

---

FACULTAD DE QUÍMICA

UNAM

**Anteproyecto de una Planta Productora de  
Leche para Lactantes**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO QUIMICO**  
p r e s e n t a :  
**IRMA SANCHEZ GARDENAS**

325

---

México, D. F.

1975





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

VESIS

CLAS MT. 308  
ADG 1975  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC \_\_\_\_\_



A mis padres, que con su cariño y esfuerzo  
lograron llevarme a la meta de mis anhelos.

A todos los que hicieron posible  
la realización de mi ideal.

PRESIDENTE	<u>ING. ENRIQUE GARCIA GALIANO</u>
VOCAL	<u>ING. GUILLERMO CARSOLIO PACHECO</u>
SECRETARIO	<u>ING. ARTURO LOPEZ TORRES</u>
1er. SUPLENTE	<u>ING. RUBEN BERRA GARCIA COSS</u>
2do. SUPLENTE	<u>ING. MARIO RAMIREZ Y OTERO</u>

Sitio donde se desarrolló el tema: "LICONSA"

IRMA SANCHEZ CARDENAS

ING. ARTURO LOPEZ TORRES  
ASESOR

## I N D I C E

	<u>Página</u>
Introducción .....	7
1.0 Generalidades .....	12
1.1 Producto .....	13
1.2 Clasificación .....	14
1.3 Especificaciones .....	15
2.0 Ingeniería de Proyectos .....	16
2.1 Materias Primas .....	17
2.1.1 Leche Fresca .....	17
2.1.2 Proteínas .....	24
2.1.3 Vitaminas .....	25
2.1.4 Lecitina .....	26
2.1.5 Grasas .....	27
2.1.6 Minerales .....	28
3.0 Diagrama de Bloques y descripción del Flujo.	34
4.0 Balance de Materiales .....	37
4.1 Descremado .....	38
4.2 Evaporador .....	40
4.3 Dosificación y Secado .....	43
5.0 Diagrama de Flujo y descripción .....	49
6.0 Cálculo de Equipo .....	52
6.1 Intercambiadores de calor de placas .	53
6.2 Cambiador Tubular .....	61
6.3 Evaporador de tubos verticales largos	68

	<u>Página</u>
6.4 Eyector .....	77
6.4.1 Condensador Barométrico .....	80
6.5 Tolva .....	<b>81</b>
6.6 Tornillo Alimentador .....	84
6.7 Cambiador de Placas (CP-2) .....	86
6.8 Esterilizador U.H.T. (CP-3) .....	89
6.9 Paquete Secador .....	97
6.9.1 Criba rotatoria clasificadora .	102
6.10 Banda para transportar el producto - terminado.	104
6.11 Cálculo de Bombas .....	106
 7.0 Costos .....	 118
7.1 Estudio de mercado .....	119
7.1.1 Antecedentes .....	119
7.1.2 Consumo .....	120
7.1.2.1 Oferta .....	120
7.1.2.2 Demanda .....	124
7.2 Costo aproximado de equipo .....	128
7.3 Estimado total de costos .....	130
7.4 Materia prima y envase .....	133
7.5 Gastos anuales .....	134
 Punto de Equilibrio .....	 136
Conclusiones .....	137
Nomenclatura .....	140
Bibliografía .....	143

I N T R O D U C C I O N

Los mamíferos se definen en la clasificación zoológica como un grupo cuya principal característica es la de alimentarse, durante los primeros meses de su vida, con la secreción láctea de la madre, advirtiéndose que dicha secreción láctea tiene diferencias fundamentales de composición entre cada especie.

El *Homo sapiens* es la especie más importante del grupo y como mamífero reclama al nacer la leche materna para satisfacer principalmente las necesidades de nutrición que demanda en particular por el gran desarrollo en esta primera etapa de la vida humana.

Por efecto de complejas modificaciones, fundamentalmente de carácter socio-económico, en muchos casos se ha podido comprobar que la leche materna de la especie humana es insuficiente en cantidad y calidad para aportar los elementos nutritivos indispensables para los recién nacidos en la actualidad.

El relieve de estas deficiencias se aprecia en toda su magnitud si se examinan otros hechos comprobados:

En un país como México existen estas deficiencias principalmente entre las capas sociales con bajo poder económico, donde las madres normalmente no se alimentan en forma adecuada, representando este grupo alrededor del 80 % de la población.

La falta continua de elementos nutritivos ocasiona la desnutrición en los recién nacidos y a su vez ésta es la causa indirecta de enfermedades de diversos orígenes que se apoderan del desnutrido, reportándose que hay una gran mortandad, alrededor del 15 % con respecto al total de nacimientos. En la actualidad en México, con una tasa de crecimiento del 3.5% anual, esto representa aproximadamente 300,000 defunciones.

De los niños desnutridos que logran sobrevivir, el 40% son afectados en forma irreversible, en su desarrollo mental y físico. Y en el resto, es general la observación de una adaptación fisiológica del organismo, consistente en la reducción de la talla y el peso, que le permiten sobrevivir. Los médicos han señalado otras causas que se presentan como impedimentos para que la madre pueda amamantar a sus hijos, siendo entre estas las principales: una mala conformación del pezón en el seno materno, un nuevo embarazo que impide la secreción láctea, ciertas enfermedades contagiosas que obligan al médico a restringir la alimentación por el seno materno, el temor de algu-

nas madres a la deformación física y por último el factor socioeconómico es que la madre se vea obligada, en algunos casos, a trabajar fuera del hogar, lo que impide amamantar a sus hijos el tiempo requerido.

La leche materna desde el punto de vista estrictamente científico es imposible de igualar o sustituir, entre otras causas - principalmente porque contiene anticuerpos y otros principios inmunológicos como las globulinas, mediante los cuales la madre confiere al hijo su propia resistencia a las enfermedades de origen infeccioso, permitiendo que el nuevo ser, a través de su etapa inicial, desarrolle sus propios mecanismos de defensa.

Por otra parte no se satisfacen los elementos nutritivos más - adecuados para los recién nacidos sustituyendo, como se hace en muchos casos, con leche de otras especies porque, como ya se dijo, tienen diferencias fundamentales entre sus componentes respecto a la leche de la especie humana, que algunas veces son - contrarias a la fisiología del recién nacido, ocasionando efectos dañinos que se manifiestan como intolerancias de carácter patológico o bien como insuficiencias para el correcto desarrollo.

Todas estas son las razones, más importantes, que han ocasionado la preocupación constante de los científicos y técnicos de la alimentación por producir un alimento artificial que, principalmente, partiendo como base de la leche de vaca, sea lo - más cercano en su composición a la leche materna, teniendo como objetivo el proporcionar un alimento que complemente al seno materno o aun cuando no en su totalidad lo sustituya de manera adecuada para la nutrición y el desarrollo de los recién nacidos.

Inicialmente, en la persecución de este objetivo, se introdujeron modificaciones mínimas a la composición de la leche de vaca, por lo cual estas leches destinadas a la alimentación infantil se han clasificado simplemente como modificadas; cuando estas modificaciones se han hecho de manera más profunda, obteniendo un alimento artificial más parecido a la leche materna, se les ha dado la denominación de leches maternizadas.

Aun cuando la presente es una tesis de Ingeniería Química, se considera conveniente describir en que consisten principalmente las modificaciones introducidas en la producción de las leches maternizadas.

La composición bromatológica nos indica que los principales componentes de la leche materna son la grasa, los carbohidratos, las proteínas y los minerales.

Analizando las modificaciones, las grasas han sido las que primeramente se modificaron, sustituyendo la grasa de la leche de vaca, o grasa butírica, por mezclas de grasas vegetales principalmente y en algunos casos mezclando también algunas grasas - de origen animal. Además de que la grasa butírica se comporta como poco digerible por el aparato digestivo de los recién nacidos, la más importante razón de sustituirla es tratar a la estructura química de la grasa de la leche materna.

Se han introducido recientemente algunas ideas acerca de la modificación de los carbohidratos, particularmente de la lactosa de la leche de vaca, en razón de evitar algunos problemas de - intolerancia fisiológica a dicho azúcar, por lo cual para disminuir esta intolerancia se propone diversificar los azúcares introduciendo en la formulación maltodextrinas y sacarosa.

Las proteínas de la leche materna tienen profundas diferencias en cuanto a la estructura química y proporción con respecto a la leche de vaca. En ésta se tiene 85 % aproximadamente de - caseína y alrededor del 15 % de seroproteínas, por el contrario en la leche materna predominan las seroproteínas estando en proporción de 65 % aproximadamente y 35 % la caseína. Esto tiene mucha importancia, porque el valor biológico de las seroproteínas es superior al de la caseína y además el coágulo que se forma en el proceso digestivo de la leche materna es de menor tamaño y mayor suavidad, lo que facilita su transformación y - digestibilidad.

Por último, la modificación de los minerales no sólo se hace - en sentido de la reducción en cuanto a cantidad, sino que también es necesario observar cierta proporción entre contenido - de calcio y fosfatos. Por cada 100 gramos de leche de vaca contiene 125 mg de calcio y 99 mg de fosfatos, mientras que la leche materna contiene 33 mg de calcio y 15 mg de fosfatos. Además, por deficiencias nutricionales de la madre se reporta que no proporcionan al niño la reserva adecuada de Fierro que éste va a requerir con urgencia después del nacimiento, por lo cual, se ha introducido la modificación suplementaria de agregar una sal absorbible de fierro, para proporcionar alrededor de 11 mg por 100 gramos de leche en polvo.

El desarrollo de un alimento artificial, como es la leche maternizada, se puede organizar en varias etapas; siendo éstas:

Selección de la fórmula más adecuada desde el punto de vista nutricional.

Diseño de procesos y selección de equipos.

Especificaciones del producto.

Costos.

Determinación de precio y rentabilidad.

Pruebas de mercado.

De acuerdo con el propósito de la tesis, que es la aplicación de la Ingeniería Química para resolver las cuestiones que netamente le corresponden en el planteamiento de la producción de la leche maternizada, el presente estudio ha sido enfocado hacia el diseño de procesos y selección de equipos y determinación de precio y rentabilidad antes señaladas.

1.0

GENERALIDADES

## 1.1 Producto.

La leche en polvo para lactantes que se pretende fabricar, tendrá las características de una leche maternizada, llamada así porque su fórmula tiende a asemejarse en composición a la leche materna y se destina para la alimentación de recién nacidos durante los primeros meses de lactancia. Este producto se encuentra dentro del grupo de leches modificadas. La materia prima básica de que se parte para su elaboración, es la leche de vaca, la cual debe diluirse para reducir, el contenido de proteínas, reduciendo además los carbohidratos y el contenido de cenizas, hasta lograr la calidad deseada y así dar a los niños una leche nutritiva, sobre todo en los primeros meses de lactancia.

El objeto primordial por el cual se piensa en fabricar este producto, se debe principalmente, al gran incremento de la población que se ha venido teniendo día con día, de manera que constituye un mercado en vías de un gran desarrollo; esto se ve claramente en el mercado, donde nuevas marcas de leches maternizadas se ponen al servicio de los consumidores.

En nuestro país existe gran demanda de dicho producto, predominando la utilización de este tipo de alimentación infantil en las zonas urbanas, pero falta satisfacer las necesidades de las capas sociales con bajo poder económico que representan la mayoría, por lo cual la demanda no ha sido satisfecha.

No todas las leches para lactantes pueden ser llamadas maternizadas, aunque se encuentren dentro del grupo de leches modificadas, sino que se reserva el calificativo de maternizadas a aquellas leches que sean muy parecidas a la leche materna.

Se sabe de antemano que la leche de las madres, es el mejor alimento para los niños, durante los primeros meses de vida. Las propiedades físicas y químicas son tales que los niños generalmente prosperan en forma más completa que si se tratara de cualquier otro tipo de leche.

Por otro lado, el consumo de leches modificadas y principalmente maternizadas, se debe a razones inherentes a un gran número de mujeres que, día con día, abandonan la práctica deseable de amamantar a sus niños. Otras que han perdido la habilidad para hacerlo, no pudiendo conocer la causa de esta pérdida, la cual puede deberse a un defecto o a muchas otras razones.

El Committee on Nutrition of the American Academy of Pediatrics, nos dice que la leche para niños adicionada con carbohidratos, no es un problema cuando éstos son normales y se encuentran en vías de desarrollo.

## 1.2 C l a s i f i c a c i ó n .

La Dirección General de Normas, ha clasificado a la leche para lactantes en dos tipos: I y II, con 3 subtipos cada uno y un solo grado de calidad.

TIPO I      leche en polvo.  
TIPO II     leche líquida.

- Subtipo A)      Procedente de leche entera o descremada, con las adiciones citadas por la Secretaría de Industria y Comercio.
- Subtipo B)      Procedente de leche entera o descremada, acidificada y con o sin las adiciones - citadas por la Secretaría de Industria y Comercio.
- Subtipo C)      Procedente de leche entera o descremada, con modificaciones semejantes a la leche materna.

La leche que se pretende fabricar corresponde al TIPO I, Subtipo C .

### 1.3 E s p e c i f i c a c i o n e s .

#### Organolépticas:

- Aspecto - Es un polvo fino y esponjoso.
- Color - Amarillo cremoso tenue.
- Sabor - Característico del producto.

#### Microbiológicas:

No debe contener microorganismos patógenos.  
La cuenta normal no debe ser mayor de ---  
15,000 colonias por gramo; la cuenta coli-  
forme debe ser menor de 10 colonias por gra-  
mo.

2.0

INGENIERIA DE PROYECTOS

## 2.1 Materias Primas.

### 2.1.1 Leche Fresca.

Es la secreción láctea entera, limpia y fresca, obtenida al ordeñar una o más vacas sanas debidamente alimentadas.

Los ingredientes se hallan divididos en tres grupos específicamente: agua, sólidos no grasos y grasa.

Los sólidos totales incluyen todas las sustancias que integran la leche menos el agua.

La composición de la leche varía de acuerdo a la alimentación, estaciones del año y clase de ganado, como referencias tenemos cuadros y tablas donde se pueden apreciar mejor estas variaciones.

En la siguiente tabla se muestra la composición promedio y sus variaciones, y en la tabla I, la proporción de Grasa y Sólidos no Grasos de la leche (S.N.G.).

Composición Promedio	( % )	Variación Normal	( % )
Agua .....	87.0	86.00 a 89.00	
Caseína .....	3	2.30 a 4.00	
Proteínas del suero .....	0.7	0.40 a 0.80	
Grasa .....	3.7	2.50 a 8.00	
Lactosa (carbohidratos) ..	4.9	3.50 a 6.00	
Cenizas .....	0.7	0.65 a 0.75	
Acidez .....	0.15	0.12 a 0.22	
Cloruros .....	0.12	0.08 a 0.16	
Leucocitos ... 100,000/ml.		10,000 a 10,000 000/ml.	
pH .....	6.55	6.40 a 6.70	

TABLA I  
Proporción de Grasa y S.N.G. de la leche de vaca

<u>Grasa</u>	<u>S.N.G.</u>	<u>S.N.G./grasa</u>
3.0	8.33	2.77
3.1	8.40	2.71
3.2	8.46	2.64
3.3	8.52	2.58
3.4	8.55	2.52
3.5	8.60	2.46
3.6	8.65	2.35
3.7	8.69	2.35
3.8	8.72	2.30
3.9	8.76	2.25
4.0	8.79	2.20
4.1	8.82	2.15
4.2	8.86	2.11
4.3	8.89	2.07
4.4	8.92	2.03
4.5	8.95	1.99
4.6	8.98	1.95
4.7	9.01	1.92
4.8	9.04	1.88
4.9	9.07	1.85
5.0	9.10	1.82

En el cuadro 2 se muestran los promedios sin tomar en cuenta las múltiples causas de variación, que se citaron con anterioridad, ya que para la etapa de formulación los podemos tomar como válidos.

<u>CUADRO 2</u>			
COMPOSICION PRINCIPAL PROMEDIO DE LECHE DE VACA.			
Agua .....	87.2 %	88.0 %	
Grasas .....	3.7 %	3.4 %	
Proteínas .....	3.5 %	3.3 %	
Lactosa .....	4.9 %	4.6 %	
Cenizas .....	0.7 %	0.7 %	
Sólidos no grasos ....	9.1 %	8.6 %	
Sólidos totales .....	12.8 %	12.0 %	

Es de suma importancia, además, conocer la naturaleza química de la grasa en la leche de vaca, para poderla comparar con la de la leche humana y así obtener un producto que sea aceptable por los niños y sobre todo fácilmente digerible, en el cuadro 3 podemos ver esta composición.

NOTA: Como se dijo con anterioridad, la leche de vaca que se emplea para la preparación de leche para lactantes, se debe diluir para reducir, el contenido de proteínas, reduciendo además los carbohidratos.

Los pediatras la fortifican con una mezcla de dextrina-maltosa.

CUADRO 3

PRINCIPALES ACIDOS GRASOS EN LA GRASA DE LECHE DE VACA

Atomos de C	<u>Saturados</u>	<u>%</u>	Atomos de C	<u>No Saturados</u>	<u>%</u>
4	Butírico	3.0	10	Delta 9, 10-Decenoico	0.3
6	Caprónico	1.4	12	Lauroleico	0.4
8	Caprílico	1.5	14	Miristoleico	1.6
10	Caprínico	2.7	16	Palmitoleico	4.0
12	Láurico	3.7	18	Oleico	29.6
14	Mirístico	12.1	18	Linólico	3.6
16	Palmítico	25.3	20 y 22		<u>0.3</u>
18	Esteárico	9.2			
20	Aráquico	<u>1.3</u>		Total	39.8
				=====	=====
	Total	60.2			
	=====	=====			

La leche fresca para que pueda ser aceptada y destinarse así a la fabricación de leche - para lactantes, debe ser analizada desde el punto de vista Físico-Químico y Microbiológico.

Análisis Físico-Químico:

Prueba del Alcohol  
Sedimento  
Porcentaje de Acidez  
Porcentaje de Grasa  
Densidad  
Punto de Congelación (crioscopia)  
Índice de Refracción  
Sólidos Totales  
Sólidos No Grasos

Pruebas Organolépticas.

Porcentaje de Proteínas

Porcentaje de Lactosa

Investigación de Neutralizantes y Adulterantes.

Análisis Microbiológico:

Cuenta Directa

Cuenta Total

Cuenta de Coliformes

Prueba de resazurina

Prueba de azul de metileno

Investigación de Mastitis

Investigación de Bruselosis

Investigación de Tuberculosis

Investigación de Inhibidores

Prueba del Alcohol

Objetivo Principal:

Descubrir si la leche que va a ser deshidratada tiene tendencia a coagularse durante la pasteurización. Esta prueba es de gran sensibilidad para determinar si una leche está a punto de descomponerse.

Técnica:

En un tubo de ensaye se ponen partes iguales de una solución de alcohol etílico al 68 % y leche, se mezclan sin agitar (únicamente volteando el tubo) y la presencia de grumos de la positividad de la misma.

### Porcentaje de Acidez

Objetivo Principal:

Ver el grado de conservación de la leche, a mayor acidez es más susceptible a coagularse debido a la precipitación de las proteínas - (caseína).

Técnica: Tomar 9 ml. de leche y colocarlos en un matraz erlenmeyer de 100 ml. y agregar 0.5 ml. de fenolftaleína como indicador y titular con sosa 0.1 N hasta obtener un color ligeramente rosado.

Es el miliequivalente del ácido láctico multiplicado por normalidad de la sosa y gasto de ésta, dividido todo entre el volumen de leche tomado:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{meq.} \quad \text{ác. láctico} \quad \times N \quad \times G}{V \quad \text{leche} \quad \text{NaOH} \quad \text{NaOH}} \times 100$$

La acidez normal es de 0.12 a 0.17 %.

### Gravedad Específica o Densidad

Objetivo Principal:

Observar aparentemente el contenido de sólidos.

Aparato usado: Lactodensímetro.

Técnica: Se adiciona leche en un cilindro de fondo plano, después el lactodensímetro que al flotar

marca el grado lactodensímetro correspondiente. En una leche fresca puede fijarse un promedio de 1.032 pero la escala habitual fluctúa entre 1.028 y 1.035 .

#### Punto de Congelación

Es muy constante, es más bajo que el del agua y varía únicamente con la composición misma de la leche. La leche fresca y entera se congela entre 31.089 y 31.093°F. Al agregarle agua, sube el punto de congelación; al agregarle sustancias solubles, como azúcar o ácido, baja el punto de congelación.

