba Centrífuga Limpieza	592,80 KWh / año
Bomba Centrífuga Calentamiento	670,80 KWh / año
Bomba Centrífuga Enfriamiento	756,60 KWh / año
Bomba Centrífuga Refrigeración Depósito	4.380,00 KWh / año
<b>TOTAL</b>	<b>8.061,60 KWh / año</b>

### C) **NORMATIVA EN MATERIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL**

-En materia de seguridad industrial y protección ambiental, los trabajos de montaje y funcionamiento de la planta estarán sujetos al cumplimiento de la siguiente normativa:

- **Ley 31/1995** de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre**, por el que se aprueban las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

- **Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre**, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- **Ley 7/1994** de Protección Ambiental
- **Decreto 153/1996, de 30 de Abril de 1996**, por el que se aprueba el reglamento de informe ambiental.

#### D) EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES

- La contaminación a evaluar en este estudio es sólo la generada por los efluentes líquidos y las vibraciones de las máquinas (ruido). No hay emisiones gaseosas a la atmósfera.

#### RUIDO DE MÁQUINAS

- Los focos de contaminación acústica en la planta son las bombas de impulsión de fluidos pero en este caso se trata de bombas de pequeña potencia entorno a 1-3 caballos de vapor, cuya emisión siempre estará por debajo de los límites establecidos.

- Según Decreto 326/2003, de 25 de Noviembre, que dicta el Reglamento de Protección contra la contaminación acústica en la tabla número 2 de su anexo, para actividades industriales los niveles de emisión de ruido en el exterior de las edificaciones serán de 75 dBA durante el día y 70 dBA durante la noche.

#### EFLUENTE LÍQUIDO

- El efluente que se vierte al alcantarillado será sólo una mezcla de nata y agua procedentes del enjuague de la limpieza CIP puesto que las disoluciones ácidas y básicas del tratamiento CIP se recirculan de nuevo a sus depósitos de origen por separado y que abastecen a toda la fábrica. Cada mañana un operario se encargará de tomar muestras de los depósitos de disolución ácida y básica y evitar que las concentraciones bajen del 1% y 2% respectivamente, tras el aporte de agua. Si las concentraciones bajan, se procederá al aporte de HNO<sub>3</sub> y NaOH. El principal contaminante del efluente final es la materia orgánica debido al alto contenido de grasa (40% de la nata)

## 1. PRODUCCIÓN DE NATA

- La planta tiene una producción anual de:

$$6 \text{ m}^3 / \cancel{\text{hora}} \cdot 5 \cancel{\text{ horas}} / \cancel{\text{ día}} \cdot 3 \cancel{\text{ días}} / \cancel{\text{ semana}} \cdot 52 \cancel{\text{ semanas}} / \text{ año} = 4.680 \text{ m}^3 \text{ nata/año}$$

$4.680 \text{ m}^3 \text{ nata/año}$
--------------------------------------

## 2. USO DEL AGUA

-El consumo de agua de la planta será:

1) Agua de refrigeración:

$$8,1 \text{ m}^3 / \cancel{\text{ hora}} \cdot 5 \cancel{\text{ horas}} / \cancel{\text{ día}} \cdot 3 \cancel{\text{ días}} / \cancel{\text{ semana}} \cdot 52 \cancel{\text{ semanas}} / \text{ año} = 6.318 \text{ m}^3 \text{ agua/año}$$

2) Agua de calentamiento:

$$8,1 \text{ m}^3 / \cancel{\text{ hora}} \cdot 5 \cancel{\text{ horas}} / \cancel{\text{ día}} \cdot 3 \cancel{\text{ días}} / \cancel{\text{ semana}} \cdot 52 \cancel{\text{ semanas}} / \text{ año} = 6.318 \text{ m}^3 \text{ agua/año}$$

3) Agua de limpieza CIP:

-En la limpieza CIP existen tres etapas donde se consume agua:

