

LOS VERTIDOS DEL SECTOR LÁCTEO.**I.- Introducción e importancia del sector**

El sector lácteo comprende todas las empresas dedicadas a la producción de leche y elaboración de derivados. Siguiendo la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), comprende al CNAE 15.511 "Preparación de leche, fabricación de mantequilla y otros productos lácteos". CNAE 15.512 "Fabricación de quesos" y CNAE 15.52 "Elaboración de helados". Estas actividades están recogidas bajo el epígrafe 9.1 c): "Tratamiento y transformación de la leche, con una cantidad de leche recibida superior a 200 t/d (valor medio anual)" del anejo 1 de la Ley IPPC (Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación), siendo 38 los complejos industriales de este sector que se ven afectados por la citada ley.

El problema ambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada, fundamentalmente de carácter orgánico. La mayor parte del agua consumida en el proceso productivo se convierte finalmente en agua residual.

En España se recogen y transforman casi 7 millones de toneladas de leche cruda, de la cual el 90% corresponde a leche de vaca, más del 6% a leche de oveja y el 4% restante a leche de cabra. La evolución de la producción en miles de toneladas, correspondientes al anuario del 2006 del Ministerio de Agricultura Pesa y Alimentación (MAPA) son los siguientes:

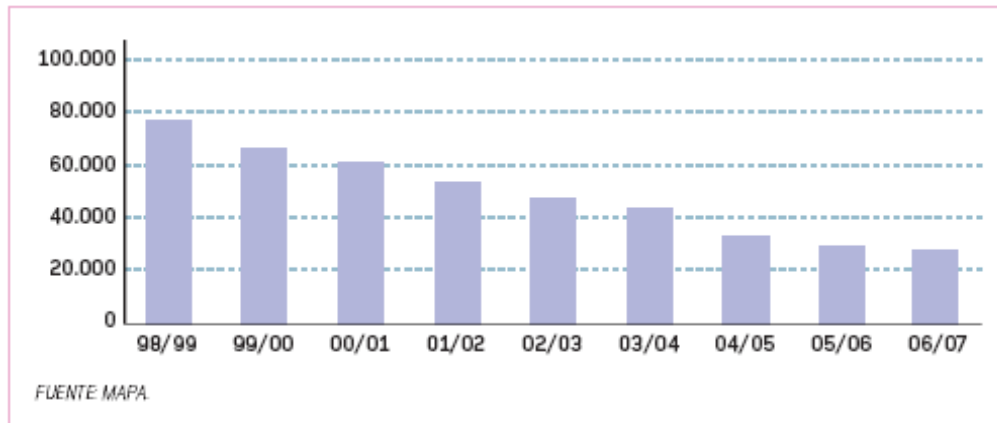
Años	Total	Leche de vaca	Leche de oveja	Leche de cabra
1990	6.442	5.650	320	473
1991	7.070	6.473	307	291
1992	6.657	5.998	306	354
1993	6.702	5.974	334	394
1994	6.524	5.852	294	377
1995	6.559	6.017	226	316
1996	6.579	5.918	303	358
1997	6.545	5.837	326	382
1998	6.643	5.913	342	388
1999	6.867	6.113	349	404
2000	6.937	6.107	392	439
2001	7.213	6.330	394	489
2002	7.337	6.418	406	513
2003	7.340	6.443	410	487
2004	7.274	6.384	410	479
2005	7.250	6.370	408	472

El balance de productos lácteos, en miles de toneladas, correspondiente al 2004, que figura en el citado anuario es el siguiente:

Conceptos	Productos frescos excepto nata	Leche de consumo yogur, cuajada	Nata	Leche concentrada	Leche entera en polvo	Leche desnatada en polvo	Mantequilla	Queso	Queso fundido
PRODUCCION UTILIZABLE	5.323,2	4.268,2	66,6	65,3	6,5	11,1	48,8	324,1	21,9
IMPORTACIONES	394,4	226,0	8,8	18,9	20,1	9,4	12,4	160,0	22,6
De la U.E.	391,8	226,0	8,8	18,9	20,0	9,4	12,3	157,5	22,2
EXPORTACIONES	227,7	99,7	3,5	14,3	13,1	1,4	21,4	47,4	4,0
A la U.E.	210,9	94,0	3,2	7,6	8,0	1,4	6,5	42,9	3,7
EXISTENCIAS INICIALES	-	-	-	-	-	1,6	55,0	-	-
EXISTENCIAS FINALES	-	-	-	-	-	0,5	50,4	-	-
VARIACION DE EXISTENCIAS	-	-	-	-	-	-1,1	-4,6	-	-
UTILIZACIÓN INTERIOR TOTAL	5.489,9	4.394,5	72,0	69,9	13,5	20,2	44,3	436,8	40,5
Transformación	-	-	-	-	-	-	-	9,5	-
Alimentación animal	-	-	-	-	-	0,9	-	-	-
Consumo humano	5.489,9	4.394,5	72,0	69,9	13,5	19,3	44,3	427,2	40,5

Pese a que se mantiene la producción, la realidad del sector productor de leche de vaca es el abandono año tras año de gran parte de los ganaderos españoles.

Evolución del número de explotaciones de leche de vaca



Las producciones de leche de oveja y cabra se destinan en un 90% a la industria transformadora, mientras que el 10% restante se utiliza para la elaboración de quesos artesanales. Se necesitan entre 9 y 10 kg de leche de vaca para elaborar 1 kilo de queso, pero bastan tan sólo 8-9 kg de leche de cabra y solamente 5 kg de leche de oveja.

El sector industrial en España se encuentra fuertemente concentrado, las principales empresas transformadoras facturan más de 500 millones de euros al año cada una, y abarcan casi el 80% del total de la leche que se recoge en España.

EMPRESA	VENTAS (MILL EUROS)	EMPLEO
Nestle España	1.330,00	
Danone S.A.	1.132,00	1.748
Grupo Leche Pascual, S.A.	900,00	4.162
Corp. Alimentaria Peñasanta (CAPSA)	668,60	1.500
Unilever Foods España, S.L.	562,00	1.125
Leche Pascual España, S.L.	515,00	588
Puleva Food, S.A.	518,14	1.200

Fuente: Informe anual Almarket 07

Las cifras que reflejan el empleo que la industria láctea genera de forma directa y el valor de las ventas anuales, comparativamente con el resto de la industria alimentaria son éstas:

Indicadores de la industria alimentaria por sectores

SECTOR	VENTAS NETAS DE PRODUCTOS		PERSONAS OCUPADAS	
	MILL EUROS	%	Nº.	%
Industria láctea	8.250,595	10,72	27.239	7,14
Transformación de pescado	3.456,506	4,49	22.240	5,83
Industria cárnica	15.829,104	20,56	85.105	22,30
Aceites y grasas	6.260,201	8,13	11.658	3,05
Conservas de frutas y hortalizas	6.220,063	8,08	35.857	9,39
Otros	36.968,878	48,02	199.599	52,29
Total industria alimentaria	76.985,347	100,00	381.698	100,00

FUENTE: MAPA

II.- Procesos

A continuación se describen, de forma general, los diferentes procesos que se pueden llevar a cabo en una industria perteneciente al sector lácteo: tratamiento y envasado de leche, fabricación de leche en polvo, fabricación de nata, fabricación de yogur, fabricación de mantequilla, elaboración de quesos, elaboración de postres lácteos y producción de suero en polvo. En el **Anejo I** se presentan los diagramas de proceso de los principales procesos productivos.

II.1.- Tratamiento y envasado de leche

Recepción de la leche y tratamientos previos

La leche se recibe en la instalación transportada en cisternas de acero inoxidable, isotermas o refrigeradas. Por medio de bombas es enviada a tanques de almacenamiento pasando por un tamiz con el que se separan las impurezas más groseras que pudiera llevar.

Posteriormente la leche pasa a un depósito de desaireación sometido a la acción del vacío con el objeto de eliminar el oxígeno incluido que podría provocar la fragmentación de la materia grasa y alterar su calidad. Desde ahí la leche es enviada a una centrífuga de alta velocidad donde se eliminan el resto de impurezas y un gran número de microorganismos. Luego la leche pasa a un tanque en el que se enfría hasta 4°C, generalmente en enfriadores de placas, y se bombea a depósitos de almacenamiento de leche cruda desde los que se alimentará a los diferentes procesos de fabricación.