#### Punto de Ebullición

Varía de acuerdo con la composición y presión. Al agregar sólidos, sales, azúcar o ácidos, sube el punto de ebullición. La leche normal hierve a 213°F., con una presión de 14.696 libras absolutas. Cuando la concentración se duplica, el punto de ebullición sube 0.9°F; cuando la concentración es de 1 a 3, el punto de ebullición sube 1.35°F.

#### Viscosidad

Cuando la leche se enfría, su densidad aumenta y se adhiere más fácilmente a sí misma y a los materiales con los que entra en contacto, forma espuma más fácilmente.

Los materiales muy viscosos producen una película en la superficie que se calienta y otra en la superficie que se enfría; por lo

tanto, la transferencia de calor se reduce en determinado tipo de equipo.

Organolépticas:

Sabor y Olor - La leche normal tiene un sabor dulce y un olor suave, característico.

Color - - - Blanco amarillento.

### 2.1.2 Proteínas.

Quando se quita la caseína de la leche descremada, mediante coagulación ácida o por cuajo, el suero retiene las llamadas proteínas del suero. En este grupo se encuentran la beta y alfa lactalbúminas, la albúmina del suero bovino y pseudoglobulinas. La más importante es la beta-lactoglobulina. Esta proteína es similar a la albúmina de clara del huevo y la responsable del sabor a cocido cuando la leche se pasteuriza. La beta-lactoglobulina, se coagula mediante el calor únicamente. Las temperaturas superiores a 170°F (76.7°C) la precipitan.

Un niño requiere de 2 a 4 veces más proteínas de lo que un adulto requiere, por unidad de peso, esto se debe a la gran velocidad de crecimiento del niño y también a su mayor requerimiento unitario para mantenerse.

El N.R.C. (National Research Council), concluyó que el niño amamantado puede recibir de 2 a 2.5 gramos de proteínas /Kg de niño por día, aunque se ha observado que frecuentemente los niños amamantados reciben aún menos de 2 gramos. Las conclusiones del N.C.R., repre

sentan un consenso sobre las necesidades dietéticas de los niños.

La leche humana produce un coagulo suave, - mientras que la leche de vaca no tratada lo produce duro, lo cual se elimina mediante un calentamiento relativamente alto, que se efectúa durante el proceso de esterilización, no obstante esto, la pérdida de proteínas por - desnaturalización debida al calentamiento es mínima, por lo que las fórmulas que incluyen este paso en su preparación son aceptables.

### 2.1.3 Vitaminas.

El funcionamiento bioquímico exacto de todas las vitaminas aún no ha sido comprendido completamente por ningún medio, no obstante, está claro, que al menos las vitaminas B participan en sistemas enzimáticos específicos, actuando como catalizadores para procesos metabólicos particulares que ocurren en el cuerpo. La actividad de una vitamina no siempre es reducida a una sola sustancia química, sino que en algunos casos puede estar presente en un número de diferentes compuestos aunque relacionados estructuralmente. Estos compuestos no necesariamente son iguales en potencia biológica.

La Asociación Mundial de la salud ha recomendado para productos lácteos reconstituídos - descremados, utilizados como sustituto de la leche fresca en países sub-desarrollados la fortificación de los mismos con vitaminas.

De acuerdo a su solubilidad, las vitaminas - se dividen en dos categorías:

Solubles en grasas:	A, D .
Solubles en agua:	C, tiamina (B <sub>1</sub> ), riboflavina (B <sub>2</sub> ), - niacina y piridoxina (B <sub>6</sub> ) .

En 1959, el grupo consejero de proteínas del fondo infantil de las naciones unidas, recomendó la adición de 5,000 IU de vitamina A y 1,000 IU de vitamina D por cada 100 gramos de leche seca descremada, durante el punto de consumo en las áreas del mundo necesitado.

Pruebas recientes han demostrado que la leche seca descremada puede enriquecerse satisfactoriamente por cualquiera de estos métodos:

- 1) Homogeneizar un soporte de grasa de coco de vitamina A, palmitato de vitamina A sintética y vitamina D, en leche condensada antes del secado.
- 2) Agregando un soporte mixto seco de palmitato sintético de vitamina A y vitamina D a la leche seca, justamente antes de empacarse. El segundo proceso tiende a elevar ligeramente los valores de relación de la vitamina A, durante almacenaje prolongado.

La vitamina D, se agrega en forma de calciferol. También se obtendría al irradiar la leche con rayos ultravioleta, los cuales convierten el colesterol (pro-vitamina D) en vitamina D, pero sería muy costoso.

Las demás vitaminas se obtienen puras en el mercado y así se adicionan.

La vitamina C, es inestable a la acción de la luz y al oxígeno. Se destruye con el calor y algunos metales, como el cobre y el hierro.

#### 2.1.4 Lecitina.

Como la leche para lactantes, está enriquecida con una mezcla de grasas, necesitamos --

agregar durante la preparación de ésta, LECI  
TINA, cuyo objeto principal, es eliminar la  
acumulación de grasas en el hígado, logrando  
además que éstas sean más asimiladas al mis-  
mo tiempo que digeribles por los niños.

#### 2.1.5 Grasas.

Mediante estudios hechos por investigadores,  
se pudo llegar a una grasa de composición muy  
similar a la leche materna.

Las grasas usadas para acercarse a la estruc-  
tura de la materna, deben balancearse de ma-  
nera que la relación de ácidos grasos no sa-  
turados sea preponderante sobre los saturados,  
procurando aportar cantidades semejantes de  
ácidos linoléico, linolénico y aragnidónico  
que se consideran como esenciales, una mez-  
cla de grasas apropiadas puede constar de:

Oleo-Oil .....	50 - 65 %
Aceite de coco ....	15 - 25 %
Aceite de maíz ....	5 - 15 %
Aceite de soya ....	15 - 20 %

NOTA: El Oleo-Oil, se extrae del sebo de carnero,  
aunque ya se ha preparado en México con ca-  
rácter experimental, a partir de la grasa de  
res, con igualdad de características.

Como pretendemos hacer una leche en polvo pa-  
ra lactantes, lo más parecida a la leche ma-  
terna, necesitamos conocer la composición  
química de ésta en cuanto a las grasas, por  
lo que damos el CUADRO 4 que nos permite co-  
nocer la composición y además el CUADRO 5 -  
que es más general por la sencilla razón de  
que podemos apreciar la composición de cual-

quier tipo de grasa, para así poder estar seguros de que la mezcla de grasas, citada en la parte superior, llena los requisitos de la grasa materna.

<u>CUADRO 4</u>					
PRINCIPALES ACIDOS GRASOS EN LA GRASA DE LA LECHE MATERNA					
<u>Atomos de C</u>	<u>Saturados</u>	<u>%</u>	<u>Atomos de C</u>	<u>No Saturados</u>	<u>%</u>
De 4 a 8		0.30		Mono Etenoides	39.5
10	Caprínico	1.63			
12	Láurico	6.89			
14	Mirístico	8.50			
16	Palmítico	20.90		Poli Etenoides	12.28
18	Esteárico	7.30			
Impares		2.70			
	Total	48.22		Total	51.78
	=====	=====		=====	=====

#### 2.1.6 Minerales. (cenizas)

Catorce son los minerales o elementos inorgánicos esenciales dietéticamente y, la leche

CUADRO 5

ACIDOS GRASOS INTEGRANTES DE LAS GRASAS Y ACEITES

Acidos	Coco	Palma (grano)	Butírica	Palma	Vacuno	Cerdo	Nabo	Oliva	Cacahuete	Maíz	Algodón	Soya	Lino	Castor	Tung	Ballena	Sardina
<b>Saturados:</b>																	
Butírico			3.0														
Caproico	0.2	(*)	1.4														
Caprílico	8.0	2.7	1.5														
Cáprico	7.0	7.0	2.7														
Láurico	48.0	46.9	3.7														
Mirístico	17.5	14.1	12.0	1.0	3.0	2.0		(*)			0.5		0.2			8.0	5.0
Palmitico	8.8	8.8	25.2	42.5	29.0	23.5	1.5	9.0	7.0	7.5	21.0	6.5	5.6		4.0	11.0	14.0
Esteárico	2.0	1.3	9.2	4.0	18.5	11.4	0.5	2.3	5.0	3.5	2.0	4.5	3.5	2.0	1.5	2.5	3.0
Araquídico			1.3					0.2	4.0	0.5	(*)	0.7	0.6				
Behénico				(*)			0.5										
Lignocérico							1.0		3.0	0.2		(*)	0.1				
<b>No Saturados:</b>																	
Miristoleico			1.6														1.5 (*)
Palmitoleico			4.0														17.0 12.0
Oleico	6.0	18.5	29.5	43.0	46.5	51.5	23.9	82.5	60.0	42.0	43.5	33.5	21.0	8.6	15.0	34.0	10.0
Linoleico	2.5	0.7	3.6	9.5	3.0	11.6	19.8	6.0	21.0			52.5	24.0	3.5		9.0	15.0
Oleoesteárico							1.8					2.3	45.0			(*)	
Licánico														85.9			
Ricínoleico															79.5		
Erúxico							51.0										
C22 No Sat.																	5.0 22.0
C20 No Sat.			0.3														12.0 19.0

(\*) Rastros.

contiene siete de éstos.

El balance de los iones de mineral en los -  
fluídos del cuerpo, sirve para regular el me-  
tabolismo de muchas enzimas, para mantener -  
el balance ácido-base, y para facilitar la  
transferencia membranal de los compuestos -  
esenciales.

Ya que las funciones de los elementos inorgá-  
nicos requieren que estén presentes en la -  
concentración, momento y lugar apropiados, la  
transferencia membranal es de importancia -  
considerable.

Debido a que la leche (humana o de vaca), es  
deficiente en hierro, los niños requieren -  
alimentos que lo contengan después de unos -  
cuantos meses de vida.

Si las madres de los recién nacidos son sa--  
nas, éstos tienen una alta concentración de  
hemoglobina circulante (22 g por 100 ml ),  
que pronto se reduce y el hierro liberado es  
almacenado en el hígado. Este almacenaje pa-  
rece ser adecuado durante los primeros meses  
de vida, a menos que la madre haya tenido -  
una alimentación deficiente en hierro.

Se recomienda que los niños tomen de 7.5 a  
10.5 mg. que se pueden elevar hasta 13.5 mg  
en las edades entre 11 y 14 semanas. El ni-  
ño en desarrollo, requiere hierro para la -  
síntesis de nueva hemoglobina y esta canti--  
dad de hierro necesaria entre 0.35 a 0.6 mg.  
por día más que en el adulto.

A todos los alimentos lácteos, secados apro-  
piadamente, se les añade hierro para proveer  
un suministro adecuado en la dieta del niño.

Los minerales son importantes, desde el pun-  
to de vista de nutrición.

Las tablas II y III que a continuación -  
se muestran, nos dan la proporción adecuada  
de éstos y además todos los componentes de -  
la leche ( de vaca y humana ).

TABLA II  
COMPOSICION DE LECHEs PREPARADAS POR CADA 100 ML.

	Leche de Vaca	Leche Humana	Materni zada SMA	SMA-S 26	Parcial mente Materni zada.
Proteínas % .....	3.3	1.2	1.5	1.5	1.8
Caseína % .....	2.8	0.4	0.6	0.6	0.7
Proteínas de suero .	0.6	0.6	0.9	0.9	1.1
N no proteico % ..	6	17			
Grasa % .....	3.8	3.8	3.5	3.6	3
No. de Iodo .....	38.4	61.6			
Lactosa .....	4.8	7	7	7.2	6.6
Calorías .....	69	71			62
Cenizas % .....			0.38	0.25	
Calcio mg. ....	126	34			90
Cloruros mg. ....	100	43	43		
Magnesio mg. ....	13	4	4		
Fósforo mg. ....	99	16	33		
Potasio mg. ....	138	55	55		
Sodio mg. ....	58	15	15		
Azufre mg. ....	30	14			
Fierro mg. ....	0.1	0.2	0.5	0.5	0.13
Cobre mg. ....				0.03	
Vitaminas					
A.U.I. ....	125	180	530	260	260
Caroteno U.I. ...	60	50			
D U.I. ....			40	40	44
E mg. ....	0.06	0.66		0.6	
K mcg. ....	60	15			
B1 mg. ....	0.04	0.015	0.07	0.07	0.09
B2 mg. ....	0.158	0.047	0.1	0.1	0.11
Ac. nicotínico mg.	0.08	0.17	0.5	0.5	0.9
C mg. ....	2	4	5	5	
Biotina mcg. ....	3.5	0.4			
Colina mg. ....	13	9			
Ac. fólico mcg. .	0.29	0.22			
Inositol mg. ....	13	39			
Ac. Pantoténico mg.	0.35	0.2			
B6 mcg. ....	48	11	40	40	40
B12 mcg. ....				0.1	

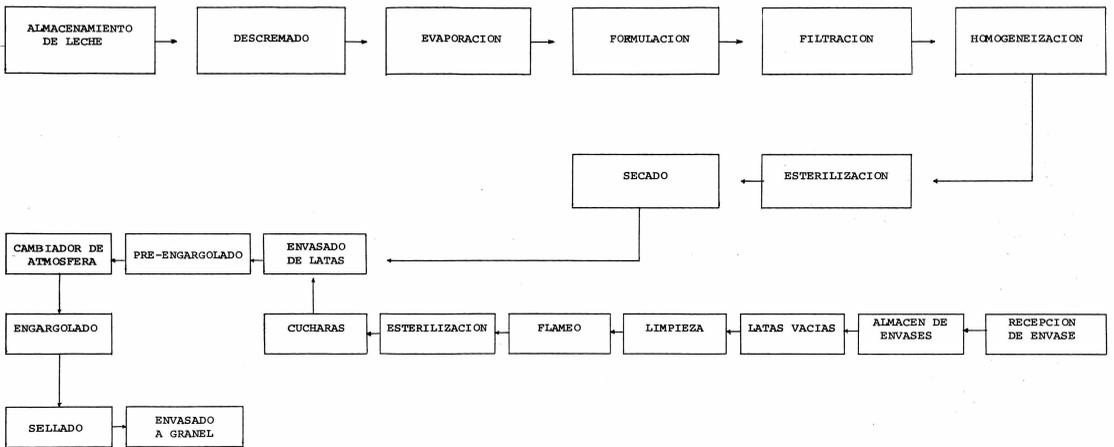
TABLA III  
(SIMPOSIUM NACIONAL DE U.S. REVISION 1963)

	Edad años	Peso Kg.	Altura cm.	Calorías	Proteínas g.	Ca g.	Fe mg.	Vitamina A u. i.	Tiamina mg.	Riboflavina mg.	Niacina mg.	Acido Ascórbico mg.	Vitamina D u. i.
Hombres	18-35	70	175	2,900	70	0.8	10	5,000	1.2	1.7	19	70	
	35-55	70	175	2,600	70	0.8	10	5,000	1.0	1.6	17	70	
	55-75	70	175	2,200	70	0.8	10	5,000	0.9	1.3	15	70	
Mujer	18-35	58	163	2,100	58	0.8	15	5,000	0.8	1.3	14	70	
	35-55	58	163	1,900	58	0.8	15	5,000	0.8	1.2	13	70	
	55-75	58	163	1,600	58	0.8	10	5,000	0.8	1.2	13	70	
	Embarazada (2 <sup>a</sup> y 3er - trimestre de lactancia)				+200 +1,000	+20 +40	+0.5 +0.5	+5 +5	+1,000 +3,000	+0.2 +0.4	+0.3 +0.6	+3 +3	+30 +30
Infantes	0-1	8		Kg. x 115 ±15	Kg. x 2.5 ± 0.5	0.7	Kg. x 1	1,500	0.4	0.6	6	30	400
Niños	1-3	13	87	1,300	32	0.8	8	2,000	0.5	0.8	9	40	400
	3-6	18	107	1,600	40	0.8	10	2,500	0.6	1.0	11	50	400
	6-9	24	124	2,100	52	0.8	12	3,500	0.8	1.3	14	60	400
Muchachos	9-12	33	140	2,400	60	1.1	15	4,500	1.0	1.4	16	70	400
	12-15	45	156	3,000	75	1.4	15	5,000	1.2	1.8	20	80	400
	15-18	61	172	3,400	85	1.4	15	5,000	1.4	2.0	22	80	400
Muchachas	9-12	33	140	2,200	55	1.1	15	4,500	0.9	1.3	15	80	400
	12-15	47	158	2,500	62	1.3	15	5,000	1.0	1.5	17	80	400
	15-18	58	163	2,300	58	1.3	15	5,000	0.9	1.3	15	70	400

3.0

DIAGRAMA DE BLOQUES Y DESCRIPCION DEL FLUJO

D I A G R A M A D E B L O Q U E S



### Descripción del Flujo

La leche se almacena y posteriormente se descrema con el fin de eliminar la grasa butírica que más tarde será sustituida por una mezcla de aceites vegetales, enseguida se procede a evaporar el agua con el fin de concentrarla, pasa después a formulación donde se adiciona el suero, grasa y vitaminas, se hace una filtración para eliminar posibles impurezas, se homogeneiza para distribuir uniformemente la grasa, después se procede a esterilizar con el objeto de reducir al mínimo el contenido de microorganismos y ajustarse así a márgenes de seguridad más amplios, dentro de los cuales se considera que el producto no se descompone, seguidamente se seca para reducir el contenido de humedad a un 2.6 % y aumentar de esta forma la solubilidad del producto, por último se procede al envasado.

Para llegar al envasado, primero se pasan del almacén de envase las latas que vayan siendo necesarias, se limpian con aire a presión y se flamean, después se esterilizan con rayos ultravioleta, con el fin de no ser un medio de contaminación para el producto, se adicionan las cucharitas, de aquí pasan a las máquinas envasadoras, donde reciben la cantidad de producto especificado en la lata, se preengargolan y después pasan por un cambiador de atmósfera, donde se extrae el oxígeno hasta dejar un 2 % y se adiciona nitrógeno, esto se hace con el fin de aumentar la vida promedio del producto. Una vez esto, se engargolan, después vienen las tapas y por último viene el encartonado y de aquí al almacén de producto terminado.

4.0

BALANCE DE MATERIALES

Objeto: Nos indica:

- a) Cantidad necesaria de materia prima.
- b) Cantidad de productos en proceso.
- c) Cantidad de producto terminado.

Base: 1000 Kg. de leche entera de vaca base líquida.

LECHE DE VACA ( A )		
<u>Composición Porcentual</u>	<u>Composición por lote de 1000 Kg.</u>	
Grasa .....	3.4 %	34.0 Kg.
Proteínas ...	3.3 %	33.0 Kg.
Lactosa .....	4.6 %	46.0 Kg.
Cenizas .....	0.7 %	7.0 Kg.
Agua .....	88.0 %	880.0 Kg.
S.T. ....	12.0 %	120.0 Kg.
S.N.G. ....	8.6 %	86.0 Kg.

#### 4.1 Descremado.

La crema que se desea obtener es con un 60 % de grasa.

$$\text{Balance Total: } A = B + C \dots\dots\dots ( 1 )$$

$$\text{Balance de Grasa: } Aa_g = Bb_g + Cc_g \dots\dots\dots ( 2 )$$

sustituyendo en ( 2 ) :

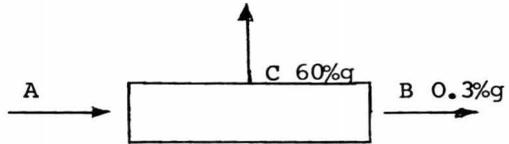
$$1000(0.034) = C(0.6) + B(0.003) \dots (3)$$

$$\text{de (1): } B = (A - C) \dots \dots \dots (4)$$

sustituyendo (4) en (3):

$$34 = C(0.6) + (A - C)(0.003)$$

$$C = \frac{31}{0.597} = 52 \text{ Kg.}$$



De (4):

$$B = A - C = 948 \text{ Kg.}$$

En la corriente C, el 40 % corresponde a la leche entera que no se descrema, por lo tanto, su composición es la misma que la de la corriente A .

$$0.40 C = 0.4(52) = 20.8 \text{ Kg.}$$

Balances para encontrar la composición de la corriente B:

Bal. de Proteínas:

$$Aa_p = 20.8a_p + Bb_p \dots \dots \dots (5)$$

sustituyendo en (5):

$$1000(0.033) = 20.8(0.033) + 948 b_p$$

$$b_p = 0.0342 = 3.42 \% \text{ de proteínas.}$$

Bal. de Lactosa:

$$Aa_l = 20.8 a_l + Bb_l \dots \dots \dots (6)$$

sustituyendo en (6):

$$1000(0.046) = 20.8(0.046) + 948b_l$$

$$b_l = 0.0477 = 4.77 \% \text{ de lactosa.}$$

Bal. de Cenizas:

$$Aa_c = 20.8a_c + Bb_c \quad \dots\dots\dots (7)$$

sustituyendo en (7):

$$1000(0.007) = 20.8(0.007) + 948b_c$$

$$b_c = 0.00722 = 0.722 \% \text{ de cenizas.}$$

LECHE DESCREMADA ( B )		
Composición	Porcentual	Composición por lote de 948 Kg.
Grasa	..... 0.300 %	2.844 Kg.
Proteínas	. 3.420 %	32.422 Kg.
Lactosa	... 4.770 %	45.220 Kg.
Cenizas	... 0.722 %	6.844 Kg.
Agua	..... 90.788 %	860.670 Kg.
S.T.	..... 9.212 %	87.330 Kg.
S.N.G.	.... 8.912 %	84.486 Kg.

