

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA**



**DISEÑO DE UNA LINEA DE PROCESOS  
PARA PRODUCTOS LÁCTEOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE: ACTUALIZACIÓN DE  
CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:**

**ASIS ALCIDES ALAVA MERINO**

**LIMA – PERU**

**2002**

# INDICE

- I. Conceptos Generales
- II. Conceptos Básicos de los productos
- III. Microbiología Básica de la leche.
- IV. Diseño
  - Determinación del área de transferencia
  - Selección de Equipos, Accesorios
- V. Automatización de Equipos
- VI. Tratamiento de Efluentes
- VII. Gráficos, Anexos y Tablas
- VIII. Recomendaciones y Conclusiones
- IX. Bibliografía

## **RESUMEN:**

Este informe de suficiencia Profesional tiene como objetivo presentar algunas de las consideraciones que debe tener en cuenta el diseñador cuando se plantea el desarrollo del diseño de una línea de proceso para productos lácteos, utilizando en el proceso de pasteurización y esterilización un intercambiador de calor de placas como equipo principal.

Este tratamiento técnico es el más importante en el procesado de leche líquida y también constituye una etapa importante de pretratamiento en una determinada línea de proceso en cualquier industria láctea, como en la fabricación de queso y otros productos lácteos fermentados.

Existen muchos aspectos a considerar cuando se diseña una línea de proceso. Estos aspectos pueden ser diversos y complejos; en este informe se presentarán:

**Referentes al Producto:** Es lo que hace referencia a la materia prima, su tratamiento y la calidad del producto final.

**Referente al Proceso:** Se hace referencia a la capacidad de la planta de proceso, selección de los equipos, accesorios, forma de control del proceso.

**Referencia a la Economía:** Se refiere solamente a la selección de equipos, selección de material.

También se tratará en forma breve a los intercambiadores de calor de uso alternativo, para compararlo con el diseño propuesto.

# CAPITULO I

## CONCEPTOS GENERALES

### 1.1 INDUSTRIA LACTEA

Los productos lácteos son uno de los alimentos más completos e importantes en la nutrición humana. Pero estos son también altamente predecibles y pierden fácilmente su valor nutritivo, sabor y apariencia si no se toman las medidas de protección adecuadas.

La industria láctea cuida la leche desde que sale de la ubre de vaca, a través del transporte a las plantas de procesamiento, envasado y distribución hasta llegar al consumidor.

La tecnología de fabricación de productos lácteos de larga duración, se aplica hoy en día ampliamente en la industria alimentaria, esta tecnología llamada también tecnología aséptica, hace posible obtener productos de alta calidad lográndose la distribución de estos a largas distancias a un costo razonable.

La parte más importante de la tecnología aséptica para la obtención de productos lácteos de larga duración es el procesamiento aséptico, este hace cumplir cualquier necesidad con respecto a la calidad y viscosidad del producto, acidez, sensibilidad al tratamiento térmico y la larga duración del mismo.

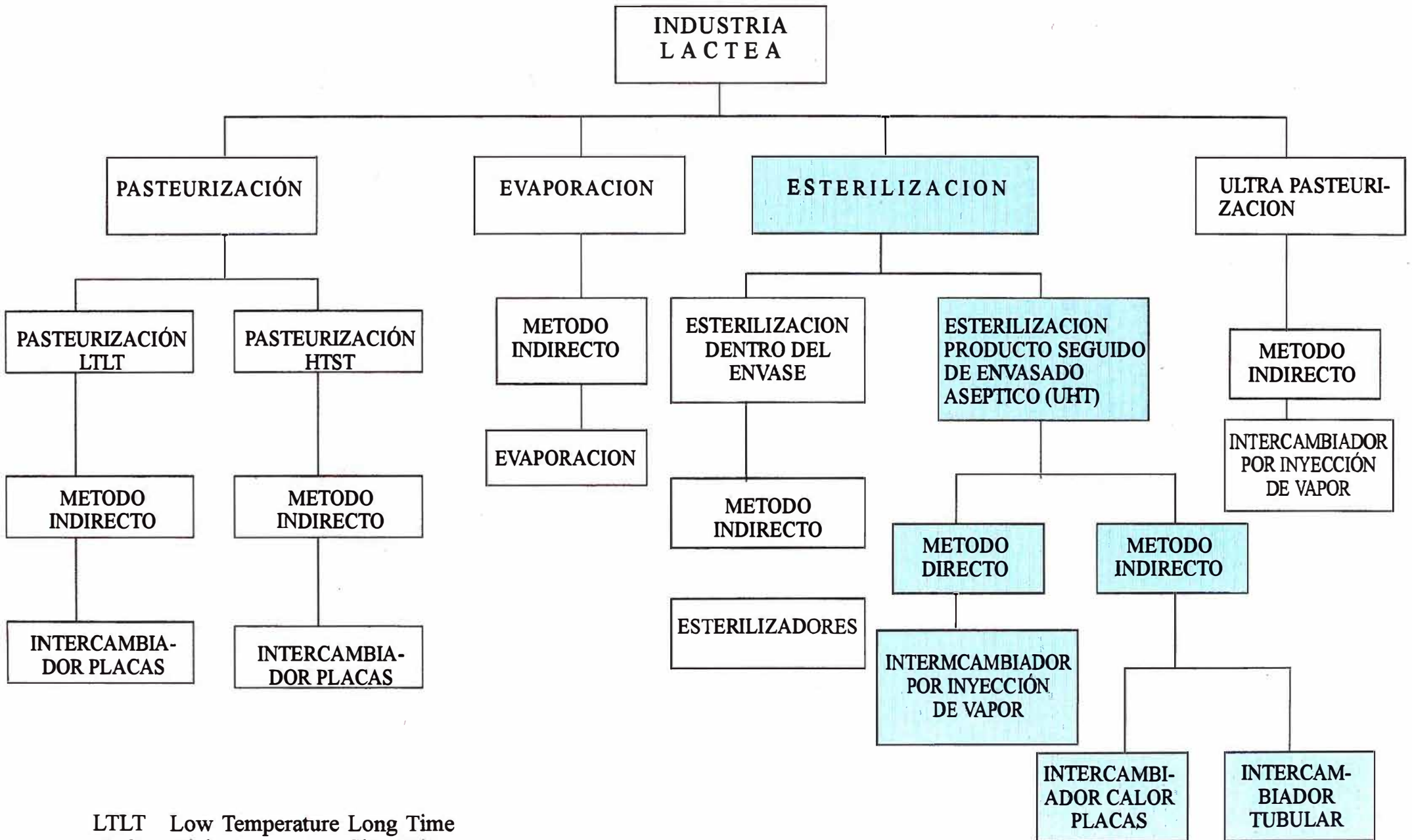
Dependiendo de las características del mercado y la distribución, hay productos lácteos que pueden ser pasteurizados y satisfacer las necesidades de los consumidores.

Muchos productos lácteos requieren de la pasteurización para la obtención de los mismos.

## **1.2 TRATAMIENTOS TERMICOS EN LA INDUSTRIA LACTEA**

El cuadro “Tratamientos Térmicos Utilizados en la Industria Láctea” presenta los procesos térmicos más comúnmente utilizados para reducir la carga microbiana en los productos lácteos: pasteurización, esterilización, ultra alta temperatura (UHT), ultra pasteurización dentro de la industria láctea; se presenta a continuación:

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA



En estos procesos térmicos es necesario garantizar un tratamiento suave para evitar deterioro de los constituyentes más valiosos.

A continuación se presenta las tablas:

Composición Cuantitativa de la leche de vaca (Tabla N° 1)

Cantidad de proteínas en la leche (Tabla N° 2)

Vitaminas en diferentes productos (Tabla N° 3)

**TABLA N° 1**

**COMPOSICION CUANTITATIVA DE LA  
LECHE DE VACA**

CONSTITUYENTE PRINCIPAL	LIMITES DE VARIACIÓN %	VALOR MEDIO %
Agua	85,5 – 89,5	87,5
Sólidos Totales	10,5 – 14,5	13
Grasa	2,5 – 6	3,9
Proteínas	2,9 – 5,0	3,4
Lactosa	3,6 – 5,5	4,8
Minerales	0,6 – 0,9	0,8



TABLA N° 2

## CANTIDAD DE PROTEINAS EN LA LECHE

TIPO DE PROTEINAS	% EN LECHE DESCREMADA	% EN LECHE ENTERA
<b>Caseinas</b>	--	80
$\alpha$ Caseinas	50	--
K Caseinas	10	--
$\beta$ Caseinas	29	--
<b>Proteínas del suero</b>	--	18,8
Seroalbúminas bovinas	1	--
$\beta$ Lactoglobina	10	--
$\alpha$ Lactoglobulina	4	--
<b>Proteínas de la membrana del glóbulo</b>		--
Graso	2	

TABLA N° 3

## VITAMINAS EN DIFERENTES PRODUCTOS

<b>PRODUCTO</b>	<b>A</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Leche entera</b>	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Leche Descremada</b>	No	Si	Si	Si	No
<b>Suero</b>	No	Si	Si	Si	No
<b>Crema</b>	Si	No	No	No	Si
<b>Queso</b>	Si	Si	Si	No	Si

Para lograr reducir la carga microbiana de una leche fresca y obtener un producto con una carga dentro de lo permitido en las normas Nacionales e Internacionales, se toma en cuenta la Norma de la Unión Europea Sobre Recuento de Bacterias en Leche (1993) (Ver Tabla N° 4).

#### TABLA N° 4

### NORMA DE LA UNION EUROPEA SOBRE RECUESTO DE BACTERIAS EN LECHE (1993)

PRODUCTO	RECUESTO EN PLACA (UFC/ml)
Leche cruda	< 100000
Leche cruda almacenada en silo mas de 36 horas	<200000
Leche Pasteurizada	<30000
Leche Pasteurizada luego de incubación 5 días a 8°C.	<100000
Leche UHT y Esterilizada luego de innovación 15 días a 30°C.	<10

UFC -> Unidades Formadoras de Colonias

Se utilizan tratamientos térmicos como:

### **1.3 PASTEURIZACIÓN**

La pasteurización es el tratamiento térmico a temperaturas inferiores a 100°C que se utiliza para destruir parte de las formas vegetativas microbianas presentes en los alimentos y es usada en aquellos alimentos que posteriormente serán manipulados y almacenados bajo condiciones que minimizan el desarrollo microbiológico. En muchos casos el objetivo primario de la pasteurización es la destrucción de los microorganismos patógenos; algunas formas vegetativas alteradoras pueden sobrevivir a este tratamiento y en este caso otros métodos de preservación más severos son necesarios si se desea prevenir el deterioro microbiológico.

Estos métodos usados conjuntamente con la pasteurización son:

- Refrigeración
- Aditivos Químicos (crean un medio desfavorable para el desarrollo microbiano)
- Envasado
- Fermentación con organismos deseados.

El tratamiento de tiempo-temperatura usado en la pasteurización depende de la resistencia al calor de las formas vegetativas particulares o microorganismos patógenos a destruir y de la sensibilidad al calor del producto.

### **1.4 ESTERILIZACIÓN**

La esterilización es el tratamiento térmico realizado a temperatura superiores a 100°C.

Se dice que un producto estéril es aquel en el cual no están presentes microorganismos viables. Las temperaturas ligeramente superiores para el desarrollo de las bacterias, provocan muerte de las células vegetativas bacterianas, mientras que las esporas pueden sobrevivir a temperaturas mayores, es por ello que son de gran importancia en muchos procesos de esterilización.

### **Esterilidad Comercial**

Un producto comerciante estéril se define como aquel que está libre de microorganismos que crecerían en las condiciones dominantes. Esta expresión es usada para los productos tratados con el método UHT (Ultra High Temperature).

Las condiciones térmicas necesarias para producir la esterilidad comercial dependen de muchos factores siendo estos:

- 1.- PH
- 2.- Condiciones de Almacenamiento posterior al tratamiento térmico.
- 3.- Resistencia al calor de los microorganismos y sus esporas.
- 4.- Carga inicial de los microorganismos en la materia prima (Leche)

La esterilidad absoluta no es posible obtenerla, ni es necesario para una conservación adecuada del producto. Lo que se necesita es:

- a) Que el alimento quede exento de microorganismos patógenos.
- b) Que tenga una vida de almacenamiento aceptable.

Se debe considerar que llevar a cabo un tratamiento severo puede sacrificar las propiedades sensoriales y nutritivas.

En la esterilización se utilizan dos métodos:

1.- Esterilización del producto envasado, calentándose el producto y el envase a unos 116°C durante 20 minutos y un almacenamiento a temperatura ambiente.

2.- Tratamiento UHT(Ultra High Temperature); donde el producto se calienta a 135-150°C durante 4-15 segundos, seguido de un envasado aséptico en envases que protegen al producto frente a la luz y al oxígeno atmosférico, y un almacenamiento a temperatura ambiente.

Estos procesos descritos anteriormente pueden influir en la desnaturalización de las proteínas de la leche siempre en cuando la temperatura de ésta, se encuentre por encima de los límites permisibles.

Esta desnaturalización afectará directamente la calidad del producto lácteo terminado, elaborado por el proceso UHT.

Para evitar esto es importante mantener nuestro equipo con un buen mantenimiento preventivo y usar una materia prima de buena calidad.

Para obtener productos lácteos acidificados es necesario una ligera desnaturalización de la proteína mediante el proceso de Pasteurización.

## **1.5 FUNDAMENTO DE LOS PROCESOS TÉRMICOS DESNATURALIZACIÓN DE PROTEÍNAS.-**

Cuando las proteínas de la leche se encuentran con la temperatura y el PH dentro de sus límites de tolerancia, estas mantienen todas sus funciones biológicas. Pero si se calientan a temperaturas por encima de un cierto nivel máximo, su estructura se ve alterada, se dice que son desnaturalizadas.

Lo mismo sucede cuando las proteínas son expuestas a la acción de ácidos ó bases a una agitación violenta. Las proteínas pierden su solubilidad inicial.

Cuando las proteínas son desnaturalizadas cesa su actividad biológica. Las encimas que constituyen una clase de proteínas cuya función es catalizar reacciones, pierden esta propiedad cuando son desnaturalizadas. La razón es que ciertos enlaces en las moléculas se rompen cambiando la estructura de la proteína.

### **DESTRUCCIÓN TÉRMICA DE LOS MICROORGANISMO**

Un tratamiento térmico correcto exige que el producto (Leche) se mantenga durante un tiempo determinado a la temperatura de trabajo, esto se logra en una sección externa de mantenimiento la cual consiste generalmente en una tubería dispuesta en forma de espiral o de Zig-Zag.

La combinación de temperatura y tiempo de mantenimiento es muy importante ya que determina la intensidad del tratamiento térmico.