Tratamientos de la leche

Desde los tanques de almacenamiento de leche cruda, la leche recibe los siguientes tratamientos:

- Precalentamiento en un pasteurizador hasta 60-70°C
- Centrifugado-desnatado
- Homogeneización
- Calentamiento en pasteurizador hasta 72-75°C
- Enfriamiento posterior a 4°C en pasteurizador. Este enfriamiento puede realizarse con circulación a contracorriente de manera que el calor se ceda a la leche que entra.

La pasteurización es un tratamiento destinado a la destrucción de los microorganismos que, o bien sean patógenos, o puedan provocar olores o sabores desagradables en el producto final. Además, con este tratamiento se consigue la completa disolución de los ingredientes de la mezcla en el caso de leches especiales (batidos, helados, etc...).

En el proceso de centrifugación y desnatado se separa la nata de la leche, que se pasteuriza y vuelve a mezclarse con la leche en un porcentaje de grasa estandarizado.

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

Según el tratamiento que recibe, se comercializan las siguientes variedades de leche:

- Leche pasteurizada: leche natural, entera o desnatada, sometida a un calentamiento uniforme a una temperatura comprendida entre 72 y 78°C durante no menos de quince segundos y refrigeración inmediata a no más de 4°C.
- Leche esterilizada: leche pasteurizada natural, entera o desnatada, sometida tras su envasado a un proceso de calentamiento a 110-120°C durante veinte minutos y enfriamiento posterior a unos 25-30°C.
- Leche UHT: leche pasteurizada natural, entera o desnatada, sometida a un proceso de calentamiento a una temperatura de 135-150°C durante dos a ocho segundos y enfriamiento inmediato a la temperatura de envasado (24-26°C), siendo envasada posteriormente en condiciones asépticas.

Invasado de la leche

El envasado aséptico de la leche consta de dos etapas definidas como son:

- ↳ La esterilización térmica del producto y del circuito de distribución por circulación de agua caliente o vapor.
- ↳ Envasado. El cartón enrollado, esterilizado químicamente con agua oxigenada generalmente, se transforma paulatinamente en un tubo que, una vez lleno, se cierra lateralmente por arriba y por abajo para, posteriormente, cortarse los envases que salen de la máquina listos para su encartonado y paletizado.

Otra alternativa de envasado sería el empleo, con leche pasteurizada o esterilizada, de envases de plástico, botella o bolsa, y de cristal.

II.2.- Fabricación de leche en polvo

Se obtiene tras dos etapas sucesivas de eliminación de agua. La primera tiene lugar en un evaporador en el que se obtiene leche concentrada que es atomizada e introducida en una cámara de secado donde se inyecta aire caliente a 150-250°C. La leche en polvo pasa a la sección de envasado y el aire, generalmente, se envía a un ciclón donde se recuperan las partículas de leche en polvo arrastradas.

II.3.- Fabricación de leche condensada

La leche previamente higienizada, pasteurizada y estandarizada en su contenido graso, pasa a un evaporador donde se concentra en etapas sucesivas, y se añade azúcar, básicamente sacarosa, en forma líquida antes de la última etapa.

Posteriormente, se somete a un enfriamiento rápido bajo intensa agitación hasta 30°C, para que se formen cristales finos de lactosa y se pasa a un depósito hasta que se completa la cristalización. Finalmente se enlata y almacena.

II.4.- Fabricación de nata

La nata, producto lácteo rico en materia grasa, es separada de la leche por decantación o centrifugación para ser posteriormente sometida a un tratamiento térmico a fin de evitar el crecimiento de microorganismos patógenos. Así podemos distinguir:

- ↳ Nata pasteurizada. Es nata sometida a un tratamiento térmico de 75 a 80°C durante quince a veinte segundos. El tratamiento térmico es más fuerte cuanto mayor es el contenido de grasa de la nata. Una vez pasteurizada debe ser enfriada inmediatamente a unos 5°C para su conservación.

- ☞ Nata esterilizada: aquella que es sometida en el mismo envase en que se suministra al consumidor a un calentamiento de 108 a 116°C durante veinte a cuarenta y cinco minutos.
- ☞ Nata UHT: aquella que es sometida, en proceso continuo, a un tratamiento térmico de unos 132°C durante dos segundos, siendo posteriormente envasada en condiciones asépticas.

Se llama nata homogeneizada a cualquiera de las anteriores sometidas al proceso mecánico de división de los glóbulos de grasa, que forman así una emulsión más estable. Cuando a la nata pasteurizada líquida se la somete a un proceso de deshidratación, se obtiene un producto seco y pulverizado que es la nata en polvo. Ésta se envasa, bien en condiciones normales o al vacío, en envases generalmente de aluminio, hojalata o cartón parafinado.

II.5.- Fabricación de yogur

La leche concentrada o enriquecida con leche en polvo hasta aumentar su extracto seco en un 2-2,5%, es pasteurizada a 90-92°C durante uno a cinco minutos. La leche debe ser previamente higienizada para eliminar las impurezas presentes y desaireada para eliminar el oxígeno ocluido y posibles olores. Posteriormente, la leche es sometida a una homogenización para dividir finamente y dispersar los glóbulos de grasa evitando que asciendan a la superficie.

A continuación la leche es inoculada con un cultivo de fermentos lácticos en una proporción de un 1,5-3% para enviarse a envasar a unos 45°C manteniéndose esta temperatura durante tres a cuatro horas en las incubadoras. Para elaborar yogur dulce y aromatizado se añaden, antes de la fermentación, el azúcar y los aromas y colorantes deseados.

II.6.- Fabricación de mantequilla

La mantequilla es el producto graso obtenido exclusivamente de leche o nata de vaca higienizadas. El proceso básico de obtención de mantequilla dulce es siguiente: la nata separada de la leche mediante centrifugación o decantación es sometida a un tratamiento de pasterización donde se calienta hasta unos 92°C para ser posteriormente enfriada a unos 8-11°C, temperatura óptima para la transformación de la nata en mantequilla. La nata pasteurizada y enfriada pasa a un batido donde se logra la conversión de la nata en mantequilla granular y mazada que pasan a una sección de drenaje.

A continuación se procede al amasado, que puede tener lugar en una o varias etapas. Cada operación de amasado puede estar seguida de una operación de lavado. La mazada extraída en estas etapas puede ser enfriada y enviada a un tanque de mazada, pudiéndose emplear recirculada en el primer lavado. Posteriormente se puede realizar un ajuste del contenido en agua y una eliminación del aire ocluido en el producto. Finalmente, se procede al envasado del producto final en los diferentes formatos que proceda.

II.7.- Elaboración de quesos.

De forma general, el proceso de fabricación del queso, con variantes específicas para cada tipo de queso, consta de las siguientes etapas:

- ☞ Recepción y tratamientos previos de la leche, entre los que se incluyen refrigeración, higienización, pasteurización.
- ☞ Coagulación y separación parcial del suero.
- ☞ Llenado de moldes y prensado previo.

- ↳ Moldeado.
- ↳ Prensado.
- ↳ Salado.
- ↳ Maduración.

La leche de vaca empleada en la fabricación de queso debe ser de buena calidad y se debe recibir enfriada en torno a los 4-6°C. Si la leche llega a mayores temperaturas se enfriará a 3-4°C. No obstante, aun cuando la leche sea de buena calidad, se pueden producir infecciones, motivo por el cual la leche se debe someter inicialmente a un tratamiento de higienización pasando por una centrífuga, con o sin desnatado, según el tipo de queso, y posterior pasteurización a 70-80°C durante unos segundos.

La coagulación es la conversión de la leche en queso. Por la adición del cuajo, la caseína de la leche es coagulada, englobando gran parte de la grasa y otros componentes de la leche. La temperatura óptima de coagulación es de 40°C, si bien esta operación se produce en torno a los 30°C a fin de permitir la utilización de una mayor proporción de cuajo beneficioso para la maduración. En esta fase y antes de la coagulación propiamente dicha, se puede añadir a la leche:

- ↳ Cultivo de bacterias lácticas o fermentos: transforman el azúcar de la leche en ácido láctico acidificando la leche y facilitando con ello la coagulación.
- ↳ Cloruro cálcico: contribuye a la acidificación de la leche y aumenta el contenido en calcio de la misma, lo que acelera el proceso de coagulación.
- ↳ Nitrato potásico: inhibe el crecimiento de bacterias que pueden alterar el sabor y el aroma del queso.
- ↳ Colorantes naturales autorizados y mohos.