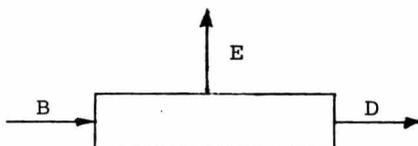
4.2 Evaporador.

Si al evaporar concentramos 2.54 veces, tenemos que:

Corriente D

Grasa .....	0.300 x 2.54 = 0.762 %
Proteínas .....	3.420 x 2.54 = 8.687 %

Lactosa .....	4.770 x 2.54 =	12.116 %
Cenizas .....	0.722 x 2.54 =	1.834 %
Agua .....		= 76.601 %
S.T. ....		= 23.399 %
S.N.G. ....		= 22.637 %

Balance Total:

$$B = E + D \quad \dots\dots\dots ( 8 )$$

Balance de Grasa:

$$Bb_g = Dd_g \quad \dots\dots\dots ( 9 )$$

sustituyendo en ( 9 ):

$$948(0.003) = D(0.00762)$$

$$D = 373.2 \text{ Kg.}$$

LECHE EVAPORADA ( D )			
Composición Porcentual		Composición por lote de 373.2 Kg.	
Grasa .....	0.762 %	2.844	Kg.
Proteínas .	8.687 %	32.420	Kg.
Lactosa ...	12.116 %	45.217	Kg.
Cenizas ...	1.834 %	6.844	Kg.
Agua .....	76.601 %	285.871	Kg.
S.T. ....	23.399 %	87.325	Kg.
S.N.G. ....	22.637 %	84.481	Kg.

Despejando E de la ec. ( 8 ):

$$E = B - D = 574.8 \text{ Kg.}$$

La composición promedio de la leche materna en base se  
ca es:

Grasa	.....	29.83	%
Proteínas	.	12.97	%
Lactosa	...	55.53	%
Cenizas	...	1.67	%
S.T.	.....	100.00	%
S.N.G.	.....	70.17	%

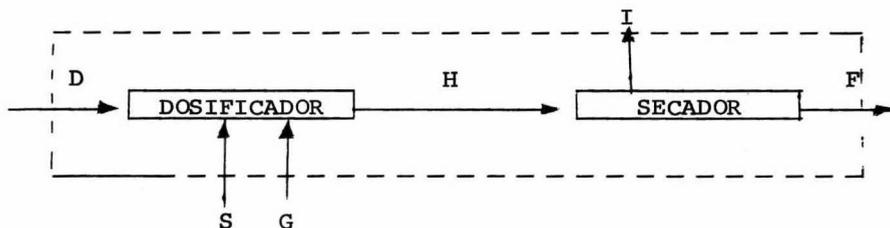
La fórmula presuntiva en base seca, considerando que -  
el producto terminado deshidratado contiene alrededor  
de un 2.6 % de humedad es:

Corriente F

Grasa	.....	29.1	%
Proteínas	.	12.6	%
Lactosa	...	54.1	%
Cenizas	...	1.6	%
Humedad	...	2.6	%

Cálculos de la fórmula PRESUNTIVA:

29.83	—	102.6 %		12.97	—	102.6 %	
<u>X</u>	—	100 %	X = 29.1 %	<u>X</u>	—	100 %	X = 12.6 %
55.53	—	102.6 %		1.67	—	102.6 %	
<u>X</u>	—	100 %	X = 54.1 %	<u>X</u>	—	100 %	X = 1.6 %



#### 4.3 Dosificación y Secado.

##### Balance General:

$$D + S + G = F + I \quad \dots\dots\dots (10)$$

##### Balance de Agua:

$$D_{da} = F_{fa} + I \quad \longrightarrow \quad I = D_{da} - F_{fa} \quad (11)$$

##### Balance de Grasa:

$$D_{dg} + G = F_{fg} \quad \longrightarrow \quad G = F_{fg} - D_{dg} \quad (12)$$

##### Balance de Lactosa:

$$D_{d_1} + S_{s_1} = F_{f_1} \quad \longrightarrow \quad S = \frac{F_{f_1} - D_{d_1}}{s_1} \quad (13)$$

donde:

I = agua que se elimina en el secador.

G = grasa.

S = suero.

sustituyendo (11), (12) y (13) en (10) tenemos:

$$D + \frac{1}{s_1} (Ff_1 - Dd_1) + Ff_g - Dd_g = F + Dd_a - Ff_a \quad (14)$$

La composición de S es:

Proteínas de suero	14.5	%
Lactosa .....	84.4	%
Cenizas .....	1.1	%

Las Cenizas de S tienen la siguiente composición:

Calcio .....	0.12	%
Fósforo .....	0.13	%
Sodio .....	0.01	%
Potasio .....	0.30	%
Cloruro .....	0.03	%
Magnesio .....	0.01	%

sustituyendo valores en (14) tenemos que:

$$F = 724 \text{ Kg.}$$

PRODUCTO TERMINADO ( F )			
Composición Porcentual		Composición por lote de 724 Kg.	
Grasa .....	29.1 %	210.684	Kg.
Proteínas ..	12.6 %	91.224	Kg.
Lactosa ....	54.1 %	391.684	Kg.
Cenizas ....	1.6 %	11.584	Kg.
Humedad ....	2.6 %	18.824	Kg.
S.T. ....	100.0 %	724.000	Kg.
S.N.G. ....	97.4 %	705.176	Kg.

de (11) calculamos I:

$$I = 267 \text{ Kg.}$$

$$\text{Como: } D + S + G = H \text{ ..... ( 15 )}$$

$$\text{tenemos que (10) = (15)}$$

$$\text{por lo tanto } D + S + G = F + I = H$$

sustituyendo tenemos que:

$$H = 991 \text{ Kg.}$$

de (12) calculamos G:

$$G = 207.8 \text{ Kg.}$$

de (15) despejamos S:

$$S = 410 \text{ Kg.}$$

SUERO DESMINERALIZADO ( S )	
<u>Composición Porcentual</u>	<u>Composición por lote de 410 Kg.</u>
Proteínas de suero 14.5 %	59.45 Kg.
Lactosa ..... 84.4 %	346.04 Kg.
Cenizas ..... 1.1 %	4.51 Kg.

Cálculo de la composición de la corriente H:

Balance de Grasa:

$$Dd_g + G = Hh_g \dots\dots\dots ( 16 )$$

Balance de Proteínas:

$$Dd_p + Ss_p = Hh_p \dots\dots\dots ( 17 )$$

Balance de Lactosa:

$$Dd_l + Ss_l = Hh_l \dots\dots\dots ( 18 )$$

Balance de Cenizas:

$$Dd_c + Ss_c = Hh_c \dots\dots\dots ( 19 )$$

Balance de Agua:

$$Dd_a = Hh_a \dots\dots\dots ( 20 )$$

Despejando de cada ecuación tenemos:

$$h_g = \frac{Dd_g + G}{H} = 0.212 = 21.2 \%$$

$$h_p = \frac{Dd_p + Ss_p}{H} = 0.093 = 9.3 \%$$

$$h_l = \frac{Dd_l + Ss_l}{H} = 0.395 = 39.5 \%$$

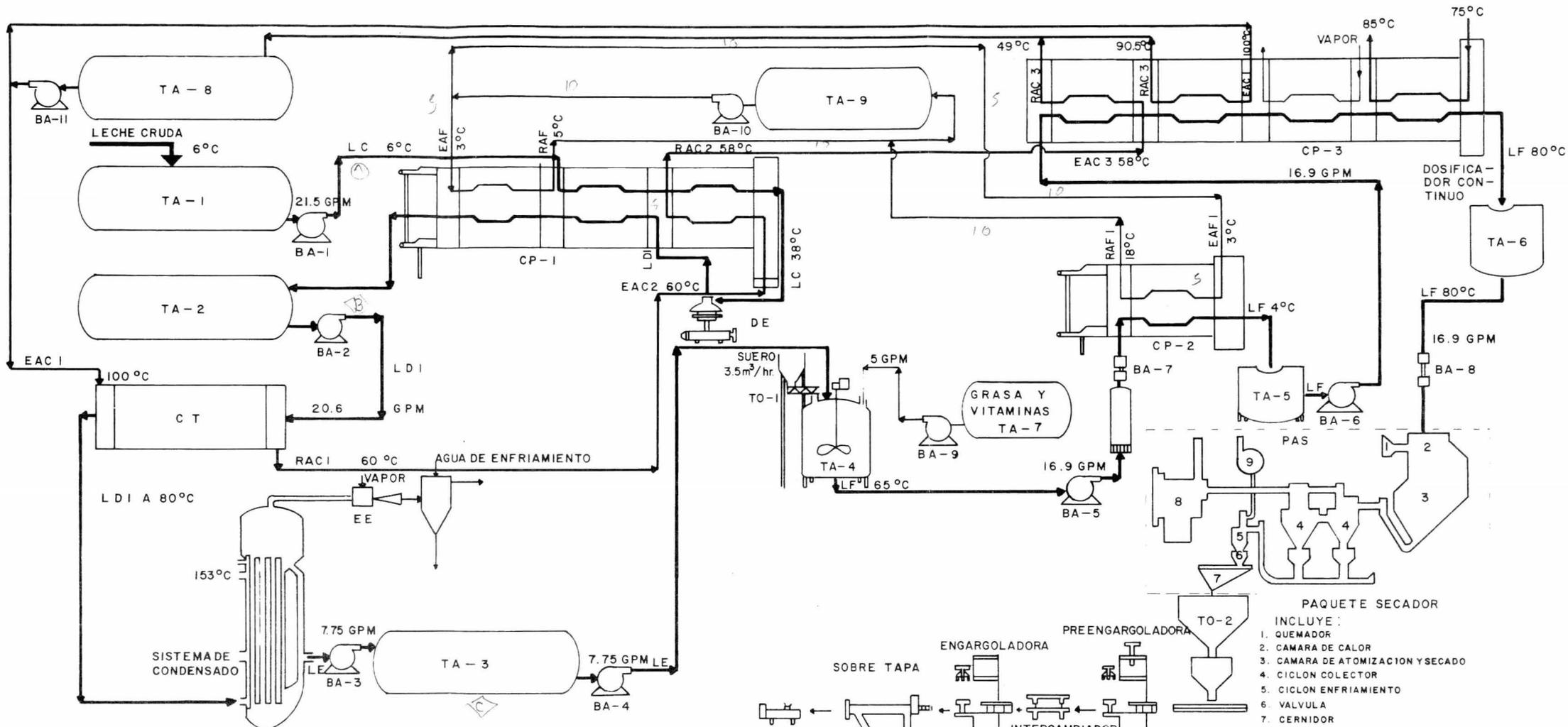
$$h_c = \frac{Dd_c + Ss_c}{H} = 0.011 = 1.1 \%$$

$$h_a = \frac{Dd_a}{H} = 0.289 = 28.9 \%$$

LECHE CONCENTRADA ( H )		
<u>Composición Porcentual</u>		<u>Composición por lote de 991 Kg.</u>
Grasa .....	21.2 %	210.092 Kg.
Proteínas ..	9.3 %	92.163 Kg.
Lactosa ....	39.5 %	391.445 Kg.
Cenizas ....	1.1 %	10.901 Kg.
Agua .....	28.9 %	286.399 Kg.
S.T. ....	71.1 %	704.601 Kg.
S.N.G. ....	49.9 %	494.509 Kg.

RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIALES

CORRIENTE.	NOMBRE DE LA CORRIENTE	CANTIDAD KG.		COMPOSICION PORCENTUAL						COMPOSICION POR LOTE					
		BASE LIQ.	BASE SECA	%						KG.					
				PROTEINAS	LACTOSA	CENIZAS	S. T.	GRASA	S.N.G.	PROTEINAS	LACTOSA	CENIZAS	S. T.	GRASA	S.N.G.
A	Leche Entera de vaca.	1,000.00		3.3	4.6	0.7	12.0	3.4	8.6	33.0	46.0	7.0	120.0	34.0	86.0
B	Leche Descremada.	948.00		3.42	4.77	0.722	9.212	0.30	8.912	32.422	45.220	6.844	87.330	2.844	84.486
D	Leche Evaporada.	373.20		8.687	12.116	1.834	23.399	0.760	22.637	32.420	45.217	6.844	87.325	2.844	84.481
H	Fórmula Presuntiva.	991.00		9.300	39.500	1.100	71.100	21.2	49.900	92.163	391.455	10.901	704.601	210.092	499.509
F	Fórmula Presuntiva.		724.000	12.600	54.100	1.600	100.00	29.100	97.400	91.224	391.684	11.584	724.000	210.684	705.176
G	Grasa.	207.800													
S	Suero.	410.000		14.500	84.40	1.100				59.45	346.04	4.51			
	T O T A L	3,930.000	724.000	51.807	199.486	7.056	215.711	54.760	187.449	340.679	1,265.607	47.683	1,723.256	460.464	1,454.652

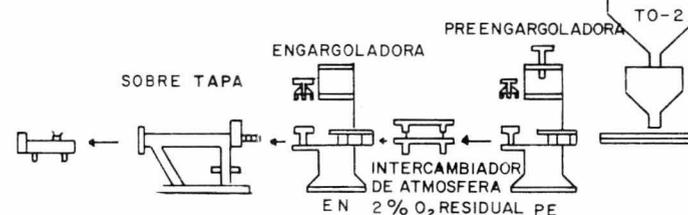


**LISTA DE EQUIPO**

- TA - 1 TANQUE DE LECHE CRUDA
- TA - 2 TANQUE DE LECHE DESCREMADA
- TA - 3 TANQUE DE LECHE EVAPORADA
- TA - 4 TANQUE DOSIFICADOR
- TA - 5 TANQUE BALANCEO
- TA - 6 TANQUE PARA GRASA
- TA - 7 TANQUE PARA AGUA CALIENTE
- TA - 8 TANQUE PARA AGUA FRIA
- TA - 9 TANQUE PARA AGUA CALIENTE
- BA - 1 BOMBA CENTRIFUGA PARA LECHE CRUDA
- BA - 2 BOMBA CENTRIFUGA PARA LECHE DESCREMADA
- BA - 3 y 4 BOMBA CENTRIFUGA PARA LECHE EVAPORADA
- BA - 5 y 6 BOMBA CENTRIFUGA PARA LECHE DOSIFICADA
- BA - 7 HOMOGENIZADORA PARA LECHE DOSIFICADA
- BA - 8 BOMBA POSITIVA PARA LECHE DOSIFICADA ESTERILIZADA
- BA - 9 BOMBA PARA GRASA
- BA - 10 BOMBA PARA AGUA FRIA
- BA - 11 BOMBA PARA AGUA CALIENTE

- CP - 1 CAMBIADOR DE PLACAS
  - CP - 2 CAMBIADOR DE PLACAS
  - CP - 3 CAMBIADOR DE PLACAS (ESTERILIZADOR)
  - PAS PAQUETE SECADOR
  - CT CAMBIADOR TUBULAR
  - EA EVAPORADOR
  - DE DESCREMADORA
  - EE EYECTOR
  - TO - 1 y 2 TOLVA
  - PE PRE-ENGARGOLADORA
  - EN ENGARGOLADORA
- NOMENCLATURA**
- LC LECHE CRUDA
  - LE LECHE EVAPORADA
  - LF LECHE FINAL
  - EAC ENTRADA AGUA CALIENTE
  - EAF ENTRADA AGUA FRIA

- RAC RETORNO AGUA CALIENTE
- RAF RETORNO AGUA FRIA



- PAQUETE SECADOR**
- INCLUYE:
1. QUEMADOR
  2. CAMARA DE CALOR
  3. CAMARA DE ATOMIZACION Y SECADO
  4. CICLON COLECTOR
  5. CICLON ENFRIAMIENTO
  6. VALVULA
  7. CERNIDOR
  8. VENTILADOR
  9. VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO

**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**

**DIAGRAMA DE FLUJO**

**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LECHE PARA LACTANTES**

**IRMA SANCHEZ CARDENAS**

5.0

DIAGRAMA DE FLUJO Y DESCRIPCION

### Descripción del Diagrama de Flujo

La leche se almacena en (TA-1) a 6°C, para prevenir la descomposición, después pasa a un cambiador de placas (CP-1) donde se precalienta a 38°C con el fin de que la descremada sea más eficiente y la crema más viscosa que si lo hiciéramos a bajas temperaturas, de (CP-1) pasa a la descremadora (DE) y de ésta vuelve a (CP-1) donde se enfría hasta 4°C, a esta temperatura se almacena en (TA-2) para de aquí pasar a un cambiador tubular (CT) con el fin de calentarla rápidamente hasta 80°C y así pasarla al evaporador (EA) donde se concentra y sale a 65°C, a esta temperatura se almacena en (TA-3) de donde pasa posteriormente al tanque dosificador (TA-4) y ahí se le adiciona el suero, grasa y vitaminas, la preparación a 65°C pasa después a (CP-2) para enfriarse hasta 4°C y así pasar a un tanque de balanceo (TA-5) que alimenta al esterilizador (CP-3) saliendo de éste a 80°C y pasando después a otro tanque de balanceo (TA-6) que alimenta al paquete secador (PAS) y posteriormente se procede al envasado, que se efectúa en latas con capacidad de 454 gramos.

6.0

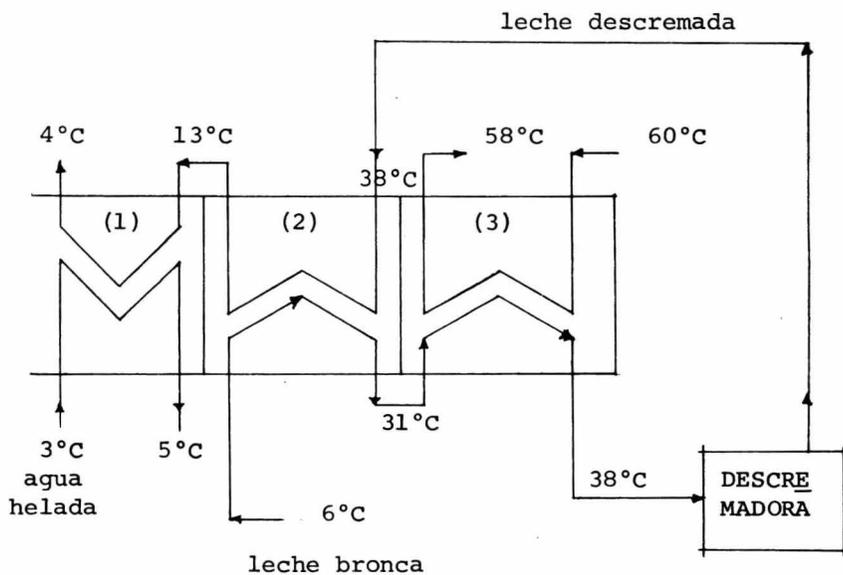
CALCULO DE EQUIPO

## 6.1 Intercambiadores de Calor de Placas.

Pueden estar formados de una o varias secciones de intercambio, siendo el aprovechamiento de calor al máximo, ya que existe una sección de REGENERACION, la -- cual es generalmente del 80 % al 84 % .

Cada sección está formada por un grupo de placas prensadas, pudiéndola ampliar en cualquier momento dado, - adicionándole las placas necesarias, así se incrementa el área de transferencia de calor

Estos intercambiadores son comunmente usados en la Industria Lechera, debido a su fácil limpieza y costos - reducidos comparados con otros tipos de intercambiadores.