La destrucción de las bacterias por el calor es una de las operaciones importantes en la industria láctea, ya que permite significativamente el tiempo de conservación de la leche y de los productos lácteos.

A una temperatura determinada la destrucción de los M.O puede expresarse mediante la siguiente ecuación.

$$t = D \text{ Lg } \frac{N_0}{N}$$

Donde:

N : Numero de M.O. por gramo que quedan en el producto después de un tiempo de calentamiento  $t$

$N_0$  : Numero de M.O. por gramo en el tiempo  $t = 0$

**t :** Tiempo de calentamiento a una determinada temperatura, expresada en minutos.

**D:** Tiempo necesario para destruir el 90% de los M.O. presentes es el producto. Este tiempo se llama Tiempo de Destrucción Térmica ó Tiempo de Reducción Decimal.

La relación entre D y las temperaturas es la siguiente:

$$\text{Lg } \frac{D_0}{D} = \frac{T - T_0}{Z}$$

Donde:

**D<sub>0</sub> y D :** Tiempos de destrucción del 90% de los M.O a las temperaturas T<sub>0</sub> y T respectivamente.

**Z:** Aumento de temperatura necesario para conseguir una disminución del 90% en el tiempo de destrucción térmica D.

Cada una de las especies microbianas tiene un valor D y un valor Z determinados. Los correspondientes a algunos M.O. se muestran en la Tabla N° 5 Valores de D y Z Para Algunos Microorganismos



TABLA N° 5

**VALORES D y Z PARA ALGUNOS  
MICROORGANISMOS**

MICROOR- GANISMO	TEMPERATURA DE REFERENCIA	D	Z°C
Mycobacterium tuberculosis	82,2	0,018 seg	5,6
Salmonella	82,2	0,192 seg	6,7
Staphylococcus	82,2	0,378 seg	6,7
Lactobacillus	82,2	0,57 seg	6,7
Clostridium Botulinum	121,1	0,2 min	10
Clostridium sporogenes	121,1	0,1 <sup>a</sup> 1,5 min	10
Mesófilos en la leche entera	121,1	11 seg	10,5
Termófilos en la leche entera	121,1	25 seg	10,5
Mesófilos en la nata con un 30% de M.G.	121,1	31 seg	10,5
Termófilos en la nata con un 30% de M.G.	121,1	46 seg	10,5

A partir de estos valores se calculan los tratamientos de pasteurización y esterilización de la leche.

Cuando los productos alcanzan inmediatamente las temperaturas de pasteurización ó de esterilización, el tiempo de calentamiento a esta temperatura viene dado por la ecuación siguiente:

$$t = \frac{F_0}{10^{\frac{T_1 - T_0}{z}}}$$

Donde :

F<sub>0</sub> Valor letal deseado (corresponde al t calculado para la temperatura de referencia)

T<sub>1</sub> Temperatura de pasteurización ó de esterilización.

T<sub>0</sub> Temperatura de referencia correspondiente a D.

## **CAPITULO II**

### **CONCEPTOS BASICOS DE LOS PRODUCTOS**

#### **2.1 PRODUCTOS LÁCTEOS**

Para nuestro caso vamos a mencionar diferentes productos, teniendo como materia prima la leche fresca de vaca, siendo los principales los siguientes:

#### **PRODUCTOS LÁCTEOS PASTEURIZADOS**

Los productos lácteos pasteurizados son productos líquidos, que son sometidos a un tratamiento térmico de pasteurización y que están hechos a partir de leche y son elaborados para ser consumidos directamente por el público, este grupo de productos incluye la leche entera, leche semidescremada y leche descremada.

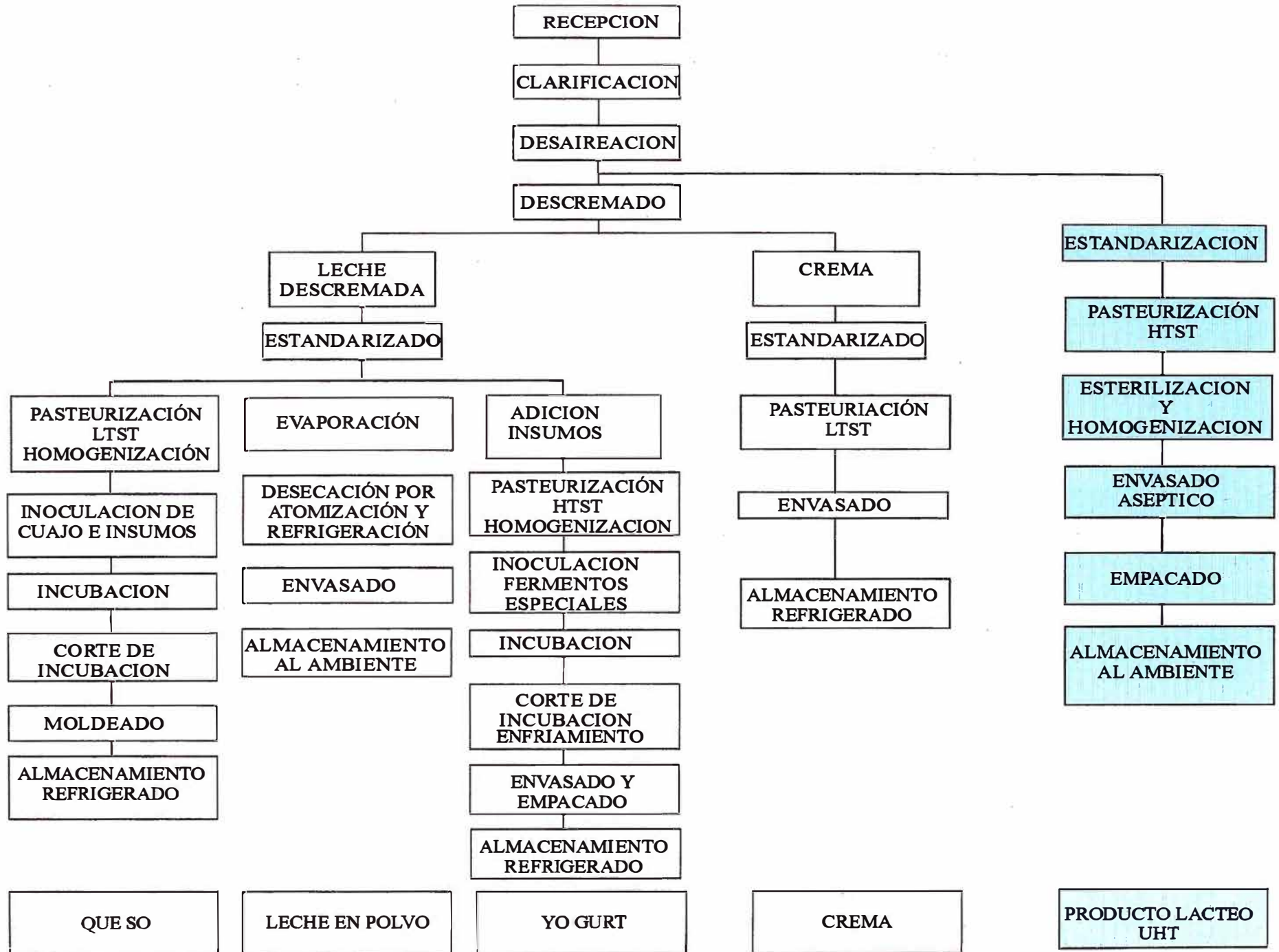
Aquí hemos incluido los productos acidificados, los cuales se obtienen pasteurizando una mezcla de leche más insumos (azúcar, estabilizante y leche en polvo), para luego inocular un cultivo de fermentos especiales a una temperatura determinada, los cuales transforman parte de la lactosa de la leche en ácido láctico.

#### **PRODUCTOS LÁCTEOS ESTERILIZADOS.**

Estos productos son sometidos a un tratamiento térmico de esterilización, están hechos a partir de leche. Estos productos esterilizados tienen un buen comportamiento en cuanto al mantenimiento de su calidad frente a un tiempo bastante largo a temperatura ambiente. Esto permite que estos productos sean fáciles de manipular, transportar etc. Ofrece ventajas para el fabricante, vendedor y consumidor frente a los productos lácteos pasteurizados.

Este grupo de productos incluye leche entera, semidescremada, leche chocolatada, bebidas a base de yogurt, entre otros. A continuación se presentan Diagramas de Bloque de los Productos Lácteos más importantes.

# PRINCIPALES PRODUCTOS LACTEOS



# CAPITULO III

## MICROBIOLOGIA BASICA

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La ciencia de los microorganismos se denomina Microbiología, actualmente la Microbiología se interesa por el estudio de los pequeños seres vivientes; microorganismo es un término muy amplio aplicado a todos los seres vivos de tamaño pequeño.

Los Microorganismos se clasifican en 5 grupos generales

- Algas
- Bacterias
- Fungí (El termino implica hongos y levadura)
- Protozoarios
- Virus

Los virus son los microorganismos más pequeños y se pueden clasificar como parásitos, ya que no son viables de crecer o reproducirse sin un organismo huésped, el cual puede ser de origen humano, animal, vegetal ó bacteriano. Como consecuencia, los virus no pueden crecer en alimentos que estén libres de células vivas. De aquí que no revistan importancia como organismo que contribuyan al deterioro de alimentos procesados, el mismo principio puede aplicarse a las algas y protozoarios.

Por otro lado las bacterias, hongos y levaduras son microorganismos que pueden crecer y reproducir en los alimentos, causando deterioro a los mismos.

## **3.2 BACTERIAS**

Las bacterias son organismos unicelulares que se multiplican principalmente por división binaria o partición, durante este fenómeno se forma una pared de partición a partir de la célula madre y ambas mitades crecen hasta que se separan formando dos nuevas células.

### **3.2.1 Forma**

Las bacterias existen en tres formas como esferas, bastones y espirales; estas últimas tienen poca importancia en la industria láctea las bacterias esféricas pueden agruparse en diferentes formaciones dando origen a 4 grupos:

Diplococos (Pares)

Tetracocos (Grupos de cuatro)

Estreptococos (Cadenas)

Estafilococos (Racimos irregulares)

Las bacterias en forma de bastones difieren en largo y ancho. Algunos bastones (bacilos) tienen la facultad de formar endoesporas, las cuales tienen la particularidad de ser más resistentes al calor, a la desecación así como a la luz ultravioleta. En comparación a sus células madres que se encuentran en estado vegetativo; estas endoesporas pueden permanecer en estado latente por un periodo largo de tiempo (incluso años) y germinar de nuevo cuando las condiciones sean favorables.

### **3.2.2 Tamaño**

En cuanto al tamaño de las bacterias podemos mencionar que los cocos varían entre los 0.4 A 1.5 micrómetros, mientras que los bacilos pueden alcanzar entre 2 y 10 micrómetros.

### **3.2.3 Estructura celular**

Las bacterias contienen una sustancia proteica semilíquida llamada citoplasma, el cual también está formado de almidón, grasa y enzima así como de material genético ( DNA) el cual controla su vida y reproducción. Las células bacterianas, a diferencia de los animales, están rodeadas por una pared celular que les confiere soporte mecánico y les da su forma característica.

### **3.2.4 Formación de esporas y cápsulas**

Únicamente dos bacterias tienen la habilidad de formar endoesporas, estas son los bacillus y los clostridium, esta formación de esporas es una forma de protección contra condiciones adversas como:

- Calor y frío
- Presencia de desinfectantes
- Falta de humedad
- Falta de nutrimentos

Bajo estas condiciones estos M.O. pueden:

- a) Reunir material nuclear y algunas reservas alimenticias en una zona de la célula.
- b) Formar una cubierta dura que protege a la célula . Las esporas no tienen metabolismo y pueden sobre vivir durante años en ambientes secos y son más resistentes que las bacterias a los esterilizantes químicos, antibióticos, falta de humedad, luz ultravioleta, falta de nutrimentos y pueden resistir altas temperaturas, algunas pueden resistir temperaturas superior a las 100°C por algunos minutos.



### **3.3 CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS**

El crecimiento de los microorganismos depende de los siguientes factores:

**3.3.1 Requerimientos nutricionales.-** Los nutrimentos son requeridos para el desarrollo de los M.O. ya que estos son los que proveen los materiales de construcción para las nuevas células.

La leche es rica en nutrimentos y como tal es una excelente fuente de los mismos para las M.O., pero como el requerimiento de los diversos organismos varia, no todos encontrarán en la leche aquellos nutrimentos indispensable para su desarrollo.

De hecho no todos los M.O. pueden desarrollarse en la leche, sin embargo algunos compuestos producidos por el metabolismo de ciertos organismos pueden servir como nutrimentos para otros organismos logrando de esta manera una cadena que como resultado final puede producir el rompimiento de varios compuestos orgánicos en la leche.

Los requerimientos nutricionales de los microorganismos varían entre especies, pero en general podemos decir que para su desarrollo es necesario la presencia de compuestos orgánicos, tales como proteínas, grasas e hidratos de carbono, así como de pequeñas cantidades de minerales y vitaminas.

**3.3.2 Temperatura.-** Tres temperaturas son importantes para el desarrollo de los M.O.: temperatura mínima, óptima y máxima. Las bacterias pueden desarrollarse entre 0-70°C, mientras que la mayoría de hongos y levaduras tienen su óptimo entre 20 y 40°C. A continuación se presenta la Tabla Clasificación de Microorganismos por Temperatura (Tabla N° 6).

TABLA N° 6

**CLASIFICACION DE MICROORGANISMO  
POR TEMPERATURA**

GRUPO	TEMPERATURA MINIMA	TEMPERATURA OPTIMA	TEMPERATURA MAXIMA
Termófilos	40-45	55-75	60-90
Mesófilos	5-15	30-45	35-47
Psicrófilos	-5-+5	12-15	15-20
Psicotróficos	-5-+5	25-30	30-35

**Temperatura mínima.-** Es aquella por debajo de la cual no es posible la reproducción ya que el metabolismo se detiene.

**Temperatura máxima.-** Es aquella por arriba de la cual los microorganismos dejan de desarrollarse.

**Temperatura óptima.-** Es aquella en la que los microorganismos se desarrollan de la mejor manera.

**3.3.3 Humedad.-** El agua es el mayor componente de las células y por lo tanto se requiere de cantidades considerables para su reproducción. Los organismos absorben todos sus nutrimentos en forma de solución.

Los productos desecados como la leche en polvo se encuentran protegidos del deterioro bacteriológico debido a la ausencia de agua. Sin embargo, el proceso de secado no destruye todos, los microorganismos pueden sobre vivir por largos periodos de tiempo. La cantidad de humedad optima varia de acuerdo al tipo de microorganismo. Las bacterias tienen un buen crecimiento a un 20% de humedad y se detiene cuando es menor a 5%.

Los hongos y levaduras requieren menor cantidad de humedad que las bacterias.

