

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

1. INTRODUCCION

Las industrias relacionadas con el sector lácteo son muy variadas, tanto como los productos lácteos presentes en el mercado. Debido a su complejidad, no es posible generalizar sobre la contaminación generada, que será muy específica del tipo de industria de que se trate.

En este breve estudio no se pretende hacer un análisis completo del sector, sino dar una aproximación general de la contaminación generada.

2. TIPOS DE CONTAMINANTES

Como en cualquier tipo de industria, la contaminación generada puede dividirse en los siguientes apartados:

- Contaminación atmosférica.
- Residuos sólidos.
- Residuos tóxicos y peligrosos.
- Efluentes líquidos.

2.1. Contaminación atmosférica

Por regla general, la única posibilidad de contaminación atmosférica por parte de una industria láctea proviene de sus generadores de vapor, que habitualmente son calderas que trabajan a baja presión, con una generación de vapor inferior a las 20 Tm/hora y que usan combustibles como el fuel oil y el gas oil. Según la Ley 38/72 de 22/12/72 de Protección del Medio Ambiente Atmosférico, a las industrias que posean este tipo de instalaciones se las encuadra dentro del grupo C, que es el que corresponde a las industrias menos contaminantes de la atmósfera.

El Decreto 833/75 de 6/2/75 sobre contaminación atmosférica cita los niveles máximo de emisión que deben cumplir este tipo de instalaciones. En concreto, para generadores de vapor que usen fuel oil nº 1 como combustible, dichos niveles son los siguientes:

- SO₂: 4200 mg/m³.N
- CO: 1445 ppm.
- Índice de opacidad: 4.

Si el funcionamiento y ajuste de las calderas es correcto, dichos niveles no son superables. Como ejemplo, cabe citar los niveles habituales de emisión de las calderas que suministran vapor a Puleva y Abbott, claramente inferiores a los indicados en la reglamentación:

- SO₂: inferior a 3500 mg/m³.N
- CO: inferior a 300 ppm.
- Índice de opacidad: entre 2 y 3.

2.2. Residuos sólidos

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

La generación de residuos sólidos en las industrias lácteas es muy pequeña, y se circunscribe generalmente a los desechos de envases y embalajes, tales como vidrio, cartón, plástico, envases especiales (tipo tetra-brik), etc. El problema es más importante para el consumidor final, que es el que dispone de los envases, que para la propia industria.

Aunque todos estos residuos son asimilables a residuos sólidos urbanos y pueden ser tratados en las mismas plantas de tratamiento de los residuos municipales, los sistemas ideales de eliminación son los que permiten su reciclado o reutilización, mediante sistemas de recogida selectiva.

Actualmente, la recuperación de vidrio y cartón está muy extendida y su reciclado es fácil. Los envases de plástico también podrían ser reciclados de manera sencilla, si bien la carestía del proceso impide su desarrollo. Por último, los envases especiales tipo tetra-brik, tienen grandes dificultades para su reciclado, pues su composición mixta cartón-polietileno-aluminio hacen que el proceso de separación de sus componentes sea muy complicado.

En la actualidad existen diversos proyectos de directivas comunitarias que intentan estimular la recogida selectiva y el reciclado de envases, bien mediante acuerdos voluntarios entre los grandes fabricantes mundiales de envases y la Administración o bien imponiendo a aquellos la participación activa, en un futuro no muy lejano, en su recuperación y reciclado. También se estudia la posibilidad de aplicar ecotasas sobre aquellos envases cuyo reciclado sea más difícil y costoso. No obstante, todos estos proyectos son en estos momentos de muy difícil aplicación y siguen siendo objeto de discusión.

2.3. Residuos tóxicos y peligrosos

Por regla general, la generación de residuos tóxicos y peligrosos por parte de la industria láctea es prácticamente nula. Tan sólo se les puede aplicar este concepto a determinados fluidos refrigerantes de transformadores eléctricos, fluidos refrigerantes, aceites usados y residuos de Laboratorios. Estos residuos no pueden ser evacuados de cualquier forma y deben ser entregados al acabar su periodo de uso a un Gestor de Residuos legalmente reconocido para que se encargue de su eliminación.

2.4. Efluentes líquidos.

En las centrales lecheras se producen diariamente una considerable cantidad de aguas residuales, que suele oscilar entre 4 y 10 l de agua por cada l de leche tratada, según el tipo de planta. La mayor parte de estas aguas proceden fundamentalmente de la limpieza de aparatos, máquinas y salas de tratamiento, por lo que contienen restos de productos lácteos y productos químicos (ácidos, alcalis, detergentes, desinfectantes, etc.), aunque también se vierten aguas de refrigeración que, si no se recuperan de forma adecuada, pueden suponer hasta 2-3 veces la cantidad de leche que entra en la central. En estos

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

residuos también quedan englobados los generados por los locales sociales, baños, lavabos, etc.

2.4.1 Composición de los productos lácteos

La composición de los efluentes líquidos es muy variable dependiendo del tipo de proceso y de producto fabricado. En la tabla 1 se muestra de forma aproximada la composición y DBO, de los principales productos lácteos.

2.4.2. Algunos procesos generadores de efluentes

2.4.2.1. Recepción de la leche

La leche se recibe en cisternas (figura 1), se termiza (figura 2) a unos 65 °C para eliminar gran parte de la contaminación bacteriana, se enfría a 4 °C y se transporta a los silos de almacenamiento, los cuales también están refrigerados.

