



EDITORIAL

InvestiGO

SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DISEÑO DE PLANTAS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

AUTORES:
DARIO BAÑO
FREDY ERAZO
MAURICIO OLEAS

El diseño de plantas con implementación de protocolos de seguridad son esenciales para prevenir accidentes y mantener la calidad del producto.

ISBN: 978-9942-48-911-1

SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DISEÑO DE PLANTAS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

AUTORES:

Darío Javier Baño Ayala

Fredy Patricio Erazo Rodriguez

Julio Mauricio Oleas López

ISBN: 978-9942-48-911-1

EDITORIAL
InvestiGO


Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica del mismo.

©Publicaciones Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
investigoeditorial@gmail.com
<https://grupobl.com/2025/01/04/libros-investigo/>
REPOSITORIO



Baño, D., Erazo, F., Oleas, J. (2025) Seguridad industrial y diseño de plantas en la industria láctea. Editorial InvestiGo.

© Darío Javier Baño Ayala
Fredy Patricio Erazo Rodriguez
Julio Mauricio Oleas López

ISBN: 978-9942-48-911-1

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

FILIACIÓN DE AUTORES

Darío Javier Baño Ayala

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correo Electrónico: dbano@espoch.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0831-5384>

Fredy Patricio Erazo Rodriguez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correo Electrónico: fredy.erazo@espoch.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0259-7712>

Julio Mauricio Oleas López

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correo Electrónico: joleasl@espoch.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8576-248X>

EDITORIAL

InvestiGO
→

PRÓLOGO

Desde tiempos antiguos, la leche ha sido un alimento fundamental para la humanidad. Se remonta a las primeras civilizaciones, donde era considerada un don de la naturaleza y un símbolo de fertilidad. Sin embargo, detrás de cada vaso de leche se esconde un complejo proceso industrial que involucra ciencia, tecnología y una rigurosa normativa sanitaria.

Este libro invita a conocer el mundo de la industria láctea, un sector que ha evolucionado significativamente a lo largo de los años. Desde la producción en las granjas, donde la genética y la nutrición animal juegan un papel crucial, hasta los centros de procesamiento, donde la leche se transforma en una amplia gama de productos, en este recorrido descubrirán cada etapa de la cadena de valor.

Exploraremos los sistemas de producción lechera más utilizados en la actualidad, y analizaremos los factores que influyen en la calidad de la leche cruda. Asimismo, profundizaremos en los procesos de ordeño, refrigeración, transporte y recepción de la leche en las plantas industriales. La transformación de la leche en productos lácteos es un arte que combina tradición y tecnología.

Al leer el manuscrito logrará aprender sobre los procesos de pasteurización, homogeneización, fermentación y maduración que se utilizan para obtener una amplia variedad de productos, desde la leche líquida hasta los quesos más sofisticados. Un aspecto

fundamental de la industria láctea es la seguridad alimentaria. Descubrirá los rigurosos controles de calidad que se implementan en cada etapa del proceso, desde la producción en la granja hasta la distribución al consumidor final. La normativa sanitaria y los sistemas de gestión de calidad son esenciales para garantizar la inocuidad de los productos lácteos.

Las instalaciones de las industrias lácteas son estructuras complejas diseñadas para optimizar los procesos de producción y garantizar la higiene. Conoceremos los diferentes tipos de instalaciones, desde las pequeñas plantas artesanales hasta las grandes fábricas industriales, y analizaremos los requisitos técnicos y normativos que deben cumplir.

Este libro pretende ser una generosa contribución al conocimiento, al ofrecer una exhaustiva exploración de los orígenes y desarrollo de la producción, industrialización y comercialización de la leche y los productos lácteos. A través de un enfoque detallado y riguroso, esta obra aborda los aspectos clave que han configurado la evolución de la industria, desde sus inicios hasta las innovaciones tecnológicas y las prácticas de seguridad que caracterizan su presente.

INDICE

PRÓLOGO.....	V
INDICE.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
PRODUCCIÓN LÁCTEA.....	3
1.1 Historia de la leche en el mundo.....	3
1.1.1 Cómo llegó la leche a América (1493)	7
1.1.2 Introducción de la leche en el entorno ecuatoriano	8
1.2 Características de productos lácteos	10
1.2.1 Composición química de productos lácteos	13
1.2.2 Contenido proteico.....	14
1.2.3 Contenido de grasa	15
1.2.4 Carbohidratos y otros.....	16
1.3 Sistemas de producción	17
1.3.1 Anatomía de la glándula mamaria	17
1.3.2 Lactogénesis	19
1.3.3 Lactogénesis I, preparando la maquinaria	20
1.3.4 Lactogénesis II, secreción copiosa de leche	21
1.3.5 Lactogénesis III o galactopoyesis	22
1.3.6 Secreción de la leche en las células secretoras	23
1.3.7 Salas de ordeño	26
1.3.8 Pruebas de calidad de leche	28

1.3.9	El análisis fisicoquímico de la leche.....	29
1.4	Fase de producción	34
1.4.1	Recolección, recepción y almacenamiento de leche cruda.	35
1.4.2	Separación, normalización y homogenización	37
1.4.3	Pasteurización y esterilización.....	38
1.4.4	Elaboración de productos lácteos	40
1.4.5	Envasado y almacenamiento.....	46
CAPÍTULO II.....		48
INSTALACIONES Y MAQUINARIA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA		48
2.1	Diseño de industrias.....	49
2.1.1	Factores en la planificación de la actividad industrial.....	51
2.1.2	Tipo de organización.....	53
2.2	Distribución de planta.....	55
2.2.1	Objetivos básicos de la distribución	56
2.3	Tipos de distribución de planta	57
2.3.1	Distribución en plantas por posición fija	57
2.3.2	Distribución en planta por producto	59
2.3.3	Distribución por proceso.....	60
2.4	Infraestructuras	61
2.4.1	Suelos.....	62
2.4.2	Paredes y techos.....	63
2.4.3	Ventanas y puertas	65

2.4.4	Materiales de construcción	66
2.4.5	La sala de recepción de leche	70
2.4.6	Laboratorio	71
2.4.7	Vestuarios y aseos	72
2.4.8	La sala de elaboración	72
2.4.9	Cámaras	73
2.4.10	La sala de expedición.....	74
2.4.11	Área de la caldera	74
2.5	Equipos de elaboración de productos lácteos	75
2.5.1	Transporte y recepción de le leche.....	76
2.5.2	Bomba de transvase	77
2.5.3	Almacenamiento de la leche	78
2.5.4	Termización	79
2.5.5	Pasteurización	80
2.5.6	Separación por membrana	82
2.5.7	Cuba.....	83
2.5.8	Lactofermentador.....	84
2.5.9	Carro desuerador.....	85
2.5.10	Moldeado	86
2.5.11	Prensa.....	86
2.5.12	Saladero	87
2.5.13	Cámaras	87

2.5.14	Estanterías y cajas	88
CAPÍTULO III		90
SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		90
3.1	Evolución de la seguridad industrial.....	91
3.1.1	Reglamentos de la seguridad industrial	94
3.1.2	Leyes y normativas de seguridad laboral.....	95
3.2	Salud	97
3.2.1	Daños a la salud en la industria	98
3.3	Riesgos mecánicos.....	98
3.3.1	Riesgos mecánicos derivados de la utilización de equipos de trabajo	99
3.3.2	Factores de riesgo	100
3.3.3	Medidas preventivas	101
3.4	Riesgos locativos	102
3.4.1	Edificaciones seguras.....	103
3.4.2	Control del riesgo locativo.....	104
3.4.3	Plan de acción	105
3.5	Higiene industrial.....	105
3.6	Riesgos físicos	106
3.6.1	Ruido.....	106
3.6.2	Iluminación	108
3.6.3	Vibraciones	108
3.6.4	Radiaciones ionizantes y no ionizantes	110

3.7	Riesgos Químicos	111
3.7.1	Vías de entrada de los tóxicos en el organismo	112
3.7.2	Efectos de la toxicidad en el organismo	113
3.7.3	Gestión preventiva frente al riesgo químico	114
3.8	Riesgos biológicos	114
3.8.1	Vías de entrada de los contaminantes biológicos	115
3.8.2	Efectos del riesgo biológico.....	116
3.8.3	Criterios preventivos básicos	116
3.9	Equipos de protección personal	117
3.9.1	Protección para cabeza	117
3.9.2	Protección visual:.....	119
3.9.3	Protección auditiva	120
3.9.4	Protectores respiratorios	120
3.9.5	Protectores corporales.....	121
CAPÍTULO IV.....		123
NORMAS DE SEGURIDAD Y TÉCNICAS PREVENTIVAS DE PROTECCIÓN.....		123
4.1	Clasificación de las normas de seguridad	124
4.1.1	Por su promulgación	124
4.1.2	Por su actuación	125
4.1.3	Por tipo de instalaciones	125
4.1.4	Por su alcance	126
4.1.5	Por su obligatoriedad	127

4.2	Características de las normas	128
4.3	Mecanismo normalizador	130
4.4	Costos en la seguridad y salud en el trabajo	131
4.4.1	Costos directos.....	131
4.4.2	Costos indirectos.....	132
4.4.3	Cálculo del índice de frecuencia.....	134
4.4.4	Cálculo del índice de gravedad.....	135
4.5	Técnicas preventivas, de protección y señalización	137
4.6	Seguridad en el trabajo	138
4.6.1	Aplicación de medidas correctoras	139
4.7	Riesgos ergonómicos	141
4.7.1	Factores de riesgos ergonómicos	142
4.7.2	Medidas preventivas	145
4.7.3	Medicina laboral	146
4.7.4	Técnicas preventivas específicas	147
4.7.5	Principios y usos de señalización	149
4.8	Prevención y protección contra incendios	152
4.9	Origen del fuego	153
4.9.1	El triángulo de fuego	154
4.9.2	El tetraedro del fuego.....	155
4.9.3	Propagación del fuego	157
4.9.4	Clasificación de los fuegos	158

4.9.5	Causas comunes de incendios.....	161
4.9.6	Métodos de extinción.....	162
BIBLIOGRAFÍA		162

INTRODUCCIÓN

La industria láctea constituye un pilar fundamental dentro del sector agroindustrial, desempeñando un rol esencial en la economía global y el suministro de alimentos nutritivos a la población. Este libro, titulado Industria Láctea: Producción, Procesamiento, Instalaciones y Seguridad, ofrece una exploración exhaustiva y detallada de los diversos componentes que conforman este dinámico sector. A lo largo de sus capítulos, se abordan los aspectos más relevantes de la producción láctea, desde el manejo del ganado productor hasta los procesos tecnológicos que transforman la leche en una amplia variedad de productos finales, todos ellos con un enfoque en la calidad, la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.

En la sección dedicada a la producción láctea, se examinan las características fundamentales de los productos lácteos, así como los sistemas de producción empleados. Se incluye un análisis sobre la influencia de factores como la genética, la alimentación, la salud del ganado y el manejo de las granjas en la calidad de la leche. Además, se destacan las innovaciones tecnológicas y prácticas sostenibles que están transformando la manera en que la leche se produce y se lleva al mercado, alineándose con los crecientes estándares medioambientales y las demandas del consumidor moderno.

El procesamiento industrial es otro de los ejes temáticos de esta obra, con un enfoque detallado en las etapas que comprenden la transformación de la leche cruda en productos terminados. Se

exploran las técnicas de pasteurización, esterilización, fermentación y almacenamiento, así como los controles de calidad y los parámetros que aseguran la inocuidad y el valor nutricional de los productos lácteos. Este apartado también abarca los estándares regulatorios y las normativas nacionales e internacionales que rigen la producción y comercialización en el sector.

El diseño de instalaciones y la selección de maquinaria especializada son aspectos cruciales para una operación eficiente y competitiva. Este libro ofrece una guía completa sobre la planificación de plantas industriales, considerando la distribución del espacio, el diseño ergonómico, la logística y el cumplimiento de normativas específicas. Asimismo, se proporcionan ejemplos prácticos sobre la configuración de equipos para la producción de quesos, yogures, leche en polvo y otros derivados, promoviendo la eficiencia energética y la reducción de desperdicios.

Un capítulo clave está dedicado a la seguridad e higiene industrial, esenciales no solo para la calidad del producto, sino también para el bienestar de los trabajadores y la sostenibilidad operativa. En este sentido, se abordan exhaustivamente los riesgos asociados a la operación de equipos y al manejo de sustancias químicas, junto con estrategias para prevenir accidentes y enfermedades laborales. Las prácticas de limpieza y desinfección, así como los protocolos de gestión de riesgos, forman parte integral de esta sección, ofreciendo un enfoque práctico y basado en evidencias para garantizar un entorno seguro y saludable.