**3.3.4 Oxígeno.-** Todos los microorganismos requieren de oxígeno para oxidar sus alimentos y producir energía, dependiendo de la fuente de obtención de este se pueden dividir en:

**Aeróbicos.-** Son aquellos que crecen en presencia de oxígeno atmosférico, a este grupo pertenecen las mayorías de las levaduras, todos los hongos y un gran número de bacterias.

#### **Facultativos anaerobios**

Son aquellos que crecen con presencia ó ausencia de oxígeno atmosférico.

**Anaerobios.-** Son los que crecen en ausencia de oxígeno atmosférico.

**3.3.5 Presión Osmótica.-** Las soluciones con un alto porcentaje de compuestos disueltos tienen una presión osmótica alta. En tales soluciones el agua será removida del M.O. el cual cuenta con una menor presión osmótica en el interior de sus células, previniendo de esta manera el metabolismo y reproducción del M.O.

Las bacterias no pueden soportar altas concentraciones de azúcar o sal, ya que para regular la presión osmótica en el medio, el agua sale de la célula provocando una deshidratación de la misma. Los hongos y levaduras son resistentes a las altas concentraciones de sal ó azúcar, por lo expresado anteriormente necesitan menor cantidad de humedad.

**3.3.6 Acidez.-** La concentración de iones hidrógenos del producto alimenticio es particularmente importante. Los alimentos en condiciones de conservación tienen un PH que varía desde la neutralidad hasta alrededor de 3; el efecto inhibitor de los ácidos sobre los organismos alteradores empiezan a ser evidente alrededor de PH =5,3 mientras que el clostridium botulinum, y otros M.O. que envenenan los alimentos se inhiben A PH = 4,5 por de bajo de un PH = 3,7 solo es probable que crezcan los hongos.

En los alimentos de poca acidez  $\text{PH} > 4,5$  es necesario la esterilización, mientras que para los alimentos ácidos  $3,7 \leq \text{PH} \leq 4,5$  lo adecuado es la pasteurización. Los alimentos muy ácidos  $\text{PH} < 3,7$ ; se autopreservan, aunque puede llegar a ser necesario cierto tratamiento suave, a fin de inactivar las enzimas alteradoras. A continuación se presenta la Tabla Clasificación de Microorganismos por PH (Tabla N° 7):

TABLA N° 7

**CLASIFICACION DE MICROORGANISMOS  
POR PH**

TIPO	CONCENTRACION DE HIDROGENIONES (PH)	
	INTERVALO	OPTIMO
MOHO	2 - 8,5	2 - 6,5
LEVADURA	4 - 6,5	4 - 4,5
BACTERIAS	5 - 8	6,5 - 7,5

En general las bacterias pueden sobrevivir a PH entre 5 y 8, siendo el óptimo cercano a 7, los hongos y levaduras pueden desarrollarse a PH menores que las bacterias.

### **3.4 REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO BACTERIANO**

#### **3.4.1 Reproducción Bacteriano**

Las bacterias normalmente se reproducen de forma asexual por división. El material nuclear se reúne en una parte de la célula dividiéndose en dos porciones idénticas. Estas partes se separan y la pared celular se dobla y crece hacia adentro. Cuando las paredes se tocan, se funden resultando dos organismos que pueden permanecer juntos o separarse.

En condiciones favorables la división de las bacterias puede tener lugar a intervalos de 20-30 min.

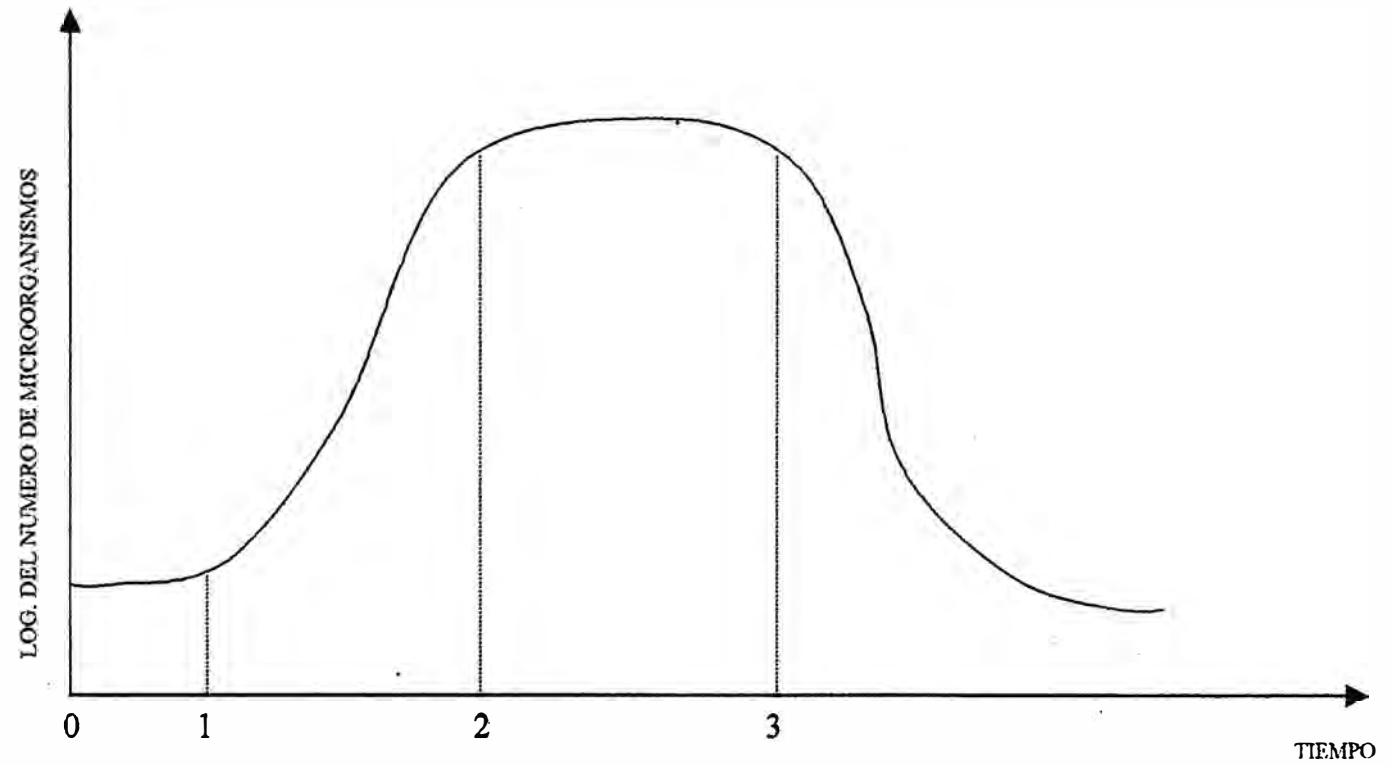
#### **3.4.2 Curva de Crecimiento Bacteriano**

Esta curva puede ser representada por una curva de crecimiento exponencial, en esta curva el logaritmo del número de organismos por unidad de volumen se grafica contra del tiempo de incubación.

Existen 4 fases del crecimiento bacteriano.

- Fase Lag ( low activity growth) En esta fase los M.O. se aclimatan al ambiente que los rodea, no hay crecimiento o si lo hay es muy pequeño.
- Fase Logarítmica o exponencial.- El grado de multiplicación es rápido y constante.
- Fase Estacionaria.- El número de M.O. permanece constante, el grado de multiplicación se ve balanceado por el número de muerte.
- Fase de mortalidad.- El número de M.O. disminuye debido a la falta de nutrimentos, oxígeno y a la producción de metabolitos de desecho de los mismos M.O.; a continuación se presenta el gráfico Curva de Crecimiento Bacteriana

## CURVA DE CRECIMIENTO BACTERIANO



0	-1	FASE LAG ó DE LATENCIA
1	-2	FASE LOGARITMICA
2	-3	FASE ESTACIONARIA
>3		FASE MUERTE

### **3.5 HONGOS**

Consisten en una serie de filamentos que se ramifican en todas direcciones y que reciben el nombre de hifas, las cuales se dispersan para formar el micelio, el que puede ser percibido a simple vista. Los mohos se reproducen por medio de esporas de diversos tipos, llamadas conidias. Las esporas tienen normalmente unas paredes gruesas y son relativamente resistentes a la desecación, calor, más no como las endoesporas provenientes de bacterias.

#### **3.5.1 Condiciones para su desarrollo**

**Oxígeno.**- Son M.O. estrictamente aerobios.

**Temperatura.**- Su temperatura óptima se sitúa entre los 20 y 30°C.

**Acidez.**- Pueden crecer en un medio en condiciones ligeramente ácidas.

**Humedad.**- Requieren cierta humedad, pero esta es menor que para las bacterias y levaduras.

**Concentración de Sales.**- El límite superior para su desarrollo se encuentra entre el 8 y 10%.

### **3.6 LEVADURAS**

Son organismos celulares de forma esférica, elíptica o cilíndrica.

#### **3.6.1 Condiciones para su desarrollo**

**Oxígeno.**- Son anaerobias facultativas.

**Temperatura.**- Entre 20 y 30°C.



**Acidez.**- PH entre 3 y 7,5, óptimo 4,5 – 5

**Humedad.**- Requieren cierta cantidad de humedad, pueden crecer en productos con miel o mermelada; lo cual indica que resisten una relativamente alta presión osmótica.

# **CAPITULO IV**

## **DISEÑO DE UNA LINEA DE PROCESO**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Para poder obtener un producto de alta calidad y con una carga microbiana dentro de lo permitido en las normas nacionales e internacionales, necesitamos utilizar el proceso y la tecnología adecuados para el procesamiento de la leche.

Una vez encontrado estas condiciones se diseñará el equipo principal y se seleccionará los equipos y accesorios. Se mencionará la automatización con sus respectivos lazos de control y el tratamiento de efluentes en forma conceptual.

### **4.2 SELECCIÓN DE PROCESO Y TECNOLOGÍA**

#### **4.2.1 Selección del Proceso**

En la Industria láctea, la leche pasa a través de varias etapas de tratamiento en distintos equipos de proceso antes de llegar al consumidor como producto terminado. La producción tiene lugar normalmente en forma continua en un proceso cerrado, donde los componentes principales están interconectados mediante un sistema de tuberías.

Una de las más importantes de estas etapas es el tratamiento térmico; el cual tiene como objetivo reducir la carga microbiana en la leche para lograr una buena conservación del producto terminado en el almacenamiento y distribución.

Se presentan dos tratamientos térmicos que son los más importantes:

1. Pasteurización
2. Esterilización

Entre estos dos, se decide utilizar el de esterilización por presentar mayores ventajas frente al de una Pasteurización tales como:

- Destrucción de esporas
- Mayor tiempo de vida
- No necesita refrigeración
- Mejor manejo en la distribución
- Mejor manejo para su almacenamiento

#### **4.2.2 Selección de Tecnología**

Para poder decidir cual de estos será el equipo de nuestra elección se hará uso de un cuadro comparativo de ventajas y desventajas, respecto a las tres tecnologías usadas y planteando las siguientes interrogantes: Tabla 8 y Tabla 9.

1. ¿Cuál es la especificación del producto a procesar?
2. ¿Cuál es la calidad requerida del producto final?
3. ¿Especificaciones de Viscosidad?
4. ¿Cuál es la acidez del producto?
5. ¿Cuál es la sensibilidad a altas temperaturas y estabilidad térmica?
6. ¿Necesidad de capacidad variable?
7. ¿Necesidad de tratamiento directo o indirecto?
8. ¿Experiencia de operadores?

En el cuadro comparativo de los tres sistemas y respondiendo a las preguntas se toma en cuenta las ventajas más importantes tales como:

**TABLA N° 8**  
**CUADRO COMPARTATIVO DE LOS TRES SISTEMAS N° 1**

<b>INTERCAMBIADOR TUBOS</b>	<b>INTERCAMBIADOR PLACAS</b>	<b>INTERCAMBIADOR POR INYECCION DE VAPOR</b>
<b>VENTAJAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>VENTAJAS</b>
INSENSIBLES A LAS CAIDAS DE PRESION	BAJO COSTO DE INVERSION	TRABAJA CON PRODUCTOS TERMOSENSIBLES
USO DE POCOS EMPAQUES	FACILIDAD DE INSPECCION	BUENA CALIDAD DEL PRODUCTO
LARGAS CORRIDAS DE PRODUCCION	CONSTRUCCION TECNICA SIMPLE	LARGAS CORRIDAS DE PRODUCCION
RECUPERACION DE ENERGIA	RECUPERACION DE ENERGIA	
<b>DESVENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
RELATIVAMENTE ALTOS COSTOS DE INVERSION	SENSIBLES A LAS CAIDAS DE PRESION	MAYOR COSTO DE INVERSION QUE LOS SISTEMAS INDIRECTOS
DIFICIL DE INSPECCIONAR	USO DE MUCHOS EMPAQUE	MAYOR COSTO DE OPERACION DEBIDO AA MENOR RECUPERACION ENERGETICA
DEPOSITOS EN SUPERFICIES CALIENTES	TIEMPOS MENORES DE PRODUCCION	UTILIZADO MAYORMENTE CON PRODUCTOS DE BAJA VISCOSIDAD
	MAYOR CANTIDAD DE DEPOSITOS EN SUPERFICIES CALIENTES	NECESIDAD DE VAPOR DE CALIDAD CULINARIA
		ELIMINACION DE ESPORAS TERMORESISTENTES HRS.