La limpieza de las cisternas genera unos residuos en los que la cantidad de grasa es bastante abundante, ya que el propio transporte de la leche provoca un desnatado parcial de la misma, que después es difícil de reemulsionar. La limpieza de los silos de almacenamiento genera unos residuos similares.

2.4.2.2. Estandarización de la leche

La leche es estandarizada en materia grasa (figura 2), si es preciso, mediante el uso de desnatadores centrífugos, de forma que se consiga la cantidad de grasa adecuada, aprovechándose la nata producida para la elaboración de nata para el consumo o mantequilla. En este proceso se suelen producir efluentes con alto contenido en materia grasa.

2.4.2.3. Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos habitualmente empleados son los siguientes:

- Pasterización (figura 2), proceso muy similar a la termización pero que emplea temperaturas de hasta 85 °C durante unos 15 segundos para la eliminación de todos los microorganismos patógenos.
- Esterilización mediante tratamiento UHT (figura 3), en la cual la leche es calentada a alta temperatura (hasta 145 °C) durante un tiempo muy corto (de 2 a 5 segundos).

En los tratamientos térmicos se suelen producir depósitos de proteínas que quedan adheridos a las superficies de los cambiadores de calor y que posteriormente deben ser arrastrados por las limpiezas químicas.

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

Estos tratamientos térmicos son comunes para la leche, nata, postres lácteos, etc.

2.4.2.4 Producción de queso

Los tipos de queso existente en el mercado son tan numerosos como sus métodos de preparación. Por regla general su proceso es el que se indica en la figura 4.

Los efluentes que más contaminación provocan en las queserías si no tienen un aprovechamiento posterior son los sueros, los cuales contienen gran cantidad de lactosa y las proteínas del suero lácteo. Es aconsejable que estos sueros no sean vertidos de forma directa al cauce o a la depuradora, pues provocarían un enorme incremento de la DBO. Por ello, suele aprovecharse este suero para alimentación del ganado. En las plantas más modernas se obtiene a partir de él lactosuero, proteínas del suero lácteo y lactosa en polvo, productos con un alto valor añadido y de fácil venta posterior.

El proceso de salado también provoca la emisión de efluentes líquidos, aunque en este caso con escasa materia orgánica y gran cantidad de sales.

2.4.2.5. Producción de mantequilla

Su proceso está representado en la figura 5. Como en el caso de las queserías, el residuo más contaminante es el suero de mantequerías o mazada, rico en proteínas del suero y lactosa. Su aprovechamiento posterior suele limitarse a la alimentación de ganado.

2.4.2.6. Producción productos lácteos en polvo

Los residuos líquidos del proceso de fabricación (figura 6) son exclusivamente los generados en las aguas de lavado, que en este caso pueden contener bastantes partículas en suspensión. Se producen también residuos sólidos en pequeña cantidad, que pueden aprovecharse también para la alimentación del ganado.

2.4.2.7. Transporte de los productos lácteos líquidos

Los productos lácteos líquidos se mueven por tuberías por medio de las bombas adecuadas. Cuando en un circuito se ha terminado de enviar un producto, se produce manual o automáticamente un empuje con agua para la eliminación de los restos de dicho producto, con lo cual se crea una pequeña zona de mezcla agua-producto, que es enviada a sumidero y que puede contener más o menos producto en función de lo ajustados que estén los empujes.

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

2.4.2.8. Limpieza de circuitos y equipos

La limpieza de los circuitos y equipos (CIP) (figura 7) se suele realizar en varios pasos:

- Empuje de los restos de leche y productos lácteos con agua. Todo este efluente normalmente va a sumidero.
- Lavado con sosa diluida (2-3% aproximadamente) a unos 80 °C. De esta forma se eliminan las grasas por saponificación de las mismas mediante arrastre. Las soluciones de sosa se recuperan en los tanques de limpieza, perdiéndose pequeñas cantidades por los empujes. Con el tiempo, la sosa pierde su poder detergente y es necesario renovarla enviando a sumidero la solución diluida (<1%).
- Lavado con ácido, normalmente ácido nítrico al 1-2%, a 60 °C, que disuelve la materia orgánica principalmente de origen proteico. Al igual que la sosa, cuando está agotado se renueva y se elimina por sumidero.
- Empuje final con agua para eliminar todos los posibles restos de producto, de ácido o de sosa.

La mayor parte de las aguas residuales lácteas proceden de este tipo de lavados. El uso de ácido y sosa provoca que los vertidos tengan valores de pH muy extremos, que pueden oscilar desde 5 hasta 10.5

En ocasiones también se emplean detergentes y desinfectantes para determinados circuitos y locales (ácido peracético, agua oxigenada, sales de amonio cuaternario, etc.).

2.4.3. Composición de los efluentes

La composición general de los efluentes varía notablemente en función de los productos que fabrique cada empresa y de sus características de diseño. En la tabla 2 se pueden observar los valores de vertido de diversas industrias lácteas, incluyendo los efluentes conjuntos de Puleva y Abbott.

2.4.4. Legislación sobre vertidos de aguas residuales

La ley de aguas (Ley 29/1985 de 2 de agosto), junto con el reglamento del dominio público hidráulico (Real Decreto 849/1986), desarrollan las condiciones que deben de cumplir los vertidos directos a los cauces públicos.