Capítulo I

1 PRODUCCIÓN LÁCTEA

La producción láctea ha sido una actividad fundamental en la historia de la humanidad, evolucionando desde prácticas rudimentarias hasta convertirse en una industria altamente sofisticada. Inicialmente centrada en la domesticación de animales como cabras, ovejas y vacas, esta práctica se diversificó con el tiempo, desarrollando técnicas avanzadas de ordeño, procesamiento y conservación. La introducción de tecnologías como la pasteurización y la homogeneización marcó hitos significativos, mejorando la calidad y seguridad de los productos lácteos. La evolución de la producción láctea no solo refleja cambios culturales y tecnológicos, sino también avances en la gestión ganadera y la sostenibilidad, moldeando su desarrollo a lo largo de milenios.

1.1 Historia de la leche en el mundo

Desde tiempos remotos, el consumo de productos lácteos ha experimentado una notable evolución. Los nómadas del período neolítico lograron domesticar cabras y ovejas aproximadamente hace 9.000 años en las regiones del Mediterráneo Oriental. Sin embargo, las evidencias de consumo lácteo por parte de los humanos no aparecen hasta unos mil años después de esta domesticación. Se estima que alrededor de 8.500 años atrás comenzó la producción inicial de leche destinada al consumo humano. No obstante, es

aproximadamente hace 7.000 años cuando se documentan las primeras grandes producciones de leche de vaca, cabra y oveja, especialmente en áreas como el noreste de Anatolia.

Los registros más antiguos sobre el uso de la leche como alimento provienen de Sumeria y Babilonia, donde se reconocía su valor nutritivo y se asociaba con prosperidad. En la sociedad hebrea, la riqueza de un individuo se medía a menudo por la cantidad de leche producida por sus rebaños, destacando la importancia de la ganadería lechera en la economía y cultura de la época. La vaca, en particular, fue venerada como un animal sagrado.

Su máxima expresión se denota en la India, donde el bovino se convirtió en un símbolo de riqueza y pureza, ocupando el primer lugar en los registros de bienes materiales. Hasta tiempos recientes, las vacas gozaban de privilegios especiales, como tener prioridad en las vías urbanas de ciudades como Calcuta y Nueva Delhi, reflejando su estatus sagrado en la sociedad.

En la antigua Grecia, la leche provenía principalmente de cabras y ovejas, especies que se adaptaban mejor al clima local. La leche se destinaba principalmente a la elaboración de quesos, con una marcada preferencia por el queso fresco. La literatura griega, como "La Odisea" de Homero, refleja la importancia de los productos lácteos, mencionando cómo la diosa Afrodita alimentaba a los huérfanos con queso, miel y vino, destacando una connotación divina del consumo lácteo. Hipócrates, el padre de la medicina, también

reconocía el valor de la leche, utilizándola como tratamiento para diversos males, incluyendo el envenenamiento (Homero, 2016).

Los romanos, por su parte, consideraban la leche y sus derivados como elementos esenciales de su dieta. La leche y el queso eran ampliamente utilizados en la cocina romana. La leyenda de Rómulo y Remo, amamantados por una loba, subraya la simbología del alimento lácteo en la cultura romana. La expansión del Imperio Romano contribuyó a la difusión del consumo de queso, especialmente de leche de oveja y cabra, a lo largo de Europa (Pereyra, 2022).

Durante la Edad Media, la producción de queso se concentró en los monasterios, donde los monjes perfeccionaron técnicas de elaboración y conservación. En el siglo XV, Suiza se destacó por el desarrollo de mercados de productos lácteos, siendo pionera en la industria lechera europea. Estos avances históricos no solo transformaron la dieta humana, sino que también sentaron las bases para la moderna industria láctea, con sus sofisticadas técnicas de procesamiento y manejo ganadero.

Con la consolidación de los asentamientos humanos en las ciudades, surgió la necesidad de conservar alimentos, especialmente la leche, para extender su vida útil. Por lo que, se desarrollaron métodos como la elaboración de queso, pero el suministro de leche fresca en las áreas urbanas era un desafío debido a las limitaciones en su conservación confiable. Sin embargo, este problema cambió con los

descubrimientos de Louis Pasteur, quien introdujo la pasteurización, un proceso térmico que prolonga la conservación de la leche y garantiza su inocuidad. En la Figura 1 se puede observar la elaboración de queso en la edad media.



Figura 1: *Elaboración de quesos en la edad media.*

Fuente: *(Gran Canaria, 2021).*

El enfriamiento de la leche emergió como un factor clave que facilitó el desarrollo de la producción industrial de leche y sus derivados. Estos avances han dado lugar a una cadena productiva lechera altamente desarrollada, caracterizada por el control de calidad, la innovación, la investigación, y la provisión de productos nutritivos y seguros. La industrialización del sector lácteo se ha convertido en un motor de desarrollo económico de primer orden en numerosos países.

1.1.1 Cómo llegó la leche a América (1493)

Tras el descubrimiento de América, los colonizadores europeos, enfrentados a largas travesías marítimas en busca de nuevas tierras y riquezas ausentes en Europa, recurrieron a Holanda para abastecer sus nuevas tierras con ganado rústico de alta producción. Los mercantes, que en ese entonces utilizaban pequeñas carabelas, transportaban vacas que servían para proveer leche y carne a las colonias. Las primeras vacas introducidas en el Nuevo Mundo fueron vendidas por los capitanes de estos barcos. Por ende, el ganado lechero holandés adquirió renombre debido a su capacidad productiva, incrementando la demanda en las colonias (Chiriboga, López, Mora, & Merino, 2017).

En el segundo viaje de Cristóbal Colón, llegaron a América varios animales domésticos, traídos por los españoles y que tenían sus raíces en Europa, Asia y África. En esta expedición, se introdujeron las primeras vacas y cabras, lo que marcó el inicio de la producción de leche en el Nuevo Mundo. Al descubrir este nuevo recurso animal, las poblaciones nativas reconocieron rápidamente el valor nutritivo de la leche, que hasta entonces solo conocían a través de la lactancia materna. Este ganado no solo mejoró la provisión alimentaria, sino que también impulsó el desarrollo de una incipiente industria láctea en el continente americano, sentando las bases para futuras mejoras genéticas y prácticas de manejo ganadero (Rodrigo, 2015).

La ganadería bovina en sus inicios era tan básica como la agricultura de la época, caracterizándose por el uso de ganado con limitada calidad genética y técnicas de manejo rudimentarias. No se utilizaban establos ni pesebreras, y el ordeño se realizaba manualmente, generalmente una vez al día. La principal diferencia en el manejo del ganado se basaba en la ubicación: el ganado lechero se pastoreaba en llanuras cercanas a las casas de las haciendas para facilitar el ordeño, mientras que el ganado destinado a la producción de carne recibía cuidados mínimos. Esta distinción reflejaba una aproximación funcional y adaptada a las limitaciones tecnológicas y de conocimiento de la época (Chiriboga, López, Mora, & Merino, 2017). En la Figura 2 se observa la ganadería en la América colonial.



Figura 2: Ganadería en américa colonial.

Fuente: (Historia Universal, 2023).

1.1.2 Introducción de la leche en el entorno ecuatoriano

En 1450, antes de la llegada de los primeros colonizadores europeos, el paisaje natural del país era significativamente distinto al actual. En

ese tiempo, el territorio ecuatoriano estaba cubierto por una densa vegetación endémica que variaba según la altitud, con escasas alteraciones humanas. Amplias extensiones de selvas, bosques nublados y secos, matorrales y pajonales dominaban el paisaje.

La mayor parte de la población residía en la zona andina, entre los 2.500 y 3.100 metros sobre el nivel del mar. Se estima que había aproximadamente 1.5 millones de habitantes, que se concentraban principalmente en áreas desde Pasto hasta el Azuay. El favorable régimen de lluvias en la sierra ecuatoriana permitía a los habitantes andinos cultivar sin la necesidad de sistemas de riego o canales, aprovechando los diversos y extensos territorios con suelos fértiles para seleccionar los mejores momentos y lugares para sus cultivos.

El primer ganado bovino en llegar al territorio ecuatoriano fue introducido por los conquistadores españoles en el siglo XVI. Estos animales fueron transportados en barcos desde España y otros territorios coloniales, como el Caribe, y se asentaron inicialmente en las áreas de clima más favorable para la ganadería, como las regiones costeras y valles andinos. Con el tiempo, el ganado se fue adaptando a las condiciones locales y se expandió a otras regiones del país. La introducción del ganado transformó significativamente las prácticas agrícolas y la economía local, ya que la ganadería se convirtió en una actividad económica importante (Ayala, 2008).

1.2 Características de productos lácteos

Los productos lácteos son fundamentales en la dieta humana, ofreciendo una rica fuente de nutrientes esenciales como calcio, proteínas, vitaminas y minerales. Estos productos, que incluyen leche, queso, yogur, mantequilla y crema, se distinguen por sus características organolépticas como sabor, textura y aroma, que varían según el tipo de leche utilizada, el proceso de elaboración y los ingredientes adicionales. La calidad de los productos lácteos también se ve influenciada por factores como la salud del ganado, su raza, estado de lactancia, entorno físico, estación del año, las condiciones de almacenamiento y las técnicas de procesamiento como la pasteurización y la homogeneización, que aseguran su seguridad y conservación.

Existen una variedad de productos lácteos entre los cuales se pueden mencionar:

La leche líquida es considerada el producto más consumido, producido y comercializado en todo el mundo. Este grupo abarca una variedad de opciones, entre ellas la leche pasteurizada, que ha sido tratada para eliminar microorganismos patógenos; la leche desnatada, que tiene reducido contenido de grasa; la leche normalizada, ajustada en su composición para cumplir con estándares específicos; la leche reconstituida, elaborada a partir de leche en polvo y agua; y la leche de larga duración (UHT), que se somete a un tratamiento térmico para prolongar su vida útil sin necesidad de refrigeración (FAO, 2024).

Las leches fermentadas se obtienen a través de la fermentación de la leche mediante microorganismos específicos, lo que les confiere propiedades sensoriales y nutricionales únicas. Aunque el yogur es el más popular, existen otras variedades como el kéfir, cada una con sus propias características y beneficios para la salud. La fermentación también puede aumentar la digestibilidad de la leche y enriquecerla con probióticos, que son microorganismos beneficiosos para la salud digestiva y el sistema inmunológico (González, 2020).

Los quesos se elaboran mediante la coagulación de la proteína de la leche, conocida como caseína, que se separa del suero durante el proceso de producción. Existen cientos de variedades de queso, muchas de las cuales son emblemáticas de regiones específicas del mundo. Sin embargo, la mayor parte de la producción de queso se concentra en los países desarrollados. Pueden clasificarse en varias categorías, como quesos duros, semiduros, blandos, y pueden ser madurados o no madurados, dependiendo del proceso de envejecimiento al que se sometan (FAO, 2024).

La mantequilla es un producto graso derivado de la leche. Caracterizado por tener un contenido de grasa láctea que oscila entre el 80% y el 90%. Además, contiene un máximo de 16% de agua y hasta un 2% de sólidos no grasos o materia láctea seca. Este alto contenido de grasa le confiere su textura suave y cremosa, así como su sabor distintivo, que varía según factores como el tipo de leche utilizada, la dieta de los animales y los métodos de procesamiento aplicados (FAO, 2024).

La leche condensada se produce al eliminar una parte significativa del agua de la leche, ya sea entera o desnatada. Este proceso incluye un tratamiento térmico para asegurar la seguridad alimentaria, seguido de la concentración de la leche para aumentar su densidad y dulzura natural. La leche condensada se presenta en dos variantes principales: con y sin azúcar añadido, aunque la versión endulzada es la más común en el mercado (FAO, 2024).

Las leches evaporadas se elaboran mediante la eliminación de una parte del agua presente en la leche, que puede ser entera o desnatada. Este proceso de producción incluye un tratamiento térmico que asegura la estabilidad y seguridad bacteriológica del producto. A diferencia de la leche condensada, la leche evaporada no suele estar endulzada, lo que la convierte en una opción versátil para diversas aplicaciones culinarias (ASTURIANA, 2022).

La leche en polvo es un producto lácteo completamente deshidratado, con un contenido de agua que no supera el 5% del peso del producto final. Se obtiene mediante la eliminación casi total del agua de la leche, ya sea entera o parcialmente desnatada. Este proceso de deshidratación permite la conservación de la leche en un formato seco y estable, facilitando su almacenamiento y transporte (InfoAlimenta, 2022)

La nata es la fracción de la leche que contiene un alto contenido de grasas. Se obtiene mediante un proceso de descremado o centrifugado de la leche, que separa la grasa del resto de los

componentes líquidos. Existen diversos tipos de nata, cada uno con sus usos específicos en la cocina. Entre ellos se encuentran la nata recombinada, que se produce mezclando crema deshidratada con agua, y la nata reconstituida, que se elabora a partir de leche en polvo y grasa láctea (FAO, 2024).