**TABLA N° 9**

**CUADRO COMPARATIVO DE LOS TRES  
SISTEMAS No.2**

	<b>ESTERILI ZADOR DE PLACAS</b>	<b>ESTERILI ZADOR TUBULAR</b>	<b>ESTERILI ZADOR POR INYECCION</b>
<b>Leche</b>			
<b>Bajo costo</b>	1	2	5
<b>Alta calidad</b>	3	3	2
<b>Materia Prima baja calidad</b>	4	2	2
<b>Esporas Termo- resistentes</b>	3	3	2
<b>Leches Aromatizadas chocolate</b>	3	2	2
<b>Aromas volátiles</b>	1	1	3
<b>Difícil de esterilizar (cacao)</b>	3	2	1
<b>Sensible al color</b>	3	3	2
<b>Yogurt</b>	1	1	4
<b>Jugos con pulpa, fibras&gt; 1min</b>	5	1	5

Con pulpa, fibras < 1 min.	3	1	5
Sin pulpa	1	1	5
Otras consideraciones			
Estabilidad térmica	3	3	2
Producto aséptico	1	1	1
Flexibilidad	3	3	2
Mantenimiento	2	1	2

Donde:

1 = Excelente

2 = Bueno

3 = Aceptable

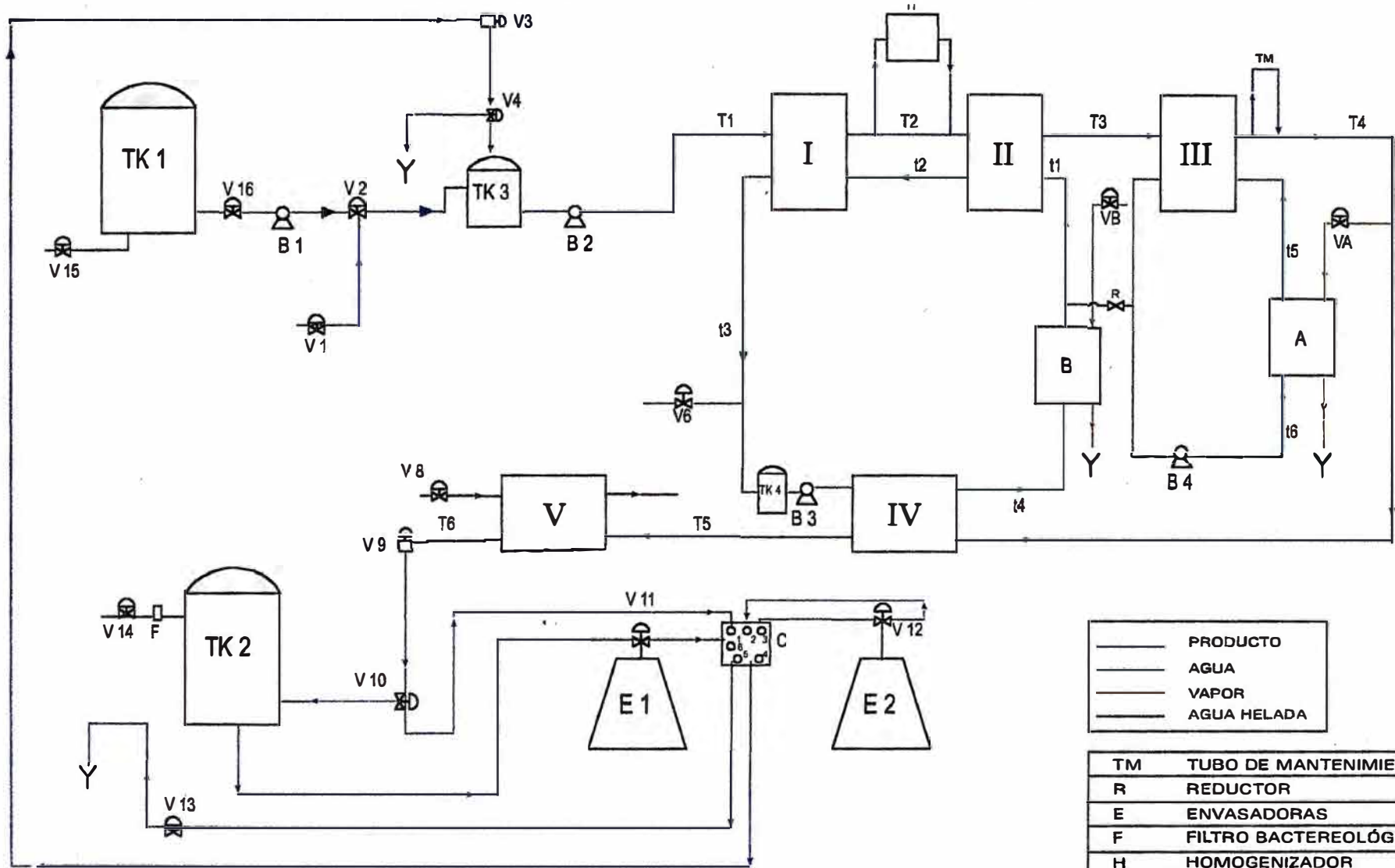
4 = Posible

5 = No recomendado

1. El bajo costo de inversión
2. No se manejarán altos volúmenes de producción
3. Calidad de Materia Prima Media
4. Facilidad de Inspección
5. Viscosidad baja y media

Por lo cual, se decide por un intercambiador de placas. Este intercambiador se presenta en el diagrama de flujo siguiente “Diagrama de Flujo de una Línea de Proceso”; el cual consta de 5 etapas y dos unidades de agua caliente.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA LINEA DE PROCESO



	PRODUCTO
	AGUA
	VAPOR
	AGUA HELADA

TM	TUBO DE MANTENIMIENTO
R	REDUCTOR
E	ENVASADORAS
F	FILTRO BACTEREOLÓGICO
H	HOMOGENIZADOR
TK	TANQUES
V	VÁLVULAS
B	BOMBAS



### **4.3 EQUIPOS Y ACCESORIOS**

Para lograr un proceso adecuado, controlado y automatizado se requieren los siguientes equipos y accesorios:

Tanques para almacenamiento de la leche cruda.

Tanques asépticos para el almacenamiento temporal del producto procesado.

Tuberías y accesorios de conexión, válvulas accionadas neumáticamente.

Bombas para el transporte de la leche para toda la planta .

Intercambiador de calor de placas incluyendo:

Tubo de mantenimiento.

Dos intercambiadores de calor de placas para agua caliente.

#### **4.3.1 Tanques de almacenamiento**

Este tipo de tanques son utilizados para la recepción de la leche. Normalmente son ubicados en el exterior con el objeto de ahorrar costos en edificios., y también por el tamaño de estos.

Para poder tener una temperatura baja del producto se necesita que estos estén aislados normalmente. Tiene una doble pared con un mínimo de 70mm. de aislamientos de lana mineral. La pared externa e interna pueden ser de acero inoxidable, pero por razones de economía la parte exterior es normalmente de acero al carbón, cubierto con una pintura anticorrosiva.

Con el objeto de facilitar un drenaje completo el fondo del tanque es inclinado, con un 6% hacia su salida.

Estos tanques están provistos de diferentes tipos de agitadores e instrumentos de control.

El número y tamaño de los tanques viene determinado por factores tales como entrada diaria de leche, días de producción, cantidades de producción.

#### **4.3.2 Tanques para el almacenamiento temporal del producto procesado**

Estos tanques son usados para almacenar temporalmente un producto que ya ha sido procesado. Son utilizados para absorber variaciones en el caudal de producto en proceso.

Estos tanques también son usados como tanques pulmón de allí hacia las envasadoras.

También para evitar la parada de proceso cuando las envasadoras, tienen problemas de producción en este caso se continúa llenando a dichos tanques, hasta que se renueve la operación de envasado.

Estos tanques tienen una capacidad de 1000 a 50000 Kg; la pared interna y exterior es de acero inoxidable, con una capa aislante de lana mineral entre ambas paredes. Siendo estos los de almacenamiento isotérmicos.

Estos tanques están provistos de un agitador e instrumentos de control de nivel y temperatura.

Una forma de seleccionar la capacidad es que le corresponda 2.5 horas de capacidad normalmente de producción.

El transporte del producto hacia las envasadoras se hacen por medio de presión de aire estéril; este aire pasa a través de un filtro bacteriológico.

#### **4.3.3 Tuberías**

En la industria láctea existen otras redes de tuberías para otros productos, tales como: agua, vapor, soluciones de limpieza, refrigerantes y aire comprimido.

Todos estos sistemas de transporte de líquido son básicamente diseñados de la misma forma; la diferencia radica en los materiales utilizados, el diseño de los componentes y los tamaños de las tuberías.

Todos los componentes en contacto con los productos lácteos que se transportan están contruídos con acero inoxidable. En las demás redes de tuberías se utilizan otros materiales como forjado, acero al carbono, cobre y aluminio.

Se pueden utilizar plásticos en las líneas de agua y aire comprimido y cerámica en las tuberías para los efluentes.

Por razones de higiene todas las partes en contacto con los productos lácteos de los equipos de proceso están fabricados con acero inoxidable.

Se utilizan dos tipos principalmente, el acero inoxidable ASI 304 y AISI 316; este último es más resistente ala corrosión.

Velocidades de paso del producto altas originan una mayor fricción dentro del propio líquido y entre el líquido y las paredes de la tubería; de esta manera se dará una mayor agitación mecánica del producto.

Para cada líquido existe una velocidad límite superior que no debe ser pasada si queremos mantener su calidad. Para el caso de leche esta velocidad es alrededor de 1.8 mts. Existe una gráfica donde entramos con la velocidad (M/S) y Caudal (L/Hr) y obtenemos el diámetro.

#### **4.3.4 Conexiones**

Las uniones permanentes deben ser soldadas pero cuando se desea poder desmontar las unidades estas se ha de resolver por medio de uniones desmontables con un adecuado diseño higiénico, que consta de un extremo macho y una tuerca con una junta anular en el otro ó de un tipo Clamp (abrazadera) con una junta

anular. Este tipo de unión permite la desconexión sin perturbar las otras secciones de tubería.

Este tipo de unión se utiliza para conectar equipos de proceso, instrumentos, etc. que necesitan ser desmontados para su limpieza, reparación o sustitución.

En los distintos países se tienen diferentes normas que hacen referencia a las uniones de tuberías.

SMS	Norma sueca para la industria láctea
DIN	Alemania
BS	Británico
ISO	EU

Los codos Tes y los accesorios similares pueden ser soldados ó bien ir provistos de uniones. En este caso, el accesorio puede ser encargado con firmas en tuercas y racho ó con abrazaderas.

Se utilizan codos para la conexión de instrumentos de medida como termómetros y manómetros. El sensor debe estar colocado en la tubería en contracorriente haciendo que la lectura sea la más precisa posible.

La conexión puede ser utilizada también para colocar un grifo tomamuestra. La conexión para instrumentos también se puede resolver mediante soldadura directa a la tubería cuando se esta instalando.

#### **4.3.5 Válvulas**

En una red de tuberías existen muchos puntos donde el producto podría pasar de una tubería a otra, pero que muchas veces estos puntos han de estar cerrados de forma estanca para evitar que se mezclen diferentes productos que circulan por estas líneas distintas. Cuando las líneas se aíslan unas de otras, no deben producirse ninguna fuga, por ejemplo de solución de limpieza, que pudiera mezclarse con producto en proceso.

Otra situación es cuando en el red de tuberías existen muchos puntos donde se requiere detener el flujo ó bien dirigirlo hacia otra dirección. Para este caso se usan las siguientes válvulas:

Válvulas de asiento accionadas manual ó automáticamente.

Válvulas de mariposa accionadas manual ó automáticamente.

Cuando deseamos tener un control preciso de caudales y presión en distintos puntos utilizamos la válvulas de control. Dentro de este tipo de válvulas tenemos las siguientes:

#### **4.3.5.1 Válvulas de control manual con obturador de caudal variable**

Esta válvulas tiene un vástago con un obturador de forma especial. Cuando la manivela de regulación se gira, el obturador se mueve hacia arriba o hacia abajo, variando el paso y de manera el caudal ó la presión, una escala sobre la válvula indica el ajuste.

#### **4.3.5.2 Válvula de control neumático con obturador de caudal variable**

Trabaja de forma similar a la válvula descrita anteriormente, la disposición obturador–asiento es similar a la válvula de accionamiento manual. El caudal es gradualmente estrangulado a medida que el obturador se baja y aproxima al asiento.

Este tipo de válvula se utiliza en el control automático de presión, caudal y niveles en proceso y continuamente trasmite el valor medido al controlador. Este controlador entonces ajusta la posición de la válvula de forma que el valor consigna se mantenga. Generalmente en línea de proceso se utiliza las válvulas de presión constante.

#### **4.3.5.3 Válvulas de presión constante**

El aire comprimido se suministra a través de una válvula reductora al espacio existente sobre el diafragma. La presión de aire se ajusta mediante la válvula reductora hasta que la presión del producto muestra la presión requerida. La presión consigna es entonces mantenida a pesar de los cambios que se puedan producir en las condiciones de operaciones. La válvula reacciona rápidamente frente a los cambios en la presión del producto, una presión reducida de producto da lugar a una fuerza mayor sobre el diafragma por efecto de la presión del aire que permanece constante. El obturador de la válvula entonces se mueve hacia abajo con el diafragma, siendo reducido el caudal y aumentando así la presión del producto sobre el valor preestablecido.

Una presión de producto incrementada da lugar a una fuerza sobre el diafragma, que es mayor que la fuerza hacia abajo del aire comprimido; el obturador de la válvula entonces se mueve hacia arriba incrementando el paso del producto. El caudal aumentará hasta que la presión de producto cae hasta el valor preestablecido. Esta válvula no puede controlar la presión del producto si la presión del aire disponible es más baja que la presión de producto requerida.

#### **4.3.6 Bombas**

En la industria láctea los líquidos son conducidos a través de extensas redes de tuberías con muchas válvulas, a través de intercambiadores de calor, filtros y otros equipos que provocan a menudo elevadas pérdidas de carga. Los caudales son con frecuencia elevados; en definitiva las bombas son utilizadas en numerosas partes de la planta de proceso; por lo que disponer de la bomba adecuada en el sitio adecuada es cada vez mas importante.

La bomba se ha seleccionar teniendo cuenta:

Caudal de transportar

Producto a manejar  
Viscosidad  
Temperatura  
Presión en el sistema  
Solución higiénica de la bomba.

Las bombas típicas de la industria láctea son las centrífugas, las bombas de anillo líquido y las bombas de desplazamiento positivo, estas tres tienen aplicaciones diferentes, aunque la bomba centrífuga es el tipo más ampliamente utilizado en la industria láctea.

La bomba centrífuga es utilizada para productos de baja viscosidad pero no pueden manejar líquidos fuertemente aireados.

La bomba de anillo líquido se usa cuando se precisa un tratamiento suave y con productos de viscosidad elevada.

La bomba de desplazamiento positivo es usada para productos de viscosidad media.

#### **4.3.6.1 Cavitación**

La cavitación se detecta por un sonido de golpeteo en la bomba; este fenómeno ocurre cuando la presión en el interior de la bomba cae localmente por debajo de la presión vapor y se forma por ello pequeñas burbujas de vapor en el líquido, pero la presión aumenta conforme el líquido es impulsado por el rotor, produciéndose condensaciones muy rápidas de los vapores. Las burbujas de vapor se rompen a velocidad muy alta y a la presión local, que puede ser muy alta. La cavitación tiene lugar cuando la presión en el tramo de aspiración es demasiado baja con relación a la presión de vapor del líquido que se bombea. La tendencia a

la cavitación aumenta cuando los líquidos que se bombean son viscosos o volátiles.

La cavitación en las bombas da lugar a una carga reducida y a una baja eficiencia, conforme aumenta la cavitación, la bomba deja de bombear progresivamente.

Las bombas en la industria láctea tienen impulsadores ó rodetes de acero resistentes a la corrosión y al desgaste causado por la cavitación.