Una vez acabada la coagulación se procede al corte en la misma cuba quesera de la cuajada obtenida, con lo cual, el suero atrapado puede escapar. El tamaño de corte del coágulo será tanto menor cuanto menor sea el contenido en agua deseado en el queso. El suero separado se pasa por un tamiz que retenga los granos de cuajada arrastrados.

El calentamiento de la masa coagulada ya cortada acelera el proceso de desuerado. Este posible calentamiento se debe acompañar de una agitación de la masa para evitar que los trozos de coágulo se unan y formen una pasta.

El prensado de los quesos será más o menos intenso en función del tipo de queso que se desea hacer. Después del prensado se procede a salar los quesos, bien por inmersión directa en baños de salmuera o bien por salado directo con sal sólida aplicada a la corteza o mezclada con la masa.

La maduración tiene una duración muy variable en función del tipo de queso producido, reduciéndose a apenas unas horas en el caso de quesos frescos y prolongándose por meses e incluso años en el caso de quesos duros. Durante la maduración deben controlarse las condiciones de aireación, humedad y temperatura de las cámaras o zonas donde se realiza. Durante este período los quesos pierden peso por evaporación y desarrollan aromas y sabores característicos. Con el envasado y/o recubrimiento y etiquetado del queso finaliza el proceso de fabricación.

Los quesos fundidos son el resultado de un proceso de molturación, mezcla, fusión y emulsión con tratamiento térmico de una o más variedades de queso, con o sin la adición de agentes emulsionantes, leche u otros productos alimenticios. Los quesos escogidos se mue-

len y calientan en una cuba con agitador, obteniéndose una masa fundida que alimenta a una máquina empaquetadora. Al enfriar el queso se solidifica.

II.8.- Elaboración de postres lácteos

Dentro de este grupo se engloban una serie de productos envasados en tarrinas similares al yogur, pero que durante su fabricación no han sufrido fermentación alguna. Los postres lácteos se pueden definir como leches gelificadas aromatizadas.

Para su producción, se toma como ingrediente básico la leche, a la que se añaden otros productos tales como leche en polvo, nata, cacao, aromatizantes, azúcar, sustancias gelificantes, etc. Al calentar la mezcla se logra una distribución homogénea de todos los ingredientes y una penetración de los gelificantes y espesantes. El proceso de fabricación podría ser el siguiente:

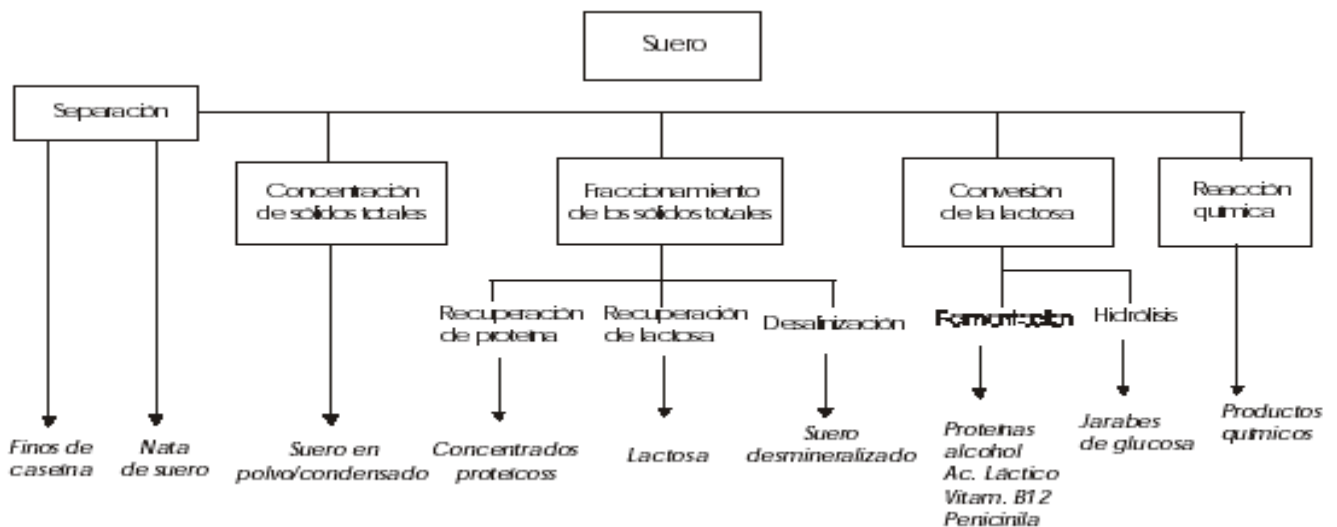
- ↻ Recepción de la leche, higienización, pasterización a 72-80°C y homogeneización.
- ↻ Mezcla con el resto de ingredientes.
- ↻ Esterilización de la mezcla a 140°C durante cuatro a ocho segundos.
- ↻ Enfriamiento a unos 70-75°C para su envasado.
- ↻ Envasado.
- ↻ Enfriamiento a 4-6°C y conservación.

II.9.- Procesado del lactosuero

El lactosuero de una quesería contiene de un 6-7% de sustancias sólidas, las cuales representan, aproximadamente, un 50% de las que originalmente contiene la leche. Por este motivo resulta interesante su aprovechamiento.

De esta manera, deben habilitarse sistemas de recogida eficientes en las operaciones donde se produce el lactosuero: coagulación, moldeado, prensado y curado. El lactosuero es un subproducto inestable, que precisa de ser enfriado si no se procesa al poco tiempo de su obtención.

Puede emplearse para extraer numerosos productos, fundamentalmente suero en polvo, como queda representado en la figura siguiente.



III- Volúmenes y características de las aguas residuales

III.1.- Consumos de agua y volúmenes de aguas residuales.

En este sector el agua se consume fundamentalmente en:

- Proceso productivo, incluyendo operaciones de limpieza.
- Regeneración de resinas, procedentes de los procesos de desmineralización de aguas, en algunos casos de pozo, empleados en algunas instalaciones.
- Refrigeración.
- Usos sanitarios (aseos y duchas del personal).

Toda el agua consumida, exceptuando las pérdidas por evaporación en los circuitos de refrigeración, se vierte, ya que no se incorpora al producto final. Los consumos de agua son muy variables en función de:

- Número y tipo de productos elaborados
- Tipo de proceso productivo
- Existencia de sistemas de recirculación de agua
- Producción

A título indicativo, en una central lechera puede esperarse un volumen de vertido de entre **1,5 a 2,5 litros** por cada litro de leche procesada, y en el conjunto de la industria láctea el rango se amplía hasta **2 a 5** litros. Otros autores indican los siguientes valores:

Volumen de aguas residuales generadas en industrias lecheras

Producto o proceso	Volumen de agua residual (l/litro de leche)
Centros de recogida	0,5-2
Mantecas	80/kg de mantequilla
Lechería	1-2
Queso:	
– Fabricación	0,6
– Limpieza	1-2
Evaporadores	0,6-0,9
Limpieza de instalaciones	0,01

En la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (**GMTD**) en España del Sector Lácteo. 2005 editada por el Ministerio de Medio Ambiente, se indica que el consumo de agua de las industrias de productos lácteos (excepto helados) afectadas por la Ley IPPC oscila entre 1 y 11 m³/t de leche recibida. El 75% de estas empresas tienen un consumo de entre 1 y 6 m³/t de leche recibida. Los valores indicados se encuentran entre los rangos de consumo de agua de las industrias lácteas europea.

En la mencionada GMTD se muestran los siguientes valores obtenidos a partir de los datos suministrados por empresas lácteas del sector que han participado en su elaboración:

Tipo de empresa		Generación de aguas residuales	
		valor medio	Rango (max-min)
Productos lácteos	m ³ /t leche recibida	3,5	(8,48 – 0,75)

III.2.- Orígenes de los vertidos y composición general.

Los vertidos residuales de las industrias de leche y derivados, proceden principalmente de las operaciones de:

- Limpieza de equipos e superficies
- Aguas de refrigeración (cuando no se recuperan)
- Condensados
- Restos de leche y lactosuero

Si las redes de drenaje son de tipo unitario, las aguas pluviales se incorporarían al resto de los vertidos de la empresa, modificando su composición. Así mismo, cabe esperar la presencia de los vertidos de las duchas y aseos del personal, que también pueden mezclarse con los de la actividad, y que tienen como principales contaminantes sólidos en suspensión, materia orgánica, detergentes y amoníaco.