El lactosuero, también conocido como suero de leche, es un producto lácteo que se genera durante el proceso de fabricación del queso. Se obtiene al separar el coágulo formado en la leche, que puede ser entera, semidescremada o con crema, utilizando un tratamiento ácido o enzimático. Las enzimas, como el cuajo (renina, una enzima digestiva presente en los rumiantes), actúan sobre la leche para descomponer su sistema coloidal, resultando en dos componentes distintos: una parte sólida (el coágulo, que forma el queso) y una líquida (el lactosuero) (Poveda, 2019).

La caseína es la proteína más abundante en la leche y tiene un amplio uso en diversas industrias debido a sus propiedades funcionales. Se extrae principalmente de la leche desnatada a través de un proceso de precipitación, que puede ser inducido mediante la adición de cuajo o por el uso de bacterias seguras que producen ácido láctico (FAO, 2024).

1.2.1 Composición química de productos lácteos

En la Tabla 1 se visualiza la distribución de los principales componentes químicos en diversos productos lácteos, destacando las

variaciones en la proporción de proteínas, grasas y carbohidratos entre diferentes tipos de leche y derivados.

Tabla 1: Composición química de la leche y algunos derivados por 100 gramos.

Componentes	Leche entera	Yogur natural	Quesillo	Queso Gouda
Energía (Kcal)	61	61	103	356
Agua (g)	88	88	79	41
Proteína (g)	3,2	3,5	12,5	24,9
Grasa (g)	3,3	3,3	4,5	27,4
Grasa saturada(g)	1,9	2,1	2,9	17,6
Grasa monoinsaturada (g)	0,8	0,9	1,3	7,7
Grasa poliinsaturada (g)	0,2	0,1	0,1	0,7
Colesterol (mg)	10	13	15	114
Sodio (mg)	43	46	405	819
Carbohidratos (g)	4,8	4,7	2,7	2,2
Vitaminas	Vitamina B ₁₂ , Riboflavina, Vitamina A, Niacina, Vitamina B ₆			
Minerales	Calcio, Zinc, Fósforo, Magnesio, Yodo			

Fuente: (Astiasaran & Martínez, 2003).

1.2.2 Contenido proteico

El contenido proteico de los productos lácteos es un aspecto clave que contribuye a su valor nutricional. La mayoría de estos productos se derivan del procesamiento de la leche de vaca, que está compuesta principalmente de agua y contiene aproximadamente un 4,8% de lactosa, un 3,2% de proteínas, un 3,7% de grasas, un 0,19% de compuestos no proteicos, y alrededor de un 0,7% de cenizas.

Las proteínas de la leche se dividen en varias familias principales: caseínas, proteínas del suero de leche e inmunoglobulinas. Las caseínas representan casi el 80% del contenido proteico total de la leche. Estas proteínas se presentan en varias formas, incluyendo α_1 , α_2 -, β - y κ -caseína, y forman estructuras llamadas micelas junto con el calcio, que son cruciales para la estabilidad de la leche y para la fabricación de productos como el queso.

Por otro lado, las proteínas del suero de leche, que constituyen aproximadamente el 20% restante de las proteínas de la leche, incluyen componentes como la α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina. Estas proteínas no se asocian en micelas como las caseínas, sino que forman glóbulos y tienen diferentes propiedades fisiológicas y biológicas. Además de las principales proteínas, el suero de leche contiene inmunoglobulinas, glicomacropéptidos, albúmina sérica, lactoferrina, y una variedad de enzimas (García & Montiel, 2014).

1.2.3 Contenido de grasa

La grasa de la leche se distingue por su alto contenido en ácidos grasos saturados, que constituyen aproximadamente el 65% del total. Sin embargo, también incluye una proporción significativa de ácidos grasos insaturados, que representan entre el 30% y 35% del contenido graso. Dentro de estos ácidos grasos insaturados, predominan los monoinsaturados, siendo el ácido oleico el más notable, presente en un 20% a 22% de la grasa total de la leche. Esta composición única

de ácidos grasos es fundamental para las propiedades físicas y organolépticas de los productos lácteos, influenciando su textura, sabor, y estabilidad.

Los glóbulos de grasa en los productos lácteos están encapsulados por una membrana específica conocida como la membrana de glóbulo de grasa de la leche (MFGM). Esta membrana desempeña un papel crucial en la digestibilidad y absorción de las grasas lácteas, además de aportar componentes bioactivos que pueden tener efectos beneficiosos para la salud.

1.2.4 Carbohidratos y otros

El principal carbohidrato presente en la leche es la lactosa, que constituye aproximadamente el 5% de su composición. La lactosa es un disacárido compuesto por dos monosacáridos, la galactosa y la glucosa. Este azúcar representa cerca del 54% de los sólidos no grasos totales de la leche y proporciona alrededor del 30% de su contenido calórico. Una característica importante de la lactosa es que, bajo ciertas condiciones, puede fermentar y transformarse en ácido láctico, especialmente cuando la leche se agria, lo que es un proceso fundamental en la producción de lácteos fermentados como el yogur y el queso.

Además de su contenido en lactosa y proteínas, la leche es una fuente rica en minerales y vitaminas esenciales. Es especialmente notable por su aporte de calcio, un mineral vital para la salud ósea y dental,

así como fósforo, magnesio y potasio, que desempeñan roles críticos en el mantenimiento de la salud celular y el equilibrio electrolítico.

Por ende, la leche es una buena fuente de vitaminas del grupo B, incluyendo la vitamina B12, riboflavina (B2), y niacina (B3), que son cruciales para el metabolismo energético y la salud del sistema nervioso. También contiene cantidades significativas de vitamina A, que es importante para la visión y la salud de la piel, y vitamina D, que ayuda en la absorción del calcio y la salud ósea (García, Montiel, & Borderas, 2021).

1.3 Sistemas de producción

El sistema de producción de productos lácteos involucra diversas etapas críticas para asegurar la calidad y seguridad del producto final. Comienza con la recolección, recepción y almacenamiento de leche cruda, seguido por procesos de separación, normalización y homogenización para ajustar sus componentes. La pasteurización y esterilización juegan un papel vital en la eliminación de microorganismos nocivos.

1.3.1 Anatomía de la glándula mamaria

La unidad funcional de las glándulas mamarias son los alveolos, los cuales son esenciales para la secreción láctea. Estos alveolos se forman durante el desarrollo embrionario a partir del ectodermo, la misma capa germinal que origina la piel y el sistema nervioso.

Adyacente a los alveolos se desarrollan los pezones, que actúan como conexiones entre el sistema secretor interno y el exterior. Como se observa en la Figura 3 el corte transversal de la glándula mamaria.

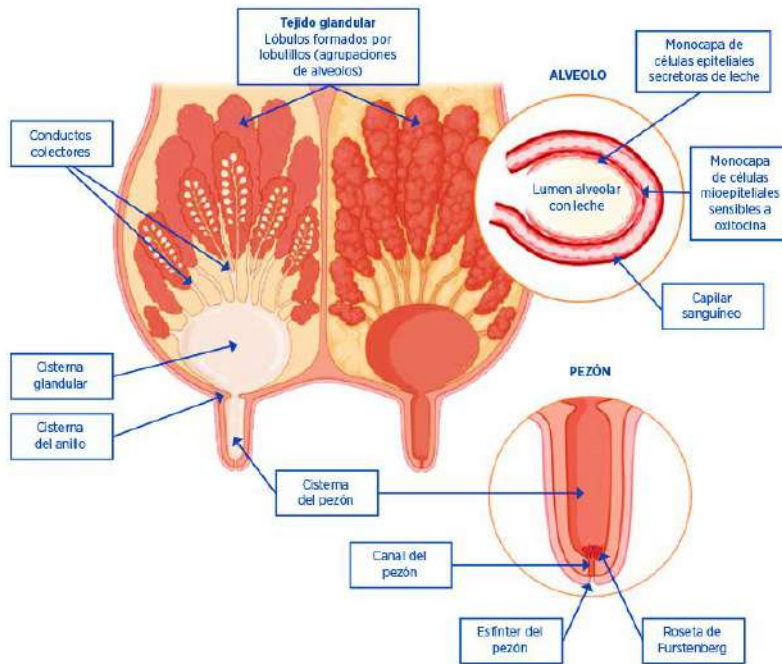


Figura 3: Corte transversal de la glándula mamaria.

Fuente: (RumiNews, 2022).

La transferencia de la leche ocurre a través de los conductos que conectan los alveolos con los pezones, facilitando así el paso del líquido. En vacas, los pezones presentan aberturas por las cuales la leche es expulsada.

Para almacenar grandes volúmenes de leche antes del ordeño, las vacas han evolucionado cisternas especializadas, situadas ventralmente en la glándula mamaria, hacia las cuales convergen todos los conductos. Estas cisternas cumplen la función de

almacenamiento. Las vacas poseen dos pares de glándulas mamarias, conocidas como "cuatro cuartos", que conforman la estructura general llamada ubre.

Debido a la alta producción láctea, las vacas han desarrollado mecanismos anatómicos especializados para soportar el peso de la ubre. Esto incluye el ligamento suspensorio interno y el ligamento suspensorio lateral, los cuales sostienen la ubre, que puede alcanzar hasta 25 kg justo antes del ordeño. Anomalías en estos ligamentos pueden ocasionar problemas en la ubre.

1.3.2 Lactogénesis

La lactogénesis es la capacidad de sintetizar lactosa, implicando un periodo de transición en el cual las células del tejido mamario sufren una diferenciación funcional, pasando de un estado no secretor a uno lactante y secretor. Este proceso se divide en tres fases distintas:

Lactogénesis I o fase de activación secretoria: En esta etapa inicial, además de la diferenciación celular y enzimática, ocurre la producción de calostro, que es la primera forma de leche producida, rica en anticuerpos y nutrientes esenciales para el recién nacido.

Lactogénesis II o fase de activación secretoria activa: Caracterizada por una secreción abundante de leche madura, esta fase incluye la estabilización de la producción de leche que satisface las necesidades nutricionales del lactante (McManaman, 2014).

Lactogénesis III (Etapa de Mantenimiento o Galactopoyesis): Se extiende desde el día 9 posparto en adelante y se mantiene mientras la lactancia continúe. En esta etapa, la producción de leche se regula principalmente por la demanda del bebé a través de la succión, lo que activa la prolactina y la oxitocina para producir y liberar leche de forma constante (Olivera, Huertas, Vargas, & Guzmán, 2020)

Tabla 2. Diferenciación celular durante la Lactogénesis I Y II.

Diferenciación secretoria	
Lactocito preparto	Lactocito lactante
Núcleo grande, irregular y disperso	Núcleo mediano, redondeado ubicación basal
Retículo endoplásmico liso pequeño	Hipertrofia
Aparato de Golgi pequeño	Incremento de microvellosidades
Escasas microvellosidades	Aumento del número de mitocondrias
Escasas mitocondrias	Aumento de gotas lipídicas
Escasas gotas lipídicas	Numerosas vesículas secretorias
Escasas micelas de caseína	Aumento en las micelas de caseína

Fuente: (Hurley, 2013).

1.3.3 Lactogénesis I, preparando la maquinaria

Las células epiteliales mamarias (CEM), también llamadas lactocitos, pasan por una diferenciación enzimática y celular que las prepara para la secreción de leche. Durante este periodo, las organelas dentro de las células se reorganizan hacia la base de las CEM, en un proceso llamado polarización. Además, se produce calostro, que contiene componentes de la leche e inmunoglobulinas maternas (McManaman, 2014).

Pocos días antes del parto, el tamaño y la cantidad de ciertas organelas aumentan significativamente, y se forman vesículas

secretoras (VS) y gotas de lípidos, que posteriormente son liberadas en el lumen alveolar. La diferenciación y la actividad de las CEM están influenciadas por las concentraciones de ADN y ARN, donde una relación ARN/ADN menor a 1 indica un estado no secretorio. Durante la diferenciación, esta relación aumenta, reflejando una mayor transcripción de genes necesarios para la producción de leche.

Los cambios en esta etapa incluyen la síntesis de enzimas como la Acetil-CoA carboxilasa y el ácido graso sintasa, así como el incremento de sistemas de transporte para aminoácidos, glucosa, ácidos grasos, proteínas y otros sustratos esenciales para la síntesis de lactosa. Además, hay un aumento en la producción de proteínas como la α -lactoalbúmina, la caseína y la β -lactoglobulina, componentes clave de la leche.