I. Pre-enjuague (5 minutos)

II. Enjuague (10 minutos)

III. Enjuague (10 minutos)

Tiempo total consumo = 25 minutos = 0,42 horas
--

$$8,1 \text{ m}^3 / \cancel{\text{ hora}} \cdot 0,42 \cancel{\text{ horas}} / \cancel{\text{ día}} \cdot 3 \cancel{\text{ días}} / \cancel{\text{ semana}} \cdot 52 \cancel{\text{ semanas}} / \text{ año} = 530,70 \text{ m}^3 / \text{ año}$$

$\text{Consumo Total agua} = 13.166,70 \text{ m}^3 \text{ agua/año}$
--

## ÍNDICE DE USO DE AGUAS

$$\frac{13,166,70 \text{ m}^3 \text{ agua/año}}{4.656,60 \text{ ton nata/año}} = 2,83 \text{ m}^3 \text{ agua/ton nata}$$

-Según el “Manual de Disposición de Aguas Residuales” el índice de uso de aguas en plantas de productos lácteos debe estar comprendido en un rango de 0,5- 3 m<sup>3</sup> aguas residuales/ ton producto. Por tanto, el consumo de agua en planta no es excesivo, es decir, está dentro de la legalidad.

### 3. VALORES DE REFERENCIA UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE AGUAS RESIDUALES

-La DBO de la nata es alta debido a su alto contenido en grasa pero el efluente de esta planta no supone ni un 10% del volumen del efluente final de la fábrica. Esto quiere decir que se reduce considerablemente la DBO final. De hecho, los valores de DBO y DQO están muy por debajo de los límites legales (DBO<sub>5</sub>=1000 mg/l y DQO<sub>5</sub>=1600 mg/l).

### 4. CALIDAD DEL EFLUENTE FINAL

-Según el “Manual de Disposición de Aguas Residuales” el índice de contaminación generada para la nata al 40% de grasa es:

$$\text{ÍNDICE CONTAMINACIÓN GENERADA} = 3 \text{ Kg DBO}_5 / \text{ton de nata}$$

-Y la DQO:

$$\text{DQO nata (40\%)} = 0,4 \text{ kg DBO}_5 / \text{litro de nata}$$

-No se dispone de medidor de efluente final de la planta pero se puede considerar igual al volumen de agua arrojada en las etapas de pre-enjuague y enjuague con agua en la limpieza CIP. (530,70 m<sup>3</sup> /año)

**Carga Total de DBO<sub>5</sub> generada por la Planta**

$$3 \text{ Kg DBO}_5/\text{ton nata} \cdot 4.656,60 \text{ ton nata/año} = 13.970 \text{ Kg DBO}_5/\text{año}$$

**Carga de DBO<sub>5</sub> en equivalente de Nata**

$$\frac{13.970 \text{ Kg DBO}_5/\text{año}}{0,4 \text{ Kg DBO}_5/\text{litro de nata}} = 34.925 \text{ litros de nata/año}$$

5. **ÍNDICE PÉRDIDA PRODUCTO EN PLANTA**

$$\text{ÍNDICE PÉRDIDA PRODUCTO} = \frac{\text{pérdidas de nata}}{\text{producción de nata}} \cdot 100$$

$$\text{ÍNDICE PÉRDIDA PRODUCTO} = \frac{34.925 \text{ litros/año}}{4.680.000 \text{ litros/año}} \cdot 100 = 0,75\%$$

-Según la EPA (Environmental Protection Agency) el índice de pérdidas para industrias lácteas debe estar entre 0-5 %. Por tanto, las pérdidas de la planta se pueden considerar muy pequeñas y no peligrosas para el medioambiente. Además, el índice de uso de aguas como se anotó en apartados anteriores está también dentro de la legalidad.