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

La legislación clasifica a las industrias lácteas como de Clase 1, es decir, dentro de la clase de industrias menos potencialmente contaminadoras de los cauces públicos y, por tanto, de las que tienen que pagar un canon de vertido menor. Dentro de ella se estipulan 3 niveles permitidos de emisión de contaminantes, que quedan reflejados en las denominadas tablas 1, 2 y 3 de la ley de aguas. La tabla 3 es la más exigente, representando los valores de contaminación y de canon de vertido menores. En la tabla 2 se representan los valores para algunos de los contaminantes habituales de las industrias lácteas.

Como puede observarse, los efluentes habituales de las industrias lácteas no cumplen ni siquiera con la tabla de vertido menos exigente (tabla 1), por lo que para aquellas industrias que viertan a los cauces públicos es imprescindible realizar algún tipo de tratamiento a sus aguas residuales.

Un caso particular lo representan aquellas empresas que viertan a la red pública de alcantarillado y cuyos efluentes sean tratados posteriormente en una planta depuradora municipal. En estos casos, la Ley de Aguas no es de aplicación, debiendo cumplir estas empresas con la legislación propia del municipio en materia de aguas residuales.

2.4.5. Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea

Las tecnologías existentes para el tratamiento de este tipo de efluentes son muy amplias, por lo que es difícil precisar un tratamiento estándar. No obstante, si podemos exponer de forma general los tratamientos habitualmente empleados.

i) Pretratamientos. Los más habitualmente empleados son los siguientes:

- Tamizado: elimina los sólidos gruesos antes de la entrada a la planta depuradora.
- Tanques de sedimentación: Se suelen emplear para aquellas industrias lácteas que generen una gran cantidad de sólidos en suspensión.
- Homogeneización y neutralización: este proceso suele ser imprescindible en la industria láctea, ya que al generarse durante los lavados aguas muy ácidas o muy alcalinas, podría provocar un vertido que impidiese cualquier tratamiento biológico posterior, además de incumplir los valores legales. Por ello se suelen instalar tanques de tiempo de retención grande en los cuales se mezclan las aguas ácidas y alcalinas procedentes de la factoría, produciéndose una neutralización natural. En ocasiones esto no es suficiente para neutralizar los vertidos, por lo que se suelen emplear sistemas automáticos de adición de ácido o alcali en función del pH del efluente.

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

- **Desengrasado:** este proceso es también muy importante en la industria láctea, la cual genera gran cantidad de grasas difíciles de desmenujar. Para ello se suelen instalar tanques en los cuales se introduce aire en forma de burbujas finas por el fondo para ayudar a desmenujar la grasa. La grasa formada en la superficie se suele empujar a una zona de remanso donde una rasqueta la retira a una canaleta y a un contenedor para retirarla a vertedero.

- ii) **Tratamiento biológico:** Para reducir la DBO a los valores legalmente admisibles no basta con los pretratamientos, es necesario recurrir a los tratamientos biológicos. Estos pueden ser anaeróbicos y aeróbicos.
 - **Aeróbicos:** Son los tratamientos habitualmente empleados, siendo el proceso de fangos activados el utilizado normalmente. Se basan en la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos en presencia de oxígeno. Son sistemas adaptables a una gran variedad de vertidos y bastante flexibles, obteniéndose, si la explotación es adecuada, muy buenos resultados. No obstante, tienen esencialmente dos inconvenientes importantes, como es la generación de una gran cantidad de lodos y el importante gasto energético para proporcionar el oxígeno necesario para la fermentación. Los lodos generados suponen un residuo sólido de grandes dimensiones. Normalmente suele ser retirado por las empresas municipales de residuos y van a vertedero, aunque en la actualidad se está estudiando su uso como abono después de diversos tipos de tratamiento. El oxígeno se suele aportar mediante turbinas aireadoras en superficie o mediante difusores de oxígeno situados en el fondo del reactor biológico y alimentados con aire mediante soplantes.

 - **Anaeróbicos:** Se basa en la degradación de la materia orgánica por bacterias anaeróbicas formándose metano y CO_2 . Como ventajas tiene esencialmente la posibilidad de aprovechar el valor calorífico del gas en la explotación de la propia planta, la baja producción de lodos, así como el valor de los mismos que pueden ser empleados como abono por su alto valor fertilizante. No obstante, pese a ser un procedimiento muy estudiado y con numerosa bibliografía, en la actualidad tan sólo existen 6 plantas depuradoras de industrias lácteas que utilicen este sistema; ello es debido a que es un proceso que requiere un tiempo de retención muy alto, es muy sensible a cualquier cambio de pH o de temperatura, necesita ser calentado para que la temperatura de fermentación sea la adecuada y además existen ciertos riesgos asociados al manejo del biogas, razones que impiden el mayor desarrollo de estos procesos y que hacen que en numerosas ocasiones no sea rentable la instalación de este tipo de plantas.

En la figura 8 está representado un caso práctico de planta depuradora: la depuradora de aguas residuales de Puleva, a la que van los vertidos de Puleva y de

CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

Abbott. En la tabla 2 se indican los valores de contaminantes obtenidos tras el tratamiento.