#### **4.4. TRANSFERENCIA DE CALOR**

##### **4.4.1 INTRODUCCIÓN**

La transferencia de calor en la industria láctea tiene lugar por convección y por conducción. Dos principios diferentes son utilizados: calentamiento directo y calentamiento indirecto.

**4.4.1.1 Calentamiento directo.-** Indica que el medio de calentamiento se mezcla con el producto. Esta técnica es usada en:

- Calentamiento de agua .- El vapor se inyecta directamente en el agua y se transfiere calor a la misma tanto por convección como por conducción.
- Calentamiento de productos tales como cuajada en la fabricación de: ciertos tipos de quesos (mezclados agua caliente con la cuajada) y para esterilizar leche por el método directo (inyección de vapor ó infusión de la lecha en vapor).

**4.4.1.2 Calentamiento indirecto.-** En este método el producto y el medio calefactor ó refrigerante. Están separados y no entran en contacto directo. El calor se transfiere desde el medio calefactor al producto a través de una pared, se supone que el medio de calentamiento es agua caliente que circula por un lado de pared y por el otro lado circula leche fría. La pared está caliente por el lado del medio calefactor y fría por el lado del producto.



En un intercambiador de calor de placas, éstas constituyen la pared. Hay una capa límite a cada lado de la pared. La velocidad de los líquidos es frenada por fricción hasta ser casi cero en esas capas límites en contacto con la pared, al capa inmediatamente exterior a la capa límite solo se ve frenada por está última y tiene por lo tanto una cierta velocidad, aunque baja. La velocidad va aumentando progresivamente en las siguientes capas, hasta ser máxima en el centro del canal o tubería; igualmente la temperatura del agua caliente es máxima en la mitad del canal cuando mas cerca esta el agua de la pared divisoria, mas enfriada por la leche fría que se encuentra en el otro lado. El calor se trasmite por convección y por conducción hacia la capa límite, la transferencia de calor entre ambas capas límite separadas por la pared se produce por conducción en su mayor parte mientras la transmisión a otras capas de leche en la zona central del canal se hace por tanto por conducción como por convección.

#### **4.4.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Son equipos utilizados para transferir calor por el método indirecto. Existen diferentes tipos de intercambiadores de calor usados en la láctea, entre ellos tenemos:

- Intercambiador de calor de placas
- Intercambiador de calor tubular
- Intercambiador de calor por inyección de vapor.

#### **4.4.2.1 Intercambiador de calor de placas**

Casi todo el intercambio térmico en productos lácteos se realizan en intercambiadores de placas. El intercambio de calor de placas se designa como PHE Plate Heat Exchanger consta de un paquete de placas de acero inoxidable sujetas por un bastidor.

El bastidor puede contener varios paquetes de placas separadas, formando secciones o cuerpos en los cuales se llevarán acabo distintas etapas tales como, calentamiento, enfriamiento, precalentamiento, considerado medio de enfriamiento al agua fría, agua helada , glicol, NH<sub>3</sub>. Dependiendo de las temperaturas de salida.

Los líquidos entran y salen de las placas a través de conductos situados en las esquinas de las placas.

Como ejemplo, el producto pasará por los canales pares de las placas, y el medio de calentamiento ó enfriamiento pasará por los canales impares.

#### **4.4.2.2 Intercambiador de calor tubular**

En estos intercambiadores el área de trasferencia térmica consta de un número de tubos por los que circula el producto, el medio de calentamiento fluyen en los espacios interiores que quedan entre la carcaza y los citados tubos. Algunos tubos tienen forma de “U”, de modo que el producto fluye a todo lo largo del intercambiador y vuelve otra vez, con lo que se aumenta la cantidad de calor transferida con este tipo de intercambiadores se logra la misma eficiencia que con los intercambiadores de calor de placas.

Este intercambiador se designa como THE (Tubular Heat Exchanger); este intercambiador es del tipo multi/mono tubo, también existe el del tipo multi/mono caudal.

Los intercambiadores multi/mono tubo son muy adecuados en procesos que trabajan a muy altas presiones y altas temperaturas.

Su diseño permite que los tubos puedan ser extraídos de la carcasa sin desatornillar los pernos de los extremos, esto facilita el desmontaje para la inspección.

#### **4.4.2.3 Intercambiadores por Inyección de Vapor**

Intercambiador de calor directo, mediante contacto del producto con vapor. Este opera por medio de la inyección directa de vapor a través de una tobera de diseño especial. Esta inyección hace que la temperatura del producto aumenta casi instantáneamente. Para evitar la ebullición del producto es necesario presurizarlo hasta una presión del orden de 3-4 bar en función de la temperatura de esterilización.

El enfriamiento se efectúa por evaporación (Flash) en una cámara de vacío en la que el vacío se mantiene mediante una bomba de vacío. El grado de vacío es controlado para conseguir que se extrae del producto la misma cantidad de agua que se inyecta como vapor para evitar la concentración ó dilución del producto.

Con este sistema son posibles largos ciclos de producción porque solo una pequeña superficie en la tobera de inyección está expuesta aun ensuciamiento severo.

El sistema de inyección puede trabajar con productos de viscosidad baja o media y con capacidades entre 2000 a 25000 LT/HR.

Para combatir las esporas termoresistentes (HRS - Heat Resistant Spores), es posible utilizar este sistema el cual permite alcanzar temperaturas tan altas como 150°C sin afectar negativamente la calidad del producto.

## **4.5 COMBINACIÓN TIEMPO / TEMPERATURA**

### **4.5.1 INTRODUCCIÓN**

La longitud y tamaño del tubo de mantenimiento situado en el exterior del intercambiador de calor de placas se calculan de acuerdo con el tiempo conocido de mantenimiento, capacidad de la planta dimensiones de la tubería.

La combinación de temperatura y tiempo de mantenimiento es muy importante, ya que determinan la intensidad del tratamiento térmico. Un tratamiento térmico correcto exige que la leche se mantenga durante un tiempo determinado a la temperatura requerida. Logrando de efectos letales sobre las bacterias.

Es necesario controlar de forma precisa el caudal de producto que pasa por la sección de mantenimiento ya que está ha sido dimensionada para conseguir un tiempo determinado de mantenimiento. El tiempo de mantenimiento es inversamente proporcional al caudal de producto en esta sección.

### **4.5.2 CALCULO DE LA LONGITUD DEL TUBO DE MANTENIMIENTO**

La longitud apropiada del tubo para conseguir un adecuado tiempo de mantenimiento se puede calcular cuando se conoce la capacidad y el diámetro interior del tubo de mantenimiento, como el perfil de velocidades en el tubo de mantenimiento no es uniforme, algunas porciones de leche tendrán un velocidad de circulación superior a la media. Para asegurar que incluso las porciones que se mueven a mayor velocidad sean pasteurizadas suficientemente, se debe de utilizar un factor de eficiencia. Este factor depende del diseño del tubo de mantenimiento, pero normalmente vale entre 0.8 y 0.9, los datos necesarios para el exceso son

Q: caudal de pasteurización o esterilización

t : tiempo de mantenimiento

L: longitud del tubo de mantenimiento en dm

D: diámetro interior del tubo de mantenimiento en dm

V: volumen de leche en LT ó  $\text{dm}^3$  correspondientes a Q, TM

$\eta$ : factor de eficiencia.

$$L = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2} \quad \text{dm} \qquad V = \frac{Q \times t}{3600 \times \eta} \quad \text{dm}^3$$

#### 4.5.3 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE UN INTERCAMBIO DE CALOR

Los datos necesarios para el dimensionamiento del área de un intercambiador de calor son:

V : Caudal del producto

$\rho$  : Densidad del producto

Cp: Calor específico del producto

$\Delta T$ : Cambio de temperatura del producto

$\Delta T_m$ : Diferencia de temperaturas medialogarítmica (DTML)

K: Coeficiente global de transmisión del calor

$$A = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{\Delta T_m \times K}$$

#### Caudal del producto

El caudal viene determinado por la capacidad ya determinada en la industria específica, cuanto mayor es el caudal a procesar mayor será el intercambiador que se necesite.

### **Densidad y calor específico**

Estos valores vienen determinados por la naturaleza del producto el calor específico e indican la cantidad de calor que se le ha de suministrar al producto para incrementar su temperatura en 1°C.

### **Cambio de temperatura**

Las temperaturas de entrada y salida del producto son determinadas por las etapas proceso anterior y posterior. El cambio de la temperatura del producto se indica como  $\Delta T$  en la fórmula anterior y se denotará como:

$$\Delta T_1 = T_{01} - T_{i1}$$

Las temperaturas de entrada del fluido calo portador viene determinada por condiciones del proceso. La temperatura del fluido calo portador puede ser calculada por un balance de energía utilizando  $mC_p\Delta t$ .

Las pérdidas de energía hacia el ambiente pueden despreciarse ya que son muy pequeños.

### **Diferencia de temperatura media logarítmica ( $\Delta T_{ML}$ )**

La diferencia de temperaturas puede variar a través del intercambiador de calor. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora, cuanto mayor es la diferencia de temperaturas, mayor es la velocidad de transferencia de calor y más pequeñas es la superficie de intercambio necesaria. Para efectos de cálculos se utiliza un valor medio para esa diferencia de temperatura ( $\Delta T_{ML}$ ). Se indica como  $\Delta T_M$  en la fórmula anterior.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta T_{TM} = \frac{(T_{i2} - T_{o1}) - (T_{o2} - T_{i1})}{\text{LN} \left( \frac{T_{i2} - T_{o1}}{T_{o2} - T_{i1}} \right)}$$

Un factor importante en la determinación de la diferencia de temperatura media es la dirección de flujo de cada uno de los fluidos que intercambian calor dentro del intercambiador de calor. Existen dos opciones principales: Flujo contracorriente y flujo paralelo.

## **4.6 CÁLCULOS Y RESULTADOS**

### **4.6.1 Determinación del área de transferencia, longitud y tiempo del tubo de mantenimiento**

Para llegar a la obtención del área de transferencia se presenta el diagrama de flujo ver el siguiente gráfico, diagrama de flujo de una línea de proceso.

En el cual se encuentra 7 etapas para los cuales se determinaran sus respectivas áreas de transferencia. Para tal efecto se hace uso de una hoja de calculo, donde se han utilizado las ecuaciones presentadas en Cap. I y IV. Estos cálculos son realizados considerando los servicios ya instalados y las necesidades son parte de estos.

En esta hoja de cálculo también se presenta el cálculo de la longitud y tiempo necesario para el tubo de mantenimiento. Se presentan diferentes posibilidades y se escoge la mejor.

Los resultados se presentan en la Tabla de Resultados.

## TABLA DE RESULTADOS

### CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA

Para realizar los cálculos del área de transferencia de cada una de las cuatro primeras etapas se utilizarán las ecuaciones presentadas en el Capítulo I. Estos son realizados teniendo en cuenta los servicios disponibles en planta y también de acuerdo a las necesidades de producción. Ingresando valores en DATOS se puede obtener diferentes resultados.

#### DATOS

Presión	5.5 Bar
C.lat	504 Kcal/Kg      2106.7 KJ/Kg
Cp.agua	4.18 KJ/Kg.°C
Cp.leche	3.95 KJ/Kg.°C
M.agua	8000 Kg/hr
M.leche	6000 Kg/hr
K	5000      Coeficiente global
M.vapor	450 Kg/hr

#### DATOS

T1	Ingreso producto	10
T2	salida(I)	70
T4	salida(III)	138
T5	salida(IV)	70
t1 ASUMIR	salida B	140
t1 CALCULADO	salida B	131
T3		105

#### RESULTADOS

t2	salida(II)	105.98
t3	salida(I)	63.46
t4	salida(IV)	111.65
t5	salida A	150
t6	salida(III)	121.65

Condiciones:

t5>T4  
t1>T3  
t3<70  
t4<T4

Resolviendo en A:

$$M_v \cdot C_{lat} = M_a \cdot C_{p_a} \cdot (t_5 - t_6)$$

$$t_6 = t_5 - (M_v \cdot 2106.7 / M_a \cdot 4.18)$$

ASUMIR

t5= 150

t6= 121.65

Resolviendo en B

$$M_v \cdot C_{lat} = M_a \cdot C_{p_a} \cdot (t_1 - t_4)$$

t4= 111.65

Resolviendo en IV:

$$M_l \cdot C_{p_l} \cdot (T_4 - T_5) = M_a \cdot C_{p_a} \cdot (t_4 - t_3)$$

t3= 63.46

Resolviendo en I:

$$M_l \cdot C_{p_l} \cdot (T_2 - T_1) = M_a \cdot C_{p_a} \cdot (t_2 - t_3)$$

t2= 105.98

Resolviendo en II:

$$M_l \cdot C_{p_l} \cdot (T_3 - T_2) = M_a \cdot C_{p_a} \cdot (t_1 - t_2)$$

t1= 130.79



Obtenidas toda las temperaturas en cada etapa del intercambiador procedemos a calcular el área de cada etapa con ayuda de las siguientes formulas:

$$A=(Q*D*Cp*DT)/(K*DTm)$$

**DATOS**

Q	Flujo
D	1028 Densidad
Cp	3.95 Capacidad calorífica
DT	Diferencia de temperatura(próducto)
K	5000 Coeficiente global de transferencia
DTm	0.41 Diferencia media logarítmica

$$DTm=(Dt)2-(Dt)1/Ln((Dt)2/(Dt)1)$$

(Dt)2 Diferencia de temperaturas en el extremo caliente.  
 (Dt)1 Diferencia de temperatura en el extremo frío.