Durante esta fase, la alta concentración de potasio en las CEM provoca que el sodio (Na^+) del fluido extracelular se acumule alrededor de las células. Sin embargo, debido a la falta de uniones estrechas entre las CEM, el agua y el sodio pueden filtrarse hacia el lumen alveolar, mientras que la lactosa puede moverse hacia el fluido extracelular (Truchet & Honvo-Houéto, 2017).

1.3.4 Lactogénesis II, secreción copiosa de leche

En las vacas, la fase de secreción abundante de leche, conocida como Lactogénesis II, comienza aproximadamente cuatro días antes del parto y continúa hasta dos o tres días después del nacimiento. Durante

esta fase, los niveles plasmáticos de progesterona, que actúan como inhibidores, disminuyen, mientras que las concentraciones de prolactina, glucocorticoides y estrógenos, que están relacionados con el parto, aumentan.

Simultáneamente, se completa el sellado de las uniones estrechas entre los lactocitos, lo que incrementa la cohesión entre estas células y previene el intercambio de solutos entre el lumen alveolar y la membrana basolateral. Este sellado evita que la lactosa se desplace desde el lumen alveolar hacia el espacio intercelular basal, y también impide el paso de sodio (Na^+) hacia el lumen alveolar (Anderson et al., 2007). El fortalecimiento de estas uniones estrechas es considerado un evento celular crucial que señala el inicio de la segunda etapa de la lactogénesis (Huertas-Molina, Vargas, & Olivera-Angel, 2020).

1.3.5 Lactogénesis III o galactopoyesis

El funcionamiento adecuado del eje hipotálamo-hipofisario, encargado de regular la secreción de prolactina y oxitocina, es crucial tanto para el inicio como para el mantenimiento de la lactancia. Tras el parto, la estimulación del pezón se convierte en el principal mecanismo para la liberación de prolactina. Una estimulación más temprana y frecuente al inicio incrementa la cantidad de receptores de prolactina, lo que contribuye a un mayor éxito en la lactancia. Los niveles de prolactina aumentan después de cada toma de leche (en

una liberación de tipo pulsátil), preparando una nueva producción para las siguientes tomas.

Durante la succión, la liberación de oxitocina activa los receptores hormonales en las células mioepiteliales, lo que permite la expulsión de la leche desde los alvéolos hacia los conductos lactíferos y al exterior. La secreción de oxitocina, al ser más continua, tiene además un efecto relajante y sedante, facilitando el fortalecimiento del vínculo emocional entre la madre y su bebé.

A nivel local, la producción de leche está determinada por el aumento de la presión intraalveolar y por la acción del factor inhibidor de la lactogénesis. Si la leche no es extraída, la presión dentro de la mama incrementa, lo que reduce el flujo sanguíneo y limita la llegada de hormonas esenciales, llegando incluso a provocar la involución de la glándula mamaria. El factor inhibidor de la lactogénesis es una proteína que actúa directamente sobre las células, disminuyendo tanto la producción de leche como la sensibilidad a la prolactina en ausencia de un vaciado frecuente (Olivera, Huertas, Vargas, & Guzmán, 2020).

1.3.6 Secreción de la leche en las células secretoras

La producción de leche por las células secretoras es un proceso constante que implica numerosas reacciones bioquímicas. A medida que la leche se acumula entre ordeños, la presión en el alvéolo aumenta, lo que reduce la síntesis de leche. Por esta razón, se

recomienda ordeñar a las vacas de alta producción cada 12 horas, preferiblemente temprano en la mañana y al final de la tarde. Realizar el ordeño tres veces al día puede incrementar la producción de leche entre un 10 y un 15%, ya que reduce la presión acumulada en la ubre.

Las células secretoras actúan como fábricas complejas que utilizan glucosa, a pesar de que esta se fermenta en el rumen a ácidos grasos volátiles. El hígado convierte el ácido propiónico en glucosa, la cual es transportada por la sangre hasta la ubre. Entonces, la glucosa es utilizada por las células secretoras como fuente de energía, para la construcción de galactosa y lactosa, y como fuente de glicerol necesario para la síntesis de grasas. En la Figura 4 se muestra el resumen de la secreción de la leche.

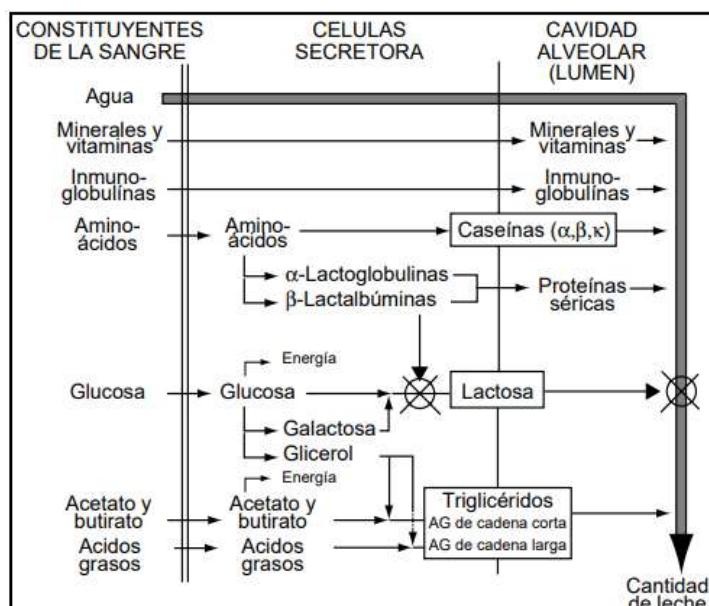


Figura 4: Resumen de la secreción de le leche en las células secretoras.

Fuente: (Wattiaux, 2019).

Síntesis de lactosa: La producción de lactosa es regulada por una enzima llamada sintetasa de lactosa, que incluye una subunidad conocida como α -lactoalbúmina, presente en la leche como una proteína sérica.

Regulación del volumen de leche: La cantidad de leche producida se determina principalmente por la cantidad de lactosa sintetizada en la ubre. La secreción de lactosa en los alvéolos aumenta la presión osmótica, atrayendo agua de la sangre hacia la leche en formación. La lactosa, que constituye alrededor del 4.5-5% de la leche, actúa como un regulador del volumen de agua.

Síntesis de proteínas: Las caseínas en la leche se sintetizan a partir de aminoácidos de la sangre, bajo la dirección del ADN. Estas proteínas se agrupan en micelas antes de ser liberadas en el lumen alveolar. La α -lactoalbúmina regula la cantidad de lactosa y, por lo tanto, de leche producida.

Inmunoglobulinas: Sintetizadas por el sistema inmune, estas proteínas grandes son transferidas de la sangre a la leche, especialmente durante la producción de calostro. La permeabilidad a las inmunoglobulinas disminuye al comenzar la lactancia.

Síntesis de grasa: El acetato y el butirato del rumen son utilizados para formar ácidos grasos de cadena corta en la leche. El glicerol necesario para formar triglicéridos proviene de la glucosa. La dieta influye en la composición de grasa de la leche, ya que la fibra afecta

la producción de acetato, que a su vez impacta la proporción de grasa en la leche. Aproximadamente la mitad de los ácidos grasos en la leche provienen de la dieta, lo que permite modificar la composición de la grasa en la leche mediante ajustes en la alimentación de la vaca (Wattiaux, 2019).

1.3.7 Salas de ordeño

El ordeño mecánico tiene como objetivo principal obtener leche que cumpla con los estándares de calidad fisicoquímica e higiénico-sanitaria requeridos por las industrias lácteas, conforme a las normativas vigentes. Además, este método busca mejorar las condiciones laborales y económicas de los ganaderos al optimizar el proceso de ordeño. Se muestra en el Figura 5 el ordeño mecánico del ganado.



Figura 5: Ordeño mecánico del ganado.

Fuente: (Intagri, 2021).

El rendimiento y la eficiencia de un sistema de ordeño mecánico dependen de varios factores. Entre estos se incluyen aspectos relacionados con el animal, como su nivel de producción, la conformación de la ubre y su adaptación al sistema de ordeño mecánico. También son importantes las habilidades del ordeñador, como la rutina aplicada y la experiencia, y las características del equipo de ordeño, como su diseño, dimensión, configuración de la sala de espera, equipamiento, y parámetros técnicos de la máquina de ordeño.

Existen diversos tipos de sistemas de ordeño mecánico, que se clasifican según su grado de mecanización, la configuración física de la sala de ordeño y otras características específicas. Estos sistemas incluyen:

Instalación móvil: Se trata de sistemas portátiles que pueden ser trasladados a diferentes ubicaciones, permitiendo mayor flexibilidad en el manejo del ganado.

Instalación fija: Dentro de esta categoría, se encuentran varios subtipos.

- Sistema Lineal (Sistema Casse): Disposición lineal de los puestos de ordeño.
- Amarres autoblocantes: Sistemas que aseguran el ganado en su lugar durante el ordeño.
- Amarres de salida rápida: Diseñados para liberar a los animales de manera eficiente una vez finalizado el ordeño.

- Rotativas: Plataformas giratorias que permiten el ordeño continuo, facilitando el manejo de grandes cantidades de animales de manera eficiente (WestfaliaSurge Ibérica S.L, 2019).

1.3.8 Pruebas de calidad de leche

Las pruebas de calidad de la leche son procedimientos esenciales en la industria láctea que buscan asegurar que el producto cumpla con estándares específicos de pureza, seguridad y valor nutritivo. Estas pruebas se realizan tanto en la granja como en los centros de acopio y procesamiento, y son fundamentales para garantizar la salubridad del producto y la satisfacción del consumidor.

El análisis sensorial: se realiza en los siguientes parámetros.

Color: La leche suele tener un color blanco opalescente, que puede tornarse cremoso si tiene un alto contenido de grasa. Cualquier desviación hacia tonos rojos, rosados, pardos, amarillos excesivos o un aspecto translúcido se considera un defecto.

Olor: La leche debe poseer un aroma característico y no presentar olores inusuales como jabón, quemado, ensilado o estiércol, ya que estos indican contaminación o deterioro.

Sabor: Debe ser distintivo de la leche. Sabores como rancio, quemado, ensilado, detergente o excretas son considerados anormales. Es importante señalar que esta prueba sensorial rara vez

se realiza en centros de acopio debido al riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas (Vásquez-Castillo, 2018).

1.3.9 El análisis fisicoquímico de la leche

Es crucial para evaluar su calidad y asegurar que cumpla con los estándares requeridos. Este análisis incluye varias pruebas, cada una dirigida a aspectos específicos de la composición y propiedades de la leche:

Prueba de alcohol al 72%: Esta prueba mide la estabilidad de la caseína, una proteína clave en la leche. Se utiliza alcohol para desestabilizar las micelas de caseína; si estas precipitan, formando grumos, la leche es considerada inadecuada para procesos térmicos y se rechaza en la recepción. En la Figura 6 se muestra el Resultado de la prueba de alcohol al 72%: positivo (izquierda), negativo (derecha).



Figura 6: Resultado de la prueba de alcohol al 72%

Fuente: (Urbina, 2022).

Titulación de acidez: La acidez de la leche se evalúa en dos formas: acidez aparente (debida a los componentes naturales de la leche) y acidez titulable (resultado de la fermentación de lactosa en ácido láctico). Un método colorimétrico con fenolftaleína detecta si la acidez excede el rango aceptable de 1.3 a 1.6 g/L. Leche que supera este límite es rechazada. En la Figura 7 se observa el color ligeramente rosa (derecha) en la prueba de titulación de acidez.



Figura 7: Prueba de titulación de acidez.

Fuente: (Urbina, 2022).

Determinación de grasa, proteína y sólidos no grasos (SNG): Analizadores lácteos infrarrojos han reemplazado métodos tradicionales como Gerber y Kjeldahl para medir estos componentes. La leche debe contener al menos 30 g/L de grasa y proteína y 8.62 g/L de SNG. Leche con niveles insuficientes es rechazada, mientras que la que excede puede recibir incentivos económicos.

Densidad láctea: Esta medida, que depende de la cantidad de sólidos en la leche, se realiza con un lactodensímetro a una temperatura

específica. La densidad mínima aceptable es de 1.0295 g/L; valores inferiores indican insuficientes sólidos y son motivo de rechazo.

Punto crioscópico: Esta prueba determina si la leche ha sido adulterada con agua, midiendo su punto de congelación. La leche tiene un punto de congelación estándar de 0.535 °C; desviaciones de este valor indican dilución y resultan en el rechazo del producto (Urbina, 2022).

El análisis sanitario de la leche: Es crucial para evaluar su calidad higiénica y, por ende, su valor comercial y seguridad para el consumo humano.