Como conclusión cabría decir que las instalaciones de depuración requieren de una atención continuada que de no mantenerse por parte de la dirección de las fábricas *rápidamente son olvidadas como elementos de coste molestos que dejan de funcionar en poco tiempo.* Existen empresas especializadas que se dedican a la explotación de estas plantas, lo cual suele asegurar su buen funcionamiento.

ABBOTT LABORATORIES

- **División de productos farmacéuticos**
- **División de productos hospitalarios**
- **División de diagnóstico**
- **División de productos químicos y agrícolas**
- **División de productos nutricionales**

TIPOS DE CONTAMINANTES

- Contaminación atmosférica.
- Residuos sólidos.
- Residuos tóxicos y peligrosos.
- Efluentes líquidos.



CONTAMINACION ATMOSFERICA

Decreto 833/75

▪ LIMITES:

- SO₂: 4200 mg/m³
- CO: 1445 ppm
- Opacidad: Indice 4

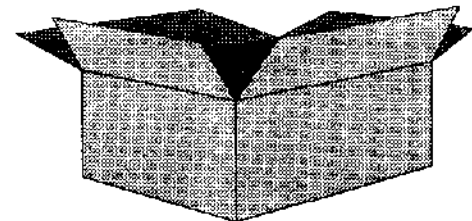
▪ VALORES TIPICOS CALDERAS BAJA PRESION:

- SO₂: <3500 mg/m³
- CO: <300 ppm
- Opacidad: 2-3



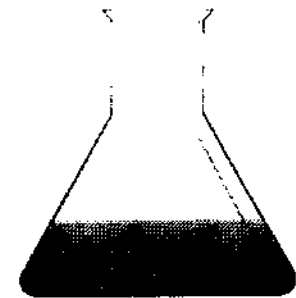
RESIDUOS SOLIDOS

- Envases y embalajes
 - Cartón
 - Plástico
 - Vidrio
 - Envases especiales varias capas



RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

- Fluidos transformadores eléctricos
- Aceites minerales usados
- Fluidos refrigerantes
- Residuos laboratorios



EFLUENTES LIQUIDOS

- Restos de productos lácteos.
- Productos químicos de limpieza.
- Aguas de refrigeración.
- Aguas de locales y servicios.



COMPOSICION Y DBO5 APROXIMADAS DE DIVERSOS PRODUCTOS LACTEOS

PRODUCTO	Por 100 gramos				
	GRASA (g)	PROTEINAS (g)	LACTOSA (g)	SALES (g)	DBO5 (ppm)
Leche desnatada	0.2	3.1	4.7	0.8	64260
Leche semidesnatada	1.6	3.0	4.6	0.7	75040
Leche entera	3.5	3.0	4.5	0.7	91300
Queso sem. extragr.	25.0	24.0	1.0	3.0	476200
Suero queserías	0.3	0.9	4.9	0.6	43790
Nata	36.0	2.0	2.5	0.4	357250
Mantequilla	85.0	0.5	0.7	0.1	766200
Suero mantequilla	0.3	3.0	4.6	0.8	63470
Yoghurt	3.0	3.5	4.0	0.7	88750
Leche en polvo	27.0	26.0	38.0	6.0	755100
Leches infantiles	25	15	55	3	734500