CAMBIADOR DE PLACAS CP-1

El cambiador de placas consta de las siguientes secciones:

- A.- Enfriamiento
- B.- Regeneración
- C.- Calentamiento

B. Regeneración:

La Regeneración se efectuará al 80 % .

$$( 38 - 6 ) \cdot 0.8 = 25^{\circ}\text{C}$$

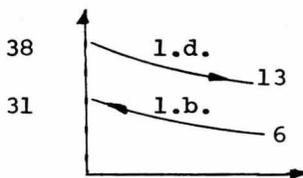
$$T - 6 = 25^{\circ}\text{C} \longrightarrow T = 31^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{1.b.} = W_{1.b.} C_{p1.b.} \Delta t_{1.b.} = 5,000 (0.93) (31 - 6) = 116,250 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_{1.d.} = W_{1.d.} C_{p1.d.} \Delta t_{1.d.} = 4,740 (0.95) (38 - Y)$$

$$Q_{1.b.} = Q_{1.d.}$$

$$38 - Y = \frac{116,250}{4,503} = 25^{\circ}\text{C} \quad \longrightarrow \quad Y = 13^{\circ}\text{C}$$



$$\text{LMTD} = 7^{\circ}\text{C}$$

A. Enfriamiento:

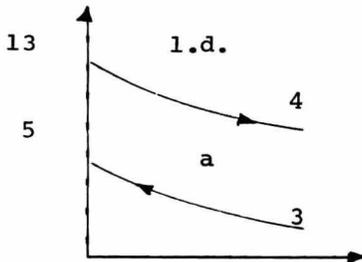
Relación: 4:1 (4 de agua por 1 de leche descremada).

$$Q_{1.d.} = W_{1.d.} C_{p1.d.} \Delta t_{1.d.} = 4,740 (0.95) (13 - 4) = 40,527 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_a = (4 W_{1.d.}) C_{pa} \Delta t_a = 4(4,740) (0.095) (X - 3)$$

$$Q_{1.d.} = Q_a$$

$$\therefore (X - 3) = \frac{40,527}{18,012} = 2 \quad \longrightarrow \quad X = 5^{\circ}\text{C}$$



$$\text{LMTD} = \frac{8 - 1}{\ln \frac{8}{1}} = 3.36^{\circ}\text{C}$$

C. Calentamiento:

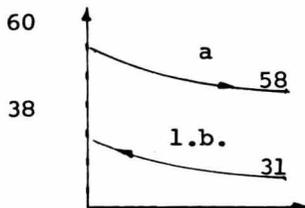
Relación: 4:1 (4 de agua por 1 de leche bronca)

$$Q_{1.b.} = w_{1.b.} C_{p1.b.} \Delta t_{1.b.} = 5,000(0.93)(38 - 31) = 32,550 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_a = (4w_{1.b.}) C_{pa} \Delta t_a = 4(5,000)(1)(60 - z)$$

$$Q_{1.b.} = Q_a$$

$$\therefore (60 - z) = \frac{32,550}{20,000} = 1.63 \longrightarrow z = 58^{\circ}\text{C}$$



$$\text{LMTD} = \frac{27 - 22}{\ln \frac{27}{22}} = 24.7^{\circ}\text{C}$$

## DATOS DE DISEÑO

Las placas que se usarán son de la C.P. con un área de transferencia de calor de:

$$a = 0.31 \text{ m}^2 \text{ (3.35 ft}^2\text{)}$$

REGENERACION

$$\text{l.d. } 13 \longleftarrow 38 = 25^\circ\text{C}$$

$$\frac{\text{l.b. } 6 \longrightarrow 31 = 25^\circ\text{C}}{7 \qquad \qquad \qquad 7}$$

No. de Corriente de l.b. 5 l.d. 5

Kg./Corriente de l.b. 1,000 l.d. 1,000

$$t_m = \frac{\frac{13+38}{2} + \frac{6+31}{2}}{2} = \frac{\frac{51}{2} + \frac{37}{2}}{2} = \underline{\underline{22^\circ\text{C}}}$$

$$\Delta t_m = \frac{7}{\text{LMTD}} \times \frac{1}{\text{PLCF}} = 7^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{1.850}{u} \times \frac{0.92}{f_t} \times \frac{1.24}{f_k} \times \frac{0.90}{f_b} = \underline{\underline{1.920}}$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{116,250}{1,920(0.31)(7)} = 27.9 \text{ placas efectivas.}$$

Se usarán 30 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.d. } \underline{4} \text{ PASOS DE } \underline{5} \text{ CORRIENTES} \\ \text{l.d. } \underline{4} \text{ PASOS DE } \underline{5} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

### ENFRIAMIENTO

$$\text{l.d. } 13 \longrightarrow 4 = 9^\circ\text{C}$$

$$\frac{\text{agua } 5 \longleftarrow 3 = 2^\circ\text{C}}{8 \qquad 1}$$

No. de Corriente de l.d. 3 agua 6

Kg/Corriente de l.d. 1,581 agua 3,162

$$t_m = \frac{\frac{13+4}{2} + \frac{5+3}{2}}{2} = \frac{\frac{17}{2} + \frac{8}{2}}{2} = \underline{\underline{6.25^\circ\text{C}}}$$

$$\Delta t_m = \frac{3.36}{\text{IMTD}} \times \frac{0.91}{\text{PLCF}} = 3.15^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{2,550}{u} \times \frac{0.84}{f_t} \times \frac{1.36}{f_k} \times \frac{0.8}{f_b} = \underline{\underline{2,620}}$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{40,527}{2,620(0.31)(3.15)} = 15.82 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 18 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.d. } \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{agua } \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

CALENTAMIENTO

$$\begin{array}{rclcl} \text{agua} & 58 & \longleftarrow & 60 & = & 2^\circ\text{C} \\ \hline \text{l.b.} & 31 & \longrightarrow & 38 & = & 7^\circ\text{C} \\ & 27 & & 22 & & \end{array}$$

No. de Corrientes de l.b. 3 agua 6

Kg/Corriente de l.b. 1,668 agua 3,336

$$t_m = \frac{\frac{58+60}{2} + \frac{31+38}{2}}{2} = \frac{\frac{118}{2} + \frac{69}{2}}{2} = \underline{\underline{46.75}}$$

$$\Delta t_m = \frac{24.7}{\text{LMTD}} \times \frac{0.87}{\text{PLCF}} = 21.5^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{2,800}{u} \times \frac{1,035}{f_t} \times \frac{1.39}{f_k} \times \frac{1}{f_b} = \underline{\underline{4.020}}$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{32,550}{4,020(0.31)(21.5)} = 1.22 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 4 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.b. } \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{agua } \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

REQUERIMIENTO DE LAS 3 SECCIONES		
<u>SECCION</u>	<u>PLACAS</u>	<u>TERMINALES</u>
REGENERADOR	30	1
ENFRIAMIENTO	18	
CALENTAMIENTO	4	1
	—	—
TOTAL :	52	2

6.2 Cambiador Tubular.

Este tipo de cambiador es el apropiado y se usa normalmente para el calentamiento específico en fluidos, cuya temperatura debe elevarse con gradiente muy rápido.

Queremos precalentar Leche Descremada de  $4^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$

Se van a emplear tubos con las siguientes características:

$3/4''$  16 BWG

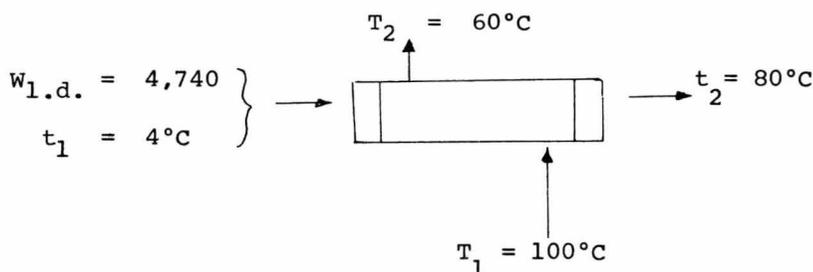
$L = 3.05 \text{ m (10')}$

$DI = 1.575 \text{ cm (0.62')}$

$DO = 1.91 \text{ cm (0.75')}$

$a_f/\text{tubo} = 0.000196 \text{ m}^2 \text{ (0.0021')}^2$

$a_1 = 0.06 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (0.1963 ft}^2/\text{ft)}$



A) Balance de Calor:

$$Q_{1.d.} = Q_a$$

$$Q_{1.d.} = W_{1.d.} \cdot c_{p1.d.} \cdot (t_2 - t_1) = 4,740 (0.95) (80 - 4) = 342,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

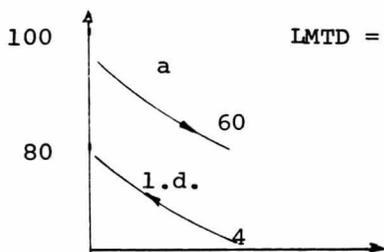
$$342,000 = W_a (T_1 - T_2) = W_a (100 - 60) \rightarrow W_a = 8550 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

B) Cálculo de  $T_m$  y  $t_m$  para evaluar propiedades:

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{80 + 4}{2} = 42^\circ\text{C}$$

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{100 + 60}{2} = 80^\circ\text{C}$$

3) Cálculo de LMTD:



$$\text{LMTD} = \frac{56 - 20}{\ln \frac{56}{20}} \frac{36}{\ln 2.8} \frac{36}{1.03} = 35^\circ\text{C}$$

c) Cálculo de  $F_t$  (corrección para LMTD):

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} = \frac{100 - 60}{80 - 4} = \frac{40}{76} = 0.524$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{80 - 4}{100 - 4} = \frac{76}{96} = 0.79$$

$$F_t = 0.88$$

$F_t = 0.88$  suponiendo 2 pasos en la coraza y 4 ó más en los tubos.

$$\longrightarrow \Delta t_m = \text{LMTD} \times F_t = 30.8^\circ\text{C}$$

$$\text{Estimando } g_t = 2,910,000 \frac{\text{Kg}}{\text{hr m}^2} \left( 600,000 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2} \right)$$

$$a_{f_t/\text{paso}} = \frac{W_{l.d.}}{g_t} = \frac{4,740}{2,910,000} = 0.00163 \text{ m}^2/\text{tubo}$$

$$\longrightarrow \frac{N_t}{\text{paso}} = \frac{a_{f_t/\text{paso}}}{a_{f_t/\text{tubo}}} = \frac{0.00163}{0.000196} = 8.3$$

suponiendo 4 pasos en los tubos

$$\longrightarrow N_t = 8.3 \times 4 = 34 \text{ tubos.}$$

$$A_T = N_t \times \pi \times \text{DO} \times L = 34 \times 0.06 \times 3.05 = 6.25$$

$$Q = U_D A_T \Delta t_m$$

$$\longrightarrow U_D = \frac{Q}{A_T \Delta t_m} = 1760 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr } ^\circ\text{C m}^2}$$

D) Cálculo del Reynolds por el lado de los tubos:

$$R_{e_t} = \frac{DI \times g_t}{\mu} = \frac{1.575 (2.91 \times 10^6)}{(0.01) (36,000)} = 12,800$$

E) Cálculo de Coeficientes:

Cálculo de  $j_H = f(\text{Re}, L/D)$

$$L/D = 3.05/0.01575 = 194$$

$$j_H = 44 \longleftarrow \text{fig. 24 Kern}$$

$$\frac{h_{iO}}{\varnothing_i} = j_H \text{Pr}^{1/3} \quad \frac{k}{DI} \quad \frac{DI}{DO}$$

$$\text{Pr} = \frac{C_p \mu}{k} = \frac{(0.95)(0.01)}{0.00128} = 7.4$$

$$\text{Pr}^{1/3} = 1.975$$

$$\longrightarrow \frac{h_{iO}}{\varnothing_i} = 44(1.975) \frac{(46)}{1.91} = 2,100 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Para el lado de la envolvente.

$$\text{Estimando } g_s = 2\,441,000 \frac{\text{Kg}}{\text{hr m}^2} \quad (500,000 \text{ lb/hr ft}^2)$$

$$D_e = 2.4 \text{ cm (0.95")}$$

$$P_t \square 2.54 \text{ cm (1")} \longleftarrow \text{fig. 28 Kern}$$

Cálculo del Reynolds

$$\text{Re}_s = \frac{D_e g_s}{\mu} = \frac{(2.4)(2\,441,000)}{0.0035(36,000)} = 46,800$$

$$j_{H_s} = 130 \longleftarrow \text{fig. 28 Kern}$$

$$\frac{h_o}{\theta_o} = jH_s Pr^{1/3} \frac{k}{De}$$

$$Pr = \frac{Cp u}{k} = \frac{0.0035}{0.00157} = 2.23$$

$$Pr^{1/3} = 1.305$$

$$\frac{h_o}{\theta_o} = 130 \times 1.305 \times \frac{56.5}{2.4} = 4,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Nota:  $\theta_o$  y  $\theta_i = 1$  (para bajas viscosidades)

cálculo de  $U_D$  (Coeficiente de diseño)

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + R_d} = \frac{1}{\frac{1}{2,100} + \frac{1}{4,000} + 0.0001} = \frac{1}{0.00083}$$

$$\longrightarrow U_D = 1,210 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

#### Chequeo Hidráulico.

$$\Delta P_t = \frac{f g_t^2 L n}{5.22 \times 10^{10} DI s_g \theta_i} = \frac{(9.25 \times 10^{-6}) (2.91 \times 10^6)^2 (3.05) (4)}{5.22 \times 10^{10} (1.575) (1.03) (1)}$$

$$\longrightarrow \Delta P_t = 0.094 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1.34 \text{ psi})$$

$$\Delta Pr = \left( \frac{4n}{s_g} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right) \left( \frac{625}{144} \right)$$

$$\left( \frac{V^2}{2g} \right) \left( \frac{625}{144} \right) = 0.048 \quad \longleftarrow \quad \text{fig. 27 Kern}$$

$$\longrightarrow \Delta P_r = 0.0527 \text{ Kg/cm}^2 \quad (0.75 \text{ psi})$$

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r = 0.094 + 0.053 = 0.147 \text{ Kg/cm}^2 \quad (2.1 \text{ psi})$$

$$\Delta P_s = \frac{f \quad g_s^2 \quad D_s (N + 1)}{5.22 \times 10^{10} \text{ De } s_g \quad \phi_i}$$

$$D_s = DI = 25.4 \text{ cm (10")} \quad \longleftarrow \quad \text{tabla 9 Kern}$$

$$\text{No. de cruces, } (N + 1) = \frac{12 L}{B} = \frac{(12)(3.05)}{5.08} = 7.2$$

$$B = \frac{DI}{5} = 5.08 \text{ cm}$$

$$s_g = 1$$

$$\Delta P_s = \frac{(5.92 \times 10^{-5}) (2.441 \times 10^6)^2 (25.4) (7.2)}{(5.22 \times 10^{10}) (2.4) (1) (1)} = 0.138 \text{ Kg/cm}^2$$

(1.96 psi)

$$U_C = \frac{h_{iO} h_o}{h_{iO} + h_o} = \frac{(2,100)(4,000)}{6,100} = 1,380 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$R_d = \frac{U_C - U_D}{U_C U_D} = \frac{170}{(1,380)(1,210)} = 0.000102$$


---



---

## CARACTERISTICAS DE DISEÑO

No. total de tubo =  $N_t = 34 (2 - 4)$ ;  $P_t \square 2.54 \text{ cm}$ ;

$$L = 3.05 \text{ m}$$

Diámetro del envolvente =  $D_s = 25.4 \text{ cm}$ ;  $D_e = 2.4 \text{ cm}$

Separación de baffles =  $B = 5.08 \text{ cm}$

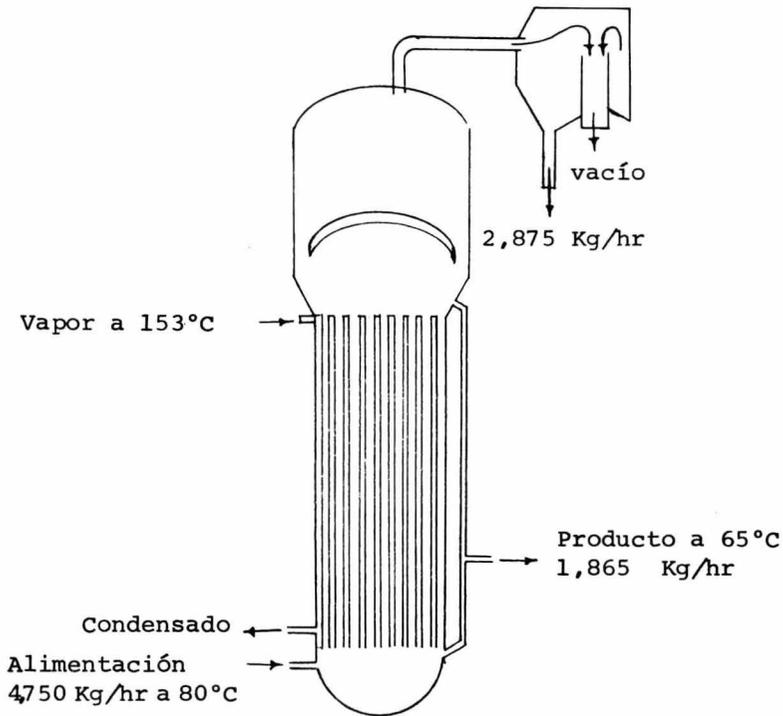
$$U_C = 1,380 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$U_D = 1,210 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr } ^\circ\text{C m}^2}$$

### 6.3 Evaporador de Tubos Verticales Largos.

Está diseñado de tal manera para que lo que se pretenda concentrar, (en este caso la leche), pase a través de los tubos únicamente una vez, movidos éstos por circulación natural; el haz de tubos tiene además deflectores que logran un movimiento libre del vapor, condensados y no condensados hacia abajo. El espejo superior de los tubos está libre y sobre el hay un deflector de vapor que reduce el arrastre. Este tipo de evaporador, es excelente para el manejo de líquidos espumosos, como lo es la leche descremada. La longitud de los tubos es generalmente de 3.5 m a 5 m .