Este análisis incluye varias pruebas clave:

Conteo de células somáticas (CCS): El CCS mide la cantidad de células de defensa presentes en la leche. Aunque es normal que existan, un CCS elevado indica una menor calidad de la leche, con reducidos niveles de componentes lácteos y una vida útil más corta. Se utilizan métodos como tiras colorimétricas y contadores electrónicos para esta medición. Según la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2004, la leche se clasifica en diferentes categorías basadas en CCS/mL, y generalmente, a partir de cierto nivel, no se otorgan incentivos económicos. En la Tabla 3 se muestra la clasificación de la leche.

Tabla 3: Clasificación de la leche de acuerdo con CCS según COFOCALEC.

Clasificación	CCS/MI
Clase 1	$\leq 400\ 000$
Clase 2	401 000 a 500 000
Clase 3	501 000 a 749 000
Clase 4	750 000 a 1 000 000

Fuente: (Urbina, 2022).

Detección de inhibidores: La presencia de residuos de antibióticos en la leche puede representar un riesgo para la salud pública, incluyendo el desarrollo de resistencias antimicrobianas y reacciones alérgicas. Los inhibidores se detectan con pruebas comerciales, y la presencia de residuos es motivo de rechazo de la leche.

Reducción de azul de metileno: Esta prueba, también conocida como prueba de la reductasa bacteriana, evalúa la carga bacteriana en la leche. Se basa en la capacidad de las bacterias para reducir el azul de metileno a incoloro, un proceso que depende del nivel de oxígeno y la actividad bacteriana. Un cambio rápido de color indica una alta contaminación bacteriana.

La prueba se realiza mezclando azul de metileno con leche y observando el tiempo necesario para el cambio de color a una temperatura específica, con agitación periódica para evitar la acumulación de grasa que podría afectar los resultados. Recolección, recepción y almacenamiento de leche cruda. En la Tabla 4, se aprecia la relación entre el tiempo de reducción de metileno y las UFC/mL.

Tabla 4: Relación entre el tiempo de reducción de metileno y las UFC/mL.

Clase de leche	Tiempo de reducción del azul de metileno	Contenido microbiano UFC/ mL
(I) Buena calidad	5 horas	100 000- 200 000
(II) Regular calidad	2-4 horas	200 000- 2 millones
(III) Mala calidad	<2 horas	2-10 millones

Fuente: (Urbina, 2022).

La prueba se lleva a cabo añadiendo 0.5 mL de azul de metileno a 20 mL de leche y luego incubando la mezcla a una temperatura entre 37 °C y 39 °C, hasta que se observe la reducción del color. Es crucial agitar la mezcla suavemente cada 15 minutos para prevenir la formación de una capa de grasa en la superficie, que podría atrapar bacterias y prolongar el tiempo necesario para completar la prueba. En la Figura 8, se aprecia las muestras de leche en incubación para la prueba de reducción de azul de metileno.



Figura 8: Prueba de reducción de azul de metileno.

Fuente: (Urbina, 2022).

1.4 Fase de producción

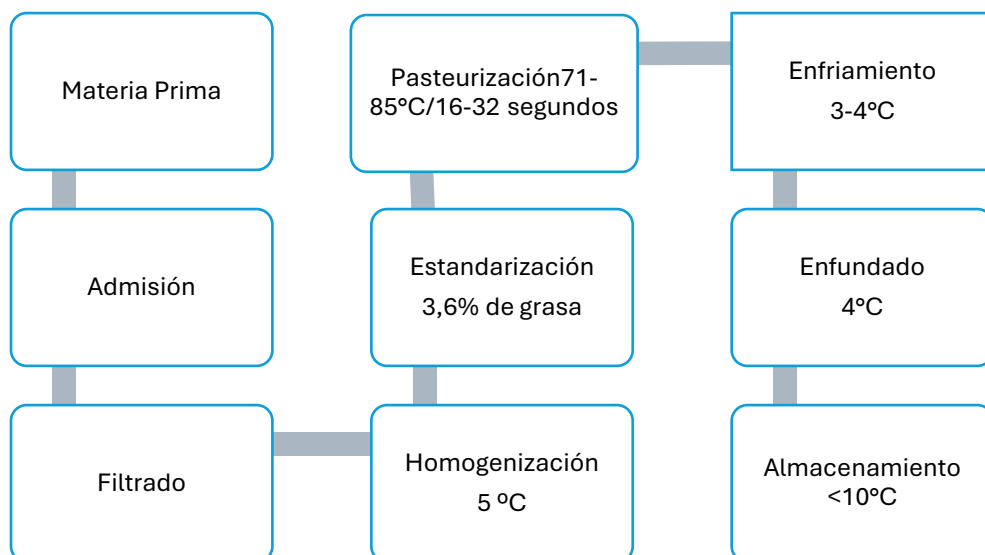


Figura 9. Esquema de la fabricación de leche.

Fuente: (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2017).

La fase de producción en la leche es un proceso complejo y esencial que asegura la obtención de productos lácteos seguros y de alta calidad. Este proceso incluye la extracción de la leche cruda de animales lecheros, seguida de su transporte a instalaciones de procesamiento donde se somete a pasos críticos como la pasteurización, homogeneización y, en ocasiones, fortificación con nutrientes adicionales.

Cada etapa, desde la granja hasta el envasado final, está diseñada para preservar la frescura y seguridad del producto, manteniendo la cadena de frío y realizando controles de calidad rigurosos.

1.4.1 Recolección, recepción y almacenamiento de leche cruda

La recolección de leche cruda es el primer paso esencial en la cadena de producción de productos lácteos. Esta leche proviene de diversas fincas ganaderas, donde se lleva a cabo el ordeño en condiciones controladas para garantizar la calidad inicial del producto.

Una vez ordeñada, la leche es transportada rápidamente a la planta de procesamiento para minimizar el tiempo de exposición a posibles contaminantes y reducir la proliferación bacteriana. En la Figura 10, se visualiza la recolección de la leche manual.



Figura 10: Recolección de leche.

Fuente: (Rodríguez C. , 2020).

En la planta de procesamiento, la leche cruda se receipta en tanques lecheros o en tanques de cisterna de acero inoxidable. Estos tanques están diseñados para mantener la leche a una temperatura controlada de aproximadamente 5°C. Esta baja temperatura es crucial para inhibir el desarrollo de bacterias lácticas como estreptococos,

lactobacilos y leuconostocos, que pueden afectar la calidad de la leche y, por ende, la de los productos finales.

Una vez que la leche cruda llega a la planta de procesamiento, se somete a una serie de análisis para determinar su composición y calidad higiénica. Estos análisis incluyen la medición de porcentaje de agua, contenido de grasa, proteínas, y lactosa, entre otros componentes clave.

Adicionalmente, se realizan pruebas para detectar cualquier posible contaminación, como la presencia de microorganismos, productos químicos (incluyendo antibióticos y residuos de detergentes), sólidos y otras impurezas que podrían comprometer la calidad del producto final.

Entre las pruebas más comunes se encuentra la medición de la acidez, la cual es un indicador crucial del nivel de microorganismos presentes en la leche. Estos microorganismos pueden fermentar la lactosa y producir ácido láctico, afectando tanto el sabor como la seguridad del producto. Si la leche cumple con todos los estándares establecidos en estas pruebas, es aceptada para su procesamiento; de lo contrario, es rechazada para evitar comprometer la calidad de los productos lácteos elaborados.

Después de pasar el control de calidad, la leche aceptada se almacena en silos isotérmicos a una temperatura controlada de 6°C. Este almacenamiento en frío es esencial para preservar la frescura y

prevenir el crecimiento microbiano mientras la leche espera ser procesada en etapas posteriores, como la pasteurización y la elaboración de diversos productos lácteos. Cumplir estrictamente con estas etapas de control es fundamental para garantizar la calidad y seguridad del producto final, así como para asegurar la eficiencia del proceso de producción (MAATE, 2020).

1.4.2 Separación, normalización y homogenización

El proceso de separación en la producción de lácteos se lleva a cabo para ajustar el contenido de grasa de la leche, dependiendo del tipo de producto que se desee elaborar. Durante este proceso, se eliminan partículas densas como restos celulares, leucocitos, polvo y células de las ubres. Esto previene la formación de sedimentos y asegura que la leche esté lo más limpia posible. La separación se realiza utilizando separadores centrífugos, que permiten la extracción de nata o crema. Esta crema sobrante es un subproducto valioso que se utiliza en la producción de mantequilla (MAATE, 2020).

En la normalización se ajusta la composición del contenido de grasa de la leche para producir las diversas variantes de productos lácteos disponibles en el mercado. Este proceso implica la recombinación de flujos de leche descremada y crema hasta alcanzar un nivel de grasa específico. Dependiendo del tipo de producto, la grasa puede ser completamente removida para obtener leche descremada o ajustada a un contenido particular para otros productos. Este ajuste puede realizarse manualmente en tanques o mediante sistemas automáticos.

La grasa excedente retirada durante este proceso se utiliza para la elaboración de otros productos lácteos.

Una vez que la leche ha sido separada y normalizada, se procede con la homogenización. Este proceso reduce el tamaño de los glóbulos de grasa, permitiendo una distribución uniforme de la materia grasa y evitando la separación de la nata. La homogenización se realiza mediante homogeneizadoras, donde la leche es forzada a pasar a alta presión a través de estrechas hendiduras.

Este proceso reduce el tamaño de los glóbulos grasos a aproximadamente una quinta parte de su tamaño original, manteniéndolos en suspensión. Dado que la leche líquida homogenizada es susceptible a procesos enzimáticos y de oxidación, es esencial que sea pasteurizada inmediatamente después de la homogenización para asegurar su estabilidad y seguridad (Asobanca, 2022).

1.4.3 Pasteurización y esterilización

La pasteurización y esterilización son procesos térmicos fundamentales en la producción de productos lácteos, diseñados para destruir microorganismos patógenos mediante el uso controlado de calor. Durante estos procesos, también se eliminan enzimas indeseables, como la lipasa, y muchas bacterias contaminantes, mejorando la higiene y conservación de la leche. Estos tratamientos térmicos solo prolongan la vida útil de la leche.

La pasteurización se realiza utilizando intercambiadores de calor, generalmente compuestos por múltiples placas metálicas. Este método destruye un alto porcentaje de microorganismos patógenos presentes en la leche, garantizando su seguridad para el consumo. Para mantener su calidad y frescura, la leche pasteurizada debe ser refrigerada hasta su consumo. Una de las ventajas clave de la pasteurización es que se lleva a cabo a temperaturas inferiores a 100°C, lo que preserva en gran medida el contenido vitamínico y proteico de la leche (MAATE, 2020).

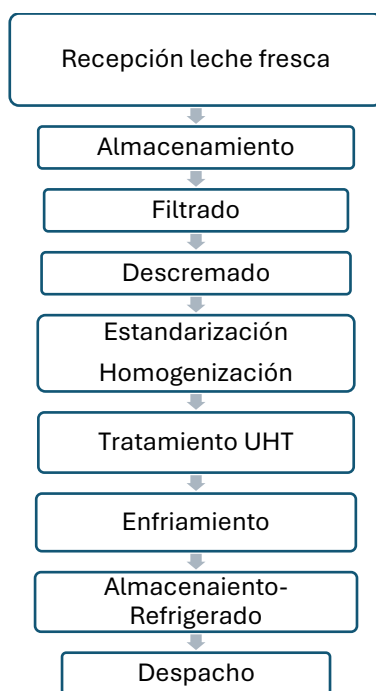


Figura 11. Diagrama de proceso de leche UHT.

Fuente: (Vinza & Vire, 2011).

La esterilización, también conocida como ultra alta temperatura (UHT), es un proceso más intenso que la pasteurización. Este método destruye todos los microorganismos patógenos e inactiva completamente las enzimas, permitiendo que la leche tenga una conservación a largo plazo sin necesidad de refrigeración.

La leche se calienta a temperaturas entre 140 y 150°C durante un corto período de tiempo, generalmente entre 1 y 3 segundos. Este tratamiento térmico es ideal para productos lácteos que se deben almacenar a temperatura ambiente y que requieren una larga vida útil.

Todos los productos lácteos, ya sea leche entera, descremada, semidescremada, o derivados como queso, mantequilla y yogur, son sometidos a procesos de pasteurización o esterilización antes de ser envasados y almacenados. Estos procesos son esenciales no solo para asegurar la seguridad alimentaria, sino también para preservar las cualidades nutritivas y organolépticas de los productos lácteos (Villena, 2017).