DBO5 (g/g)	0.69	1.03	0.65	0
------------	------	------	------	---

TABLA 1

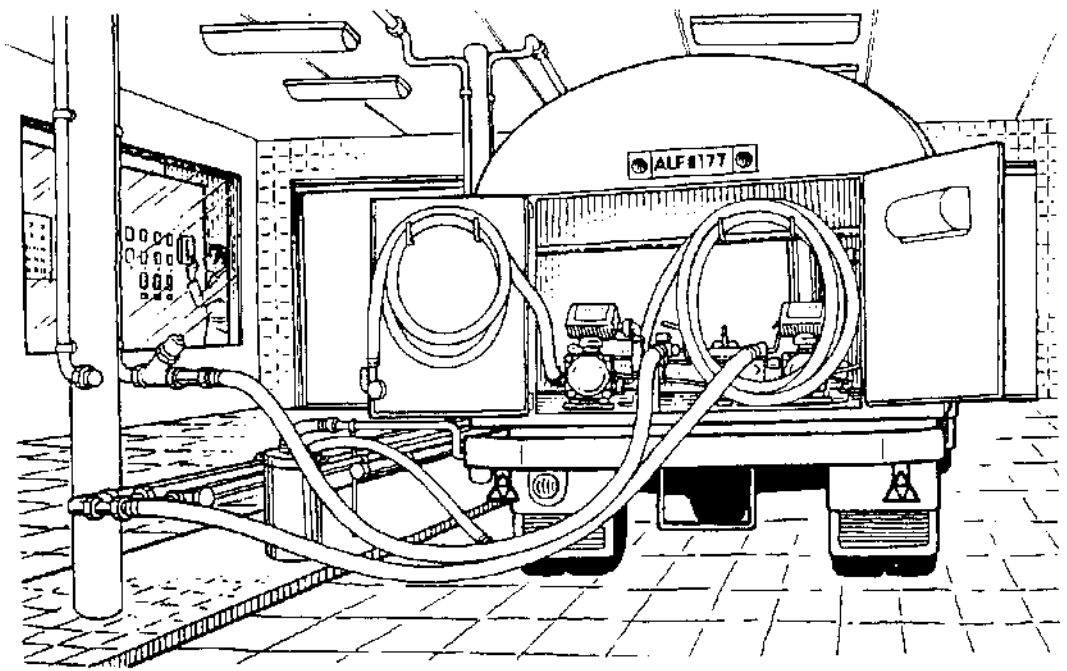
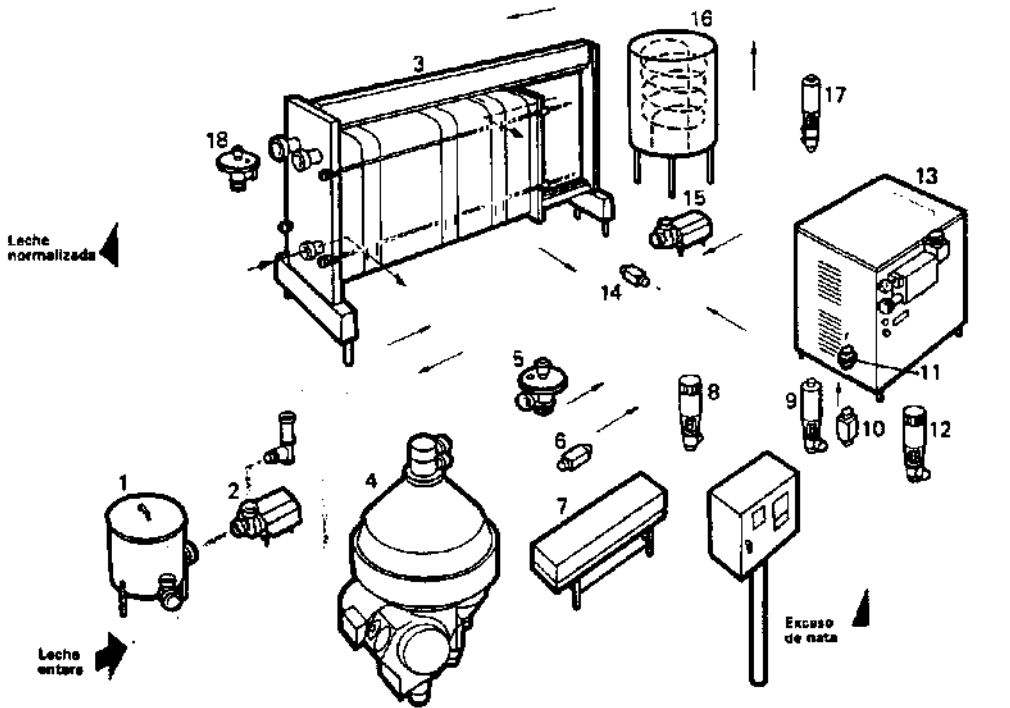


FIGURA 1



Línea de tratamiento de leche pasteurizada con homogeneización parcial.

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1. Depósito regulador. | 7. Transmisor de densidad de la nata. | 13. Homogeneizador. |
| 2. Bomba de producto. | 8. Válvula de regulación. | 14. Transmisor de flujo de leche normalizada. |
| 3. Pasterizador. | 9. Válvula de regulación. | 15. Bomba de refuerzo. |
| 4. Centrífuga desnatadora. | 10. Transmisor de flujo para la nata | 16. Tubo externo de mantenimiento. |
| 5. Válvula de presión constante. | 11. Válvula de retención. | 17. Válvula de desviación del flujo. |
| 6. Transmisor de flujo para la nata. | 12. Válvula para la nata | 18. Válvula de presión constante. |