Etapa I:		DT=	60
T1	10	DTm=	171.01
T2	70	A1=	0.47
t2	105.98		
t3	63.46		

Etapa II:		DT=	35.00
T2	70	DTm=	133.79
T3	105.00	A2=	0.35
t1	131		
t2	105.98		

Etapa III:		DT=	33.00
T3	105.00	DTm=	62.84
T4	138	A3=	0.71
t5	150		
t6	121.65		

Etapa IV:		DT=	48.19
t3	63.46	DTm=	21.65
t4	111.65	A4=	3.01
T4	138		
T5	70		

t5=150

A I	A II	A III	A IV	Mv	t1 Asumido	t1 Calculado
0.47	0.35	0.71	3.01	250	130	133
0.45	0.33	0.99	3.01	270	130	132
0.49	0.37	0.98	3.02	300	130	130
0.51	0.39	0.97	3.06	320	130	129
0.52	0.41	0.96	3.1	330	130	128
0.55	0.44	0.94	3.18	350	130	127
0.58	0.48	0.92	3.29	370	130	126
0.63	0.55	0.87	3.54	400	130	124
0.67	0.6	0.82	3.77	420	130	123
0.74	0.7	0.71	4.25	450	130	121

t5=140

A I	A II	A III	A IV	Mv	t1 Asumido	t1 Calculado
0.43	0.31	4.25	3.03	250	130	133
0.45	0.33	4.38	3.01	270	130	132
0.49	0.37	4.6	3.02	300	130	130
0.51	0.39	4.75	3.06	320	130	129
0.52	0.41	4.83	3.1	330	130	128
0.55	0.44	5	3.18	350	130	127
0.58	0.48	5.18	3.29	370	130	126
0.63	0.55	5.47	3.54	400	130	124
0.67	0.6	5.67	3.77	420	130	123
0.74	0.7	5.93	4.25	450	130	121

t5=140

A I	A II	A III	A IV	Mv	t1 Asumido	t1 Calculado
0.31	0.30	4.25	0.00	250	140	143
0.32	0.2	4.38	0	270	140	142
0.34	0.22	4.6	0	300	140	140
0.35	0.23	4.75	0	320	140	139
0.36	0.24	4.83	0	330	140	138
0.38	0.26	5	3.26	350	140	137
0.39	0.27	5.18	3.14	370	140	136
0.42	0.3	5.47	3.04	400	140	134
0.44	0.32	5.67	3.01	420	140	133
0.47	0.35	5.93	3.01	450	140	131

t5=150

A I	A II	A III	A IV	Mv	t1 Asumido	t1 Calculado
0.31	0.19	1.00	0.00	250	140	143
0.32	0.2	0.99	0	270	140	142
0.34	0.22	0.98	0	300	140	140
0.35	0.23	0.97	0	320	140	139
0.36	0.24	0.96	0	330	140	138
0.38	0.26	0.94	3.26	350	140	137
0.39	0.27	0.92	3.14	370	140	136
0.42	0.3	0.87	3.04	400	140	134
0.44	0.32	0.82	3.01	420	140	133
0.47	0.35	0.71	3.01	450	140	131

**RESULTADOS PARA 450 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 25.35

t1	t4	DTm	A
60	34.65	107.18	0.55
80	54.65	87.06	0.68
90	64.65	76.98	0.76
100	74.65	66.88	0.88
106	80.65	60.80	0.97
115	89.65	51.64	1.14
120	94.65	46.53	1.27
130	104.65	36.21	1.63
140	114.65	25.62	2.30

observando los resultados y considerando que  $t1 > 105$  se tomará como resultado el área mínima de mayor flujo de vapor de 400 kg/h donde el  $A_{min}$  es igual  $0.96 \text{ m}^2$

## TABLA DE RESULTADOS

### CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA DE ETAPA V

**DATOS:**

Producto		Agua helada	
T ingreso	70 °C	T ingreso	2 °C
T salida	25 °C	T salida	30 °C
Mp	8000	Ma	
D	1028	Dta	30
K	5000	Ca	4.18
Cp	3.95		

Para realizar este cálculo utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$A = (V \times D \times C_p \times DT) / (3600 \times DT_m \times K)$$

$$DT_m = (DT_1 - DT_2) / \ln(DT_1 / DT_2)$$

Donde: DT= 45 °C

DTm= 30.72 °C

$$A = 2.6 \text{ mt.}^2$$

Cálculo del flujo necesario de agua helada para el sistema en mención. Para esto se utilizará el balance de Energía:

$$M_p \times C_p \times DT_p = M_a \times C_a \times DT_a$$

$$M_a = 11339.71 \text{ Kg/Hr}$$

### CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA EN ETAPAS A y B

Para realizar estos cálculos vamos a realizarlos para las condiciones extremas, cuando el flujo de vapor es máximo y luego iremos calculando a diferentes flujos.

#### **Etapa A**

ASUMIR t5

Agua		Vapor a 5.5 Bar	
T salida =t5	150	Tv =	155
T ingreso=t6	121.65	Mv=	450
Ma=	8000	C.lat.=	2106.7
Cpa=	4.18		
D	1.028		
K=	5000		

Utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$M_v \times C_{.lat.} = M_a \times C_{pa} \times D_{ta}$$

$$D_{ta} = 28.35$$

$$DT_m = ((T_v - t_5) - (T_v - t_6)) / (\ln((T_v - t_5) / (T_v - t_6)))$$

$$t_6 = 121.65$$

$$DT_m = 14.94$$

$$A = (V \times D \times C_p \times DT) / (DT_m \times K)$$

**RESULTADOS PARA 450 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 28.35

t5	t6	DTm	A
60	31.65	108.56	0.61
80	51.65	88.42	0.74
100	71.65	68.20	0.97
110	81.65	58.03	1.13
120	91.65	47.78	1.38
130	101.65	37.40	1.76
139	110.65	27.81	2.37
140	111.65	26.71	2.46
150	121.65	14.94	4.41

**RESULTADOS PARA 400 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 25.2

t5	t6	DTm	A
60	34.8	107.11	0.55
80	54.8	86.99	0.67
100	74.8	66.81	0.88
110	84.8	56.67	1.03
120	94.8	46.47	1.26
130	104.8	36.15	1.62
139	113.8	26.64	2.20
140	114.8	25.56	2.29
150	124.8	14.01	4.18

**RESULTADOS PARA 370 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 23.31

t5	t6	DTm	A
60	36.69	106.23	0.51
80	56.69	86.13	0.63
100	76.69	65.97	0.82
110	86.69	55.85	0.97
120	96.69	45.67	1.19
130	106.69	35.38	1.53
139	115.69	25.93	2.09
140	116.69	24.86	2.18
150	126.69	13.44	4.03

**RESULTADOS PARA 350 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 22.05

t5	t6	DTm	A
60	37.95	105.64	0.48
80	57.95	85.55	0.60
100	77.95	65.41	0.78
110	87.95	55.29	0.93
120	97.95	45.13	1.13
130	107.95	34.87	1.47
139	116.95	25.45	2.01
140	117.95	24.39	2.10
150	127.95	13.06	3.92

**RESULTADOS PARA 320 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 20.16

t5	t6	DTm	A
60	39.84	104.76	0.45
80	59.84	84.68	0.55
100	79.84	64.56	0.73
110	89.84	54.46	0.86
120	99.84	44.32	1.06
130	109.84	34.09	1.37
139	118.84	24.73	1.89
140	119.84	23.67	1.98
150	129.84	12.48	3.75

**RESULTADOS PARA 300 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 18.9

t5	t6	DTm	A
60	41.1	104.16	0.42
80	61.1	84.10	0.52
100	81.1	63.99	0.69
110	91.1	53.90	0.81
120	101.1	43.77	1.00
130	111.1	33.57	1.31
139	120.1	24.23	1.81
140	121.1	23.18	1.89
150	131.1	12.08	3.63

**RESULTADOS PARA 270 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 17.01

t5	t6	DTm	A
60	42.99	103.27	0.38
80	62.99	83.22	0.47
100	82.99	63.12	0.63
110	92.99	53.05	0.74
120	102.99	42.95	0.92
130	112.99	32.77	1.21
139	121.99	23.49	1.68
140	122.99	22.44	1.76
150	132.99	11.48	3.44

**RESULTADOS PARA 250 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 15.75

t5	t6	DTm	A
60	44.25	102.67	0.36
80	64.25	82.62	0.44
100	84.25	62.54	0.58
110	94.25	52.48	0.70
120	104.25	42.39	0.86
130	114.25	32.24	1.13
139	123.25	22.98	1.59
140	124.25	21.94	1.67
150	134.25	11.07	3.30

De acuerdo a estos resultados y considerando que  $t_5 > 138^\circ$ , se tomará como resultado el área mínima correspondiente a  $t_5 = 139^\circ$ , Y  $M_{vapor} = 400 \text{ Kg/h}$  donde  $A_{MIN} = 2.2 \text{ m}^2$



**Tabla B**

SUMIR t1

agua

salida =t1

ingreso=t4

Ma=

Cpa=

Tv=

t4=

Utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$Mv \cdot C.lat. = Ma \cdot Cpa \cdot Dta$$

$$DTm = \frac{(Tv - t5) - (Tv - t6)}{\ln\left(\frac{Tv - t5}{Tv - t6}\right)}$$

$$A = \frac{V \cdot D \cdot Cp \cdot DT}{DTm \cdot K}$$

Vapor a 5.5 Bar

Tv = 155

Mv = 270

C.lat. = 2106.7

115

97.99

8000

4.18

1.028

5000

Dta = 17.01

t4 = 97.99

DTm = 48.00

**RESULTADOS PARA 250 Kg/Hr (Vapor)**

Dta = 15.75

t1	t4	DTm	A
60	44.25	102.67	0.36
80	64.25	82.62	0.44
90	74.25	72.59	0.50
100	84.25	62.54	0.58
106	90.25	56.51	0.65
115	99.25	47.44	0.77
120	104.25	42.39	0.86
130	114.25	32.24	1.13
140	124.25	21.94	1.67

**RESULTADOS PARA 270 Kg/Hr (Vapor)**

Dta = 17.01

t1	t4	DTm	A
60	42.99	103.27	0.38
80	62.99	83.22	0.47
90	72.99	73.18	0.54
100	82.99	63.12	0.63
106	88.99	57.08	0.69
115	97.99	48.00	0.82
120	102.99	42.95	0.92
130	112.99	32.77	1.21
140	122.99	22.44	1.76

**RESULTADOS PARA 300 Kg/Hr (Vapor)**

Dta = 18.9

t1	t4	DTm	A
60	41.1	104.16	0.42
80	61.1	84.10	0.52
90	71.1	74.05	0.59
100	81.1	63.99	0.69
106	87.1	57.94	0.76
115	96.1	48.84	0.90
120	101.1	43.77	1.00
130	111.1	33.57	1.31
140	121.1	23.18	1.89

**RESULTADOS PARA 320 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 20.16

t1	t4	DTm	A
60	39.84	104.76	0.45
80	59.84	84.68	0.55
90	69.84	74.63	0.63
100	79.84	64.56	0.73
106	85.84	58.50	0.80
115	94.84	49.40	0.95
120	99.84	44.32	1.06
130	109.84	34.09	1.37
140	119.84	23.67	1.98

**RESULTADOS PARA 330 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 20.79

t1	t4	DTm	A
60	39.21	105.05	0.46
80	59.21	84.97	0.57
90	69.21	74.91	0.64
100	79.21	64.84	0.74
106	85.21	58.78	0.82
115	94.21	49.67	0.97
120	99.21	44.59	1.08
130	109.21	34.35	1.41
140	119.21	23.91	2.02

**RESULTADOS PARA 350 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 22.05

t1	t4	DTm	A
60	37.95	105.64	0.48
80	57.95	85.55	0.60
90	67.95	75.49	0.68
100	77.95	65.41	0.78
106	83.95	59.34	0.86
115	92.95	50.22	1.02
120	97.95	45.13	1.13
130	107.95	34.87	1.47
140	117.95	24.39	2.10

**RESULTADOS PARA 370 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 23.31

t1	t4	DTm	A
60	36.69	106.23	0.51
80	56.69	86.13	0.63
90	66.69	76.06	0.71
100	76.69	65.97	0.82
106	82.69	59.90	0.90
115	91.69	50.77	1.07
120	96.69	45.67	1.19
130	106.69	35.38	1.53
140	116.69	24.86	2.18



**RESULTADOS PARA 400 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 25.2

t1	t4	DTm	A
60	34.8	107.11	0.55
80	54.8	86.99	0.67
90	64.8	76.91	0.76
100	74.8	66.81	0.88
106	80.8	60.73	0.96
115	89.8	51.58	1.13
120	94.8	46.47	1.26
130	104.8	36.15	1.62
140	114.8	25.56	2.29

**RESULTADOS PARA 450 Kg/Hr (Vapor)**

Dta= 25.35

t1	t4	DTm	A
60	34.65	107.18	0.55
80	54.65	87.06	0.68
90	64.65	76.98	0.76
100	74.65	66.88	0.88
106	80.65	60.80	0.97
115	89.65	51.64	1.14
120	94.65	46.53	1.27
130	104.65	36.21	1.63
140	114.65	25.62	2.30

servando los resultados y considerando que  $t1 > 105$  se tomará como resultado el área mínima de mayor flujo de vapor 400 kg/h donde el  $A_{min}$  es igual  $0.96 \text{ m}^2$

## TABLA DE RESULTADOS

### CALCULO DE LA LONGITUD Y TIEMPO DEL TUBO DE MANTENIMIENTO

Para realizar estos cálculos haremos uso de las ecuaciones mencionadas en el Capítulo I. Los valores de D y Z son presentados en la tabla 3 para diferentes productos. Esta hoja permite introducir estos valores y otros de los que están en Datos y nos arroja el resultado del Tiempo de Mantenimiento como también la Longitud del Tubo de Mantenimiento. Los valores presentados en dicha tabla también pueden ser utilizados para productos Pasteurizados. En nuestro usaremos las siguientes fórmulas:

$$V = Q \cdot t / (3600 \cdot n)$$

$$L = 4 \cdot V / (\pi \cdot d^2)$$

Donde:

Q: Caudal  
 t: Tiempo de Mantenimiento  
 L: Longitud del Tubo de Mantenimiento  
 V: Volumen  
 n: Factor de eficiencia

$$F_o = D \cdot \log(N_o/N)$$

$$t = \frac{F_o}{10^{\frac{T_1 - T_o}{Z}}}$$

#### DATOS

Q=	6000 Kg/hr	Caudal	
n=	0.85	Eficiencia	
d=	3.8 cm.	Diámetro	
Densidad=	1.028 Kg/lit	Densidad	
Z=	10.5	Aumento de Temperatura a D	
D=	25	Tiempo Necesario para reducir el 90% de M.O.	
T1=	147 °C	Temperatura de trabajo	
To=	121.1 °C	Temperatura de referencia	
No/N	1000000000	Reducción decimal	

F<sub>o</sub> = 225  
 t = 0.77

V = 1.47 Lt.  
 L = 1.29 mt.

T1 °C	t seg	V Lt	L mt
135	10.68	20.32	17.95
136	8.57	16.32	14.42
137	6.88	13.11	11.58
138	5.53	10.53	9.3
139	4.44	8.45	7.47
140	3.57	6.79	6.00
141	2.86	5.45	4.82
142	2.3	4.38	3.87
143	1.85	3.52	3.11
144	1.48	2.82	2.49
145	1.19	2.27	2
146	0.96	1.82	1.61
147	0.77	1.46	1.29

# CAPITULO V

## AUTOMATIZACION DE EQUIPOS

### 5.1 PRINCIPIO BÁSICO DE TRABAJO

El propósito de este sistema. Es producir productos esterilizados de baja viscosidad tales como leche y otros derivados de este, otros de viscosidad media.

Se esteriliza la leche por medio de calentamiento indirecto y también se homogeniza. Normalmente la leche a sido sujeta a alguna forma de Pre-tratamiento, por ejemplo pasteurización, clasificación y estandarización de su contenido de grasa.