E) **MEDIDAS CORRECTORAS**

- El efluente líquido mezcla de agua y nata será vertido al alcantarillado que lo conducirá hasta la EDAR más cercana (Estación de Depuración de Aguas Residuales). Allí se llevará a cabo el tratamiento de las aguas residuales que consiste en las siguientes etapas:

- a) Purificación mecánica.
- b) Purificación biológica
- c) Tratamiento químico
- d) Tratamiento de los lodos

- Para la eliminación de la materia orgánica contaminante se utilizarán los tratamientos biológicos que consisten básicamente en introducir microorganismos que consuman la materia orgánica del efluente. Para este tipo de tratamiento los sistemas más extendidos son básicamente dos: la filtración biológica y los lodos activos

-Para la contaminación acústica por el ruido de máquinas se proyectará la colocación de aislantes en las paredes del recinto para disminuir los niveles de emisión.

***ESTUDIO BÁSICO  
SEGURIDAD Y SALUD  
LABORAL***

- Según Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, para instalaciones de producción de lácteos, se exime de la obligación de adjuntar en el proyecto un estudio completo de seguridad y salud laboral. En su caso, sólo será necesario un estudio básico de seguridad y salud donde se advierta de los posibles accidentes en el lugar de trabajo. También se planificarán las estrategias en el lugar de trabajo para disminuir los riesgos.

### ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

En materia de seguridad laboral se hizo uso del Real Decreto 1627/1997 y la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales:

Los puntos a destacar son:

- Operación y mantenimiento.
- Prevención de incendios.
- Procedimiento estándar para riesgos eléctricos.
- Procesos de limpieza.
- Condiciones Sanitarias en los establecimientos de trabajo
- Avisos y rótulos de seguridad.
- Iluminación.
- Protección frente al ruido.

#### 1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

##### A. Programa de operación y mantenimiento

Con el apoyo del contratista encargado de la construcción y de los fabricantes del equipo, se elaborará un Manual de Operación y Mantenimiento, el cual deberá contar con:

1. Una descripción del Sistema.
2. Advertencias de seguridad y funcionamiento del proceso y el equipo.
3. Descripción de las operaciones.

4. Guía para la solución de problemas.
5. Procedimientos de laboratorio.
6. Diarios de operación y mantenimiento, así como registros de datos.
7. Diagramas del proceso y de la instrumentación.
8. Diagramas del equipo.
9. Hojas de datos e instrucciones de operación y mantenimiento generadas por el fabricante.

#### B. Programa de seguridad

El programa de seguridad contará con las siguientes funciones:

1. Capacitar al personal sobre aspectos de seguridad en cumplimiento de los requisitos establecidos por la Agencia para la Seguridad y Salud Laboral, higiene personal, indumentaria de protección, hojas de datos de los materiales, procedimientos de emergencia para casos de lesiones personales o problemas de salud. La capacitación se impartirá inmediatamente antes del inicio de operaciones, y de manera periódica (frecuencia mínima de dos veces por año) se llevarán a cabo sesiones de capacitación a manera de repaso, con el objeto de revisar y actualizar la información.
2. Practicar periódicamente los procedimientos de emergencia.
3. Inspeccionar mensualmente la indumentaria de protección y el equipo de seguridad, y reemplazarlos en caso necesario.
4. Mantener un botiquín de primeros auxilios en el sitio.

#### 2. PREVENCIÓN DE INCENDIOS.

Se ajustará a lo dispuesto en su normativa específica. Para la prevención de incendios es importante considerar y mantener un programa de inspección y mantenimiento del equipo de protección contra incendios.

## Extintores

El primer mecanismo de defensa para combatir un incendio, cuando está comenzando, es el uso apropiado de un extintor. Debido a los altos riesgos relacionados con los incendios es imperativo que los extintores se mantengan en condiciones óptimas, se inspeccionen regularmente y se informe con premura cualquier anomalía o problema que se detecte.

### Información General Sobre Extintores:

Un aspecto importante relacionado a los extintores es su localización, mantenimiento, pruebas y conocer el uso apropiado. Los fuegos están clasificados en cuatro clases, y es necesario utilizar el tipo de extintor apropiado para combatir cada una de ellas.