Se ha estimado que el 90% de la DQO de las aguas residuales de una industria láctea es atribuible a componentes de la leche y sólo el 10% a sustancias ajenas a la misma. En la composición de la leche además de agua se encuentran grasas, proteínas (tanto en solución como en suspensión), azúcares y sales minerales. Los productos lácteos además de los componentes de la leche pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., dependiendo de la naturaleza y tipo de producto y de la tecnología de producción empleada.

Todos estos componentes aparecen en las aguas residuales en mayor o menor cantidad, con las aguas de limpieza y los productos que se empleen en ésta. Los contaminantes esperados en la limpieza son materia orgánica, sólidos en suspensión, aceites y grasas, nitrógeno orgánico y detergentes. Generalmente tienen un carácter alcalino, con valores de pH que pueden aproximarse a 11.

Los contaminantes que cabe esperar en el vertido de las aguas de refrigeración y purgas de calderas, siempre y cuando el agua no esté en contacto directo con los equipos y piezas a refrigerar, son sólidos en suspensión y conductividades elevadas.

Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales:

- Marcado carácter orgánico (elevada DBO₅ y DQO), debido a la presencia de componentes de la leche, que tiene una DBO₅ de 110.000 mg/l y una DQO de 210.000 mg/l.
- Alta biodegradabilidad.
- Presencia de aceites y grasas.
- Altas concentraciones de fósforo y nitratos, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en elaboración de quesos
- Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso)
- Valores puntuales de pH extremos, debidos a las operaciones de limpieza. Uso de ácidos y bases en las limpiezas CIP.

Las aguas residuales generadas en la fabricación de quesos es posible que contengan cantidades apreciables de lactosuero, sobre todo salino, lo que, además de incrementar notablemente la carga contaminante, supone la pérdida de un subproducto de alto valor econó-

mico. Es recomendable, por tanto, que se evite la incorporación del lactosuero al agua residual y que se destine a la obtención de sustancias aprovechables.

Por otro lado, las aguas residuales generadas en la fabricación de helados presentan una baja carga contaminante, aunque la presencia de nitrógeno amoniacal en cantidades elevadas hace aconsejable su tratamiento biológico con nitrificación-desnitrificación

En la siguiente tabla, elaborada por la Federación nacional de industrias lácteas, se resumen las características de los vertidos en función de su origen.

Origen del vertido		Características
Aguas de proceso	Aguas residuales generadas en operaciones de limpieza de cisternas, limpieza de equipos e instalaciones y vaciado periódico de disoluciones empleadas en la limpieza de equipos	DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión, nitrógeno orgánico, detergentes, acidez o basicidad y aceites y grasas
Disoluciones de limpieza	Disoluciones de agua oxigenada empleada en la esterilización de las bobinas de brik	Agua oxigenada
Agua de refrigeración y calderas	Vertidos procedentes de purgas de las calderas y de los circuitos de agua de refrigeración y agua caliente y vapor	Conductividad, sólidos en suspensión y temperatura
Aguas residuales sanitarias		DBO ₅ , DQO, sólidos en suspensión, amoniacal y detergentes
Agua de regeneración de resinas de intercambio iónico	Regeneración de las resinas de intercambio iónico	Acidez y basicidad

En la GMTD se incluye esta tabla:

Proceso productivo	Operaciones con mayor generación de aguas residuales	Observaciones
Leche	Tratamiento térmico Envasado	El volumen de vertido depende de si se realiza recirculación de las aguas del tratamiento térmico.
Nata y mantequilla	Pasterización Batido-Amasado Envasado	Las aguas de lavado de la mazada tienen un alto contenido en grasas.
Yogur	Limpieza conducciones	Cantidad en función del grado de automatización de los sistemas de limpieza.
Queso	Corte-Desuerado Moldeo-Prensado Salado	El vertido del lactosuero supone un volumen y carga contaminante elevado. La regeneración de las salmueras supone un vertido periódico de elevada conductividad.
Operaciones auxiliares	Limpieza y desinfección Refrigeración	El volumen y carga contaminante de las aguas de limpieza depende de la gestión que se realiza de las mismas. El vertido de las aguas de refrigeración depende del grado de recirculación.

En la GMTD se clasifican estas aguas residuales en función de dos focos de generación: actividades de proceso (donde se incluyen las operaciones de limpieza) y operaciones de tratamiento térmico y/o refrigeración, exponiendo la siguiente tabla:

Origen	Descripción	Características
Limpieza y proceso	Limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos. Pérdidas de producto, lactosuero, salmuera, fermentos, etc.	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), aceites y grasas, sólidos en suspensión.
Refrigeración	Agua de las torres de refrigeración, condensados, etc.	Variaciones de temperatura, conductividad.

(Fuente: E. Spreer, 1991)

Por último, en la GMTD se incluye una tabla con los resultados de las aguas residuales sin depurar, aportados por las empresas del sector lácteo afectadas por la Ley IPPC:

parámetro	empresas leche y productos lácteos (max-min) kg/t leche recibida
DQO	37,61-0,04
DBO ₅	2,08-0,01
Sólidos en Suspensión	1,25-0,02
Aceites y Grasas	0,63-0
N total	0,86-0
P total	0,22-0
Cloruros	4,19-0

III.3.- Factores que afectan a la composición y volúmenes de las aguas residuales.

El volumen de los efluentes y su contenido en materia contaminante son muy variables, según sea la naturaleza de la fabricación, las técnicas de trabajo y de cómo se realicen las operaciones de limpieza. Dada la variabilidad de las industrias que estamos tratando, el nivel de carga orgánica de un vertido puede estar influenciado por los siguientes aspectos:

- El tipo de industria (sí procesa un solo producto o varios).
- La presentación final que se quiera dar a ese producto.
- El nivel de producción (sistemas continuos o por cargas).
- Si se mezclan las aguas de proceso con las de refrigeración (vertidos más diluidos o más concentrados).
- Si se han implantado buenas prácticas de gestión medioambiental.

III.4.- Composición de las aguas residuales.

La Federación nacional de industrias lácteas, aporta los siguientes datos

PROCESO PRODUCTIVO

PARÁMETRO	leche de consumo	Quesos	Derivados lácteos	Helados
pH	8,5	6,9	8,5	8
DQO (mg/l)	1.775	4.500	4.000	925
DBO ₅ (mg/l)	1.050	2.750	1.750	620
Sólidos en suspensión (mg/l)	435	850	825	425
Fósforo	20	35	6,25	5,5
NTK	65	100	100	75
Conductividad	1.650	3.150	1.250	1.200
Cloruros	140	220	100	135
Nitratos	50	105	90	75
Nitritos	10	35	0,2	0,3
Aceites y grasas (mg/l)	105	365	110	25
Detergentes	3,5	7	7,5	6

En un informe reciente de la Dirección General de Alimentación del MAPA, se aportan los siguientes datos de concentraciones medias para las aguas residuales de una central lechera tipo, una elaboradora de productos lácteos y una elaboradora de helados del sector:

Parámetros	Lechera tipo	Productos lácteos	Elaboración helados
pH	7,5	9,0	8,0
Conductividad (mS/cm)	1,6	1,1	1,7
DBO ₅ (mg/l)	1.200,0	3.000,0	240,0
DQO (mg/l)	3.000,0	6.000,0	500,0
Sólidos en suspensión	250,0	1.600,0	80,0
Materia sedimentable (ml/l)	0,0	0,0	0,1
Cloruros (mg/l)	140,0	97,0	134,0
Nitratos (mg/l)	90,0	92,0	75,0
Nitritos (mg/l)	10,0	0,2	0,3
Amonio (mg/l)	0,5	10,0	138,9
N Kjeldhal (mg/l)	60,0	100,0	139,0
P hidrolizable (mg/l)	50,0	8,0	9,2
P total (mg/l)	5,0	8,0	9,2
Aceites y grasas (mg/l)	60,0	130,0	25,0
Detergentes (mg/l)	6,0	11,0	6,0
Caudal	0,4 m ³ /m ³ producido	1,0 m ³ /tm producida	4,0 m ³ /m ³ producido

En el mismo informe. se aportan los siguientes datos para una central lechera, tomados de la Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido, publicados en el año 2000

Product	BOD5 (mg per kg of product)
Whole milk (leche entera)	104000
Skimmed milk (leche desnatada)	67000
Double cream (nata)	399000
Yoghurt	91000
Ice cream	292000
Whey (suero)	34000

Component	Range	Average
Suspended solids	24 - 5700 mg/l	-
Total solids	135 - 8500 mg/l	2397 mg/l
BOD ₅	450 - 4790 mg/l	1885 mg/l
Protein	210 - 560 mg/l	350 mg/l
Fat	35 - 500 mg/l	209 mg/l
Carbohydrate	252 - 931 mg/l	522 mg/l
Nitrogen	15 - 180 mg/l	76 mg/l
Phosphorus	11 - 160 mg/l	50 mg/l
Sodium	60 - 807 mg/l	-
Chloride	48-469 mg/l	276 mg/l
Calcium	57 - 112 mg/l	-
Magnesium	22 - 49 mg/l	-
Potassium	11 - 160 mg/l	67
pH	5.3 - 9.4	7.1
Temperature	12 - 40 °C	24 °C

En la elaboración de **quesos** la parte más importante de volumen de aguas residuales procede de la limpieza de equipos e superficies. En este tipo de instalaciones, los vertidos procedentes de restos de leche, lactosuero y salmueras aumentan de forma considerable la carga contaminante del vertido final (fundamentalmente carga orgánica y conductividad). El **lactosuero** representa entre un 80 y un 90% del volumen total de la leche utilizada en la fabricación de queso, y contiene alrededor del 50% de los nutrientes iniciales de la misma.