## EVAPORADOR DE TUBOS VERTICALES LARGOS



A) Suponiendo:

$$G = 228,861 \text{ Kg/hr m}^2 \quad (13 \text{ lb/seg ft}^2)$$

$$A_f = \frac{W}{G} = \frac{4,740}{228,861} = 0.021 \text{ m}^2$$

$$N_t = \frac{A_f}{a_f/\text{tubo}} = \frac{0.021}{0.000928} = 22.6$$

Empleando tubos de 1 1/2" DO, arreglo  $\Delta$  1 7/8", el -  
No. de tubos de acuerdo a la tabla 9 del Kern es 27 .

$$N_t = 27 \longrightarrow DI_{\text{CORAZA}} = 0.34 \text{ m (13 1/4")}$$

Haciendo correcciones:

$$A_f = N_t a_{f/\text{tubo}} = 27 (0.000928) = 0.025 \text{ m}^2$$

$$G = \frac{W}{A_f} = \frac{4.740}{0.025} = 189,600 \text{ Kg/hr m}^2$$

B) Tubos alimentados con:

$$\frac{W_{l.d.}}{N_t} = \frac{4,740}{27} = 175 \text{ Kg/Hr tubo.}$$

Relación de Evaporación:

$$\frac{W_{\text{evap.}}}{N_t} = \frac{2,875}{27} = 106 \frac{\text{Kg}}{\text{hr tubo}} \text{ a } 65^\circ\text{C}$$

$$R_{65^\circ\text{C}} = \frac{DI G}{\mu} = \frac{(0.035) (189,600)}{(0.004355) (360)} = 4,120$$

$$DI = 0.035 \text{ m (1.37")} \longleftarrow \text{tabla 10 Kern}$$

C) Determinación de la caída por fricción para el líquido que fluye solo:

$$\begin{aligned} (\Delta P / \Delta L)_{L_0} &= 0.000121 (0.0703) (3.28) = 0.000028 \frac{\text{Kg/cm}^2}{\text{m}} \\ &= 0.000121 \text{ psi/ft} \longleftarrow \text{fig. (5-26) Perry} \end{aligned}$$

$$\text{Fracción de Vapor} = \frac{W_{\text{vap.}}}{W_{\text{l.d.}}} = \frac{106}{175} = 0.602$$

$$r_2 = 30 \longleftarrow \text{fig. (11-21) Perry}$$

$$\Delta Pa = r_2 G^2 / 144 g = 0.051 \text{ Kg/cm}^2 \quad (0.725 \text{ psi})$$

D) Determinación por las caídas por fricción en la zona de ebullición:

$$(\Delta P / \Delta L)_B = (\Delta P / \Delta L)_{L_0} \frac{\Delta P_{T.P.}}{\Delta P_0}$$

$$\frac{\Delta P_{T.P.}}{\Delta P_0} = 500 \longleftarrow \text{fig. (11-22) Perry}$$

$$\therefore (\Delta P / \Delta L)_B = 0.000028 (500) = 0.014 \frac{\text{Kg/cm}^2}{\text{m}}$$

E) Determinación de la media logarítmica de la cabeza estática en la zona de ebullición  $\Delta P_H$

$$\text{Vapor} \quad V_g = 5.75 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (91.7 \text{ ft}^3/\text{lb})$$

$$\text{Líquido} \quad V_l = 0.001 \text{ m}^3/\text{Kg} \quad (0.0163 \text{ ft}^3/\text{lb})$$

$$\text{Salida} \quad V = (5.75)(0.602) + 0.001(1 - 0.602) = 3.47 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$$

$$V_m = \frac{3.47 - 0.001}{\ln \frac{3.47}{0.001}} = \frac{3.469}{\ln 3,470} = \frac{3.469}{8.1} = 0.43 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\Delta P_H = \frac{1}{V_m} = \frac{1}{(0.43)(1 \times 10^4)} = 0.000232 \frac{\text{Kg/cm}^2}{\text{m}}$$

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = \Delta P_a + (\Delta P / \Delta L)_B = 0.051 + 0.014 \text{ L}$$

F) Determinación del coeficiente de película en la zona - de ebullición:

$$q = \frac{W_{\text{evap.}}}{N_t} \quad H = (106)(1008 \times 2.2 \times 0.252) = 59,236 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

El vapor se alimenta a 152°C condensado:

$$\frac{q}{H} = \frac{59,236}{(903 \times 2.2 \times 0.252)} = 118 \text{ Kg/hr}$$

$$\Gamma = \frac{q/H}{DO}$$

$$\frac{4 \Gamma}{\mu_F} = \frac{4 (118)}{(1.5 \times 0.305)(0.0018 \times 360)} = 508$$

$$h_m = 0.0077 (4 \Gamma / \mu_F)^{0.4} (k^3 \rho^2 g / \mu^2)^{1/3}$$

$$(4 \Gamma / \mu_F)^{0.4} = 12.2$$

$$(k^3 \rho^2 g / \mu^2) = 7,600 \quad \leftarrow \text{apéndice 14 Mc Cabe.}$$

$$h_m = (0.0077)(12.2)(7,600 \times 13.4) = 9,565 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

G) El coeficiente de película del vapor en el fondo, se considera que es el 75 % de  $h_m$  o sea 7,174, debido a que puede haber una inundación del 25 % .

H) El coeficiente de no ebullición está dado por la ecuación (11-1) del Perry con  $\alpha = 0.0278$  .

$$\frac{hD}{k} = \alpha (Re)^{0.8} (Pr)^{0.4}$$

$$h = (Re)^{0.8} (Pr)^{0.4} \frac{k}{D}$$

$$Re = 4,120 \quad (Re)^{0.8} = 800$$

$$Pr = 7.4 \quad (Pr)^{0.4} = 2.22$$

$$h_{NB} = 0.0278 (800) (2.22) \frac{(0.31 \times 17.8)}{0.418 \text{ m}} = 652 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$U_{NB} = \frac{1}{\frac{1}{0.75h_m} \frac{DI}{DO} + \left( \frac{0.065}{12 \times 26} \right) + \frac{1}{h_{NB}} + R_d}$$

↑  
Resistencia del material

$$R_d = 0.0001$$

$$U_{NB} = \frac{1}{\frac{1}{7,174} \frac{1.37}{1.5} + 0.426 \times 10^{-4} + \frac{1}{652} + 0.0001} = 525 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

I) Coeficiente de ebullición:

$$h_B = (0.0225) (Re_m)^{0.8} (Pr)^{0.4} \frac{k}{D}$$

$$(Re_m)^{0.8} = 115,400$$

$$(Re_m) = Re_L \frac{V_m}{VI} = 4,120 \frac{7.1}{0.0163} = 1.795 \times 10^6$$

$$h_B = 0.0225 (115,400) (2.22) \frac{(0.31 \times 17.8)}{0.418} = 76,128 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{h_m} \frac{DI}{DO} + 0.26 \times 10^{-4} + \frac{1}{h_B}}$$

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{9,565} \frac{1.37}{1.5} + 0.426 \times 10^{-4} + \frac{1}{76,128}} = 6,637 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

J) Cálculo de la temperatura máxima del líquido:

10.1 La presión en el tubo a 65°C es = 0.26 Kg/cm<sup>2</sup> absoluta.

10.2 La presión en la zona de ebullición es:

$$\begin{aligned} \text{Presión en el tubo} + P_{\text{TOTAL}} &= 0.26 + 0.51 + 0.014 L \\ &= 0.311 + 0.014 \times 4.9 \\ &= 0.379 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

a la presión de  $0.379 \text{ Kg/cm}^2$  la  $T_{\text{líqu.}} = 73^\circ\text{C}$  ← tabla  
(3-25) Perry

K) Cálculo de las diferencias de temperaturas medias logarítmicas en las zonas: ebullición y no ebullición a  $73^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{\text{NB}} = \frac{(153 - 80) - (153 - 73)}{\ln \frac{80}{73}} = 74^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{B}} = \frac{(153 - 65) - (153 - 73)}{\ln \frac{88}{80}} = 81^\circ\text{C}$$

L) Cálculo de la longitud total:

$$L_{\text{T}} = L_{\text{NB}} + L_{\text{B}}$$

$$L_{\text{NB}} = \frac{T_{\text{alim.}} W_{\text{l.d./tubo}}}{T_{\text{NB}} a_1 U_{\text{NB}}} = \frac{(80)(175)}{(74)(0.109)(525)} = 3.92 \text{ m}$$

$$L_{\text{B}} = \frac{q}{T_{\text{B}} a_1 U_{\text{B}}} = \frac{59,236}{(81)(0.109)(6,637)} = 1.01 \text{ m}$$

$$L_{\text{T}} = 4.93 \text{ m}$$

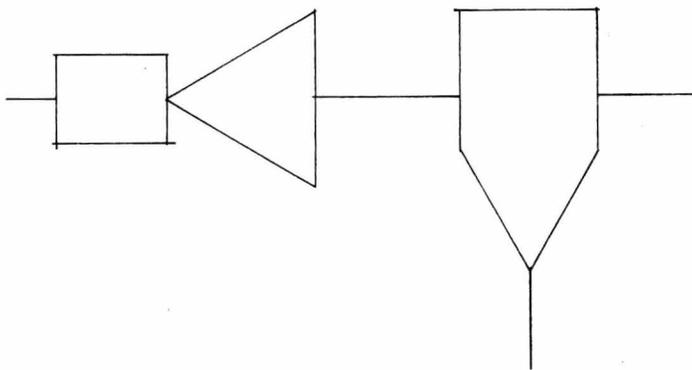
4.9 m longitud estimada  $\approx$  4.93 m longitud calculada  
la longitud de los tubos será de 5 m .

## CARACTERISTICAS DE DISEÑO

$$N_t = 27$$

tubos de: 3.81 cm (1 1/2") 16 BWG

$$DI_{\text{coraza}} = 0.34 \text{ cm (1 3/8")}; \quad G = 189,600 \text{ Kg/hr m}^2$$

6.4 E y e c t o r .

Queremos evaporar 2,875 Kg/hr (6,300 lb/hr)

Disponemos de los siguientes datos:

$P_{\text{succión}} = 6.6 \text{ psia}$

$P_{\text{vapor}} = 250 \text{ psig}$

$P_{\text{descarga}} = 14.2 \text{ psia (29 in Hg)}$

$d_{\text{tubo}} = 1.5 \text{ in}$

$T_{\text{aire ambiente}} = 80^{\circ}\text{F} = 26.6^{\circ}\text{C}$

Nota: Las figuras, diagramas y ecuaciones que se citan, se tomaron del catálogo: Heat Exchange - Institute, Standards for Steam Jet Ejectors, Third edition.

Para solucionar este problema tenemos la relación beta dada por:

$$\beta = \frac{d_{\text{orificio}}}{d_{\text{tubo}}} = 0.5 \quad (\text{usual})$$

$$d_{\text{orificio}} = \beta d_{\text{tubo}} = 0.75 \text{ in } (3/4")$$

Cálculo del área del orificio:

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = 0.785 (0.75)^2 = 0.440 \text{ in}^2$$

Cálculo de la velocidad de flujo actual:

$$v = Y F_t C S$$

donde:

$$Y = \frac{\text{lb}}{\text{hr in}^2} \quad \text{aire a } 70^\circ\text{F} \longrightarrow \text{fig. 21 (diagrama)}$$

$$F_t = \text{coeficiente de corrección por T} \longrightarrow \text{fig. 24}$$

$$C = \text{coeficiente del orificio} \longrightarrow \text{fig. 23}$$

$$Y = 1143 \frac{\text{lb}}{\text{hr in}^2} \quad \text{aire a } 70^\circ\text{F}$$

$$F_t = 0.991$$

$$C = 0.990$$

$$S = 0.440 \text{ in}^2$$

sustituyendo tenemos que:

$$v = 510 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \text{ aire a } 80^{\circ}\text{F}$$

Cálculo de la velocidad del vapor a través del orificio:

$$w_s = 892.6 C D_n^2 \sqrt{\frac{P_1}{V_1}}$$

donde:

$$w_s = \frac{\text{lb vapor}}{\text{hr}}$$

$$D_n = \text{diámetro del orificio, in}$$

$$P_1 = \text{presión a la entrada, psia.}$$

$$V_1 = \text{volumen específico, ft}^3/\text{lb}$$

sustituyendo tenemos que:

$$w_s = 6,200 \text{ lb/hr de vapor a las siguientes condiciones:}$$

$$P = 250 \text{ psig}$$

$$T = 500^{\circ}\text{F}$$

$$\frac{w_s}{S} = 14,200 \frac{\text{lb}}{\text{hr in}^2}$$



6.4.1 Condensador Barométrico.

$$\frac{\frac{\text{lb}}{\text{hr}} \text{ agua}}{\frac{\text{lb}}{\text{hr}} \text{ vapor}} = \frac{H_v - T_2 - 32}{T_2 - T_1}, \text{ ecuación tomada el Perry 11-40}$$

donde:

$H_v$  = entalpia del vapor, Btu/lb

$T_1$  = temperatura de entrada, °F

$T_2$  = temperatura de salida, °F

(  $T_2 - T_1$  ) se recomienda que sea de 20 a 30

como  $T_1 = 100^\circ\text{F}$

$T_2 = 130^\circ\text{F}$

$H_v = 1201 \text{ Btu/lb}$

sustituyendo tenemos:

$w_a = 234,000 \text{ lb/hr (106,000 Kg/hr)}$ , cantidad de agua que no se pierde porque se está recirculando.

6.5 T o l v a .

$\theta = 60^\circ$  (se determinó con el eclímetro)

Procedimiento:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_c}{\frac{D-d}{2}}$$

$$h_c = \left( \frac{D-d}{2} \right) \operatorname{tg} \theta$$

$$V = \frac{W}{\rho}$$

$$V_T = V + 0.3V = V_r + V_c$$

$$V_c = \frac{h_c}{3} \left[ S + s + \sqrt{Ss} \right]$$

$$S = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$s = \frac{\pi}{4} d^2$$

Tolva para Suero. Debemos tener en cuenta las características de éste:

- 1.- Higroscópico
- 2.- Compresible (densidad variable)
- 3.- Es pegajoso
- 4.- Angulo de deslizamiento alto y variable (según humedad)

debe ser necesariamente vibrada. Comercialmente existen varios sistemas, se seleccionó el que tiene un deflector que evita la compactación del material a la descarga por el peso de éste que está arriba de él.

Para el tamaño de la tolva debe tomarse en cuenta que el suero NO DEBE ALMACENARSE en contacto con el ambiente.

$$\text{Capacidad} = \frac{W}{\rho} = \frac{1,000 \text{ Kg}}{630 \text{ Kg/m}^3} = 1.59 \text{ m}^3$$

$$V_T = 2.07 \text{ m}^3 \quad (2,070 \text{ litros})$$

$$D = 1.40 \text{ m}$$

$$d = 0.23 \text{ m}$$

$$S = 1.54 \text{ m}^2$$

$$s = 0.042 \text{ m}^2$$

$$V_C = 0.625 \text{ m}^3$$

$$V_R = 1.45 \text{ m}^3$$

$$h_R = \frac{V_R}{S} = 0.94$$

$$h_C = 1.02 \text{ m}$$

$$h_T = 1.96 \text{ m}$$

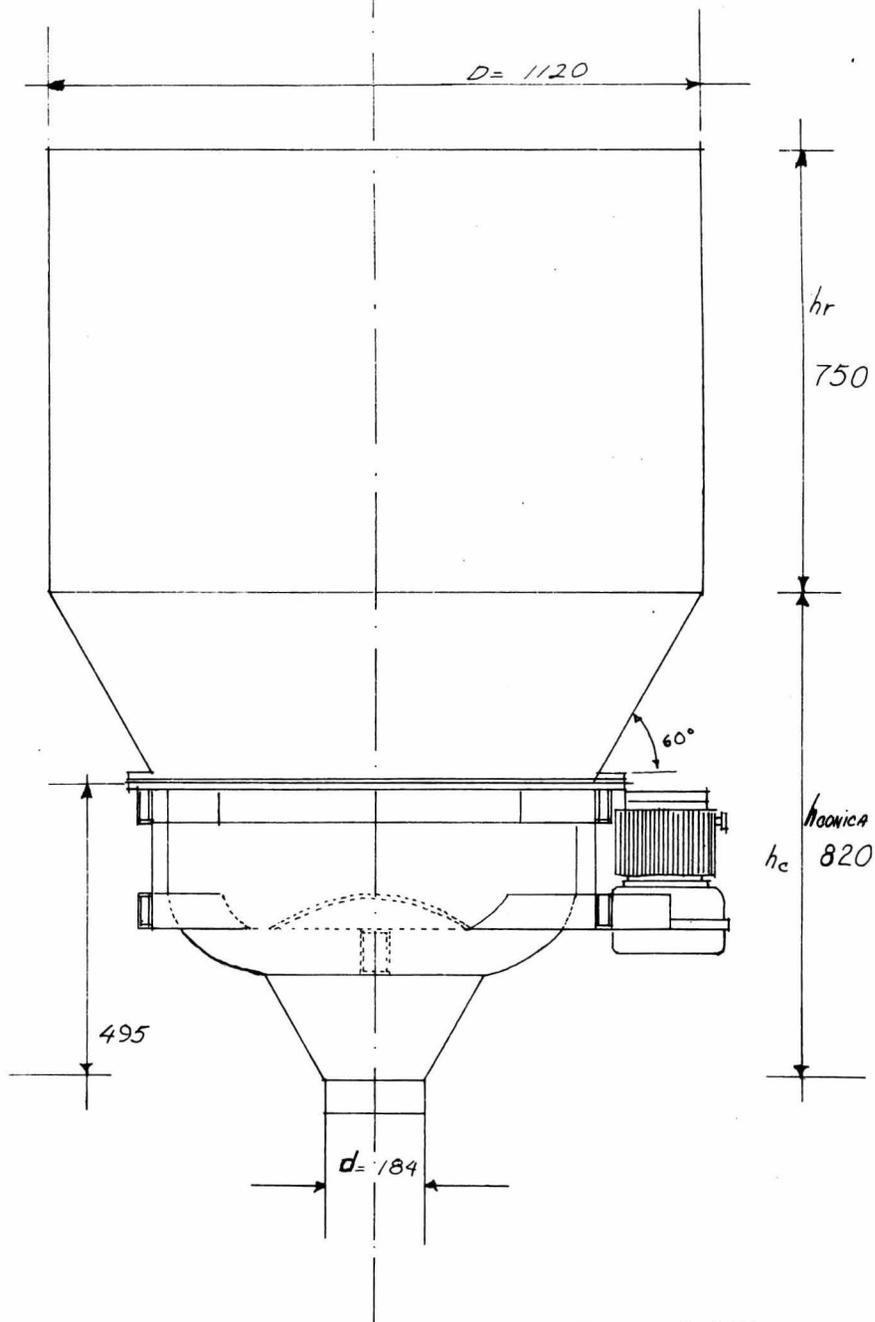
La tolva lleva un vibrador, cuyas dimensiones nos la da el catálogo Vibra Screw, Bin Activator. La selección se hace de acuerdo a la siguiente tabla:

Capacidad lb	Tamaño	A	B	C	D	E
8000 - 9000	3'	36"	34 1/2"	19 1/2"	20"	27°
9000 - 10000	4"	48"	40 1/2"	24 1/2"	26"	25°

Nota: Al final del secador hay otra tolva para producto terminado, similar a ésta, ya que las densidades son muy parecidas.

## TOLVA PARA SUERO

Capacidad 2,070 litros



Esc. 1:125

Acot. MM

6.6 Tornillo Alimentador.

Se quiere dosificar al tanque de preparación 2,050 Kg/hr de suero, con  $\rho = 630 \text{ Kg/m}^3$

$$Q = \frac{W}{\rho} = 2,050 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{\text{m}^3}{630 \text{ Kg}} = 3.25 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (115 \text{ ft}^3/\text{hr})$$

Para el llenado del tornillo emplearemos la clasificación III .



15 % lleno → Pág. 216 Catálogo -  
66 Stephens-Adamson

El diámetro del tornillo empleado será de 9"

Para la clasificación III y diámetro de 9", tenemos -  
que una RPM = 2.8

$$v = \frac{Q}{\text{RPM}} = \frac{115}{2.8} = 41 \text{ RPM} \quad \leftarrow \text{la máx. } v \text{ recomendada es } 50 \text{ RPM}$$

$$\text{HP} = \frac{L (S \times R + C \times W \times F)}{1 \times 10^6} \quad \rightarrow \text{Pág. 214 del catálogo antes citado.}$$

donde:

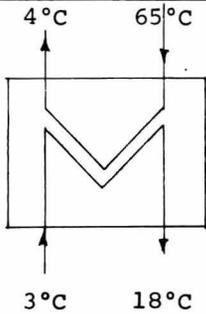
L = Longitud del tornillo, ft = 3.28  
 R = RPM = 41  
 C = Material transportado,  $\text{ft}^3/\text{lb} = 115$   
 W = Peso del material  $\text{lb}/\text{ft}^3 = 36$   
 F = Factor = 1  
 S = Factor = 54

sustituyendo:

$$\text{HP} = 0.021 \approx 15.8 \text{ watts}$$

Se escoge el motor más pequeño que es de  $1/8$  HP

$$1/8 \text{ HP} \approx 94 \text{ watts}$$

6.7 Cambiador de Placas . CP-2

Enfriamiento de leche condensada.