Las clases de fuego que tenemos son:

- ✓ Clase A: Fuegos que envuelven materiales ordinarios como papel, madera, tela y algunas clases de goma y materiales plásticos. Los extintores para combatir esta clase de fuegos están marcados con una "A" en un triángulo verde. Deben estar localizados a no más de 23 metros de los empleados.
- ✓ Clase B: Fuegos de líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y algunas clases de materiales plásticos. Los extintores para combatir estos incendios están marcados con la letra "B" en un cuadro rojo. Deben estar localizados a no más de 15 metros de los empleados.
- ✓ Clase C: Fuegos de equipo eléctrico energizado por lo que requiere el uso de un medio de extinción que no conduzca electricidad. Estos extintores están marcados con la letra "C" en un círculo azul. Los extintores para combatir esta clase de fuegos deben estar localizados al lado de los extintores clase "A" o "B" disponibles en el lugar.

- ✓ Clase D: Fuegos de metales, tales como magnesio, titanio, sodio, potasio y litio. Los extintores clase "D" están marcados con la letra "D" en una estrella amarilla. Deben estar localizados a no más de 23 metros de los empleados.

En esta instalación los riesgos de incendio más importantes son los de Clase A y los de Clase B. Para combatir estos fuegos se utilizarán extintores de polvo polivalente ABC.

#### Inspecciones por el personal de unidad

Los extintores serán inspeccionados visualmente una vez al mes. Esto con el propósito de asegurarse que se encuentran en buenas condiciones.

#### Mantenimiento por el personal con licencia.

Todo extintor será provisto de una inspección rigurosa anual y mantenimiento de ser necesario. Deberá ser minuciosamente examinado en todas sus partes, sustituir cualquier componente dañado y cargar o recargar. Se requiere además, que se realice la prueba hidrostática en períodos que varían entre 5 y 12 años.

### 3. PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS.

Se ajustará a lo dispuesto en su normativa específica. El potencial de riesgos por descargas eléctricas a través de equipos es muy real. No obstante, su control no es difícil ni costoso. La causa más común de accidentes eléctricos se debe a que no se proporciona el mantenimiento adecuado al equipo ni a los sistemas, no se siguen las reglas de seguridad y no se utiliza el sentido común.

Una descarga eléctrica puede causar daños serios, incluso la muerte. Puede provocar la contracción de los músculos del pecho, interfiriendo con la respiración causando asfixia; puede producir parálisis del centro nervioso causando fallo respiratorio; interferencias con el ritmo cardíaco y circulación sanguínea; parálisis del corazón por contracción muscular y caídas de alturas después de un choque eléctrico, aunque éste no sea fuerte.

---

A. Descargas Eléctricas

A continuación se presentan algunas medidas de seguridad que ayudarán a prevenir accidentes debido a descargas eléctricas en la planta proyectada:

1. Limitar el acceso a áreas donde hay sistemas eléctricos.
2. Adiestrar a los empleados en el uso apropiado de equipos eléctricos.
3. Partes vivas de equipos, operando a 50 voltios o más deberán estar protegidos para evitar contactos accidentales.
4. Instalaciones interiores, de 600 voltios o más, accesibles a personal no autorizado, deberán estar localizadas en gabinetes metálicos o su acceso controlado por cerraduras.
5. Todo sistema eléctrico deberá cumplir con los códigos aplicables.
6. Reparar o reemplazar toda cablería que esté defectuosa.
7. Cables descubiertos o deshilachados y conexiones flojas o sueltas deberán repararse de inmediato.
8. Todos los receptáculos serán de tres entradas, proveyendo conexión a tierra.
9. El uso de extensiones será de carácter temporero. Estas serán de tres conductores, con sistema independiente de tierra.
10. No se utilizarán extensiones con receptáculos múltiples para alimentar equipos simultáneamente. Estas tienden a sobre-calentarse.
11. Se deberá tener cuidado especial cuando se utilicen extensiones para evitar que el personal pueda enredarse en ellas.

12. Asegurar que todas las conexiones a tierra sean adecuadas. Conexiones pobres a tierra pueden generar altas temperaturas.
13. Aquellos equipos que se dejan en operación, desatendidos por largos períodos de tiempo, deberán conectarse a circuitos que tengan fusibles para que estos puedan desconectarse automáticamente en caso de fallas o sobrecargas.