El volumen de lactosuero que no se recoja, pasará a formar parte de las aguas residuales, incrementando la carga contaminante, fundamentalmente por su elevada carga orgánica (40.000-80.000 mg O₂/l) y de conductividad eléctrica. En la siguiente tabla se muestra la composición media del lactosuero:

Constituyentes	% suero
Agua	93.6
Sólidos totales	6.4
Lactosa	4.8
Proteína	0.55
Sales minerales	0.5
Nitrógeno no proteico	0.18
Grasa	0.05

Los vertidos de salmueras son puntuales, y su volumen y frecuencia son muy variables ya que depende de la capacidad de almacenamiento de los tanques de salado, del tiempo de utilización, del nivel de reutilización, etc. Contienen un importante contenido orgánico fundamentalmente proteico (caseína), lactosa y ácido láctico, además de una alta conductividad eléctrica.

IV.-Tratamiento de las aguas residuales

Una planta de tratamiento para efluentes lácteos requiere ser diseñada básicamente para remover los niveles contaminantes de parámetros tales como: DBO₅, aceites y grasas, sólidos suspendidos, y para corregir el pH del efluente. A pesar de la variabilidad en los parámetros de vertido, se puede considerar unos sistemas básicos de control y de pretratamiento que se adapten a las características generales de los vertidos y que puedan servir de orientación para que las empresas desarrollen unos sistemas más específicos y adecuados a los vertidos que generan.

Con carácter general, el tratamiento de estas aguas residuales puede realizarse mediante un tratamiento biológico, requiriendo previamente la separación de sólidos en suspensión y de grasas y aceites. En el caso de las aguas procedentes de la elaboración de quesos puede ser necesaria, además, la eliminación de fósforo. Por otro lado, dada la elevadísima DQO y conductividad del lactosuero, la primera medida de control es recuperar totalmente los restos de lactosuero y evitar que estos lleguen a mezclarse con el resto de aguas residuales.

Los sistemas de depuración de aguas residuales deben ser aquellos que garanticen el cumplimiento de los límites establecidos por la legislación en función del punto al que vierte la empresa (sí el vertido se realiza a cauce público los límites son más restrictivos que sí se realiza a un colector de una depuradora de aguas residuales). A la hora de decidir sobre el sistema a adoptar, puede servirnos de orientación la siguiente tabla:

Etapa de Tratamiento	Descarga a cuerpos superficiales			Descarga a alcantarillado		
	Altamente recomendable	Recomendable	En función de la solución adoptada	Altamente recomendable	Recomendable	En función de la solución adoptada
Separación de sólidos gruesos	✓			✓		
Separación de sólidos molestos	✓			✓		
Separación de sólidos no putrescibles	✓			✓		
Separación de sólidos finos		✓			✓	
Desgrasadora o coalescedores		✓			✓	
Estanque de equalización	✓			✓		
Ajuste de pH	✓			✓		
Coagulación			✓			✓
Floculación		✓		✓		
Flotación		✓		✓		
Neutralización			✓			✓
Tratamiento biológico	✓					✓
Sedimentación secundaria	✓					✓

Eficiencia de reducción de niveles contaminantes (valores basados en experiencias en Chile)

Parámetro	Antes del Tratamiento	Después de Tratamiento Fco.- Qco.	Después de Tratamiento Biológico
<i>DBO₅, mg/lit</i>	2.000-6.000	600-2.500 (60%)	<30
<i>Sólidos suspendidos, mg/lit</i>	1.000-6.000	100-300 (98%)	< 30
<i>Aceites y grasas, mg/lit</i>	200-2.000	100 (99%)	<50
<i>Detergentes, mg/lit</i>	1,5	0,2	<0,1

IV.1.- Pretratamientos.

El pretratamiento puede ser del tipo físico o físico-químico, dependiendo de las concentraciones que presenten aquellos contaminantes inhibidores del proceso biológico.

Un sistema básico (que no suficiente) de control y pretratamiento que deberían tener todas las empresas de este sector, y que en algunas ocasiones será suficiente para que puedan realizar sus vertidos dentro de los límites establecidos, debe constar de los siguientes elementos:

- Sistema de regulación - homogeneización aireado.
- Separador de grasas y aceites

Depósito o balsa del tamaño suficiente para asegurar el suministro continuo de flujo al sistema de separación de grasas posterior. Este depósito permite además que se produzca una primera laminación de las puntas de carga y volumen de los diferentes flujos de vertido de aguas. Es conveniente la aireación del depósito para evitar fermentaciones aeróbicas ácidas no deseadas.

Separador de grasas y sólidos en suspensión por flotación. En función de las características del vertido puede ser necesaria la adición de productos coagulantes y el control del pH para asegurar un buen rendimiento de separación.

Esta balsa debe permitir homogeneizar las puntas de caudal y carga contaminante de los diferentes flujos de agua residual producidos en las diferentes operaciones de proceso y limpieza. Este sistema también sirve de depósito de seguridad ante vertidos accidentales ocurridos en las industrias, ya que evita la llegada de los mismos al punto final de vertido.

El sistema de homogeneización ha de constar de una balsa con capacidad para acoger, como mínimo, el volumen de vertido producido en un turno de trabajo así como las puntas de caudal derivadas del proceso, todo ello referido a la campaña más desfavorable. La balsa deberá ser aireada para evitar las fermentaciones no deseadas y permitir la disminución de la DQO del vertido final. Es importante señalar que concentraciones de leche o de suero superior al 1 o al 2% en las aguas residuales, pueden conducir rápidamente a fermentaciones aerobias ácidas, difícilmente controlables (fermentación láctica), que pueden impedir por completo la actividad biológica.

Por último, es importante considerar la conveniencia de que las empresas dispongan de los medios y sistemas adecuados que permitan conocer los caudales de agua consumidos y los caudales vertidos, así como el poseer equipos propios de toma de muestras capaces de obtener de forma periódica muestras integradas de una jornada laboral. La utilización de éstos equipos junto con una serie de métodos analíticos semicuantitativos que permitan determinar los principales parámetros de un vertido (pH, DQO y SS) ofrecerán una valiosa información relativa a las características analíticas del vertido, su evolución temporal, los caudales vertidos, la efectividad de sus sistemas de tratamiento y, finalmente, si la empresa ha adoptado medidas de minimización podrá conocer los avances realizados en este sentido.

IV.2.- Tratamientos completos.

Los métodos propuestos para el tratamiento de las aguas residuales de este subsector, pueden constar de las siguientes etapas:

- ✓ Separación de grasas y aceites:
 - Flotación
 - Ultrafiltración
- ✓ Eliminación de sólidos en suspensión:
 - Decantación
 - Flotación
- ✓ Eliminación de materia orgánica:
 - Tratamiento biológico que incluya nitrificación-desnitrificación.
 - Tratamiento biológico con eliminación de nutrientes.

Tal y como se indicó anteriormente, resulta especialmente adecuado el completar, ó mejor dicho iniciar estos tratamientos, mediante la inclusión de un sistema de ajuste de pH y homogeneización del efluente a depurar. La gestión de los fangos generados en el tratamiento de las aguas residuales se puede efectuar mediante la aplicación de las siguientes técnicas:

- ↻ Estabilización y deshidratación.
- ↻ Aplicación en agricultura o producción de compost.