1.4.4 Elaboración de productos lácteos

El queso se elabora mediante la coagulación de leche entera, crema, leche desnatada, suero de mantequilla o una combinación de estos ingredientes. La producción de queso comprende varias etapas técnicas y precisa. La leche pasteurizada se coagula mediante la adición de enzimas proteolíticas (como quimosina) o cultivos de bacterias lácticas que inducen la formación de un gel o coágulo. La textura de la cuajada resultante depende en gran medida de la

temperatura de coagulación, la cual generalmente se mantiene entre 30 y 40°C para la mayoría de los tipos de queso (Abarca, 2005).

Una vez completada la coagulación, la cuajada se corta en pequeños cubos para facilitar la separación del suero. Este proceso, conocido como desuerado, es crucial para obtener la consistencia deseada en el queso. Posteriormente, la cuajada se coloca en moldes y se somete a presión para eliminar el exceso de suero y estabilizar la forma del queso. En esta etapa, se añade sal al queso, lo que no solo aporta sabor, sino que también actúa como conservante (Vinza & Vire, 2011).

Es crucial mencionar la maduración, ya que el queso pierde peso debido a la evaporación del agua. Cada tipo de queso requiere condiciones específicas de aireación, humedad y temperatura para lograr una maduración óptima. Por lo general, las temperaturas adecuadas oscilan entre 12 y 14°C, con una humedad relativa entre 85 y 90%. En el caso de algunos quesos frescos, el proceso finaliza tras el desuerado y envasado, omitiendo la etapa de maduración.

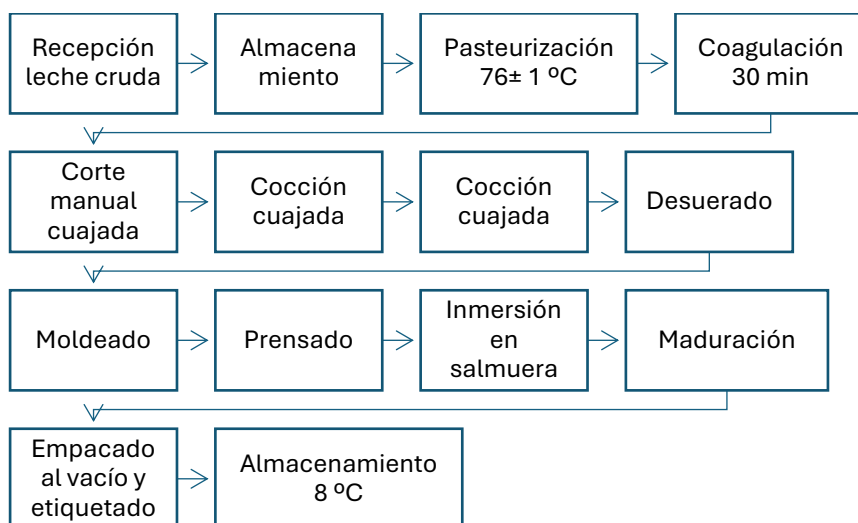


Figura 12. Diagrama de proceso del queso.

Fuente: (Vinza & Vire, 2011).

Elaboración de mantequilla

Se produce a partir de la crema o nata obtenida durante los procesos de separación y normalización de la leche. Esta crema pasa por un proceso de pasteurización, que se realiza a una temperatura de 74,4°C durante 16 segundos. Este tratamiento térmico es crucial para eliminar microorganismos como mohos, levaduras, bacterias, y enzimas que podrían afectar la calidad del producto. Tras la pasteurización, la crema es enfriada rápidamente a unos 10°C. Este enfriamiento rápido es esencial para prevenir la aparición de sabores indeseados y facilitar la solidificación de los glóbulos grasos.

Una vez pasteurizada, se introduce un cultivo de bacterias lácticas en la crema para iniciar un proceso de fermentación. Esta fermentación contribuye al desarrollo del sabor característico de la mantequilla. Después de la fermentación, la crema se somete a un proceso de batido en máquinas mantequeras, donde los glóbulos grasos se aglomeran, separándose del suero. Este suero es drenado y los gránulos de manteca resultantes son lavados con agua para eliminar residuos lácteos.

Los gránulos de manteca son luego amasados, proceso en el que se les añade sal para mejorar el sabor y aumentar la conservación del producto final. La mantequilla resultante se empaca cuidadosamente y se almacena, asegurando que mantenga su calidad y frescura hasta su consumo (Abarca, 2005).

Elaboración industrial de yogurt

La producción de yogurt abarca una amplia variedad de tipos, incluyendo yogurt natural de consistencia firme, batido, aromatizado, y con frutas, entre otros. El proceso comienza con la utilización de leche fresca o pasteurizada, que se transporta a un tanque de producción. Inicialmente, la leche se precalienta a temperaturas de 65-70°C mediante intercambiadores de calor, lo que ayuda a preparar la leche para la mezcla con otros ingredientes.

Durante esta etapa, se añaden saborizantes, azúcar, espesantes, gelificantes y otros componentes necesarios dependiendo del tipo de

yogurt que se esté produciendo. Para el yogurt natural, la leche simplemente avanza a la siguiente fase sin la adición de estos ingredientes.

A continuación, se realiza una pasteurización a una temperatura de 80-85°C para asegurar la eliminación de microorganismos no deseados. La leche pasteurizada se enfría rápidamente hasta alcanzar temperaturas entre 41 y 45°C, preparándola para la inoculación de cepas específicas de bacterias lácticas. Estas bacterias son esenciales para otorgar al yogurt su textura y sabor característicos. La mezcla se deja madurar, permitiendo que el pH baje a alrededor de 4,5, durante un período de reposo que suele durar de 4 a 6 horas.

La etapa de maduración es crítica, ya que permite el desarrollo adecuado del cultivo de bacterias lácticas, resultando en un yogurt de calidad. Una vez alcanzada la maduración deseada, el yogurt es envasado y almacenado a temperaturas inferiores a 5°C para garantizar su frescura y prolongar su vida útil. Este proceso detallado asegura que cada tipo de yogurt ya sea natural, aromatizado o con frutas, cumple con los estándares de calidad esperados en el mercado (Alais, 1985).

Elaboración de leche condensada, leche en polvo e ingredientes lácteos

En la producción de leche condensada, leche en polvo y otros ingredientes lácteos, se utilizan técnicas avanzadas de evaporación y

filtración con membrana para concentrar previamente la leche entera, leche desnatada, suero de mantequilla y suero lácteo. Estas etapas iniciales de concentración son cruciales para reducir el contenido de agua y aumentar la densidad de los sólidos lácteos antes del procesamiento final.

El proceso de deshidratación final se realiza mediante secado por pulverización, una técnica eficiente y ampliamente utilizada en la industria láctea. Este método se lleva a cabo en una cámara de secado conocida como "spray dryer," que está equipada con un atomizador. El atomizador dispersa la leche pasteurizada en forma de finas gotas, creando una nebulosa dentro de la cámara. Simultáneamente, se inyecta aire caliente en forma de espiral, lo que facilita la evaporación rápida del agua contenida en las gotas de leche.

A medida que el agua se evapora, se forman partículas sólidas que son recogidas como leche en polvo o ingredientes lácteos secos. Este proceso no solo reduce el contenido de humedad de los productos, sino que también preserva sus propiedades nutricionales y prolonga su vida útil. La leche en polvo resultante es un producto versátil que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones alimenticias, desde productos de panadería hasta fórmulas infantiles, debido a su facilidad de almacenamiento y transporte.

La eficiencia y precisión de este método de secado garantizan que los productos lácteos deshidratados mantengan una alta calidad, con

características sensoriales y nutricionales adecuadas para su uso en diversas industrias alimenticias (MAATE, 2020).

1.4.5 Envasado y almacenamiento

Los diversos tipos de leche producida se envasan en bolsas de polietileno de alta densidad o envases Tetrapak a temperaturas controladas entre 4 y 8°C. Este proceso se lleva a cabo utilizando máquinas envasadoras automáticas, y posteriormente, la leche es almacenada en cámaras refrigeradas a 4°C hasta su distribución final (MAATE, 2020). En la Figura 13 se muestra el envasado de la leche.



***Figura 13:** Envasado de leche.*

***Fuente:** (Castro, 2019).*

La mantequilla se envasa para prevenir alteraciones químicas y microbiológicas. Los materiales de envase más comunes incluyen papel encerado, papel aluminio, láminas de polietileno, y tarrinas plásticas de polipropileno termoformado, LDPE o PVC. Tras el envasado, la mantequilla se refrigera rápidamente a 4°C para

preservar sus propiedades reológicas, facilitando la cristalización y manteniendo una consistencia y textura adecuadas.

En el caso del queso, este se envasa en películas de termoformado, bolsas de vacío o bolsas termoencogibles para empaque al vacío. Los quesos frescos, que son de consumo inmediato, no se envasan al vacío. Para estos procesos se utilizan máquinas de corte y envasado al vacío. Finalmente, los quesos se almacenan en cámaras frías a temperaturas entre 10 y 12°C (Abarca, 2005).

El yogurt se envasa en recipientes plásticos de PET o poliestireno de diversas capacidades y modelos, utilizando sistemas automatizados. Una vez envasados, los productos se almacenan en cámaras refrigeradas a 4°C para mantener su inocuidad y evitar que el cultivo de bacterias permanezca activo, lo que podría causar una acidez excesiva.

La leche en polvo se almacena en silos de acero inoxidable de gran capacidad, donde se controlan parámetros de humedad, temperatura y oxígeno para mantener su calidad original. Posteriormente, se envasa en empaques laminados de EVOH, PET, aluminio, entre otros, utilizando sistemas automatizados (MAATE, 2020).

CAPÍTULO II

2 INSTALACIONES Y MAQUINARIA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

La industria láctea representa un sector crucial dentro de la economía global, desempeñando un papel fundamental en la producción y procesamiento de productos lácteos destinados al consumo humano. Las instalaciones y maquinaria utilizadas son importantes para la eficiencia operativa, la calidad del producto final y el cumplimiento de estándares regulatorios.

Las instalaciones comprenden tanto las infraestructuras físicas como las condiciones ambientales controladas, diseñadas para facilitar el almacenamiento, procesamiento y envasado de la leche y sus derivados. Estas estructuras deben cumplir con estrictas normativas sanitarias y de seguridad alimentaria para garantizar la inocuidad de los productos.

La maquinaria empleada en la industria láctea abarca una amplia gama de equipos especializados, desde unidades de pasteurización y homogeneización hasta sistemas de separación y emulsificación. Cada fase del proceso productivo requiere tecnologías específicas que optimicen la producción, minimicen pérdidas y mantengan la calidad nutricional y organoléptica de los productos lácteos (Escobar, Arestegui, Moreno, & Sanchez, 2013).

2.1 Diseño de industrias

Las industrias lácteas se dedican a transformar materias primas, como la leche, en productos alimenticios más duraderos, conocidos como productos lácteos. Para ello, emplean métodos seguros tanto en los procesos de transformación como en los de conservación, asegurando siempre unas condiciones higiénicas y el control sanitario.

En la Figura 14, se puede visualizar el modelo virtual basado en la alternativa de distribución seleccionada, tilizando SketchUp Pro como herramienta de modelado y creación de gráficos tridimensionales en la distribución de la planta de la asociación “Campo Verde” (Freire & Flores , 2021).



Figura 14. *Diseño en 3D de la planta vista superior obtenida de SketchUp Pro.*

Fuente: *(Freire & Flores , 2021).*

El propósito de esta actividad industrial es lograr la máxima rentabilidad global. Esto se consigue mediante la optimización del

diseño y la gestión de la planta de procesamiento. Así, una industria láctea se compone de:

Sistema de procesado: Es el conjunto de equipos responsables de llevar a cabo todas las operaciones esenciales para transformar la leche en productos lácteos. Estos equipos son cruciales porque determinan principalmente la calidad del producto final, representan la mayor parte de la inversión en la planta de procesamiento y afectan significativamente el consumo y el tamaño de los sistemas auxiliares.

Sistemas auxiliares: Estos son los sistemas que respaldan y permiten el funcionamiento eficiente del sistema de procesado. Incluyen el suministro de energía eléctrica, aire comprimido, vapor, agua caliente y otros servicios esenciales. Además, los sistemas auxiliares están equipados con dispositivos de control para asegurar su funcionamiento adecuado. Por lo tanto, un diseño correcto y eficiente de estos sistemas es crucial para el éxito del sistema de procesado.

Edificaciones: Estas son las estructuras que albergan tanto los Sistemas de Procesado como los Sistemas Auxiliares. Deben proporcionar condiciones de trabajo adecuadas, asegurando confort, seguridad e higiene. Un buen diseño arquitectónico y de infraestructura no solo garantiza la eficiencia operativa, sino que también crea un ambiente de trabajo seguro y saludable para los empleados (López & Pedregosa, 2020).