FIGURA 2

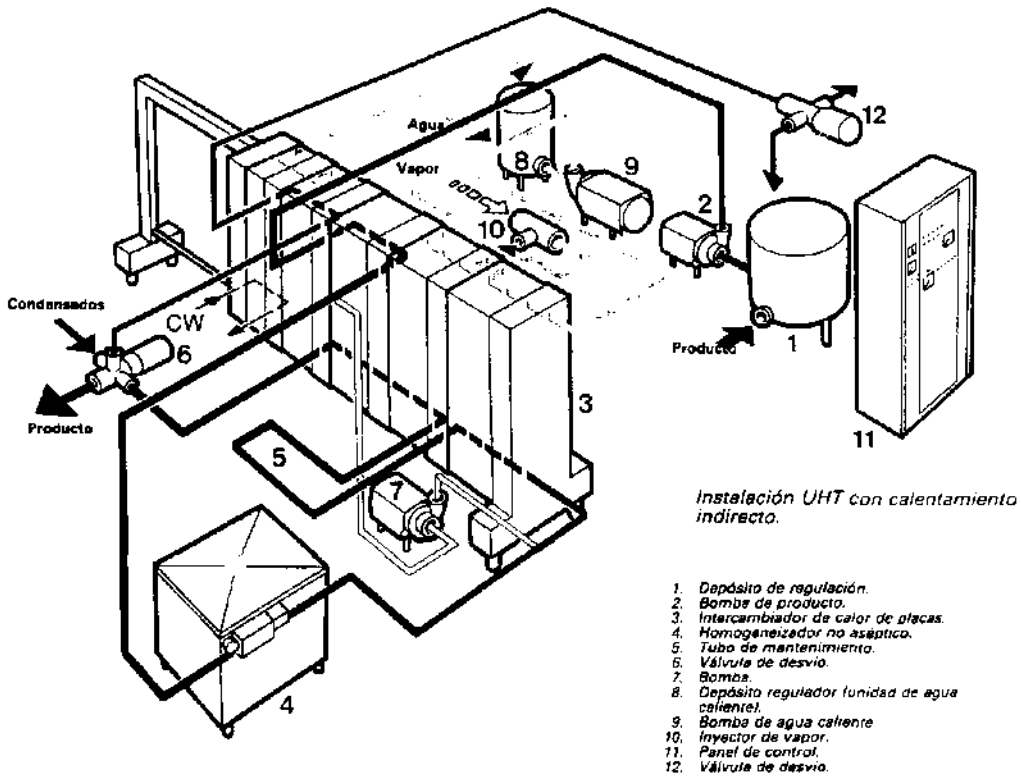
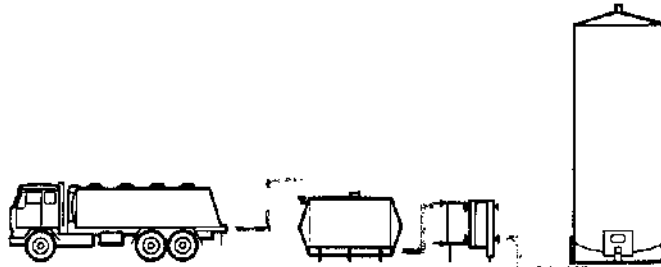
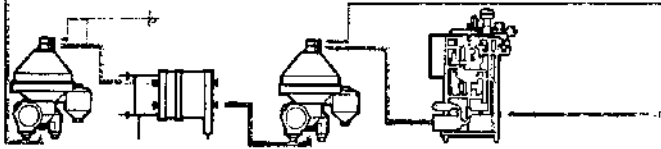


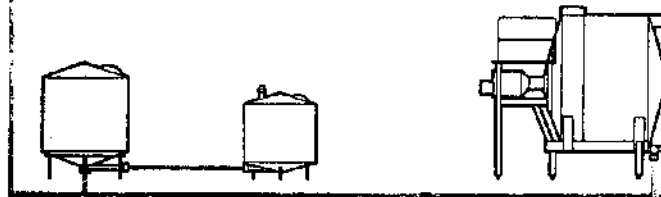
FIGURA 3



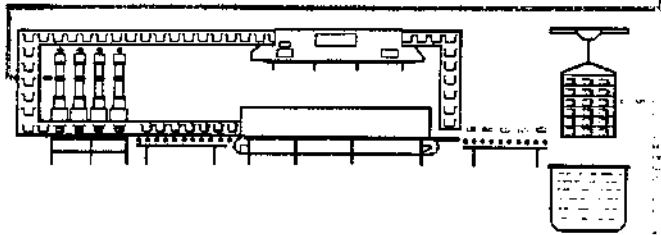
Recepción.
 Recepción.
 Pesado (termización y enfriamiento si es necesario).
 Enfriamiento de la leche.



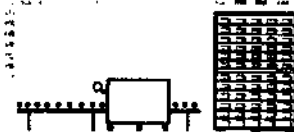
Pretratamiento.
 Separación, normalización de la grasa y pasterización.
 Tratamiento por bacteriostasis, esterilización y mezcla del bacteriostático.



Coagulación.
 Preparación de los fermentos y coagulación de la leche.

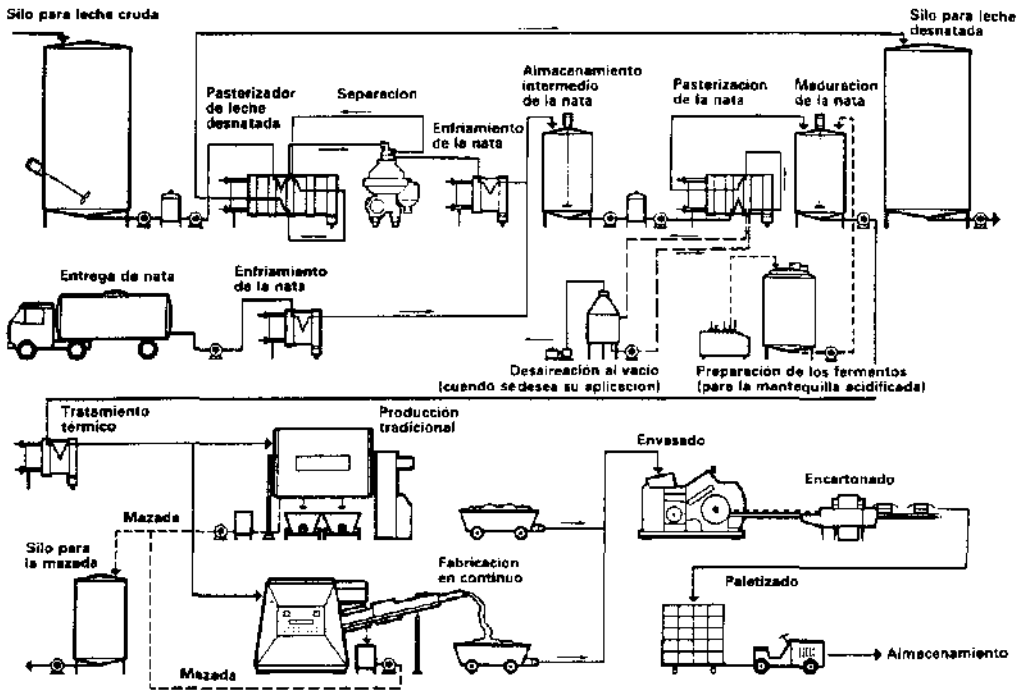


Acabado.
 Drenaje del suero, prensado previo y llenado de moldes.
 Prensado final.
 Lavado de los moldes.
 Salado.
 Envasado.
 Almacenamiento.