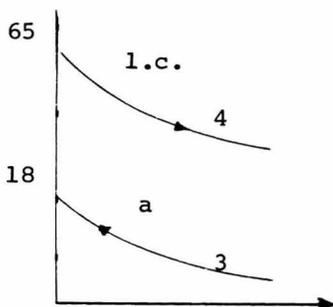
Relación: 4:1 (4 agua por 1 de leche condensada)

$$Q_{1.c.} = W_{1.c.} \Delta t_{1.c.} C_p = 4,955 (0.94) (65 - 4) = 284,120 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_a = (4W_{1.c.}) C_{p_a} \Delta t_a = 4 (4,955) (T - 3)$$

$$Q_{1.c.} = Q_a$$

$$\therefore T - 3 = \frac{284,120}{19,820} = 15 \longrightarrow T = 18^\circ\text{C}$$



$$LMTD = \frac{47 - 1}{\ln \frac{47}{47}} = 11.95^\circ\text{C}$$

## DATOS DE DISEÑO

Las placas que se usaran son de la C.P. con un área de transferencia de calor de:

$$a = 0.31 \text{ m}^2 \quad (3.35 \text{ ft}^2)$$

Enfriamiento.

l.c.	65	→	4 = 61°C
agua	18	←	3 = 15°C
	47		1

No. de Pasos de l.c. 3 agua 6

Kg/Corriente de l.c. 1,600 agua 3,200

$$t_m = \frac{\frac{65+4}{2} + \frac{18+3}{2}}{2} = \frac{\frac{69}{2} + \frac{21}{2}}{2} = 22.5^\circ\text{C}$$

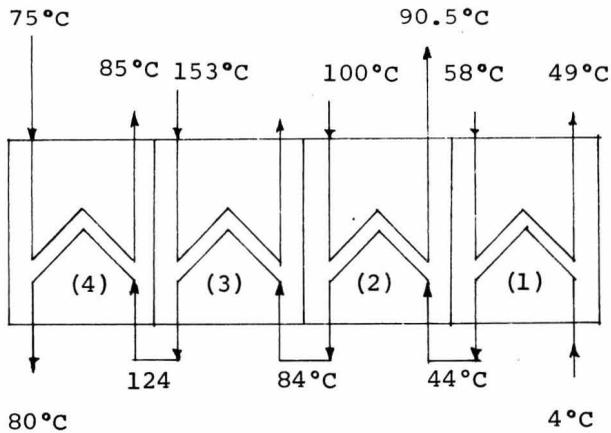
$$\Delta t_m = \frac{11.95}{\text{LMTD}} \times \frac{0.91}{\text{PLCF}} = 10.87^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{2,877}{u} \times \frac{0.92}{f_t} \times \frac{1.36}{f_k} \times \frac{0.9}{f_b} = \underline{3,240}$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{284,120}{3,240(0.31)(10.87)} = 26 \text{ pla} \\ \text{cas efec} \\ \text{tivas.}$$

se usarán 28 placas arregladas { 1.c. 2 PASOS DE 3 CORRIENTES  
agua 1 PASO DE 6 CORRIENTES

REQUERIMIENTOS DEL CAMBIADOR	
<u>SECCION</u>	<u>PLACAS</u>
ENFRIAMIENTO	28

6.8 Esterilizador U.H.T. CP-3

El esterilizador U.H.T. consta de 4 secciones:

1, 2 y 3 son de calentamiento y 4 es de enfriamiento.

(1) Calentamiento de 4°C a 44°C:

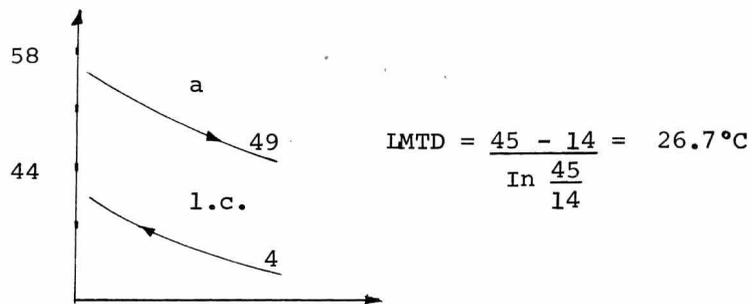
Nota: En las cuatro secciones, la relación será:  
4:1 (4 de leche por 1 de agua)

$$Q_{l.c.} = W_{l.c.} C_{p l.c.} \Delta t_{l.c.} = 4,955(0.94)(44 - 4) = 186,308 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$W_a = 20,000 \text{ Kg/hr, a } 58^\circ\text{C}$$

$$Q_{l.c.} = Q_a$$

$$58 - T = \frac{186,308}{20,000} = 9 \longrightarrow T = 49^\circ\text{C}$$



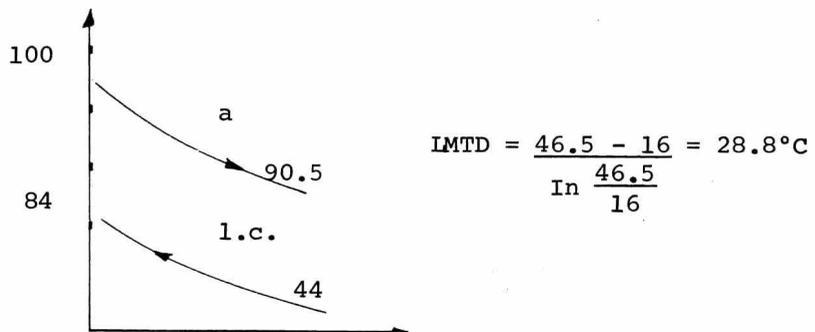
(2) Calentamiento de  $44^\circ\text{C}$  a  $84^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{l.c.}} = 186,308 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_{\text{a}} = 19,820 (100 - T)$$

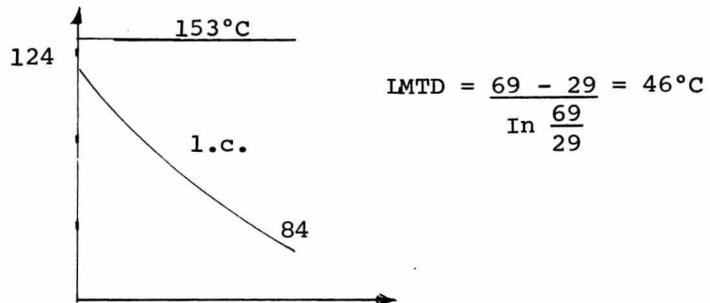
$$Q_{\text{l.c.}} = Q_{\text{a}}$$

$$100 - T = \frac{186,308}{29,820} = 9.5 \longrightarrow T = 90.5^\circ\text{C}$$



(3) Calentamiento con vapor a 153°C, de 84°C a 124°C

$$Q_{1.c.} = 186,308 \text{ Kcal/hr}$$



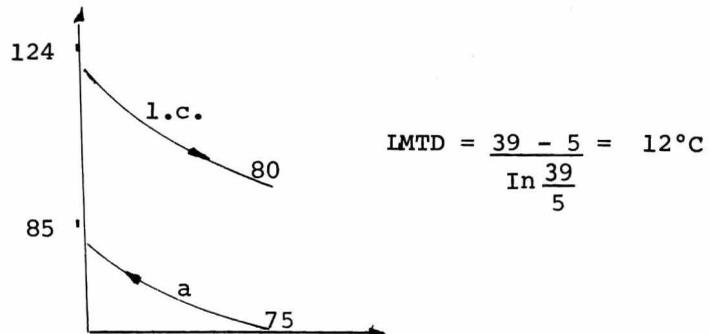
(4) Enfriamiento de 124°C a 80°C

$$Q_{1.c.} = W_{1.c.} C_{p1.c.} \Delta t_{1.c.} = 4,955(0.94)(124 - 80) = 205,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$W_a = 20,000 \text{ Kg/hr, a } 75^\circ\text{C}$$

$$Q_{1.c.} = Q_a$$

$$T - 75 = \frac{205,000}{20,000} = 10 \longrightarrow T = 85^\circ\text{C}$$



## DATOS DE DISEÑO

Las placas que se usarán son de la C.P. con un área de transferencia de calor de:

$$a = 0.31 \text{ m}^2 \text{ (3.35 ft}^2\text{)}$$

Calentamiento. (1)

agua	49	←	58	= 9°C
l.c.	4	→	44	= 40°C
	45		14	

No. de Corrientes de l.c. 3 agua 6

Kg/Corriente de l.c. 1,659 agua 3,318

$$t_m = \frac{\frac{49 + 58}{2} + \frac{4 + 44}{2}}{2} = \frac{107}{2} + \frac{48}{2} = 37.8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_m = \frac{26.7}{\text{LMTD}} \times \frac{0.87}{\text{PLCF}} = 23^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{2,850}{u} \times \frac{1}{f_t} \times \frac{1.39}{f_k} \times \frac{1}{f_b} = \underline{3,960}$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{186.308}{3,960(0.31)(23)} = 6.6 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 9 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.c. } \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{agua } \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

---

Calentamiento. (2)

$$\text{agua } 90.5 \quad \longleftarrow \quad 100 = 9.5$$

$$\frac{\text{l.c. } 44 \quad \longrightarrow \quad 84 = 40}{46.5 \quad \quad \quad 16}$$

$$\begin{array}{l} \text{No. de Corrientes de l.c.} \quad \underline{3} \text{ agua } \underline{6} \\ \text{Kg/Corriente de l.c.} \quad \underline{1,659} \text{ agua } \underline{3,318} \end{array}$$

$$t_m = \frac{\frac{90.5 + 100}{2} + \frac{44 + 84}{2}}{2} = \frac{190.5}{2} + \frac{128}{2} = 79.5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_m = \frac{28.8}{\text{LMTD}} \times \frac{0.87}{\text{PLCF}} = 25^\circ\text{C}$$

$$n = \frac{Q}{U_a \Delta t_m} = \frac{186.308}{4,500 (0.31) (25)} = 5.3 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 8 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.c. } \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{agua } \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

$$U = \frac{2,780}{u} \times \frac{1.16}{f_t} \times \frac{1.39}{f_k} \times \frac{1}{f_b} = 4,500$$


---

Calentamiento. (3)

vapor 153

$$\frac{\text{l.c.} \quad 84}{69} \longrightarrow \frac{124}{29} = 40$$

No. de Corrientes de l.c. 3 agua 6Kg/Corriente de l.c. 1,659 agua 3,318

$$t_m = \frac{\frac{124 + 84}{2} + 153}{2} = \frac{\frac{208}{2} + 153}{2} = 128.5$$

$$\Delta t_m = \frac{46}{\text{LMTD}} \times \frac{0.87}{\text{PLCF}} = 40^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{2,780}{u} \times \frac{1.30}{f_t} \times \frac{1.39}{f_k} \times \frac{1}{f_b} = 5,050$$

$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{186,308}{5,050(0.31)(40)} = 3 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 5 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.c.} \quad \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{vapor} \quad \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

Enfriamiento. (4)

$$\text{l.c. } 124 \longrightarrow 80 = 44^{\circ}\text{C}$$

$$\text{agua } \frac{85}{39} \longleftarrow \frac{75}{5} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{No. de Corrientes de l.c. } \underline{\quad 3} \text{ agua } \underline{\quad 6}$$

$$\text{Kg/Corriente de l.c. } \underline{1,659} \text{ agua } \underline{3,318}$$

$$t_m = \frac{\frac{124 + 80}{2} + \frac{85 + 75}{2}}{2} = \frac{204}{2} + \frac{160}{2} = 91^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = \frac{12}{\text{LMTD}} \times \frac{0.91}{\text{PLCF}} = 10.9$$

$$U = \frac{2,780}{u} \times \frac{1.2}{f_t} \times \frac{1.39}{f_k} \times \frac{1}{f_b} = 4,650$$

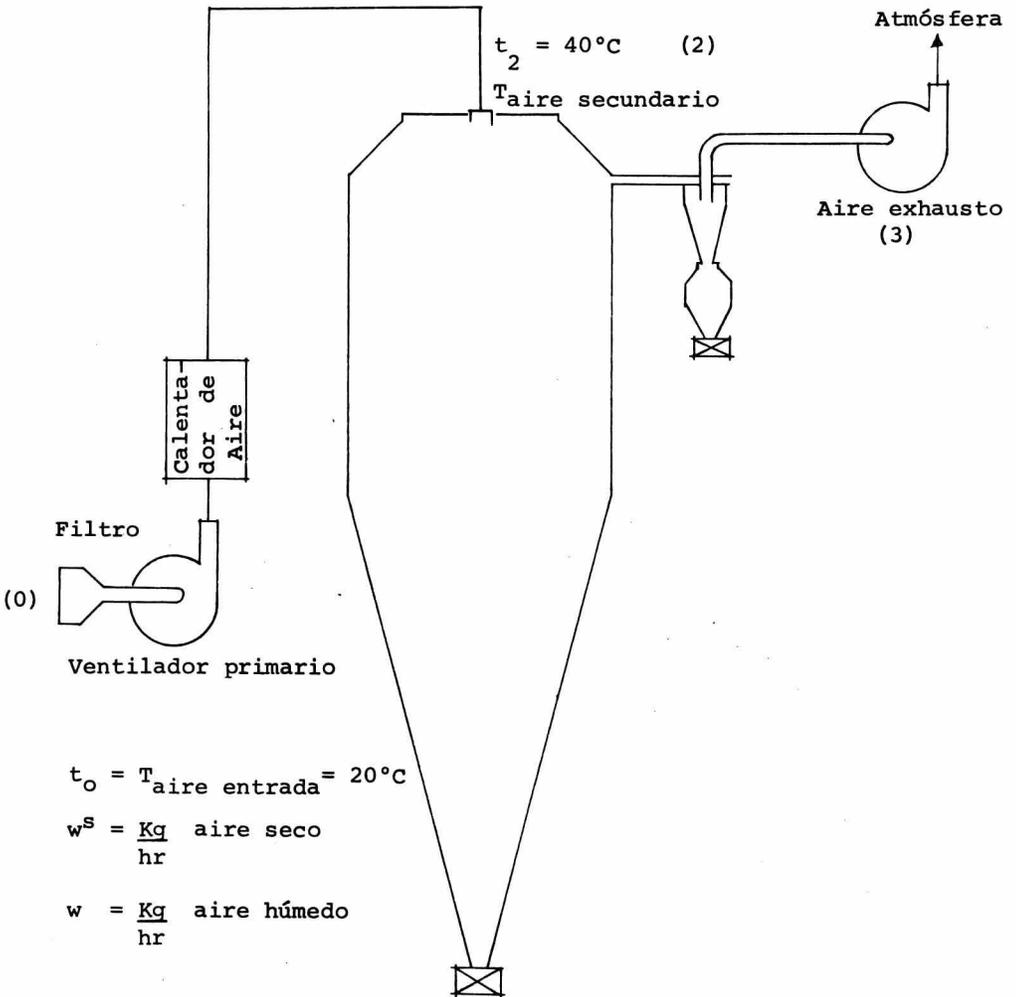
$$n = \frac{Q}{Ua \Delta t_m} = \frac{205,000}{4,650 (0.31) (10.9)} = 13 \text{ placas efectivas}$$

Se usarán 15 placas arregladas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{l.c. } \underline{2} \text{ PASOS DE } \underline{3} \text{ CORRIENTES} \\ \text{agua } \underline{1} \text{ PASO DE } \underline{6} \text{ CORRIENTES} \end{array} \right.$

REQUERIMIENTOS DE LAS 4 SECCIONES		
	<u>PLACAS</u>	<u>TERMINALES</u>
CALENTAMIENTO (1)	9	1
CALENTAMIENTO (2)	8	1
CALENTAMIENTO (3)	5	1
ENFRIAMIENTO (4)	15	—
	—	—
TOTAL:	37	3

6.9 Paquete Secador.

$$t_1 = T_{\text{aire caliente}}^{(1)} = 400^\circ\text{C}$$



Balance de Aire.

$$W_1^S + W_2^S = W_3^S$$

datos:

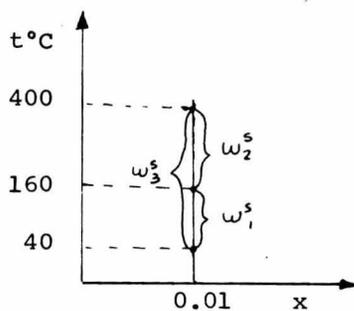
$$t_0 = 20^\circ\text{C} \quad x_1 = x_2 = x_m = 0.01 \text{ Kg/Kg}$$

$$t_1 = 400^\circ\text{C} \quad P = 615 \text{ mm Hg}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$t_m = 160^\circ\text{C, temperatura de la mezcla}$$

Para solucionar el problema, en un diagrama de Mollier, aplicamos la regla de la palanca.



midiendo físicamente las distancias tenemos que:

$$W_3^S = 92 \text{ mm} \quad W_2^S = 62 \text{ mm} \quad W_1^S = 30 \text{ mm}$$

$$\frac{W_1^S}{W_3^S} = \frac{13}{40} \text{ de } 92 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$\frac{W_2^S}{W_3^S} = \frac{27}{40} \text{ de } 92 \text{ mm} = 62 \text{ mm}$$

Cálculo de la cantidad de agua que se evapora:

$$I = W_3^S (x_3 - x_m)$$

Del Balance de Materiales  $I = 1,335 \text{ Kg/hr} = 0.37 \text{ Kg/seg}$

sustituyendo tenemos:

$$40 (x_3 - 0.01) = 0.37$$

$$x_3 = 0.019$$

### Balance de Calor.

El secado de leche por atomización es un proceso ISOEN TALPICO, ya que la adición o pérdida de calor es despreciable.

Cantidad de calor necesario:

$$Q_1 = W_1^S (H_1 - H_0)$$

$$H_1 = 107 \frac{\text{Kcal}}{1 \times 1 \text{ Kg}}; \quad H_0 = 8 \frac{\text{Kcal}}{1 + x \text{ Kg}}$$

sustituyendo :

$$Q = 4,140 \text{ 000 Kcal/hr}$$

Consumo de Calor:

$$c = \frac{Q_1}{I} = 3,480 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg agua}}$$

Comprobación del Balance de Materiales.

Capacidad de Producción:

$$F = \frac{I \cdot H_{S.T.}}{1 - H_{S.T.} - y}$$

donde:

I = evaporación, Kg/seg

$H_{S.T.}$  = concentración de sólidos totales en la corriente H.

y = humedad del producto terminado.

$$I = 0.37 \text{ Kg/seg}$$

$$H_{S.T.} = 0.71$$

$$y = 0.026$$

sustituyendo tenemos:

$$F = 3,600 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{En el Balance } F = 3,620 \text{ Kg/hr}$$

El dimensionamiento del secador se hizo de acuerdo al catálogo: Kestner Drying Plant, Spray Drying.

En la página 11 hay una tabla como sigue:

Tamaño	Cap. de secado lb de agua evap./hr	Producción de polvo lb/hr	MODELO
24	3000/4500	4500/6700	SPRABIG
22	2000/3000	3000/4500	SPRATOP

En la página 12 hay otra tabla:

Tamaño	A	B	C	D	E	F	G
No. 22	27'	24'	51'	6'	6'	35'	50'
No. 24	29'	26'	55'	6'	6'	40'	60'

Se escoge el tamaño 24.

Espacio requerido: aprox. 18.4 x 12.2 mts de superficie, altura 17 mts.

### 6.9.1 Criba rotatoria clasificadora

El tamaño de partículas promedio de la leche maternizada es de 0.007 a 0.008 in.

Las mallas que nos dan el tamaño deseado son 80 - 100.

La velocidad crítica de rotación de un tambor se puede calcular igualando las fuerzas que actúan sobre la partícula que son:

- 1.- la de la gravedad =  $mg$
- 2.- la centrífuga =  $2mv^2/D$

$$g = \frac{2v^2}{D} ; \quad v = \sqrt{\frac{g D}{2}} = \frac{\pi DN}{60}$$

donde:

- g = aceleración de la gravedad,  $m/seg^2$   
 v = velocidad de la partícula,  $m/seg$   
 D = diámetro del tambor,  $m = 0.23 m$   
 N = revoluciones por minuto

Sustituyendo tenemos:

$$v = 1.12 \text{ m/seg} \quad N = 84 \text{ RPM}$$

Producción de leche para niño 3,620 Kg/hr

$$\rho = 0.62 \text{ Kg/lt}$$

$$\text{GPM} = \frac{3,620 \text{ Kg/hr}}{(0.62 \frac{\text{Kg}}{\text{lt}}) (3.785 \frac{\text{lt}}{\text{gal}}) (60 \frac{\text{min}}{\text{hr}})} = 25.7$$

Cálculo de HP

$$\text{bHP} = \frac{QH\rho}{247000 e_p}$$

donde:

$$Q = \text{G.P.M.} \quad H = \text{ft} \quad \rho = \text{lb/ft}^3$$

$$e_p = \text{eficiencia}$$

datos:

$$Q = 25.7 \text{ GPM}$$

$$\rho = 38.67 \text{ lb/ft}^3$$

$$H = 5 \text{ mtrs.} = 16.4 \text{ ft}$$

$$e_p = 0.7$$

sustituyendo:

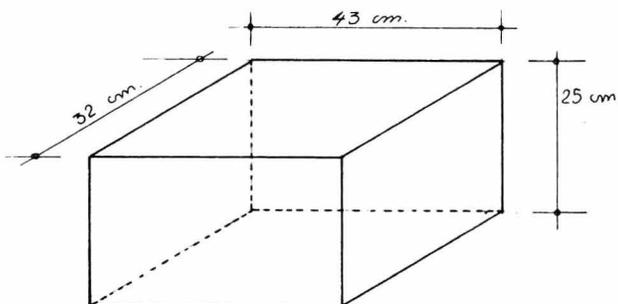
$$\text{bHP} = 0.094$$

$$\text{Potencia requerida} = \text{bHP} \times 2 = 0.188$$

Necesitamos un motor de 1/4 H.P.

6.10 Banda para transportar el producto terminado.

Las cajas que traslada tienen las siguientes dimensiones:



cada caja contiene 24 latas con 454 gramos c/lata.