#### B. Incendios Eléctricos

Sobre el veinte por ciento de los fuegos anuales en áreas industriales son causados por fallos en los sistemas eléctricos. Para reducir el potencial de incendios por causas eléctricas se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. La velocidad de los motores de inducción no se deberá controlar con auto transformadores variables ya que esto puede causar sobrecalentamiento.
2. Se deberán tomar precauciones especiales cuando se hacen limpiezas con aspiradoras o reparaciones utilizando taladros, para asegurarnos de que no hay presente vapores inflamables.
3. Durante la transferencia de líquidos inflamables, entre envases metálicos, éstos tienen que estar conectados a tierra. La electricidad estática puede producir chispas conducentes a fuego o explosión.
4. Interruptores y contactos en los controles de sistemas eléctricos deberán estar localizados en áreas libres de vapores de sustancias inflamables.
5. Se deberán tomar precauciones adicionales cuando se opere con sistemas desatendidos por períodos prolongados.
6. Anualmente se deberá inspeccionar y dar mantenimiento preventivo a interruptores del alumbrado, relés, fusibles, etc.

7. Se deberán identificar aquellos sistemas con riesgos potenciales a causar incendios eléctricos.

8. Se deberá mantener extintores para controlar fuegos eléctricos.

#### 4. PROCESOS DE LIMPIEZA.

La limpieza y mantenimiento es sumamente importante, tanto para que los procesos resulten aceptables, como para la protección de los que laboran en ellos. Las materias primas poseen riesgos potenciales, los cuales pueden incrementarse si el lugar no se mantiene limpio y recogido, poniendo en riesgo a los empleados.

Las áreas de almacenamiento y de trabajo deben estar incluidas bajo un programa de mantenimiento. Estas deben mantenerse limpias y recogidas.

La limpieza y mantenimiento se llevará a cabo cumpliendo con los siguientes puntos:

a. Personal de planta

Todo operario es responsable de mantener su área de trabajo limpia y recogida. Se recomienda que se prepare un plan de limpieza.

b. Personal de Limpieza y Mantenimiento

El personal de limpieza y mantenimiento se limitará a llevar a cabo las siguientes tareas, a menos que reciba otras instrucciones y el adiestramiento necesario:

1. Limpieza de los pisos, excepto cuando haya un derrame o escape.
2. Desechar la basura común, entiéndase desperdicios no peligrosos, diariamente o según sea necesario.
3. Limpieza de paredes y ventanas bajo la supervisión de personal.

## TRATAMIENTO DE LIMPIEZA CIP

El sistema de limpieza CIP (cleaning in place) consiste en hacer circular por las conducciones una disolución alcalina que disuelva la materia orgánica de las paredes arrastrándola. Después se hace circular una disolución ácida para neutralizar los restos alcalinos que se hayan adherido a las paredes de las conducciones. Las disoluciones ácida y básica proceden de tanques separados que abastecen a toda la planta. Además, en cada fase (ácida o básica) la disolución se recircula de nuevo a su tanque original para ahorrar gastos y no verter directamente al alcantarillado. Cada mañana se toman muestras de los tanques de ácido y base para evitar la dilución de las concentraciones tras el aporte de agua en la limpieza.

El operario de la planta se encargará de llevar a cabo la limpieza de las conducciones al final de cada día de producción. Las concentraciones de las disoluciones ácidas y básicas son 1% y 2%, respectivamente. Cuando se detecte, en los análisis matinales, que descienden dichas concentraciones de los valores anteriores; el operario de limpieza se encargará de añadir más ácido y base (en sus respectivos depósitos) hasta que las concentraciones vuelvan a sus valores normales.

### ETAPAS

- a) Preenjuague con agua
- b) Circulación de disolución básica (NaOH)
- c) Enjuague con agua
- d) Circulación de disolución ácida (HNO<sub>3</sub>)
- e) Enjuague final con agua

## 5. CONDICIONES SANITARIAS EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE TRABAJO

- Obtenido del Real Decreto 1679/1994 de 22 de Julio sobre Condiciones Sanitarias aplicables a la producción y comercialización de Productos Lácteos.