Fabricación del queso, esquema simplificado.

FIGURA 4



Línea para la producción de mantequilla.

FIGURA 5

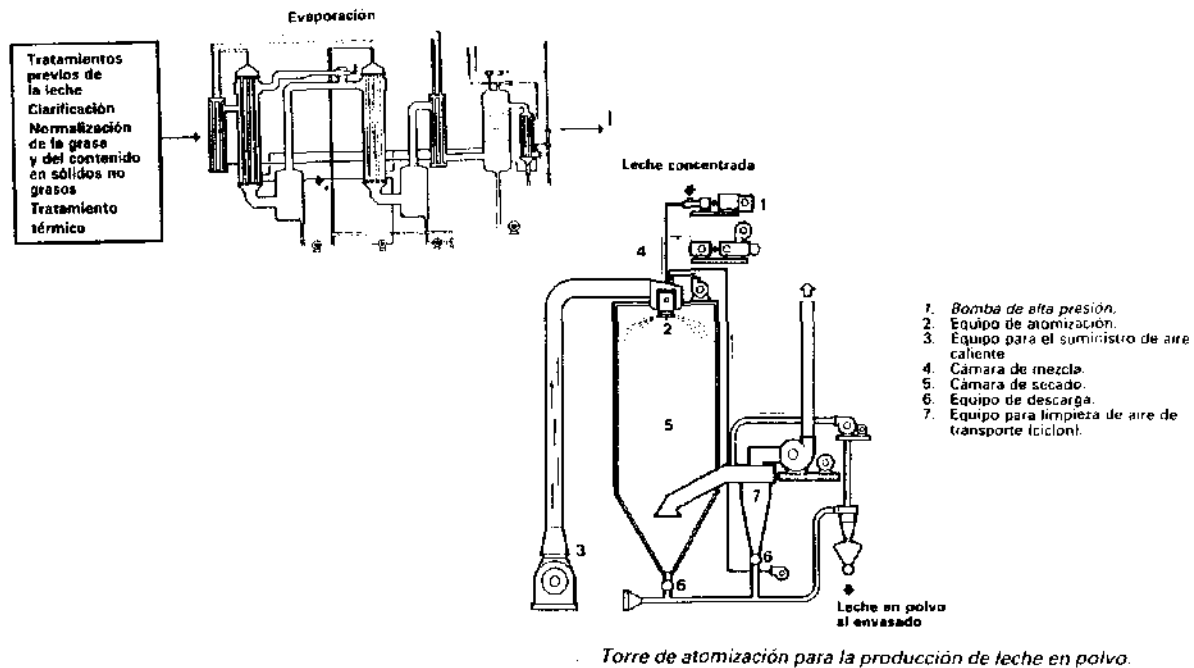


FIGURA 6

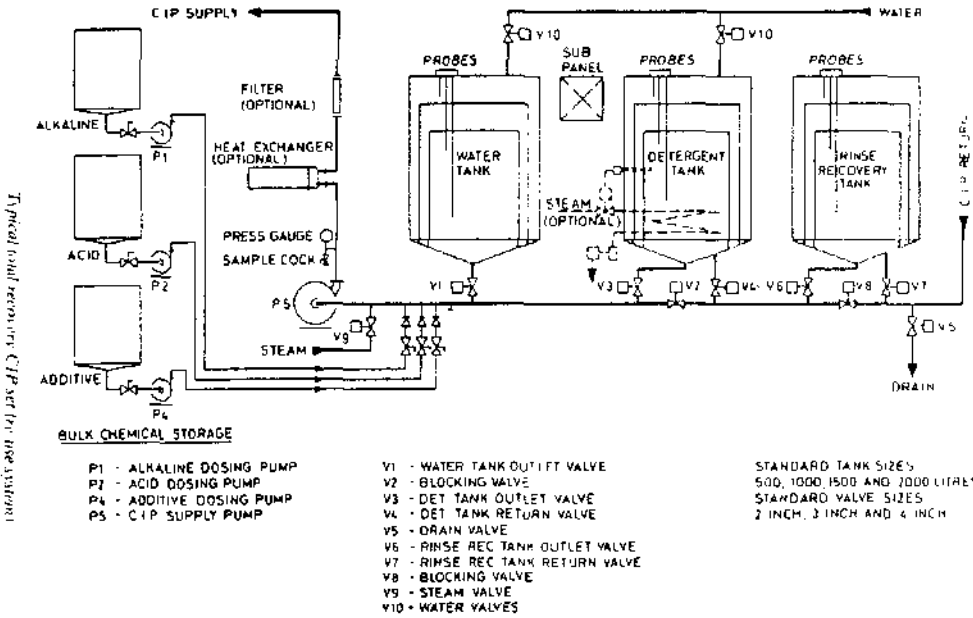


FIGURA 7

COMPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LACTEA

CONSTITUYENTE	Aguas de salida de la Central			Ley de aguas			Dep. Pul.
	RANGO	MEDIA	PUL-ABB	TABLA 1	TABLA2	TABLA 3	PUL-ABB
DBO5	450-4800	1885.0	300-900	300.0	150.0	40.0	1-30
DQO			500-1400	500.0	200.0	160.0	10-50
Sólidos suspensión	24-5700	1500.0	250-700	300.0	150.0	80.0	0-40
Sólidos totales	135-8500	2400.0	1500-3300				