Al Igual que con los restantes vertidos de la industria alimentaria, en función de la calidad del agua que se exija al vertido de la depuradora, puede realizarse un tipo de tratamiento u otro. Cuando se desean elevados rendimientos de depuración, normalmente la mejor tecnología disponible es una combinación de una etapa anaerobia a la que continua una aerobia, conforme al esquema siguiente:

- Línea de agua: Desbaste (tamizado), homogeneización, decantación, ajuste de pH, digestión anaerobia, tratamiento aeróbico (lodos activados) y decantación secundaria.
- Línea de lodos: Espesamiento y deshidratación.

Como ejemplo de una instalación casi completa, recientemente implantada en Granada y que termina de depurar sus vertidos en la EDAR municipal, el tratamiento consta de las siguientes etapas:

LÍNEA DE AGUAS:

- Recepción del vertido en pozo de bombeo.
- Tamizado (tamiz rotativo).
- Desengrasado (aireación + carro desnatador).
- Balsa de Homogeneización (650 m³).
- Bombeo a Reactor UASB.
- Ajuste de pH.
- Reactor de biometanización UASB

LÍNEA DE LODOS:

- Homogeneización de fangos.
- Acondicionamiento con cal.
- Dosificación de polielectrolito.
- Deshidratación en decantador centrífugo.

La composición del agua de entrada a esta instalación y los rendimientos que consigue, son los siguientes

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES PROMEDIO
pH	-	7,59
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	4.040
DBO ₅	mg/l	1.600
DQO	mg/l	2.500
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	512
ACEITES Y GRASAS	mg/l	364
N TOTAL KJELDHAL	mg/l	56
P TOTAL	mg/l	49
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	mg/l	751

PARÁMETROS	RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DBO ₅	70 – 80 %
DQO	70 – 80 %
SÓL. EN SUSP.	80 – 90 %
ACEITES Y GRASAS	80 – 90 %
COT	70 – 80 %

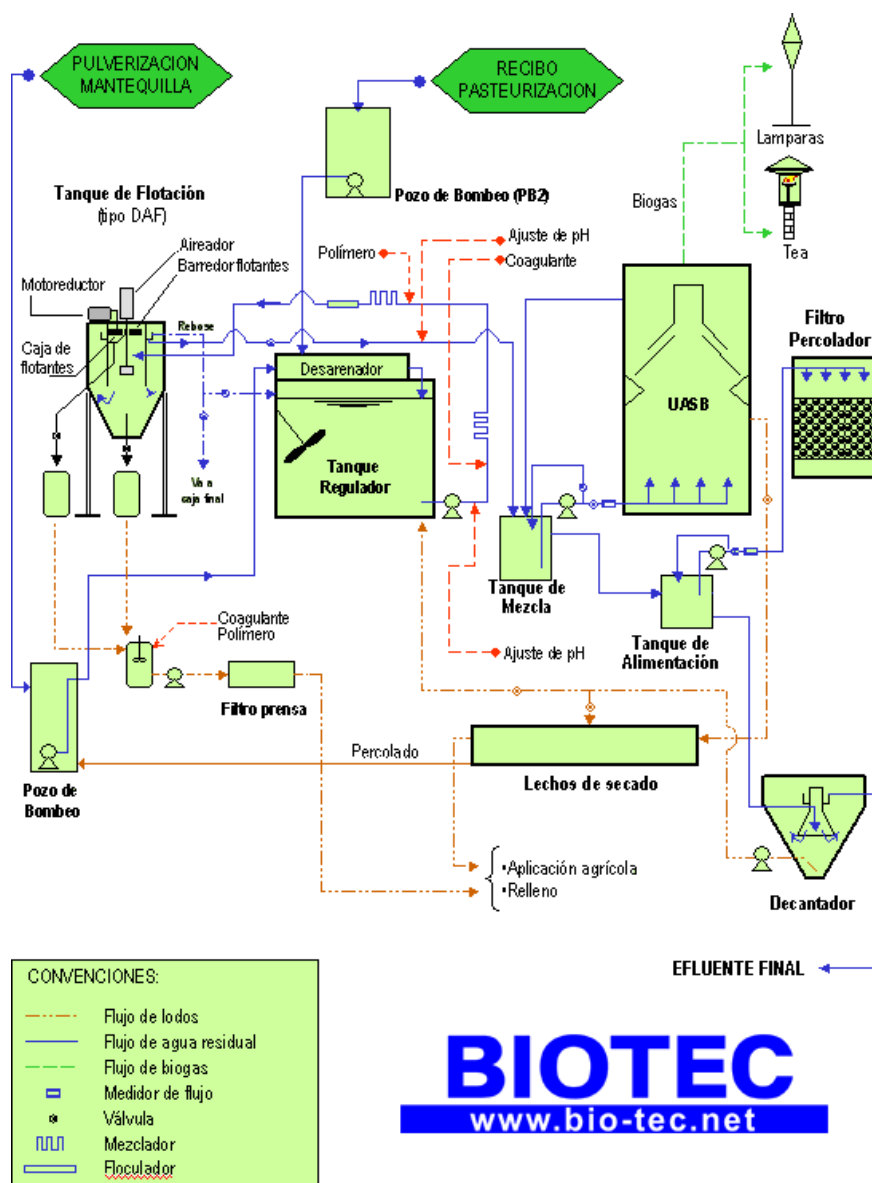
Otro ejemplo de una EDARI para una instalación que procesa en promedio 300.000 l/d de leche para producir leche en polvo, mantequilla y leche pasteurizada. En las operaciones de lavado se generan en promedio **170 m³/d** de efluentes, con una temperatura que oscila entre 30 – 60 °C y un pH que varía entre 2 y 12 unidades. Las concentraciones promedio de las características fisicoquímicas básicas son: DQO: 7.000 mg/l, DBO₅ = 4.000 mg/l, sólidos suspendidos = 1.300 mg/l y grasas/aceites = 950 mg/l.

La planta cuenta con pozo de bombeo, desarenador, tanque de homogenización, tanque de flotación, reactores UASB, filtro percolador y decantador secundario. El sistema de tratamiento fisicoquímico garantiza una calidad apropiada del agua antes de ingresar a los reactores UASB.