Se tienen 2 máquinas dosificadoras que dan

$$120 \frac{\text{latas}}{\text{min.}} = 7,200 \frac{\text{latas}}{\text{hr}}$$

$$\frac{7,200 \text{ latas/hr}}{24 \text{ latas/caja}} = 300 \text{ cajas/hr}$$

c/caja pesa 13.92 Kg.

La carga total transportada será =  $300 \times 13.92 = 4,176$  Kg/hr

El producto envasado es 3,267 Kilos/hr

Emplearemos una banda de 45.7 cm de ancho (18")

$$\rho = 620 \text{ Kg/m}^3 \quad \leftarrow \text{Producto terminado}$$

$$S = 15.2 \text{ m/min} \quad \leftarrow \text{Velocidad de la banda}$$

Cálculo de la Potencia:

$$\text{HP} = X + Y$$

donde:

$$X = \frac{G F_x S L_c}{4,600} \quad \leftarrow \text{para girar la banda vacía}$$

$$Y = \frac{L_c F_y C}{274} \quad \leftarrow \text{para mover la carga en sentido horizontal.}$$

Nomenclatura:

G = Peso de la banda, rodillos y poleas

F = Coef. de fricción de las piezas rodantes

$$F_x = 0.03 \text{ para equipo nuevo y } 0.035 \text{ para usado}$$

$$F_y = 0.04 \text{ para equipo nuevo y } 0.045 \text{ para usado}$$

$$L_c = \text{distancia ajustada entre centros} = 0.55 L + 35.06$$

$$L = \text{Longitud del transportador, m (a lo largo)}$$

$$C = \text{Carga, tons.}$$

sustituyendo tenemos:

$$X = 0.15$$

$$Y = \underline{0.029}$$

$$\text{HP} = 0.179 = 0.18$$

El motor que se ocupará será de 1/4 HP por ser el inmediato superior a ese valor.

$$G = 33$$

6.11 Cálculo de Bombas.

1.- Aplicación del Teorema del Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{144 P_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2gc} = Z_2 + \frac{144 P_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2gc} + h_1$$

puesto que  $\rho_1 = \rho_2$  y  $v_1 = v_2$ , con la ecuación puede establecerse la cabeza total de la bomba, H:

$$H = \frac{144}{\rho} (P_1 - P_2) = (Z_2 - Z_1) + h_1$$

2.- Cálculo de pérdida de cabeza estática de presión debido al flujo del fluido:

$$h_1 = 0.1863 \frac{f L v^2}{d} \left\{ \begin{array}{l} v = \frac{0.408 Q}{d^2} \quad d, d^2 \rightarrow \text{pág. (B-16) Crane.} \\ Re = 123.9 \frac{d v \rho}{\mu} \rightarrow f \rightarrow \text{pág. (A-25) Crane.} \end{array} \right.$$

3.- Cálculo de coeficiente de resistencia o pérdida de velocidad, K:

$$K = f \frac{L}{D} = \longrightarrow \frac{L}{D} = \frac{K}{f}$$

4.- Cálculo de b.H.P.:

$$\text{bHP} = \frac{QH \rho}{247000 e_p}$$

## N O M E N C L A T U R A :

$$\mu = \text{cp.}$$

$$\rho = \text{lb/ft}^3$$

$$v = \text{ft/seg}$$

$$d = \text{in}$$

$$D = \text{ft}$$

$$h_1 = \text{ft de fluido}$$

$$H = \text{cabeza total, ft de fluido.}$$

$$Q = \text{G.P.M.}$$

Para el manejo de leche se emplearán bombas centrífugas Sanitarias, las cuales tienen una eficiencia muy baja ( $e_p = 25\%$ )

La tubería que se va a emplear es de 1 1/2"

$$d = 1.61 \text{ in}; \quad d^2 = 2.592 \text{ in}^2; \quad D = 0.1342 \text{ ft}$$

(BA-1) Bomba para leche entera.

$$\rho = 1.03 \text{ Kg/lit} \quad (64.24 \text{ lb/ft}^3)$$

$$Q = 5,000 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ lit}}{1.03 \text{ Kg}} \times \frac{\text{G.P.M.}}{(3.785 \times 60) \text{ lit/hr}}$$

$$= 21.5 \text{ G.P.M.}$$

sustituyendo:

$$v = 3.4 \text{ ft/seg.}$$

$$Re = 43,500 \longrightarrow f = 0.021$$

Pérdidas por fricción	
Para c/100 m de tubería sanitaria y 4,850 lt/hr	
	$\frac{30.5\text{m} \times 8}{100} = 2.44 \text{ m}$
4 Codos de 90°	$0.91 \times 4 = \frac{3.64}{6.08} \text{ m} \quad (20 \text{ ft})$

$$h_1 = 0.56 \text{ ft de líquido}$$

N O T A: Para todas las bombas consideraremos una  
 $\Delta Z = 100 \text{ ft}$

La cabeza total H es:

$$H = 100 + 0.56 = 101 \text{ ft}$$

$$bHP = 2.26$$

Características de la bomba:

Tamaño	diám. imp.	HP	RPM
216	4 3/4	3	3,600

(BA-2) Bomba para leche descremada.

$$\rho = 1.037 \text{ Kg/lt} \quad (64.68 \text{ lb/ft}^3)$$

$$Q = 4,740 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{\text{lt}}{1.037 \text{ Kg}} \times \frac{\text{G.P.M.}}{(3.785 \times 60) \text{ lt/hr}}$$

$$= 20.6 \text{ G.P.M.}$$

sustituyendo:

$$v = 3.2 \text{ ft/seg}$$

$$\text{Re} = 41,000 \quad \longrightarrow \quad f = 0.025$$

Pérdidas por fricción	
Para c/100 m de tubería sanitaria y 4,570 lt/hr	
	$\frac{30.5 \text{ m} \times 6}{100} = 1.83 \text{ m}$
4 Codos de 90°	$\frac{0.91 \text{ m} \times 4}{5.47 \text{ m}} = \frac{3.64 \text{ m}}{5.47 \text{ m}} \quad (18 \text{ ft})$

$$h_1 = 0.54 \text{ ft de líquido}$$

$$H = \underline{100} + 0.54 = 101 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 2.17$$

Características de la bomba:

Tamaño	diám. imp.	HP	RPM
216	4 3/4"	3	3,600

(BA-3 y 4) Bombas para leche evaporada.

Se deben hacer algunas modificaciones como son:

$$\text{GPM} \times 1.37 \qquad \text{H} \times 1.32 \qquad \text{HP} \times 2$$

$$\rho = 1.065 \text{ Kg/lt} \quad (66.42 \text{ lb/ft}^3)$$

$$Q = 1,865 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{\text{lt}}{1.065 \text{ Kg}} \times \frac{\text{G.P.M.}}{(3.785 \times 60) \text{ lt/hr}} = 7.75 \text{ G.P.M.}$$

$$Q = 10.6 \text{ G.P.M.}$$

sustituyendo:

$$v = 1.68 \text{ ft/seg}$$

$$\text{Re} = 22,000 \longrightarrow f = 0.028$$

Pérdidas por fricción

Para c/100 m de tubería sanitaria y 1,760 lt/hr

$$\frac{30.5\text{m} \times 1.4}{100} = 0.43 \text{ m}$$

$$4 \text{ Codos } 90^\circ \qquad \frac{0.91 \times 4}{4.07 \text{ m}} = \frac{3.64}{4.07 \text{ m}} \text{ m} \quad (13.4 \text{ ft})$$

$$h_1 = 0.092 \text{ ft de líquido}$$

$$H = 100 + 0.092 = 100 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 1.14$$

$$H = 132 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 2.28$$

Características de la bomba:

Tamaño	diám. imp.	HP	RPM
216	4 3/4"	3	3,600

(BA-5 y 6) Bombas para leche formulada.

$$\rho = 1.3 \text{ Kg/lit} \quad (81.08 \text{ lb/ft}^3)$$

$$Q = 4,955 \frac{\text{Kg}}{\text{lit}} \times \frac{\text{lit}}{1.3 \text{ Kg}} \times \frac{\text{G.P.M.}}{(3.785 \times 60) \text{ lit/hr}} = 16.9 \text{ GPM}$$

sustituyendo:

$$v = 2.67 \text{ ft/seg}$$

$$\text{Re} = 43,000 \longrightarrow f = 0.021$$

#### Pérdidas por fricción

Para c/100 m de tubería sanitaria y 3,800 lt/hr

$$\frac{30.5 \text{ m} \times 6}{100} = 1.83 \text{ m}$$

$$4 \text{ Codos de } 90^\circ \quad \frac{0.91 \times 4}{5.47} = \frac{3.63 \text{ m}}{5.47 \text{ m}} \quad (18 \text{ ft})$$

$$h_1 = 0.315 \text{ ft de líquido}$$

$$H = 100 + 0.315 = 100 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 2.22$$

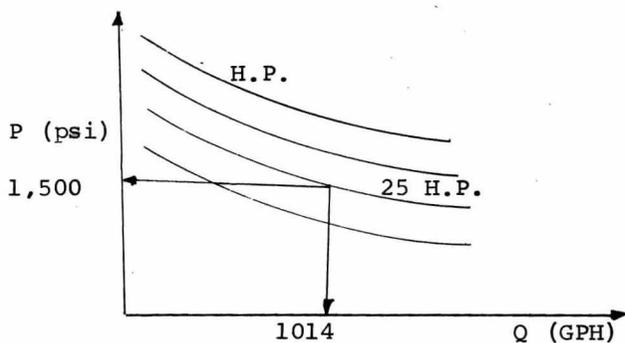
Características de las bombas:

Tamaño	diám imp.	HP	RPM
216	4 3/4"	2	3,600

(BA-7) Bomba homogeneizadora.

$$Q = 16.9 \text{ GPM} = 1014 \text{ GPH}$$

La presión necesaria para homogeneizar es de 1200 a -  
1500 psi con P y GPH  $\longrightarrow$  HP



Características de la bomba:

PRESION - PSIG	HP	PISTONES
1,200- 1,500	25	3

(BA-8) Bomba positiva.

Las propiedades fisicoquímicas son las mismas que las correspondientes a las bombas 5 y 6.

Características de la bomba:

MODELO	HP	RPM
PR 25 - 1 1/2"	1	240

(BA-9) Bomba para grasa.

$$\rho = 0.92 \text{ Kg/lt} \quad (56 \text{ lb/ft}^3)$$

$$Q = 1,040 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{\text{lt}}{0.92 \text{ Kg}} \times \frac{\text{G.P.M.}}{(3.785 \times 60) \text{ lt/hr}} = 5 \text{ GPM}$$

NOTA: En el catálogo PR73 de Puriti, S.A., tenemos una gráfica que nos indica las variaciones - que deban hacerse al calcular una bomba si - la  $\mu \geq 500$  SSU

Como  $\mu = 140$  SSU = 1,500 cp, no se alteran los datos.

Pérdidas por fricción	
Para c/100 m de tubería sanitaria y 1,140 lt/hr	
	$\frac{10 \times 1}{100} = 0.010 \text{ m}$
4 Codos de 90°	$\frac{0.91 \times 4}{3.650} = \frac{3.640}{3.650} \text{ m} \quad (12 \text{ ft})$

Para esta bomba consideramos una  $\Delta Z = 32.8$  ft

$$H = 32.8 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 0.148$$

Características de la bomba:

MODELO	RPM	HP
PR10 - 1 1/2"	340	1/2

(BA-10 y 11) Bomba para agua fría.

$$Q = 40,000 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \times \frac{\text{GPM}}{(3.785 \times 60) \text{lt/hr}} = 176 \text{ GPM}$$

sustituyendo:

$$v = 27.6 \text{ ft/seg}$$

$$\text{Re} = 344,000 \longrightarrow f = 0.021$$

Pérdidas por fricción

<u>Accesorios</u>	<u>No.</u>	<u>L/D</u>	<u>(L/D)T</u>
Codos 90°	4	30	120
Válv. check	1	135	135
Válv. globo	2	145	290
Válv. comp.	1	35	35
$\frac{L}{D} = \frac{K}{f}$		$\frac{1}{0.021}$	47.6
			627.6

$$L = \frac{L}{D_T} \quad D = 628 \times 0.1342 = 84 \text{ ft}$$

Cálculo de long. equivalente del tubo:

$$L = 100 + 84 = 184 \text{ ft}$$

$$h_1 = 120 \text{ ft de líquido}$$

$$H = 100 + 120 = 220 \text{ ft}$$

$$\text{bHP} = 14$$

Características de la bomba:

	HP	RPM
3" x 2 1/4	15	1,750

6.12 Caldera.

1ª) Calentamiento de leche en el cambiador tubular (TA)

$$W = 4740 \text{ Kg/hr}$$

$$C_p = 0.95$$

$$\Delta t = (80 - 4) = 76$$

$$Q = 342\,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times 1.8 \times 2.2 = 1\,350\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

2ª) En el evaporador (EA)

$$= 2875 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \text{ a } 80^\circ\text{C} = 227\,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$227\,000 \times 1.8 \times 2.2 = 900\,000 \text{ Btu}$$

$$Q_{\text{vapor}} = W \lambda_v = 2875 \times 2.2 \times 993.3 = 6\,000\,000 \text{ Btu}$$

$$Q_T = \begin{array}{r} 6\,000\,000 \\ \underline{900\,000} \\ 5\,100\,000 \end{array} \begin{array}{l} \longleftarrow Q \text{ que necesita} \\ \longleftarrow Q \text{ que lleva} \\ \longleftarrow Q \text{ que damos} \end{array}$$

3ª) Eyector 6 300  $\frac{\text{lb}}{\text{hr}}$  vap.- a 250 psig.6.13 Banco de Hielo.

1ª) Enfriamiento de leche descremada en (CP-1)

$$W = 4740 \text{ Kg/hr}$$

$$C_p = 0.095$$

$$t = (13 - 4) = 9^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = W C_p \Delta t = 40527 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times \frac{6 \text{ hr}}{\text{turno}} = 243162 \frac{\text{Kcal}}{\text{turno}}$$

2ª) Enfriamiento de leche condensada en (CP-2)

$$W = 4955 \text{ Kg/hr}$$

$$C_p = 0.94$$

$$t = (65 - 4) = 61^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = W C_p \Delta t = 284120 \frac{\text{Kcal}}{W} \times \frac{6 \text{ hr}}{\text{turno}} = 1,704\,720 \frac{\text{Kcal}}{\text{turno}}$$

3ª) Cálculo de  $Q_{\text{Total}}$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 1947882 \frac{\text{Kcal}}{\text{turno}}$$

Recuperables en 18 horas.

$$\frac{Q_T}{18} = 108\,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

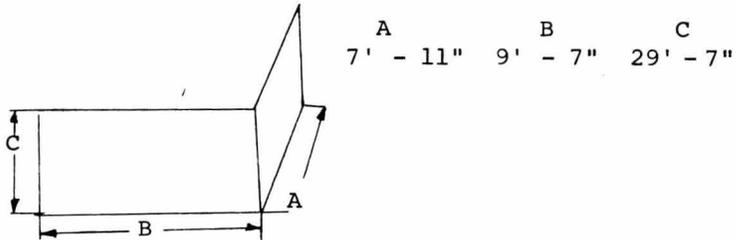
1 Ton. de refrigeración = 3024 Kcal/hr

$$\frac{108\,000}{3\,024} = 36 \text{ Tons. de refrigeración}$$

Capacidad en el Banco de Hielo (ice builder)

$$\frac{Q_T \times 1.8 \times 2.2 \times 1.2}{144} = 64\,200 \text{ lbs de hielo}$$

↑  
factor de seguridad.



7.0

C O S T O S

## 7.1 Estudio de Mercado.

### METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

Se acudió directamente a las fuentes de información - real que, en este caso, fueron:

- a) Encuestas a todos y cada uno de los fabricantes - del producto, así como a los principales organismos oficiales que están íntimamente ligados con - su distribución y consumo.
- b) **Entrevistas** a distribuidores de productos farma-- céuticos, hospitales, expertos en nutrición y amas de casa.

#### 7.1.1 Antecedentes.

Este tipo de leches se recomienda para los - niños hasta la edad de un año después del - cual se acostumbra cambiarles a otros tipos de leches, enteras y semidescremadas, sin em bargo, existe la tendencia actual a utilizar las leches enteras y semidescremadas desde - el inicio de la alimentación.

Las instituciones oficiales como el IMSS y - el ISSSTE han limitado el empleo de leches - maternizadas a algunos casos específicos, sin embargo, su consumo sigue siendo considerable.

Algunos pediatras opinan que es el único ti po de leche que debe darse al lactante y -- otros consideran que el niño puede alimentar se desde el principio con leches enteras y semidescremadas.

La utilización de este tipo de alimentación infantil predomina principalmente en las zo nas urbanas sobre todo en las grandes ciuda des, en las que los recién nacidos reciben -

alimentación materna hasta los 3 ó 4 meses - únicamente, mientras que en el campo la población rural acostumbra alimentar directamente a los niños hasta que cumplen un año y a veces hasta dos años.

#### 7.1.2 Consumo.

El consumo de este tipo de alimentos tiene una tendencia bastante pronunciada de crecimiento, como sabemos la población de México aumenta anualmente en más de 2 millones de personas, o sea un aumento de la demanda de más de un millón de litros al año.

El aumento de la producción lechera no ha sido paralela al aumento de la población, por lo que se presenta una grave crisis de abastecimiento en el mercado de leches.

De acuerdo con la información que nos proporciona la encuesta realizada entre los diferentes centros de consumo y de producción de leches encontramos:

#### 7.1.2.1 Oferta.

##### a) Fabricantes.

La fabricación nacional de leches para lactantes la realizan únicamente 4 laboratorios con nombres comerciales:

NESTLE  
WYETH - VALES  
MEAD JOHNSON  
ABBOTT

Estos fabricantes lanzan al mercado 6 tipos de leches para lactantes deshidratadas:

N A N  
 S M A  
 S - 26  
 ENFAMIL  
 ENFALAC  
 SIMILAC  
 SIMILAC - HIERRO

Las marcas producidas por cada laboratorio son:

<u>LABORATORIO</u>	<u>M A R C A S</u>
WYETH - VALES	S M A S - 26
NESTLE	N A N NESBRUM NESTOGENO PELARGON DEXTROGENO
MEAD JOHNSON	ENFAMIL OLAC ALACTA ENFALAC
ABBOTT	SIMILAC SIMILAC-HIE RRO.

b) Mercado.

El mercado nacional de leches para lactantes tiene un valor de 130 millones de pesos, aproximadamente 11 millones de la tas.

La contribución de cada laboratorio es:

<u>LABORATORIO</u>	<u>%</u>
NESTLE .....	41
WYETH - VALES .....	39
MEAD JOHNSON .....	18
ABBOTT .....	<u>2</u>
Total .....	100

El mercado total de leches deshidratadas se estima en 255 millones de pesos y está cubierto de la siguiente manera:

<u>LABORATORIO</u>	<u>%</u>
NESTLE .....	53
WYETH - VALES .....	24
MEAD JOHNSON .....	22
ABBOTT .....	<u>1</u>
Total .....	100

c) Canales de Distribución.

Las diversas marcas de leches para lactantes, llegan al último consumidor a través de los siguientes canales de distribución:

Farmacias  
Organismos Oficiales  
Autoservicios

Farmacias

En éstas se efectúan todas las ventas originadas por prescripción médica.

El pediatra representa un canal de distribución psicológico sumamente importante, él determina qué tipo y marca de leche debe adquirirse, y sus indicaciones se cumplen acudiendo a la farmacia.

#### Organismos Oficiales

Instituciones encargadas de velar por la salud pública, como son el IMSS, el ISSSTE y la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

#### Autoservicios

Representan el canal de distribución más dinámico y agresivo del mercado de productos de consumo.

El consumo de leches deshidratadas va en constante crecimiento, gracias al favor del público.

Todos los laboratorios emplean los canales de distribución antes mencionados.

Se considera que la importancia de cada canal de distribución es la siguiente:

FARMACIAS ..	53	%
IMSS .....	29	%
ISSSTE .....	6	%
AUTOSERVICIOS	10	%
S.S.A. ....	<u>2</u>	%
	100	%

#### d) Análisis de Precios.

La leche por ser un alimento básico de -

la población, está sujeto al control oficial de precios.

El precio oficial, que debe darse al último consumidor varía entre \$ 16.00 y \$ 16.50 .

El contenido de cada lata es de 454 gramos, correspondiente al equivalente de 1 (una) libra.