pH	5.3-9.4		6-10.5	5.5-9.5	5.5-9.5	5.5-9.5	7.5-8.0
Grasa	35-500	209.0	40-200	40.0	25.0	20.0	0-20
Proteínas	210-560	350.0	20-50				
Carbohidratos	252-931	522.0					
Fosforo	11-160	50.0	5-12	20.0	20.0	10.0	0-2
Nitratos			70-200	90.0	50.0	45.0	0-5
Nitritos			0-10				0

TABLA 2

TRATAMIENTOS DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA LACTEA

- Pretratamientos:
 - Tamizado
 - Sedimentación
 - Homogeneización-Neutralización
 - Desengrasado
- Tratamientos biológicos:
 - Anaeróbicos
 - Aeróbicos

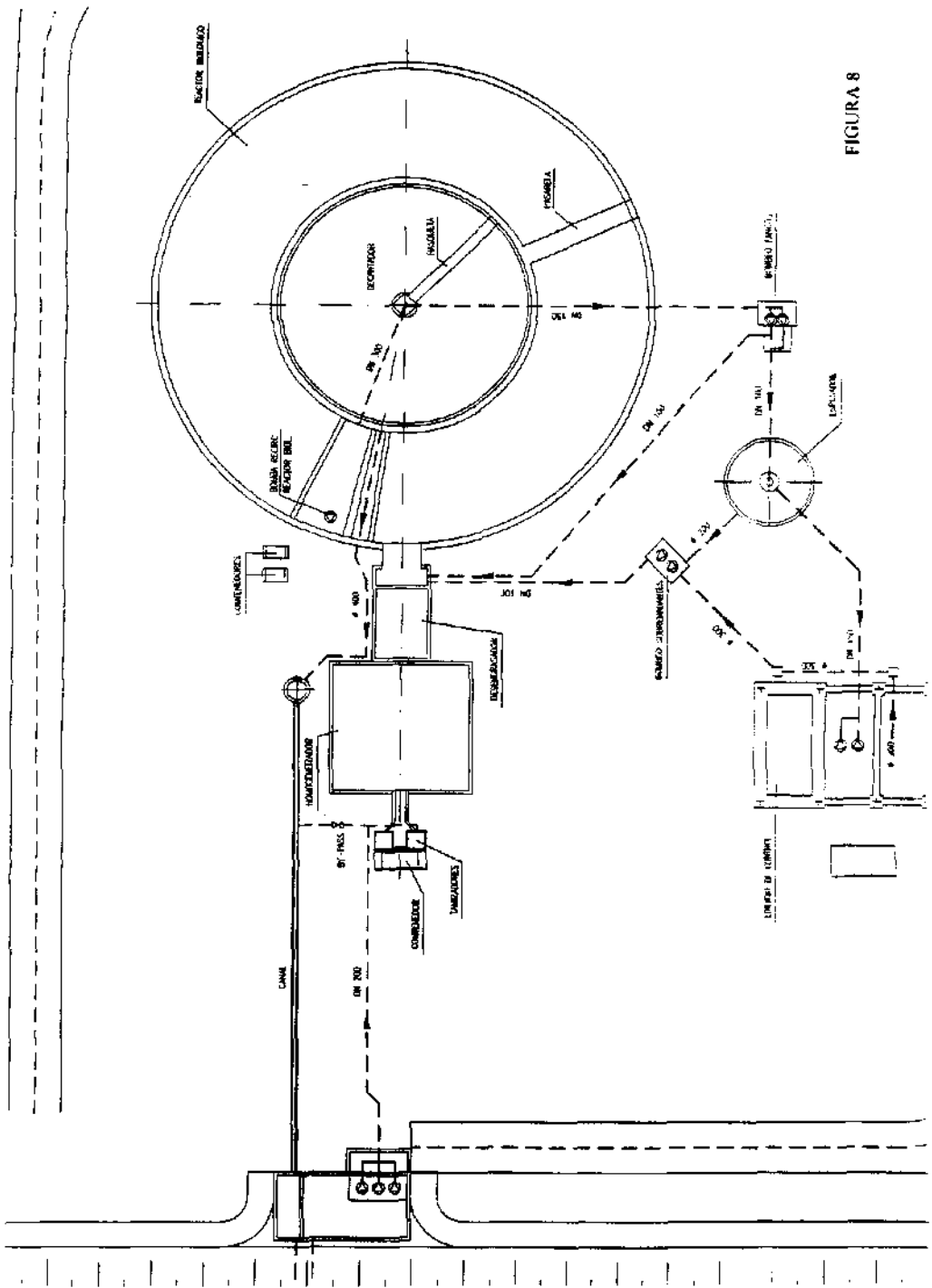


FIGURA 8