Este sistema alimenta producto al tanque aséptico ó directamente a las máquinas envasadoras, esta línea se esteriliza junto con el sistema (en el segundo caso)

Tenemos dos circuitos principales en este sistema un circuito de agua caliente y un circuito de productos. Durante la producción el producto pasa por el circuito de productos, pero durante la esterilización del sistema y limpieza, agua y detergente fluyen por este circuito.

En este sistema contamos con dos circuitos de agua caliente y AyB. El circuito B para calentar la línea de producto y el circuito A para lograra la esterilización de la línea de producto por los dos circuitos de agua caliente circula agua durante todas las fases del ciclo de proceso, esta agua es calentada por inyección de vapor en un intercambiador de placas y es el medio de calentamiento y enfriamiento del liquido en el circuito de producto a las temperaturas requeridas. El enfriamiento adicional es por medio agua helada, y se da en la etapa V donde un transmisor de temperatura manda la señal para abrir o cerrar la válvula V8 de acuerdo a la Temperatura set point.

El circuito B cuenta con una válvula reguladora de flujo de vapor que es gobernada por el controlador TCB que se encuentra a la salida del intercambiador, Etapa II (Línea Producto) de acuerdo a las necesidades de temperatura.

Antes de válvula  $V_B$  se cuenta con un indicador presión PIB que nos indica la presión de vapor.

El circuito A cuenta con una válvula reguladora  $V_A$  de flujo de vapor que es gobernada por el controlador TCA ubicado a la salida del etapa III de acuerdo a la necesidad temperatura. Aquí también se cuenta con un indicador de presión PIA.

## **5.2 ESTERILIZACIÓN DEL SISTEMA**

El objetivo es hacer la parte aséptica el circuito de producto incluyendo la línea de retorno estériles antes de la producción la esterilización del sistema se hace circulando agua caliente bajo presión por el circuito de producto durante 30 minutos; durante este periodo la temperatura en la parte aséptica del circuito y la línea de retorno se mantiene a  $137^{\circ}\text{C}$ . Dos transmisores de temperatura uno en el tubo de mantenimiento y otro en la línea de retorno registran la temperatura.

El agua entra en el circuito de producto por la válvula  $V_1$  para llenar el circuito. Similarmente los circuitos de agua caliente se llenan con agua por la válvula  $V_6$  se inyecta vapor en el circuito de agua caliente, lo cual a su vez calienta el agua en el circuito de producto. Cuando el agua en la parte aséptica de circuito de producto llega a una temperatura de  $138^{\circ}\text{C}$  el transmisor de temperatura transmite una señal para que un temporizador cuente un tiempo de 30 minutos. Si la temperatura durante este periodo de 30 minutos baja a menos del valor establecido el reloj se recolocará automáticamente y solamente comenzará cuando se logre otra vez la temperatura establecida. Así se asegura un periodo mínimo ininterrumpido de 30 minutos. La presión necesaria en el circuito de producto se mantiene regulando la válvula  $V_3$  durante la Esterilización.

### 5.3 PRODUCCIÓN

Cuando se inicia la alimentación de producto la válvula V1 cierra la entrada de agua al circuito de producto. La válvula V4 descarga el agua en el drenaje. Cuando el nivel en el tanque de balance haya llegado a un bajo nivel la válvula V2 se abre para el ingreso de producto, el cual empuja al agua hacia el drenaje.

Cuando el circuito de producto este completamente lleno de producto solamente, la válvula V<sub>4</sub> cambia la ruta hacia el tanque de balance para la recirculación y se transmite una señal desde el sistema hacia las envasadoras o hacia el tanque aséptico.

En este momento las envasadoras pueden comenzar o en el tanque aséptico se inicia el envasado.

Esta válvula V4 lo hace de acuerdo a un temporizador

El TK1 posee un control de nivel en relación con la válvula V15 cuando se alcanzado el nivel deseado la V15 se cierra.

El TK2 posee un control de nivel el cual manda una señal para cerrar la válvula V<sub>11</sub> de la envasadora E1.

El TK3 tiene un control de nivel el cual manda una señal a la válvula V<sub>2</sub> cuando el nivel desciende y llega hasta un sensor para dar el ingreso de leche. Este tanque también posee un control de nivel alto tipo BOYA.

El TK4 tiene un control de nivel y cuando este alcanza un nivel mínimo manda una señal a la válvula V<sub>6</sub> para abrir y cuando llega a un nivel máximo para cerrar.

Cuando el producto llena todo el circuito se puede continuar de dos formas el envasado; en forma directa y con el tanque aséptico.

Directa.- Esta opción permite alimentar a las envasadoras en forma directa desde el procesador estando la válvula V<sub>10</sub> en posición cerrada (Normalmente Cerrada) “Air To Open”. Esta opción será para trabajar únicamente con envasadora E2 para lo cual se debe realizar la conexión siguiente en la pizarra de acoples “C”

1+3

2+4

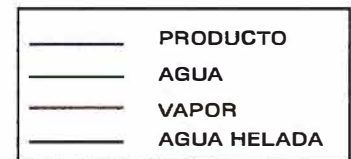
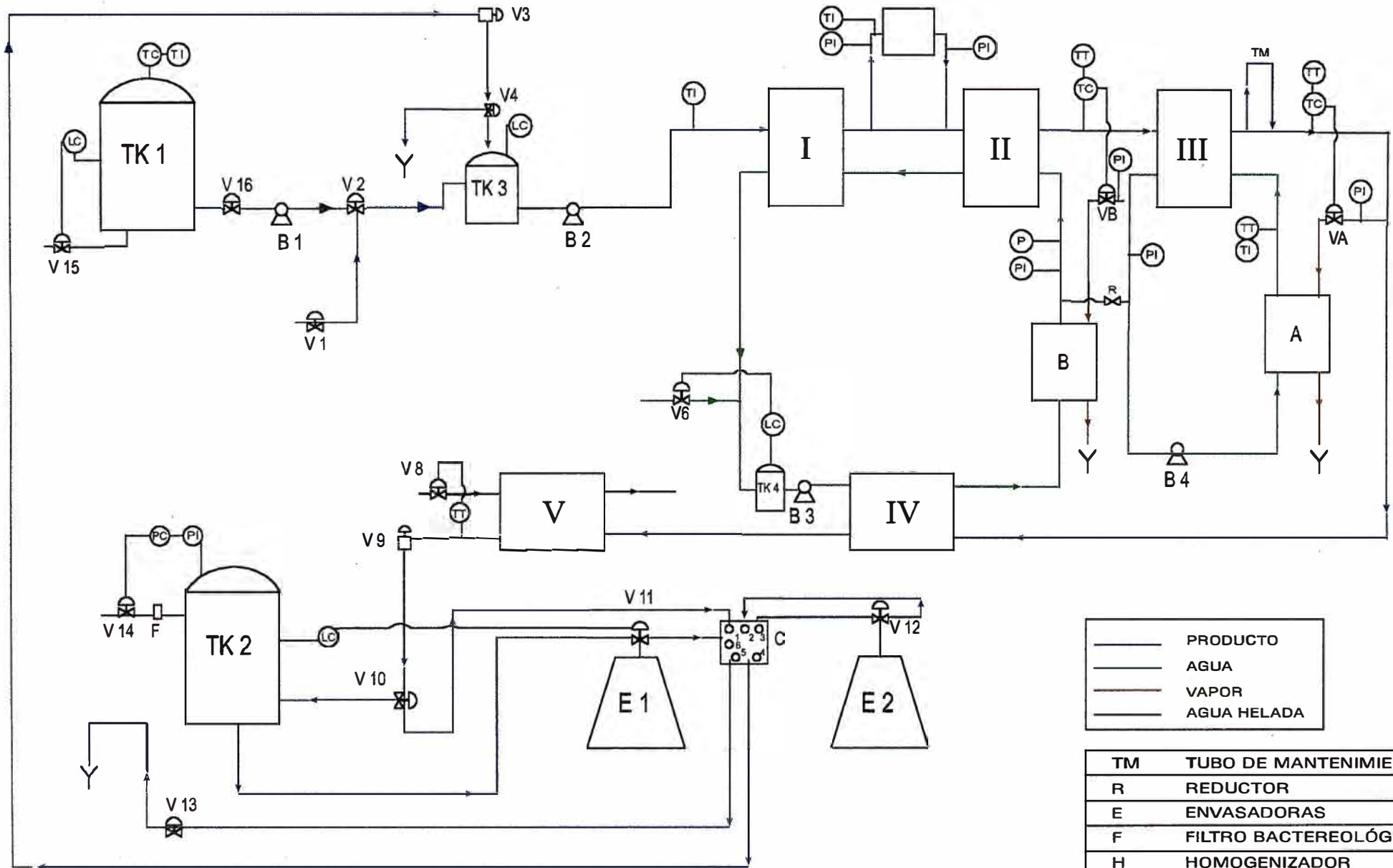
Tanque Aséptico.- Esta opción permite alimentar la ó las envasadoras desde el tanque aséptico TK2, el cual es llenado por el procesador para lo cual la válvula V<sub>10</sub> debe estar abierta. En esta opción se puede trabajar con una envasadora E1 ó con las dos envasadoras simultáneamente E1 y E2 para llevar a cabo esto se debe realizar las siguientes conexiones en la pizarra de acoples “C”.

TIPO	ENVASADORA	CONEXION
Directo	E2	1+3 y 2+4
Tanque Aséptico	E1	6+5 y 1+4
Tanque Aséptico	E1 y E2	6+3,2+5 y 1+4

El envasado del producto a través del tanque aséptico TK2 se lleva a cabo por la presión de aire, que ingresa a través de la válvula V<sub>14</sub> y por el filtro bacteriológico F; aquí se cuenta con un indicador de presión PI y un controlador PI el cual gobierna dicha válvula a un valor prefijado.

El gráfico siguiente “Diagrama de Flujo con Lazos de Control” se presenta a continuación.

## DIAGRAMA DE FLUJO CON LAZOS DE CONTROL



TM	TUBO DE MANTENIMIENTO
R	REDUCTOR
E	ENVASADORAS
F	FILTRO BACTEREOLÓGICO
H	HOMOGENIZADOR
TK	TANQUES
V	VÁLVULAS
B	BOMBAS

## EQUIPOS Y ACCESORIOS

### VALVULAS            TIPO

V1	AUTOMATICA NEUMATICA
V2	AUTOMATICA TRES VIAS NEUMATICA
V3	AUTOMATICA NEUMATICA MODULADORA DE PRESION CONSTANTE
V4	AUTOMATICA TRES VIAS NEUMATICA
V6	AUTOMATICA NEUMATICA
V8	AUTOMATICA NEUMATICA
V9	AUTOMATICA NEUMATICA DE PRESION CONSTANTE
V10	AUTOMATICA TRES VIAS NEUMATICA
V11	AUTOMATICA TRES VIAS NEUMATICA
V12	AUTOMATICA TRES VIAS NEUMATICA
V13	AUTOMATICA NEUMATICA
V14	AUTOMATICA NEUMATICA
V15	AUTOMATICA NEUMATICA
V16	MANUAL NEUMATICA
VA	AUTOMATICA NEUMATICA REGULADORA
VB	AUTOMATICA NEUMATICA REGULADORA

### BOMBAS

B1	CENTRIFUGAS CON VARIADOR DE FRECUENCIA
B2	CENTRIFUGAS CON VARIADOR DE FRECUENCIA
B3	CENTRIFUGAS CON VARIADOR DE FRECUENCIA



## **TANQUES**

TANQUE 1 ISOTERMICO, ACERO INOXIDABLE AISI 316, 40.000 KG

TANQUE 2 ISOTERMICO, ACERO INOXIDABLE AISI 316, 15.000 KG.

TANQUE 3 BALANCEADOR, ACERO INOXIDABLE AISI 316

TANQUE 4 BALANCEADOR, ACERO INOXIDABLE AISI 316

R REDUCTOR

F FILTRO BACTEREOLÓGICO

H HOMOGENIZADOR

E ENVASADORAS

## **CAPITULO VI**

### **TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

La industria alimentaria contribuye a la contaminación, sobre todo en lo que se refiere a contaminantes de origen orgánico. Estos contaminantes orgánicos normalmente están formados por un tercio de sustancias disueltas, un tercio de coloidales y un tercio de sustancias en suspensión, mientras que los materiales orgánicos se presentan sobre todo en solución.

#### **6.2 CONTAMINANTES ORGÁNICOS**

La forma normal de expresar la contaminación de un contaminante es especificar la cantidad total por unidad de volumen de agua residual. Otra manera más moderna de analizar la presencia y las cantidades de sustancias orgánicas en los efluentes es la cromatografía líquida (HPLC High – Performance – Liquio Chromayography ). Sin embargo, la cantidad de sustancias orgánicas normalmente se determinan en la forma de:

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Demanda química de Oxígeno (DQO)

Pérdida por Calcinación

Carbono Orgánico Total (COT)

### **6.2.1. Demanda biológica de oxígeno**

La DBO es la medida del contenido de sustancias degradables Biológicamente en las aguas residuales. Las sustancias son degradadas por los micro organismos en preferencia de (y también consumo) oxígeno. La demanda de oxígeno es media en términos de cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos durante un periodo de 5 días ( $DBO_5$ ) ó de 7 días ( $DBO_7$ ) en la descomposición de los contaminantes orgánicos en las aguas residuales a una temperatura de  $20^{\circ}C$ . LA DBO se expresa en mg de  $O_2/LT$  ó gr de  $O_2/M^3$ .

### **6.2.2. Demanda química de oxígeno**

La DQO indica la cantidad de contaminación en las aguas residuales que pueden ser oxidados por un oxidante químico. Los reactivos normalmente utilizados para este fin son soluciones fuertemente ácidas (para asegurar una oxidación completa) de Dicromato Potásico y Pergamanganato Potasio a altas temperaturas. El consumo de oxidante proporciona una medida del contenido de sustancias orgánicas y se convierte a la cantidad correspondiente de oxígeno, expresado el resultado como mg de  $O_2/LT$  ó gr de  $O_2/M^3$ .

El ratio DQO/DBO indica lo degradable que es el efluente. Los valores bajos, por ejemplo menores que 2, indican que las sustancias son fácilmente (relativamente) degradables, mientras que los valores altos indican lo contrario.

### **6.2.3. Perdidas por calcinación**

Las pérdidas por calcinación se obtienen determinando primero el contenido de sólidos secos en una muestra, y a continuación calcinándola de forma que la sustancia orgánica se queme. La diferencia de peso entre antes y después de la calcinación representa la cantidad de sustancias orgánicas.

### **6.2.4. Carbono orgánico total**

El COT es otra medida de la cantidad de materia orgánica, determinado mediante la medida de la cantidad de Dióxido de carbono producido en la combustión de una muestra (mg / lt).