2.1.1 Factores en la planificación de la actividad industrial

Al comienzo de cualquier actividad industrial, es fundamental definir el producto a fabricar con la mayor precisión posible. Las características y requisitos del producto final influirán directamente en la definición del proceso de producción.

- **Diseño de instalaciones y equipos:** Es necesario seleccionar y especificar el proceso de producción del producto final para proceder a la elección y dimensionamiento de los diferentes tipos de maquinaria a instalar. Este paso es crucial para asegurar que el equipo sea adecuado para el proceso y eficiente en su funcionamiento.
- **Localización o ubicación:** La elección del lugar para la industria es crucial, considerando factores como la proximidad a las fuentes de materias primas y a los mercados de consumidores. La ubicación debe facilitar tanto el abastecimiento como la distribución eficiente del producto final. Para la selección del terreno, existen dos alternativas principales:
- **Suelo urbano industrial existente:** En este apartado se debe realizar la recalificación del terreno mediante la normativa urbanística correspondiente.
- **Diseño del proyecto de industria láctea:** Una vez seleccionada la ubicación, el proyecto industrial se desarrolla en varias etapas:

- Diseño y distribución de áreas: Ordenación de equipos, maquinaria e instalaciones de proceso y medios auxiliares, asegurando un flujo eficiente y seguro.
- Diseño de flujos: Planificación de los flujos de materias primas, mano de obra, productos y residuos para optimizar la operación.
- Proyecto de obra civil e instalaciones: Planificación detallada de las instalaciones de agua, electricidad, alumbrado, climatización, etc.

Ejecución de las edificaciones e instalaciones proyectadas, asegurando que todo esté conforme a los diseños y especificaciones técnicas. En la Figura 15 se muestra la fase de ejecución de las instalaciones de la planta de productos lácteos.



Figura 15: Instalaciones.

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

2.1.2 Tipo de organización

Una vez que se ha llevado a cabo el análisis de los flujos del proceso, se puede conectar y dimensionar las diferentes áreas entre sí. Esta disposición permitirá, considerando las limitaciones estructurales y geométricas, definir el tipo de organización de la industria láctea.

Existen varios tipos de organizaciones como:

Fábrica lineal: En este diseño, la entrada de materias primas se efectúa por un extremo y la salida del producto terminado se realiza por el lado opuesto. Es un diseño muy sencillo y es el que mejor respeta el flujo hacia adelante. Aunque no es común, se utiliza en ocasiones para actividades que producen un solo tipo de producto, como las queserías. Este tipo de fábrica tiene acceso por dos lados del terreno y suele contar con muchos pasillos. Además, ofrece la posibilidad de realizar ampliaciones en sus cuatro frentes.

Fábrica en forma de “L”: Esta disposición proporciona una mayor uniformidad en comparación con la anterior, aunque puede resultar en recorridos más largos. Permite el movimiento en una dirección hacia adelante y ofrece acceso por dos lados del terreno. Además, es posible añadir fachadas adicionales para futuras expansiones. Se logra una buena separación entre las áreas de producción y las de almacenamiento del producto terminado.

Fábrica en forma de “U”: Cuenta con una sola fachada para recepción y envío, lo que minimiza la cantidad de pasillos. Es la opción más compacta, con las distancias de desplazamiento más cortas. A pesar de su diseño complejo, reduce los circuitos y, por ende, los riesgos de deterioro de los productos. La proximidad entre áreas también contribuye a reducir los costos operativos y de inversión.

Fábrica gravitacional: Este diseño se emplea en plantas altamente automatizadas y está generalmente limitado por las dimensiones del terreno. Es una opción atractiva cuando el costo del suelo es elevado. Sin embargo, presenta la desventaja de ser menos propicia para ampliaciones. Los costos de construcción y operación son más altos (a excepción del terreno) en comparación con una fábrica a nivel del suelo.

Además, la organización de los flujos de materiales es más compleja, requiriendo la instalación de ascensores, montacargas u otros dispositivos similares. Se muestra en la Figura 16 los diferentes tipos de organizaciones ya mencionadas.

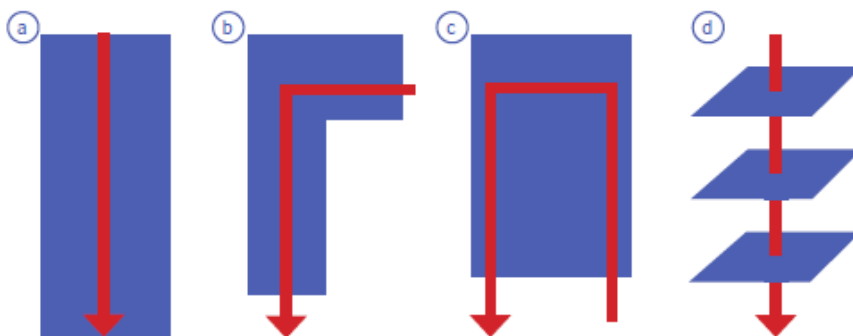


Figura 16. Esquemas de organización: a) Lineal; b) En “L”; c) En “U”; d) Gravitacional.

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

2.2 Distribución de planta



Figura 17. Distribución de planta.

Fuente: (Villegas, 2014).

La distribución en planta de una industria láctea es un proceso estratégico que busca optimizar la disposición física de equipos, personal y materiales, con el objetivo de maximizar la eficiencia productiva, minimizar costos y garantizar la seguridad alimentaria. Esta organización espacial se fundamenta en la interrelación entre los diferentes procesos de elaboración de queso y otros derivados

lácteos, considerando flujos de trabajo, requerimientos de espacio y normas de higiene. Una distribución adecuada contribuye a reducir tiempos de ciclo, mejorar la calidad del producto final y proporcionar un entorno de trabajo seguro y saludable para los empleados (López & Pedregosa, 2020).

2.2.1 Objetivos básicos de la distribución



Figura 18. Objetivos de distribución de planta.

Fuente: (Castañeda, 2018).

- La unidad productiva busca integrar todos los elementos y factores implicados para que trabajen hacia objetivos una meta en común, garantizando una coordinación eficiente de recursos y esfuerzos.
- Se enfoca en optimizar los recorridos de materiales y personal entre operaciones y departamentos, buscando economizar movimientos, espacio y recursos para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.
- La seguridad implica asegurar un entorno de trabajo que minimice accidentes y maximice la satisfacción y comodidad del personal, contribuyendo a un ambiente laboral positivo y motivador.

- La flexibilidad en la distribución de planta es esencial para adaptarse a los cambios en las circunstancias operativas. Esto permite a las empresas mantenerse ágiles y responder eficazmente a nuevas demandas del mercado o modificaciones en los procesos de producción mediante estrategias de distribución ajustables (Brizuela, 2015).

2.3 Tipos de distribución de planta

La correcta selección y diseño de los tipos de distribución de planta son fundamentales para la eficiencia y eficacia operativa de cualquier empresa. La manera en que se organizan los espacios y se distribuyen los recursos dentro de una planta de producción puede impactar significativamente en la productividad, los costos operativos y la calidad del producto final. Cada tipo de distribución ofrece ventajas específicas que responden a distintas necesidades y características de producción.

2.3.1 Distribución en plantas por posición fija

La distribución de planta por posición fija implica que el producto a ensamblar se mantiene en un lugar fijo dentro de la planta, mientras que el equipo y la maquinaria se trasladan hacia él para realizar las tareas necesarias. Este enfoque es particularmente útil para productos grandes y pesados, o cuando se producen en pequeñas cantidades.

En lugar de mover el producto a través de varias estaciones de trabajo, se concentran los recursos y herramientas alrededor del producto en su ubicación fija. Esto minimiza el riesgo de daños durante el traslado y permite un control más preciso sobre el proceso de ensamblaje. En la Figura 19, se muestra el ejemplo de la distribución fija.



Figura 19. Ejemplo de distribución fija.

Fuente: (Reyes, 2021).

Aunque este tipo de distribución requiere menos especialización en el trabajo, es fundamental contar con trabajadores altamente capacitados que puedan manejar el equipo y realizar tareas complejas en el sitio. Además, esta disposición puede facilitar una mayor atención al detalle y una mayor calidad en la producción, ya que el producto permanece inmóvil y se puede inspeccionar de manera continua durante el proceso de ensamblaje (Reyes, 2021).

2.3.2 Distribución en planta por producto

Este tipo de distribución organiza los equipos y procesos de trabajo según las etapas secuenciales necesarias para la fabricación de un producto. En casos donde el equipo está destinado a una producción continua de una gama limitada de productos, se le denomina Línea de Producción o Línea de Montaje. En la Figura 20, se visualiza claramente la distribución por producto.

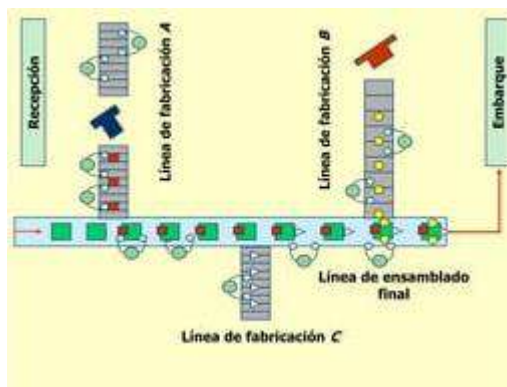


Figura 20. Ejemplo de distribución en planta por producto.

Fuente: (Reyes, 2021).

Se refiere a un sistema de producción diseñado para facilitar el movimiento de productos dominantes a través de distintas etapas. En este enfoque, la variedad de productos es mayor en comparación con las líneas de producción, y el equipo utilizado no está tan especializado. La producción suele organizarse en lotes de cada tipo de artículo en lugar de una secuencia continua y mixta. Este sistema es ideal para manejar grandes volúmenes de producción y puede

variar desde una línea de montaje completamente realizada por trabajadores hasta una totalmente automatizada (Salas, 1998).

2.3.3 Distribución por proceso

Esta metodología agrupa equipos o funciones similares en áreas específicas, como una zona para tornos o máquinas de estampado. De acuerdo con la secuencia de operaciones, las partes se mueven de un área a otra, ubicándose en las máquinas adecuadas para cada etapa del proceso.

Por ejemplo, en hospitales, se pueden encontrar áreas de pediatría, maternidad y cuidados intensivos, cada una dedicada a funciones específicas. La técnica más utilizada para implementar una distribución por proceso es organizar las estaciones que realizan tareas similares para que estén ubicadas de manera óptima en relación entre sí.

En muchas instalaciones, esto significa situar estaciones adyacentes entre las cuales hay un alto volumen de tráfico (Salas, 1998). En la Figura 21, podemos observar la construcción de vehículos. El automóvil se va fabricando a medida que avanza a lo largo de una banda, en un proceso de producción automatizado y en línea.



Figura 21. Ejemplo de distribución por proceso.

Fuente: (Reyes, 2021).

Para lograr una optimización efectiva, se busca reducir los costos asociados con el manejo de materiales entre estaciones. Dado que el flujo numérico de artículos no siempre refleja los factores cualitativos que pueden influir en la distribución, se emplea una técnica conocida como Planificación Sistemática de Distribución de Planta (SLP) o PSI (Systematic Layout Planning). Esta técnica implica desarrollar un diagrama de relaciones que muestra la importancia de la proximidad entre estaciones, o utilizar métodos como CRAFT para optimizar la disposición de la planta (Reyes, 2021).

2.4 Infraestructuras

Mantener una infraestructura adecuada en la producción láctea es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente y una alta calidad del producto. Implementar sistemas automatizados para monitorear y controlar el proceso de producción puede mejorar la eficiencia y reducir los errores humanos. Además, la optimización energética a través de la instalación de equipos eficientes.

Es fundamental que la infraestructura cumpla con las normativas sanitarias y de higiene más estrictas para garantizar la calidad del producto final. Esto incluye un diseño sanitario adecuado y la implementación de procedimientos de limpieza y desinfección rigurosos (Asobanca, 2022).

2.4.1 Suelos

Las superficies de los suelos deben construirse sin grietas, perforaciones o roturas, y mantenerse en perfecto estado. Se recomienda que sean antideslizantes para prevenir accidentes laborales. El material de construcción debe ser impermeable, no absorbente, fácil de limpiar y desinfectar, y no tóxico, asegurando un entorno higiénico.

En cuanto a la inclinación adecuada de los suelos este debe contar con una pendiente del 1 al 2% hacia un sumidero. Este sumidero debe ser de material no corrosivo y estar sifonado para evitar la retención de agua u otros líquidos, lo que puede prevenir la proliferación de bacterias y hongos. Es importante que haya al menos un desagüe de 80 cm² por cada 35 m² de superficie para asegurar un drenaje eficiente.