La siguiente tabla nos muestra los precios:

<u>T A B L A</u> PRECIOS EN EL MERCADO .		
<u>Precio Institucional.</u>	<u>Precio a Farmacias</u>	<u>Precio al Público</u>
10.83 a 11.40	14.00 a 14.75	16.00 a 16.50 ( oficial ) 13.50 a 14.50 ( real )

#### 7.1.2.2 Demanda.

##### a) Técnicas de Pronóstico.

En este tipo de trabajo, no pueden aplicarse debido a la gran demanda de este producto.

A continuación podemos observar la natalidad en los siguientes años:

<u>AÑO</u>	<u>NATALIDAD</u>
1963 .....	1 756 624
1964 .....	1 849 408
1965 .....	1 888 171
1966 .....	1 900 000
1967 .....	1 981 363
1968 .....	2 058 251
1969 .....	2 088 902
1970 .....	2 132 630

b) Demanda Teórica.

La población total del país rebasa ya los 50 millones de habitantes, el 4 % de esta población es menor de un año y el 8 % no llega a los dos años.

Esto significa que el mercado potencial de leche para lactantes está comprendido entre 1 y 2 millones de litros diarios.

La leche para lactantes se consume principalmente en las grandes ciudades.

El 25 % de nuestra población se localiza en ciudades de más de 100 mil habitantes, aplicando esta proporción a la que se estimó anteriormente, podemos estimar que existe una demanda directa, comprendida entre 250 y 500 mil litros diarios.

A la cifra anterior debemos agregar la correspondiente al desarrollo natural de la población, que se estima en un valor promedio de 200 mil nacimientos mensuales, lo que significa una demanda adicional de leche del orden de 50 mil litros mensuales.

La producción nacional lechera, se estima en 4,600 millones de litros al año, -

confirmación obtenida de la Secretaría - de Industria y Comercio, que es insufi-- ciente para la dieta básica del mexicano.

De la producción anterior se destina un 25 % a diversos procesos industriales - correspondiente un 10 % a la transformación de leches en polvo en sus diferen-- tes tipos.

Debido a lo anterior, el proveedor del - mercado importa leches deshidratadas para cubrir la demanda.

Las importaciones de leche descremada, - superan ya las 50 mil toneladas anuales.

FUENTES DE INFORMACION

S.I.C.

Fabricantes de leche en polvo:

NESTLE  
WYETH - VALES  
MEAD JOHNSON  
ABBOTT

Distribuidores de Productos Farmacéuticos:

Farmacias  
I.S.S.S.T.E.  
Hospital Infantil - Depto. de Nutrición.  
Hospital de Nutrición  
I.M.S.S.  
Cámara de Productos Alimenticios Elaborados  
con leche.

S.S.A.

C L A V E	D E S C R I P C I O N	CANTIDAD	\$ M. N.
DE	<u>Descremadora</u> , con capacidad de 5,000 litros por hora, con todas las partes que están en contacto con la leche, incluyen conexiones, son de acero inoxidable.	1	120,000.00
BA-10 y 11	<u>Bombas para agua fría y caliente</u> , con capacidad de 40,000 litros por hora, 15 HP.	2	40,980.00
BA-7	<u>Homogeneizadora</u> , de 3 pistones, 25 HP.	1	250,000.00
BA-1, 2, 3, 4, 5 y 6	<u>Bombas Centrífugas</u> , sanitarias de acero inoxidable.	6	75,000.00
BA-8	<u>Bomba Positiva</u> , 1 HP	1	17,000.00
BA-9	<u>Bomba para grasa</u> , incluyendo motoreductor.	1	22,650.00
PAS	<u>Paquete Secador</u> .	1	3,300,000.00
EE	<u>Eyector</u> , con su condensador barométrico.	1	46,000.00
TO-1 y 2	<u>Tolvas</u> , con activador (1 suero, 2 prod. terminado).	2	210,000.00
PE	<u>Preenqargoladora</u> .	1	350,000.00
EN	<u>Engargoladora</u> .	1	350,000.00
	<u>Intercambiador de Atmósfera</u> .	1	400,000.00
	<u>Banda</u> .	1	8,000.00
	<u>LLenadora</u> .	1	180,000.00
	<u>Subestación</u> .	1	180,000.00

C L A V E	D E S C R I P C I O N	CANTIDAD	\$ M. N.
	<u>Tablero eléctrico.</u>	1	250,000.00
TA-4	<u>Tanque de Preparación</u> , con chaqueta -- 10,000 litros.	1	150,000.00
TA-5 y 6	<u>Tanques de Balanceo</u> , 5,000 litros.	2	30,000.00
	<u>Dosificador continuo.</u>	1	16,000.00
	<u>Banco de Hielo</u> (completo)	1	750,000.00
	<u>Caldera</u> de 500 cc a 250 psig.	1	585,370.00
2 (TA-1), 2 y 3	<u>Tanques termo</u> , 15,000 litros.	4	600,000.00
2 (TA-7)	<u>Tanques termo</u> , para grasa, 10,000 litros.	2	160,000.00
CP-1, 2 y 3	<u>Cambiadores de Placas</u> , totalmente de ace ro inoxidable, con prensa tipo F/2 de pi so con placas SC Crescent.	3	650,000.00
	Entre los 3 cambiadores tenemos: 117 placas. 5 terminales. 3 prensas.		
	Los equipos son de importación, por lo - tanto cargamos el 25 % .		
CT	<u>Cambiador Tubular.</u>	1	242,000.00
EA	<u>Evaporador.</u>	1	900,000.00
	<u>Filtro.</u>	1	<u>117,000.00</u>
	TOTAL: -----		\$ 10,000,000.00

A = 10,000,000.00 Base para el estimado total de costos.

7.3 Estimado Total de Costos.

1.-	Equipo de proceso .....	( A)	\$ 10,000,000.00
2.-	Instalación de equipo ...	(40% A)	4,000,000.00
3.-	Tubería,válvulas y conexiones	(25% A)	2,500,000.00
4.-	Equipo eléctrico .....	(10% A)	1,000,000.00
5.-	Aislamiento .....	( 8% A)	800,000.00
6.-	Servicios auxiliares .....	(25% A)	2,500,000.00
7.-	Instrumentación .....	(10% A)	1,000,000.00
8.-	Ingeniería y construcción .	(28% A)	2,800,000.00
9.-	Edificio .....		6,000,000.00
10.-	Terreno .....		<u>5,000,000.00</u>
	Costo directo de la planta .	( N)	35,600,000.00
11.-	Contingencias .....	(10% N)	<u>3,560,000.00</u>
	INVERSION FIJA :		\$ 39,160,000.00 =====

---

---

Lista de sueldos de acuerdo al año 1974.

---

---

	<u>Salario/día</u>
Ayudante "A" .....	\$ 74.00
Ayudante "B". .....	62.00
Operador .....	99.00
Supervisor .....	186.00
Secretaria .....	93.00
Químico .....	220.00
Jefe de Producción .....	300.00
Jefe de Mantenimiento .....	300.00
Jefe de Control de Calidad .	500.00
Jefe Administrativo .....	500.00
Contador .....	230.00
Cajero .....	100.00
Gerente .....	1,000.00
Auxiliar .....	130.00
Vendedor .....	230.00

---

---

CONTRATACION DE PERSONAL

Area	Jefe	Aux. del jefe	Super visor	Opera dor	Ayudantes		Secre taria	Quí- mico	Conta dor	Cajero	Almace nista
					A	B					
1 Elaboración	1	1	3	8	6	14	1				
2 Mantenimiento	1	1	6		6	5	1				
3 Control de Calidad	1				1	2	1	2			
4 Ventas	1						1				
5 Administración	1				2	2	1		1	1	1
6 Gerencia	1					1	1				

N O T A :

El área 4 (cuatro) tiene además 2 (dos) vendedores.

El pago de personal contratado al año es aproximadamente de: \$ 6,720,000.00  
incluyendo prestaciones ( 40 % ).

M A T E R I A P R I M A				\$/AÑO
	lt/turno.	\$/lt	\$/turno	
Leche Fresca	29,100.00	3.00	87,300.00	
	Kg/turno.	\$/Kg		
Grasa	6,240.00	12.00	74,880.00	
Suero	12,300.00	15.00	184,500.00	
Vitaminas 0.42 g/Kg	1.52	250.00	380.00	105,853,300.00
E N V A S E				
	Unidades.	\$/Unid.	\$/turno	
Latas vacías	48,000	1.80	86,400.00	
Tapas y cucharas	48,000	0.20	9,600.00	
Cajas cartón	2,000	3.70	7,400.00	31,537,000.00
TOTAL:				\$ 137,390,300.00

NOTA: Considerando 305 días hábiles por año, un turno al día de 8 horas (6 de producción y 2 de limpieza).

Contenido de cada lata: 454 gramos.

7.5 Gastos Anuales.

<u>C O N C E P T O</u>	<u>F I J O S</u>
Depreciación y amortización (10% sobre inversión fija).	\$ 3,916,000.00
Impuestos .....	302,400.00
Seguros y fianzas .....	100,000.00
Sueldos y salarios .....	6,720,000.00
Limpieza .....	20,000.00
Mantenimiento y reparación (No de maquinaria y equipo de producción).	<u>40,000.00</u>
	\$ 11,098,400.00 =====
	<u>VARIABLES</u>
Materias primas .....	\$ 105,853,300.00
Envase y empaque .....	31,537,000.00
Materiales auxiliares .....	50,000.00
Lubricantes y combustibles .....	1,000,000.00
Mantenimiento de maquinaria y equipo de producción (3% de I.F.).	1,174,800.00
Laboratorio (reactivos y materiales) .	77,300.00
Energía eléctrica .....	<u>180,000.00</u>
	\$ 139,872,400.00 =====

Relación de gastos a diferentes niveles de producción anual.

COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCION

% de Producción	Latas/año x 10 <sup>6</sup>	Costo de Producción x 10 <sup>6</sup>
10	1.46	25.00
20	2.93	38.00
30	4.39	53.00
40	5.86	66.00
50	7.32	81.00
60	8.78	95.00
70	10.25	109.00
80	11.71	123.00
90	13.18	137.00
100	14.64	151.00

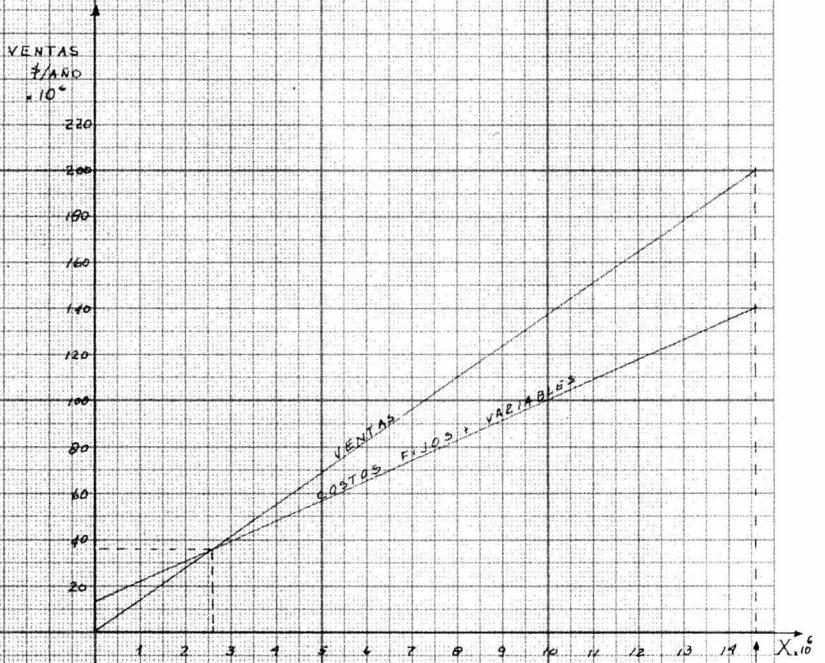
Datos que sirvieron de base para trazar la curva de ventas VS vo lumen de producción anual.

$$C_{\text{prod.}} = 11,098,400.00 + 9.55 X$$

X = No. de latas.

El precio de venta al mayoreo considerado fue de \$ 15.00 cada - lata.

### PUNTO DE EQUILIBRIO



$X = \text{N}^{\circ} \text{ DE LATAS}$

$C_{P.E.} = \$ 38,000,000.00$

$X_{P.E.} = 3,000,000$

CAPACIDAD = 14,400 000

C O N C L U S I O N E S

El éxito del anteproyecto depende de tres factores principales que son:

a) Disponibilidad de Materias Primas.

La factibilidad de la tesis que se propone puede considerarse desde diversos puntos de vista; por una parte este anteproyecto puede ser considerado en principio como no factible, debido sólo a la baja producción lechera actualmente en el país, se supone que hay una producción de 12 millones de litros diarios, ésto no se ha podido confirmar puesto que muchos productores no manifiestan con veracidad el monto de su producción, pero evidentemente si aceptamos una producción de 12 millones de litros diarios en una población cercana a 60 millones de habitantes, entonces corresponderán 200 ml por habitante estadísticamente, lo cual significa una cifra muy baja de oferta en comparación con una demanda que pudiéramos situar en términos de las recomendaciones de la FAO para este alimento que son de 500 ml per cápita, como mínimo. Todo ésto sin contar con que existe en México una industria de productos elaborados con leche, la cual se calcula que absorbe como materia prima aproximadamente 30% de la producción de leche de vaca, o sea 3.600,000 litros.

Esto reduce la cifra per cápita anterior a 140 ml, lo cual es, de todas formas, sumamente bajo aún cuando la cifra estadística no revela que una parte de la población tome mayor cantidad de leche en demérito de la contrapartida que no toma absolutamente nada de leche.

Debido a la importancia de satisfacer una demanda de un producto especial a bajo costo; como se propone en la presente tesis, el anteproyecto resulta factible puesto que la materia prima más importante requerida es aproximadamente de 30,000 litros diarios, lo cual representa menos del 1% del total destinado a las industrias de productos derivados de leche, siendo esta cantidad despreciable, desde el punto de vista que de todos modos no influye en la cantidad estadística per cápita más que en 1.5 ml menos, quiere decir que no es significativo y que sí se justifica su factibilidad.

b) Selección del proceso.

Con respecto al proceso que se consideró, no existen operaciones críticas que pudieran bajar sensiblemente el rendimiento de la planta. En el aspecto físico-químico todas las operaciones del proceso son bastante conocidas y de fácil control. La parte relativamente más difícil es el aspecto sanitario, pero su solución depende 100 % de la supervisión de las operaciones, ya que las técnicas para evitar contaminaciones son bastante conocidas.

En la capacidad de producción que se consideró en este anteproyecto, se tomó un solo turno de trabajo pudiendo ser factible el incremento de éstos.

c) Aspecto económico.

Desde el punto de vista económico, la operación de la planta es factible. La planta, aún con bajo aprovechamiento de su capacidad instalada, tiene resultados satisfactorios que mejoran en el grado en que mejore el aprovechamiento de la capacidad instalada; para esto último la limitación principal podría ser la disponibilidad de materia prima, ya que desde el punto de vista de mercado no hay limitación para el aprovechamiento del 100 % .

N O M E N C L A T U R A

a	Area específica de la placa, m <sup>2</sup>
a <sub>f/tubo</sub>	Area de flujo por tubo, m <sup>2</sup>
A <sub>f</sub>	Area de flujo, m <sup>2</sup>
a <sub>f<sub>l</sub></sub>	Area de flujo lineal, m <sup>2</sup> /m
t <sub>m</sub>	Temperatura media, °C
LMTD	Media logarítmica de la diferencia de temperaturas
T	Temperatura, °C
PLCF	Corrección para LMTD
u	Coefficiente total de transferencia sin corregir, -- Kcal/hr m <sup>2</sup> °C
U	Coefficiente total de transferencia corregido Kcal m <sup>2</sup> °C
h <sub>i0</sub>	Coefficiente de transferencia de calor interno, Kcal m <sup>2</sup> °C
h <sub>o</sub>	Coefficiente de transferencia de calor externo, Kcal m <sup>2</sup> °C
U <sub>D</sub>	Coefficiente de diseño (sucio), Kcal/hr m <sup>2</sup> °C
U <sub>C</sub>	Coefficiente de diseño (limpio), Kcal/hr m <sup>2</sup> °C
f <sub>t</sub>	Coefficiente de corrección por t <sub>m</sub>
f <sub>b</sub>	Coefficiente de corrección por aplicación específica.
f <sub>k</sub>	Coefficiente de corrección por velocidad de flujo por placa.
f	Factor de Fannyng, m <sup>2</sup> /cm
DO	Diámetro externo, cm

DI	Diámetro interno, cm
Ds	Diámetro de la envolvente, cm
De	Diámetro equivalente, m
$N_t$	Número de tubos
n	Número de placas
L	Longitud, m
$\Delta P$	Caída de presión, Kg/cm <sup>2</sup>
W	Flujo, Kg/hr
G	Masa velocidad, Kg/hr m <sup>2</sup>
Q	Calor, Kcal/hr
Cp	Calor específico, Kcal/Kg °C
k	Conductividad térmica, cal/cm <sup>2</sup> seg (°C/cm)
$\rho$	Densidad, g/cm <sup>3</sup>
V	Volumen específico, m <sup>3</sup> /Kg
$\mu$	Viscosidad, g/cm seg
A, B, C,	Corrientes de flujo, Kg/hr
D, E, F,	
G, H, I,	
S	
a, b, c, d,	Composiciones.
e, f, g, g,	
i, s,	

B I B L I O G R A F I A

A.E. Bailey, Aceites y grasas, 2a. ed. 1961, Editorial Reverté, S.A.

Committee on Nutrition, Am. Acad. Pediatrics. Water Requirement in Relation to Osmolar Load as It Applies to Infant Feeding. - Pediatrics, 19:339. 1957.

Crane, Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe.

Catálogos: Stephens-Adamson, 66.  
 Vibra Screw, Bin Activator.  
 Puriti, S.A.  
 Heat Exchange Institute, Standars for Steam Jet Ejectors, Third edition.  
 Kestner Drying Plant, Spray Drying.  
 Goodrich Euskadi.

McCabe & Smith, Unit Operations of Chemical Engineering, 2nd - edition, Editorial McGraw-Hill Book Co.

Charm, Fundamentals of Food Engineering, 2a. edición, Ed. AVI

Donald Q. Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 4a. impresión, Ed. C.E.C.S.A.

A.W. Farrall, Ing. para la Industria Lechera, 1a. Ed. en español, 1963, Editorial Herrero, S.A.

Fieser L.F. y Fieser M. Química Orgánica, Traducción F. Giral, Editorial Atlante, S.A. Méx. 1968.

Frank E. Rice, Ph. D, Fórmulas Made from Cow's Milk, Provide - Infants Meeds for Proteins and Amino Acids. Research Adriser, Evaporated Milk Association, Chicago, Ill.

Hall and Hedrick, Drying of Milk and Milk Products, Ed. AVI

Hall and Trout, Milk Pasteurization 1968, Editorial AVI

S U B - I N D I C E S

l.b.	Leche de vaca (bronca)
l.c.	Leche concentrada
l.d.	Leche descremada
a	Agua
l	Lactosa
g	Grasa
c	Cenizas
p	Proteínas
B	Zona de ebullición
NB	Zona de no ebullición
s	Envolvente
t	Tubos
r	Retornos
T	Total

John H. Perry, Chemical Engineers' Handbook, Forth Ed., Editorial McGraw-Hill Book Co.

F.J. Lawry, The Separator Co., Poughkeepsie, N.Y., Plate Type Heat Exchangers, Chemical Engineering, June 29, 1959.

National Research Council. The Composition of Milks. - Publication 254. Washington, D.C. 1953.

U.S. Patent 2,717,211, Sept. 6, 1955

The Pennsylvania State University 1855, Curso No. 69, Tecnología y Valor alimenticio de la leche, Marzo, 1972.

Roadhouse and Henderson, The Market - Milk Industry.

W. Rautenstrauch. R. Villers, Economía de las empresas industriales, Fondo de Cultura Económica.

Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Normas, Depto. de Normalización.

Schroeder, L.J., Iacobellis, M. and Smith, A.H. Heat Processing and the Nutritive Value of Milk and Milk Products. J. Nutrition, 49:549, 1953.

Webb B.H., and Johnson A.H., Fundamentals of Dairy Chemistry, The Avi Publishing Co., Inc. Second Printing (1972).

A. Remes Q., Desarrollo de un Alimento: leche maternizada, Rev. Tecnología de Alimentos. May-Jun. 1973.