### **6.3 CONTAMINANTES INORGÁNICOS**

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales son casi completamente sales minerales y son determinados en gran medida por medios de la composición iónica y la concentración salina del agua. La presencia de estas sales en las aguas residuales normalmente no es importante. Los procesos de tratamiento de los efluentes hoy en día se encuentran en la reducción del nitrógeno, sales fosfóricas y metales pesados. El nitrógeno y los compuestos fosfóricos son importantes, ya que son nutrientes para los organismos, por ejemplo las algas.

### **6.4 PH DE LOS EFLUENTES LÁCTEOS**

El PH de las aguas residuales en la industria láctea varía entre 2 y 12 como resultado del uso de detergentes ácidos y alcalinos en la planta de limpieza. Tanto los valores bajos de PH como los altos interfieren la actividad de los microorganismos que descomponen los contaminantes orgánicos en la etapa de tratamiento biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales, transformándolos en lodos biológicos.

Como regla general el agua residual con una  $\text{PH} > 10$  ó un  $\text{PH} < 6.5$  no se debe descargar al sistema de tratamiento de aguas residuales ya que puede ocasionar corrosión de las tuberías.

### **6.5 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

En principio el tratamiento consiste simplemente en la eliminación de las impurezas sólidas groseras mediante sedimentación mecánica; cuando este tratamiento se juzgue insuficiente debe suplementarse con tratamiento biológico para degradar los componentes orgánicos.

Muchas plantas últimamente se han ampliado con una tercera etapa de tratamiento químico cuando la emisión de fósforos sean un problema serio.

### **6.5.1 Tratamiento mecánico**

La primera etapa de tratamiento de las aguas residuales comprenden de un tamizado, un desarenado y una pozas de sedimentación primaria.

El tamiz retiene la materia sólidas gruesas: Plásticos, trapos, residuos de alimentación etc.; estos materiales se eliminan continuamente de la rejilla ó tamiz y se eliminan por separado.

El desarenador en una poza en la que tiene lugar la separación de gruesos, se dimensiona y se opera de tal manera que la arena y otras partículas pesadas tienen tiempo de caer al fondo mientras que la grasa y otras impurezas que son más ligeras que el agua flotan en la superficie. El sedimento se extrae por bombeo, mientras que el flotante se elimina mediante placas de arrastre.

Se inyecta aire en el desarenador en parte para mantener las partículas más finas en suspensión y en parte par prevenir el inicio del proceso de putrefacción que causan malos olores.

### **6.5.2 Tratamiento biológico**

Las impurezas orgánicas remanentes en el sobrenadante se degrada con la ayuda de M.O. como bacteria que se alimenta de las sustancias orgánicas presentes en el agua.

Los M.O. deben tener acceso al oxígeno para desarrollar su función; este es suministrado en la forma de aire inyectando en la poza de aireación.

Los M.O. se reproducen continuamente, formando un lodo activo, este lodo es separado del agua porque se precipita al fondo en las pozas de pre- sedimentación.

La mayor parte de este lodo se recircula a la balsa de aireación, para mantener activo el proceso de regladación biológica, el lodo excedente se separa del proceso para sufrir posteriormente otro tratamiento y el efluente clarificado se divide al cauce receptor.

### **6.5.3 Tratamiento químico**

Aquí el objeto principal es eliminar el Fósforo del agua. La precipitación química con floculantes a base de Hierro y Aluminio pueden eliminar casi el 100% del Fósforo presente en aguas residuales, mientras que el tratamiento biológico convencional sólo reduce el contenido en fósforos en un 20 – 30%.

La etapa de precipitación comienza en los tanques de floculación donde se añade los coagulantes y se mezclan vigorosamente en el agua con agitadores, esto da lugar a una precipitación de fosfatos insolubles, inicialmente en forma de partículas muy finas que sin embargo gradualmente se congregan en flóculos por acción de floculantes grandes, los flóculos se precipitan en pozas de presedimentación, desde donde sale el sobrenadante claro del efluente para sufrir a continuación el tratamiento biológico, la pre- sedimentación es la etapa final del tratamiento combinado mecánico y Químico.

### **6.5.4 Tratamientos de lodos**

El lodo procedente de las distintas etapas de tratamiento se recoge en tanques de espesamiento a los que se añade agentes químicos para facilitar una posterior agregación de las partículas sólidas.

Para una posterior degradación de la materia orgánica y para reducir las sustancias que producen malos olores, los lodos se bombean finalmente aun digester donde las sustancias orgánicas se degradan (bajo condiciones anaerobias) a Dióxido de Carbono y Metano y muy pequeñas cantidades de gas Hidrógeno, Amoníaco y Sulfuro de Hidrógeno.

El dióxido de carbono y el metano son los principales componentes del gas saliente del digester, que se pueden utilizar como combustible para calentamiento.

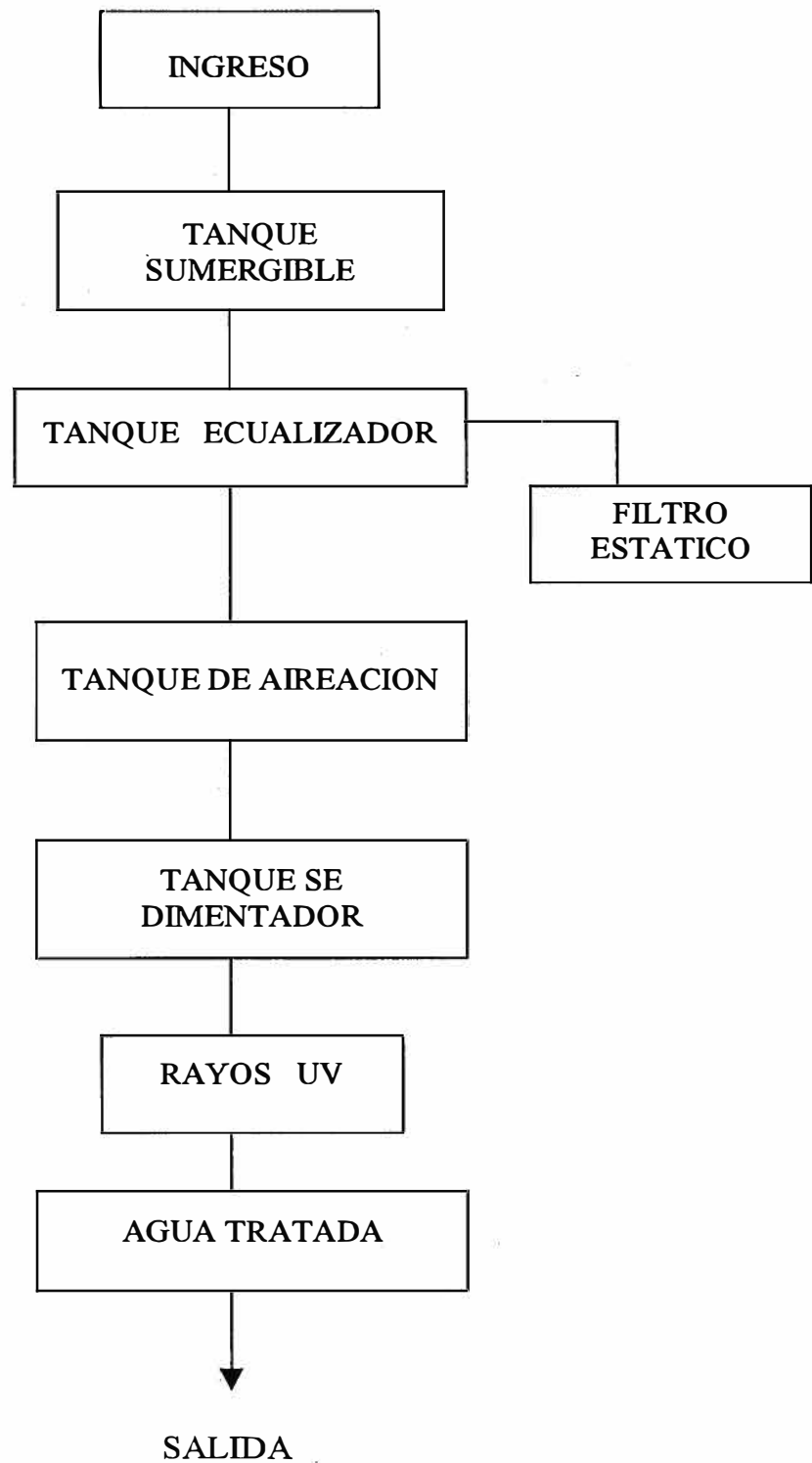
El lodo saliente del digester es una sustancia homogénea, prácticamente sin olor, color oscuro, pero que aún tiene un contenido elevado de humedad del 94 – 97%.

A continuación gran parte del agua se separa el lodo de forma muy efectiva en una

decantadora centrífuga , que descarga una fase sólida que supone la octava parte del volumen original.

Finalmente se presenta un diagrama de bloques convencionales en el DIAGRAMA DE BLOQUES N°1.

## DIAGRAMA DE BLOQUES CONVENCIONAL N° 1





# GRÁFICO PARA EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

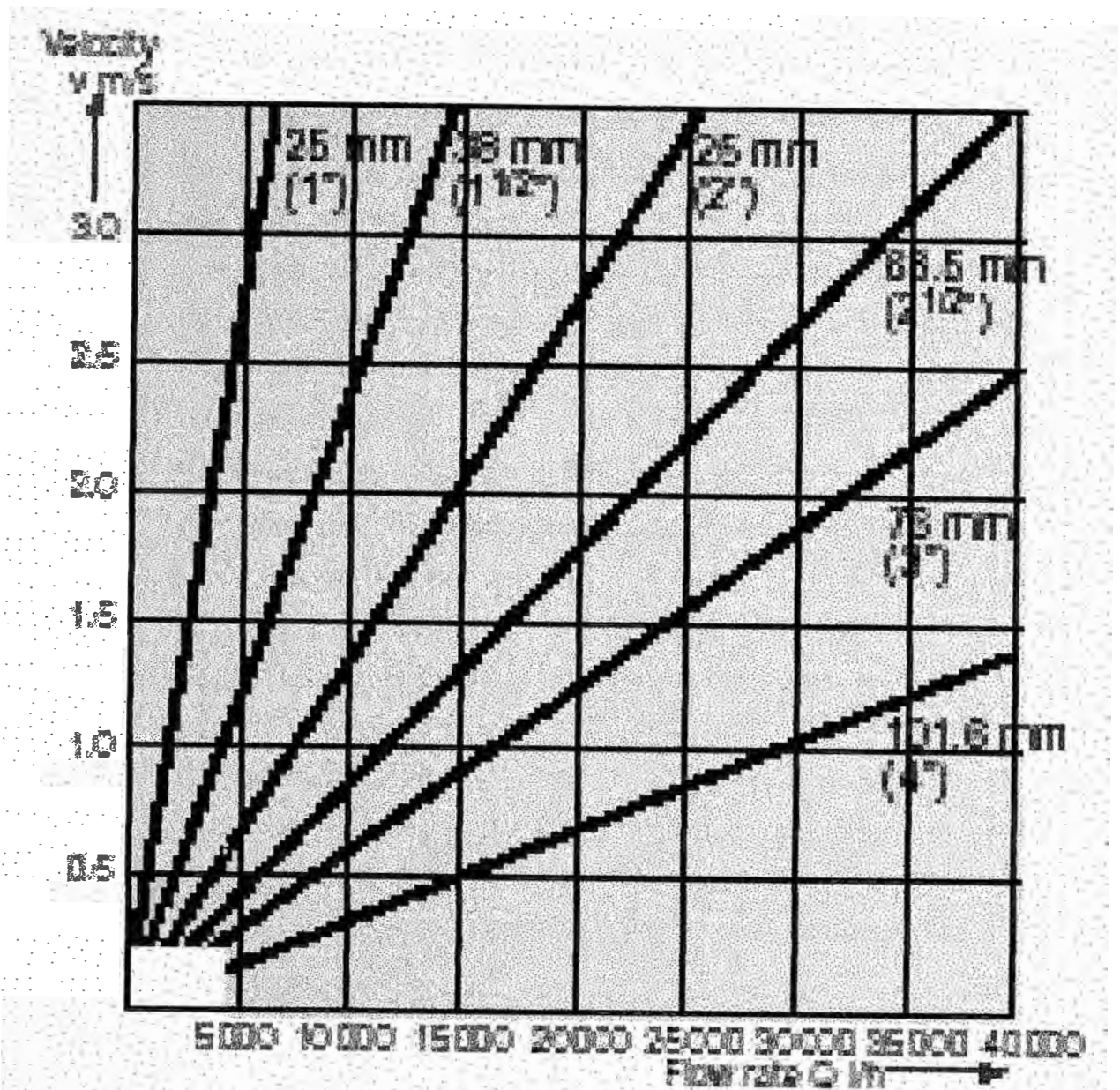


Fig. 7.7 Product velocity and flow rate graph.

## CAPITULO VIII

### RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- Es importante considerar la calidad del agua; ésta debe ser agua blanda para evitar encalichamiento en todas las líneas de proceso, sobre todo en los intercambiadores de calor.
- Cuando la diferencia de temperatura del agua caliente y el producto aumentan nos indican que las tuberías están sucias; este es un indicador que nos permite saber que debemos realizar una limpieza con soda cáustica y reiniciar el proceso.
- El homogenizador no se toma en cuenta en este diseño pero si la temperatura de trabajo, porque ésta influye en la eficiencia del mismo; se escoge 70°C como temperatura de trabajo.
- En el tanque aséptico TK2 la válvula V10 se debe instalar en forma “Air to Open”, por que ante cualquier caída de tensión, está permanecerá cerrada y el producto dentro del tanque se verá protegido. No habrá problemas de contaminación.
- Estos dos tanques deberían tener instalados adicionalmente un UPS, que es un estabilizador, el cual alimentará de energía por un periodo de tiempo cuando ocurran cortes de fluido eléctrico. Esto nos permitirá mantener la asepsia en los tanques.
- A la temperatura de trabajo 138°C, le corresponde una longitud de tubo de mantenimiento, la cual puede ser usada si es que se necesita aumentar la temperatura en mención. Para otros productos como por ejemplo Leche Chocolateada, o para mejorar la destrucción microbiana por situaciones particulares.

## **CAPITULO IX**

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Cerezal P., Evaluación de Parámetros de Esterilización de productos Alimentarios. Universidad de Antofagasta, Chile, 2001 pág. 05.
- López A. Manual de Industrias Lácteas, Tetra Pak, 1996 pág. 75. Ediciones A. Madrid Vicente
- Robinson R. Microbiología Lactológica, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España Vol. I, 1987, pág. 15.
- Varnam, A. Leche y Productos Lácteos, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España Vol. I, 1995, pág. 109.
- Castaigne F., Poirier R, Deydier Y, Ciencia y Tecnología de la Leche, Editorial Acribia S.A., Zaragoza España, pág. 125.