En los establecimientos de tratamiento y en los de transformación se tomarán todas las medidas necesarias para que en todas las fases de la producción se cumplan las

---

condiciones sanitarias establecidas en el presente Real Decreto, debiendo a tal fin cumplir los siguientes requisitos:

- a) Instaurar y mantener un sistema continuado de control, basado en la metodología de análisis de riesgos y control de puntos críticos.
- b) Tomar muestras para analizar a fin de comprobar la eficacia de los métodos de limpieza y desinfección utilizados en los establecimientos para el cumplimiento de las normas fijadas en el presente Real Decreto.
- c) Conservar una constancia escrita o grabada de las indicaciones exigidas de acuerdo con los apartados a) y b) precedentes, a fin de presentarla a la autoridad competente. Los resultados de los diferentes controles y pruebas serán conservados al menos durante un período de dos años, salvo en el caso de los productos lácteos que no puedan conservarse a temperatura ambiente, para los que dicho plazo se reducirá a dos meses a partir de la fecha límite de consumo o de la fecha de duración mínima.
- d) Informar a la autoridad competente cuando el resultado del examen del laboratorio, y otras informaciones de que dispongan pongan de manifiesto la existencia de algún riesgo grave para la salud.
- e) Retirar del mercado, en caso de riesgo inmediato para la salud humana, los lotes afectados. Los productos retirados permanecerán bajo supervisión y responsabilidad de la autoridad y competente hasta que sean destruidos, empleados para usos distintos del consumo humano o, previa autorización de dicha autoridad, transformados de manera que se garantice la seguridad.
- f) Controlar la marca de salubridad, para que sólo figure en los productos fabricados conforme a los procedimientos establecidos. El sistema de autocontrol dispuesto en el apartado a) del primer párrafo será comunicado a la autoridad competente, quien controlará con regularidad su cumplimiento.

- 
- g) La empresa será responsable de la organización y puesta en práctica de un programa de formación continuada del personal para que este último pueda cumplir las condiciones de producción higiénica, adaptadas a la estructura de producción. Este programa será realizado en colaboración con la autoridad competente. Asimismo, el personal empleado dispondrá del carné de manipulador de alimentos, de acuerdo con lo establecido reglamentariamente al respecto.
- h) Las cisternas para la leche y los locales, instalaciones y equipos de trabajo podrán utilizarse para otros productos alimenticios siempre que se adopten todas las medidas adecuadas para evitar la contaminación o alteración de la leche de consumo o de los productos lácteos.
- i) En las cisternas que se utilicen para la leche se indicará claramente que sólo podrán utilizarse para transportar productos alimenticios.
- j) Cuando un establecimiento produzca alimentos que contengan leche o productos lácteos y otros ingredientes que no hayan sido sometidos a tratamiento térmico o a otro tratamiento de efecto equivalente, dicha leche, dichos productos lácteos y dichas materias primas deberán almacenarse por separado para evitar la contaminación y deberán tratarse o procesarse en locales previstos para ello.
- 1) Condiciones generales de higiene aplicables a los locales, a los materiales y a los útiles de trabajo:
- El material y los instrumentos utilizados para trabajar con las materias primas y los productos, los suelos, las paredes, los techos y los tabiques de las locales se mantendrán en buen estado de limpieza y funcionamiento de manera que no constituyan un foco de contaminación para dichas materias primas o productos.
  - No estará permitida la entrada de animales en los locales reservados a la elaboración y almacenamiento de la leche y los productos lácteos. Se eliminará sistemáticamente todo roedor, insecto o cualquier otro animal indeseable en los locales o en los materiales. Los raticidas, insecticidas, desinfectantes y demás

sustancias potencialmente tóxicas serán almacenadas en locales o armarios que puedan cerrarse con llave; y se utilizarán de forma que no exista riesgo de contaminación de los productos.