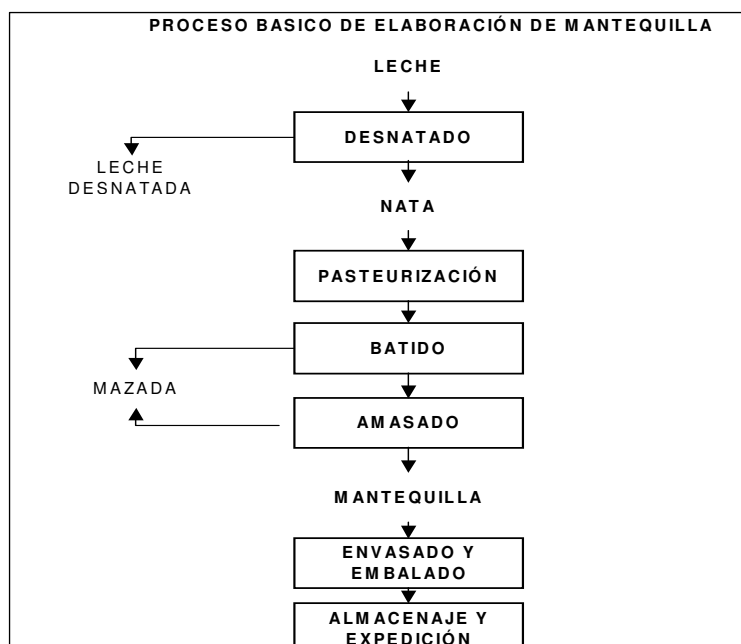
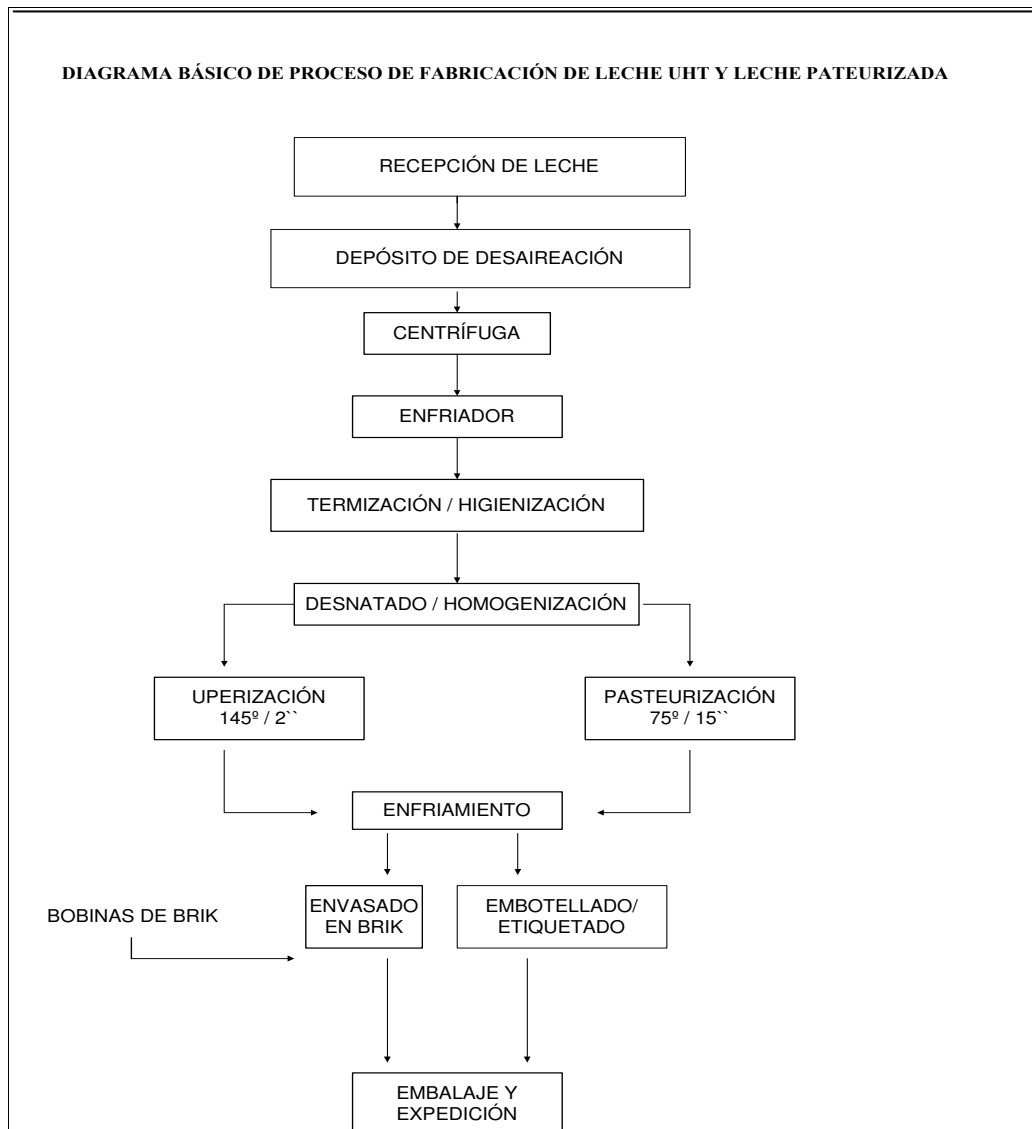
El área ocupada por la planta, incluyendo zonas verdes y caminos, es de unos 200 m².

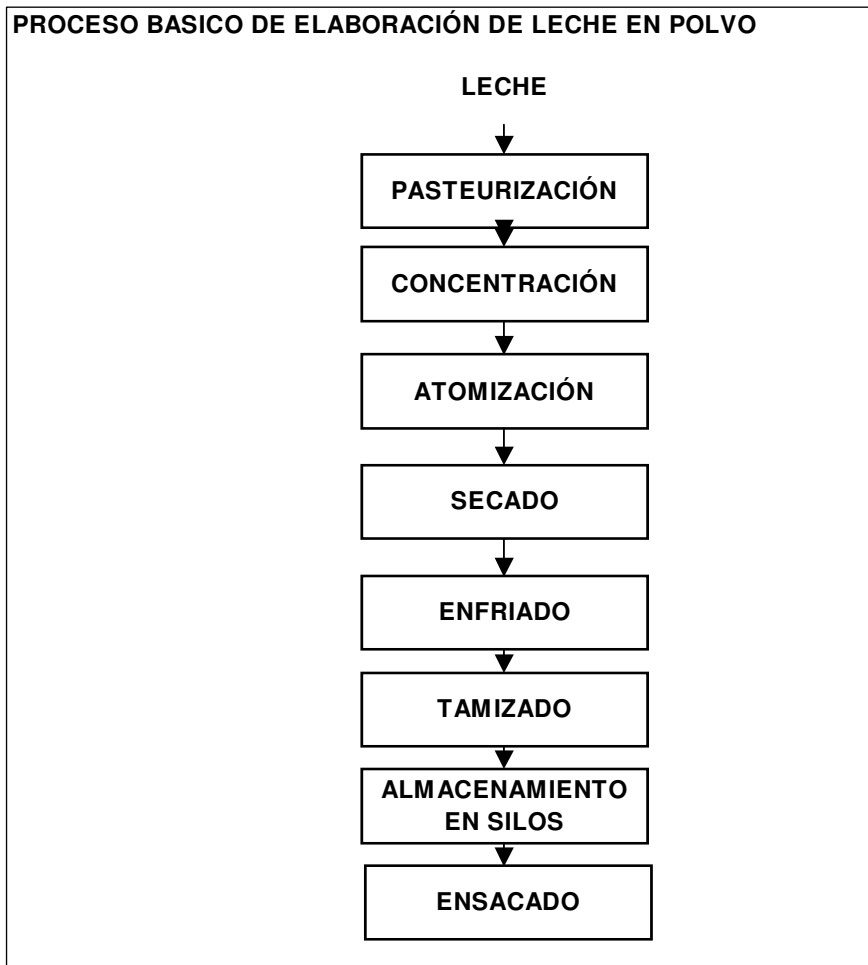
El lodo primario generado en el tanque de flotación se estabiliza con cal, se deshidrata mediante un filtro prensa y se utiliza como acondicionador de suelos en fincas. Para la deshidratación de los lodos biológicos de exceso de los reactores UASB se dispone de lechos de secado.

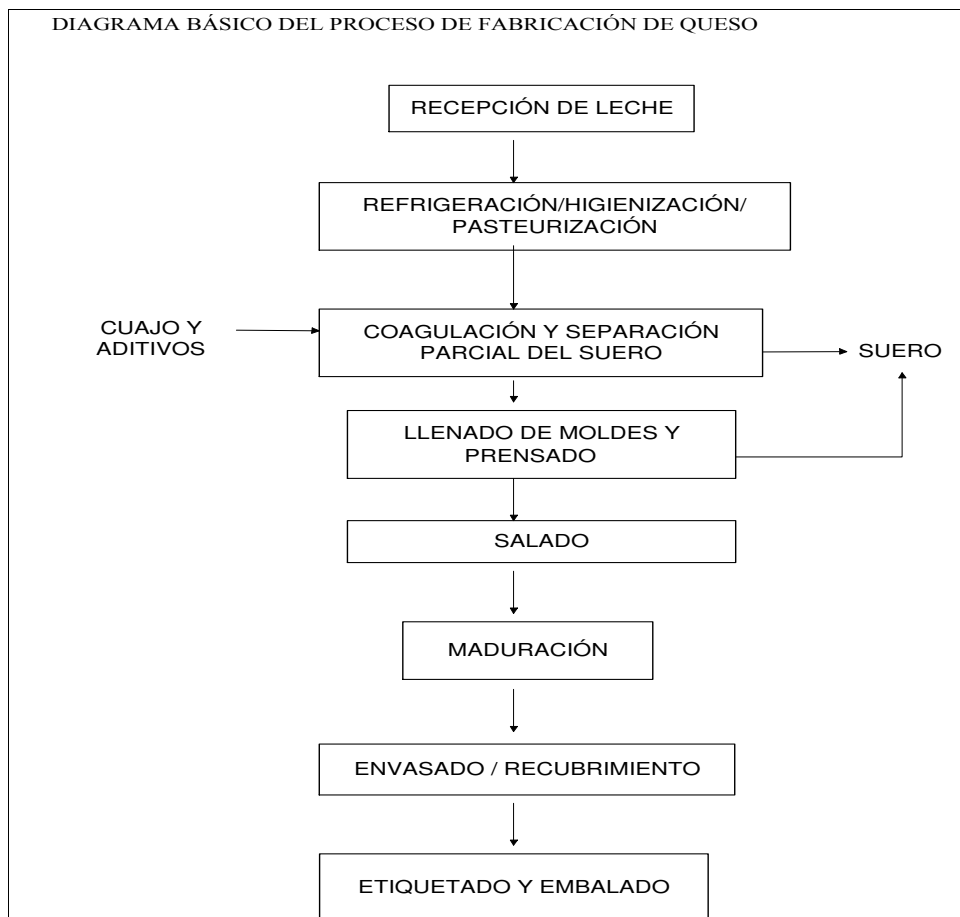
Las características del efluente final de la planta de tratamiento son: DQO < 150 mg/l, DBO < 80 mg/l, sólidos suspendidos < 100 mg/l y grasas/aceites < 50 mg/l.



Anejo I







Anejo II

Limpieza de cisternas, equipos e instalaciones y vaciado periódico de las disoluciones empleadas en la limpieza de equipos.

Es el vertido más importante en cuanto a volumen de las industrias del sector lácteo. Los contaminantes esperados en este tipo de vertido dependerán, fundamentalmente, del tipo de productos de limpieza utilizados.

La limpieza de los equipos dentro de la industria láctea es una operación crítica desde el punto de vista de la calidad del producto y que por tanto, cualquier mejora medioambiental de la operación está supeditada al aseguramiento de la higiene en el proceso. Hay que considerar también que el mantenimiento de una higiene adecuada en la instalación evita la pérdida de grandes cantidades de materia prima que en vez de convertirse en producto se convierten en residuos debido su eventual contaminación por microorganismos.

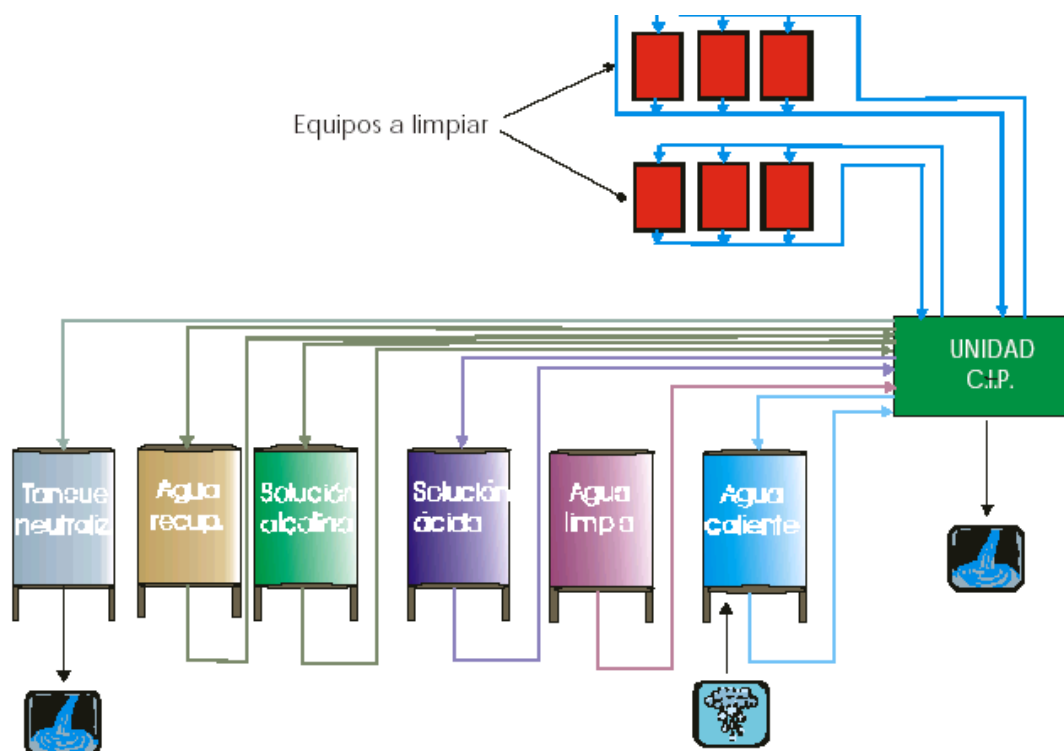
Existen dos grandes sistemas de limpieza: la manual y la limpieza CIP. La limpieza manual se emplea cada día menos, siendo universal la utilización de la limpieza CIP (Cleaning In Place) en los establecimientos industriales de tamaño mediano-grande.

La limpieza CIP consiste en hacer circular secuencialmente por el interior de tuberías y equipos los diferentes productos de limpieza desde sus correspondientes depósitos de almacenamiento. Este sistema puede ser parcial o totalmente automatizado y requiere menor mano de obra que el sistema manual. Permite optimizar los consumos de agua, energía y

productos de limpieza necesarios para realizar la operación. La secuencia completa de limpieza suele ser la siguiente:

- Recuperación de residuos de producto mediante drenaje, arrastrándolos con agua o expulsándolos mediante aire comprimido.
- Eliminación de restos de leche o producto mediante enjuague con agua (fría o caliente).
- Eliminación de las grasas adheridas en el sistema mediante limpieza con una solución alcalina caliente (con aditivos para evitar corrosión del sistema).
- Enjuague para eliminar la solución alcalina.
- Eliminación de los restos sólidos adheridos a los equipos con una solución ácida de ácido clorhídrico, nítrico o fosfórico (con aditivos para evitar la corrosión).
- Enjuague para eliminar los restos de ácido.
- Desinfección, siempre y cuando sea necesario, con una solución química (p.e. hipoclorito, yodoformo, agua oxigenada) o mediante vapor o agua caliente. (Cada vez se utiliza más el vapor de agua)
- Aclarado final con agua potable si se ha realizado desinfección química.

Debido a las especiales características del producto y de la producción, se realizan frecuentes limpiezas de “base”, que consisten en un enjuague inicial, una limpieza a base de sosa y un enjuague final.



Los sistemas de limpieza CIP suponen el mejor sistema de limpieza de equipos en la industria láctea ya que permite realizar de forma semiautomática o automática la limpieza y desinfección de la mayor parte de los equipos, tuberías y depósitos utilizados. La automatización de la limpieza tiene varias ventajas con respecto a la limpieza manual:

- Facilita la estandarización de los tiempos de limpieza así como de las dosis de los productos de limpieza utilizados (bases, ácidos y desinfectantes), evitando consumos exagerados de agua o productos, así como el incremento del caudal o carga de los vertidos correspondientes.
- Menor consumo de agua.
- Asegura un mayor control sobre la operación, disminuyendo la generación de residuos derivada de una eventual contaminación microbiológica de la materia prima.
- Permite la reutilización de las soluciones de limpieza

Dentro de los sistemas de limpieza C.I.P., el sistema descentralizado permite obtener mejores rendimientos en cuanto al consumo de agua, detergentes y energía, dado que es menor la longitud del circuito por el que deben pasar las distintas soluciones de limpieza. Además, permite la implantación de secuencias de limpieza diferentes dependiendo de la zona de la instalación.

Es aconsejable, disponer de sistemas de medida de los parámetros de control más importantes de la limpieza (temperatura, pH, conductividad) en el interior de los equipos, de manera que se puedan conocer los valores reales de dichos parámetros durante la limpieza. Estas sondas de medida reducen la incertidumbre del valor de dichos parámetros en el interior de los equipos a limpiar y de esta manera es posible ajustar las temperaturas, los tiempos y las concentraciones de producto a los óptimos de la operación, evitando despilfarros.

La correcta limpieza de las superficies es una actuación fundamental para asegurar la higiene de la producción y la minimización de las pérdidas de materia prima como residuo. En la industria láctea se ha implantado la utilización de espumas en la limpieza de suelos y superficies. Consiste en la aplicación a baja presión de productos formulados con una base espumante, que tras un cierto tiempo de contacto solubiliza de la suciedad. Posteriormente se realiza un aclarado con agua a media presión.

Para la limpieza de superficies existen una serie de Buenas Prácticas de carácter medioambiental que se pueden considerar como mejores técnicas de limpieza disponibles, ya que permiten reducir de forma muy importante los consumos de agua, energía y productos de limpieza, así como los volúmenes y carga contaminante de los vertidos correspondientes.

Estas mejores técnicas son:

- Poner por escrito las operaciones o procedimientos de limpieza.
- Evitar la entrada de sólidos en el sistema de evacuación de aguas residuales.
- Utilización de sistemas de cierre automático en mangueras de limpieza.
- Utilización de sistemas que permitan el uso combinado de agua y vapor
- Utilización de productos de limpieza menos peligrosos.

Los productos más comúnmente utilizados son sosa cáustica y ácido fosfórico. En algunos procesos pueden utilizarse disoluciones de ácido nítrico.