- Los lugares de trabajo, los útiles y el material de trabajo se utilizarán únicamente para la elaboración de productos para los que se haya concedido la autorización. No obstante, previa autorización de la autoridad competente, podrán emplearse, simultáneamente o no, para la preparación de otros productos alimenticios aptos para el consumo humano.
  
- Se utilizará agua potable, tal como se define en el citado Real Decreto 1138/1990. No obstante, con carácter excepcional, podrá autorizarse la utilización de agua no potable para producir vapor, combatir incendios o enfriar las máquinas, siempre que las conducciones instaladas a tal efecto no permitan el uso de dicha agua con otros fines ni presente ningún riesgo de contaminación para las materias primas o los productos contemplados en el presente Real Decreto.
  
- Los desinfectantes y sustancias similares serán productos autorizados por la autoridad competente, envasados de forma que sean claramente identificados y etiquetados indicando el modo de empleo. Estos productos serán utilizados de forma que los equipos, el material, las materias primas y los productos contemplados en el presente Real Decreto no se vean afectados por ellos. Tras su utilización, dichos equipos e instrumentos de trabajo serán aclarados completamente con agua potable.

2) Condiciones generales de higiene aplicables al personal:

- Se exigirá del personal el más perfecto estado de limpieza, sobre todo cuando se trate de personas que manipulen materias primas y productos contemplados en el presente Real Decreto sin embalar y que puedan contaminarse. En particular:
  - Llevará ropa de trabajo adecuada y limpia y un gorro limpio que cubra totalmente el cabello.

- Se lavará las manos por lo menos cada vez que reanude el trabajo y/o en caso de contaminación; las heridas en la piel serán cubiertas con un vendaje estanco.
- Está prohibido fumar, escupir, beber y comer en los locales de trabajo y de almacenamiento de las materias primas y los productos contemplados en el presente Real Decreto.
- Los empresarios tomarán todas las medidas necesarias para evitar que manipulen los productos contemplados en el presente Real Decreto las personas que puedan contaminarlos hasta que se demuestre su aptitud para hacerlo sin peligro de contaminación.

## 6. AVISOS Y RÓTULOS DE SEGURIDAD.

La señalización de los lugares de trabajo está recogida en el R.D 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.

Los avisos, rótulos y etiquetas son la primera fuente de información que los empleados tienen en relación a los riesgos, existentes y potenciales. En algunos casos es la única información que el empleado utiliza o tiene disponible en el momento de manejar una sustancia u orientarse en caso de derrames o escapes. Esta condición requiere el uso apropiado de etiquetas y rotulación adecuada, señalando los peligros, localización de equipos de seguridad, señales de salida, etc.

Es necesario que toda persona contratada sea orientada sobre los riesgos presentes. Las salidas estarán rotuladas, así como la localización de equipos de seguridad (botiquín, duchas, lavado de ojos, extintores, etc.). Los gabinetes, estantes y tablillas donde se almacenan sustancias químicas deberán estar debidamente rotulados.

## 7. ILUMINACIÓN.

Los niveles mínimos de iluminación están legalmente determinados en el R.D 486/1997, de 14 de abril.

Se considera que en la zona de trabajo se ejecutan tareas con exigencias visuales medio-altas, por tanto el nivel mínimo de iluminación debe ser de 500 lux a la altura donde se realicen las tareas.

Además la iluminación será lo más uniforme posible, y si se produjera fallo del alumbrado normal, la instalación dispondrá de alumbrado de seguridad. Asimismo, los sistemas de iluminación utilizados no deberán originar riesgos eléctricos, de incendio o explosión, y cumplirán, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

#### 8. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO.

El R.D 1316/1989, de 27 de octubre, tiene como objeto la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. Se deberá realizar una correcta medición del ruido en el lugar de trabajo. Si el puesto de trabajo supera el nivel diario equivalente de 80 dB (A) se deberá proporcionar a cada trabajador la información y formación adecuadas, se realizará un control médico inicial de la función auditiva de los trabajadores, así como posteriores controles periódicos (de acuerdo con el anexo 4 del anterior R. D.).