Las uniones entre las paredes y el suelo deben ser redondeadas con un radio mínimo de 2,5 cm para facilitar la limpieza, evitando así la acumulación de suciedad y microorganismos. Es importante mencionar que los materiales para los suelos, se recomienda el uso

de losetas antiácido y antideslizantes, o resinas epoxi. Estos materiales son duraderos, resistentes a la corrosión y no tóxicos, además de ofrecer una superficie antideslizante que protege la seguridad del personal. Se visualiza en la Figura 22 el suelo construido con resina epoxi.



Figura 22: Suelo construido con resina epoxi.

Fuente: (Painters USA Team, 2022).

2.4.2 Paredes y techos

Las paredes y techos de las instalaciones de producción láctea deben estar contruidos sin grietas, perforaciones o roturas, y mantenerse en óptimas condiciones. Estas superficies deben ser lisas, impermeables y fáciles de limpiar y desinfectar, garantizando un entorno higiénico. Se recomienda instalar protecciones de acero inoxidable en las paredes para protegerlas de golpes o roces causados por el uso de carretillas, mesas y otros equipos.

Uno de los materiales más utilizados en las áreas de producción y cámaras frigoríficas son los paneles sándwich. Estos paneles, que cuentan con aislamiento de poliuretano y recubrimiento de acero, deben tener uniones bien selladas para asegurar una adecuada estanqueidad. En caso de haber columnas, estas deben ser redondeadas, lisas y fácilmente accesibles para la limpieza, y deben estar revestidas con el mismo material que las paredes.

Los techos deben ser diseñados de manera que impidan la acumulación de suciedad, la condensación y la formación de moho. Para ello, se recomienda el uso de extractores y evitar la instalación interior de tuberías, ya que estas pueden ser una fuente potencial de contaminación bacteriana debido al goteo de superficies sucias. Esto es crucial para prevenir la contaminación de los productos intermedios. En la Figura 23, se observa los paneles sándwich de cámaras frigoríficas.



Figura 23: Paneles sándwich de cámaras frigoríficas.

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

Además, es importante considerar el uso de materiales no corrosivos y resistentes en toda la infraestructura, incluidos los techos y paredes. La implementación de un sistema de ventilación eficiente que mantenga la calidad del aire y controle la temperatura y la humedad es vital para evitar la proliferación de patógenos. La instalación de iluminación adecuada también es esencial, proporcionando una visibilidad óptima sin generar calor excesivo.

2.4.3 Ventanas y puertas

Las ventanas deben ser diseñadas para evitar la acumulación de suciedad. Aquellas que conecten con el exterior deben estar equipadas con pantallas o mallas metálicas que impidan el ingreso de insectos y plagas. Estas mallas deben ser fácilmente desmontables para facilitar su limpieza y mantenimiento, garantizando así un entorno higiénico.

Las puertas, por su parte, deben ser lisas, no absorbentes y de fácil limpieza y desinfección. Las puertas que den al exterior deben abrirse hacia afuera y estar equipadas con sistemas de cierre automático para mejorar la seguridad y la higiene. Asimismo, las puertas que separan distintas áreas dentro de la planta deben ser herméticas para prevenir la contaminación cruzada entre diferentes zonas de producción. En la Figura 24, se ilustra claramente la puerta batiente polietileno con protecciones de acero inoxidable.

De manera adicional, se deben cumplir con los requisitos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), asegurando que todas las estructuras cumplan con las normativas vigentes en términos de seguridad, higiene y eficiencia. Para complementar estas medidas, es recomendable instalar sistemas de control de acceso en las puertas para asegurar que solo el personal autorizado pueda ingresar a áreas sensibles.



***Figura 24:** Puerta batiente.*

***Fuente:** (Infrac, 2021).*

2.4.4 Materiales de construcción

En la industria alimentaria, se utilizan una amplia variedad de materiales, cada uno con diferentes propiedades de resistencia, conductividad térmica y peso específico. En el sector lácteo, los materiales predominantes para la construcción de equipos e instalaciones son el acero inoxidable, el aluminio, el cobre apto para uso alimentario y diversos materiales poliméricos.

Es crucial mencionar que ciertos materiales deben evitarse debido a posibles riesgos para la higiene y seguridad alimentaria. Por ejemplo, el acero galvanizado no debe emplearse excepto en conducciones de agua fría con un pH de 7. Asimismo, el uso de plomo en soldaduras está prohibido por los peligros que representa.

En el diseño de las instalaciones lácteas, se debe considerar también la compatibilidad de los materiales con los productos químicos utilizados en la limpieza y desinfección. Materiales como el acero inoxidable son altamente resistentes a estos productos, lo que los hace ideales para su uso en entornos donde la higiene es una prioridad.

Acero inoxidable: Proporciona a la industria láctea tres ventajas distintivas en comparación con otros materiales: Higiene, posee una excelente capacidad de lavado que permite una alta eliminación de bacterias. Es un material inerte que no altera las propiedades físicas, químicas o biológicas de los alimentos cuando entra en contacto con ellos en cualquier estado.

Alta resistencia a la corrosión en presencia de sustancias alimenticias, asegurando así la ausencia de toxicidad y la preservación de todas las propiedades organolépticas, como sabor, olor, color, textura y apariencia (Iminox, 2016).

El acero inoxidable AISI 316 ofrece una mayor resistencia a la corrosión por picaduras y por cavitación en comparación con el AISI 304, especialmente en ambientes que contienen cloruros, gracias a la

inclusión de molibdeno (Mo) en su composición química. Esta característica lo hace ideal para su uso en condiciones más agresivas donde la durabilidad es crucial.

No obstante, es importante tener en cuenta que el AISI 316 tiene un costo significativamente más alto que el AISI 304, lo que puede influir en la decisión de su implementación en proyectos específicos. La elección entre estos dos tipos de acero debe basarse en un equilibrio entre las necesidades de resistencia a la corrosión y las restricciones presupuestarias. La Figura 25 presenta los equipos de una industria láctea que utiliza acero inoxidable.



Figura 25: Equipos de industria con acero inoxidable.

Fuente: (Iminox, 2016).

El aluminio: Es uno de los materiales más versátiles, especialmente en la industria láctea, debido a la amplia variedad de aleaciones disponibles, cada una con propiedades únicas. Dependiendo de la aleación, el aluminio puede ofrecer diferentes niveles de resistencia,

durabilidad y resistencia a la corrosión, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones dentro del sector.

En la industria láctea, las aleaciones de aluminio más comunes incluyen las series 1000, 3000 y 5000. La serie 1000, que es casi pura, ofrece una excelente resistencia a la corrosión y una buena capacidad de conformado, pero tiene una resistencia mecánica relativamente baja. La serie 3000, que incluye manganeso, mejora la resistencia a la corrosión y la resistencia a la deformación, haciéndola ideal para aplicaciones como tanques y tuberías donde se requiere mayor resistencia a la corrosión y desgaste.

La serie 5000, que incluye magnesio, proporciona una mayor resistencia a la corrosión y una excelente resistencia a la tracción, lo que la hace adecuada para componentes estructurales y equipos de procesamiento que requieren una alta resistencia mecánica. Estas propiedades son particularmente útiles en entornos donde el aluminio está expuesto a sustancias corrosivas presentes en la industria láctea.

El aluminio es conocido por su ligereza, lo que facilita la manipulación y el transporte de equipos y componentes. Su capacidad para ser reciclado y su baja toxicidad también lo convierten en una opción ecológica y segura para aplicaciones en contacto con alimentos.

Las aleaciones de aluminio, al ser diseñadas específicamente para resistir los desafíos de las condiciones industriales, pueden ser

tratadas y acabadas para satisfacer los requisitos de higiene y durabilidad en la industria láctea. Esto incluye la aplicación de recubrimientos protectores y tratamientos superficiales que mejoran su resistencia a la abrasión y la corrosión, asegurando una vida útil prolongada y un rendimiento fiable en el procesamiento y almacenamiento de productos lácteos (Alfipa, 2022).

El cobre, aunque generalmente tóxico, puede ser utilizado en aplicaciones específicas bajo estrictas regulaciones. En particular, se permite el uso de cobre alimentario, una aleación especial diseñada para ser segura en el manejo de agua potable y otros fluidos, como combustibles líquidos. Este tipo de cobre se emplea en circuitos de distribución de agua caliente y fría debido a su alta conductividad térmica, lo que facilita la transferencia eficiente de calor.

Además, el cobre alimentario ofrece una notable resistencia a la corrosión, tanto en ambientes atmosféricos como en agua potable y marina, lo que lo hace adecuado para condiciones exigentes. Sin embargo, es importante destacar que el cobre tiene un costo significativamente más alto en comparación con otros metales comunes, y su manejo debe ser cuidadosamente controlado para mitigar los riesgos asociados con su toxicidad.

2.4.5 La sala de recepción de leche

Debe situarse estratégicamente dentro de la planta, asegurando un acceso expedito y eficiente para la descarga de la materia prima. Se

recomienda disponer de un espacio adecuado para el almacenamiento de leche cruda, considerando la capacidad de producción y la variedad de especies lecheras (cabra, oveja y vaca). En la Figura 17 se evidencian los tanques de recepción para leche.

Cada tanque o silo de almacenamiento debe contar con un área de servicio perimetral de al menos 0.5 metros, facilitando las labores de limpieza y mantenimiento. En el caso de explotaciones lecheras anexas, se sugiere ubicar la sala de ordeño adyacente a la sala de recepción, optimizando la cadena de frío y evitando manipulaciones innecesarias de la leche como se observa en la Figura 26.

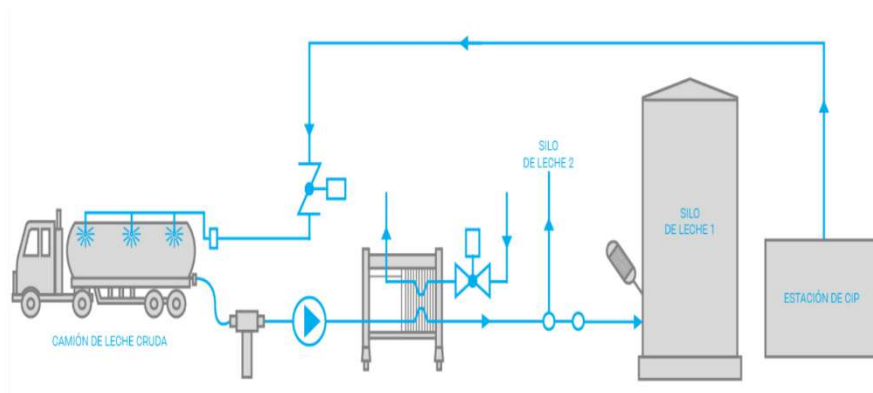


Figura 26: Recepción de leche.

Fuente: (BiAConsult, 2024).

2.4.6 Laboratorio

La proximidad de laboratorio a la zona de recepción es fundamental para garantizar la calidad y la seguridad alimentaria de los productos lácteos. Los análisis realizados en el laboratorio permiten evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche y los

productos derivados, asegurando el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes.

El diseño del laboratorio debe considerar aspectos como la iluminación, la ventilación, la temperatura y la humedad, para crear un ambiente adecuado para el trabajo de laboratorio. Además, se deben implementar medidas de seguridad para proteger al personal y evitar la contaminación de las muestras.

2.4.7 Vestuarios y aseos

Deben ubicarse estratégicamente en la zona de acceso a la planta, garantizando así que el personal cuente con las condiciones higiénicas adecuadas antes de ingresar a las áreas de producción. Esta disposición facilita el cambio de ropa de calle por la indumentaria de trabajo, así como la realización de las labores de higiene personal. Además, se recomienda equipar estos espacios con duchas, lavabos y secadores de manos, y contar con un suministro adecuado de agua caliente y jabón.

2.4.8 La sala de elaboración

Debe diseñarse de forma que permita desarrollar los procesos productivos de manera eficiente y segura. El espacio disponible debe ser suficiente para acomodar todos los equipos necesarios, como pasteurizadores, cubas de cuajado, prensas y mesas de trabajo, manteniendo las distancias mínimas requeridas para las operaciones.

También, se recomienda instalar sistemas de ventilación mecánica con extracción de aire en el techo para controlar la humedad y evitar la condensación, especialmente en zonas con alta generación de vapor. La iluminación debe ser adecuada para facilitar las tareas del personal y garantizar la calidad visual de los productos.

2.4.9 Cámaras

La ubicación y diseño de las cámaras frigoríficas destinadas a la maduración y conservación de quesos son factores críticos para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Se recomienda orientar estas cámaras hacia el norte, con el fin de minimizar la incidencia de la radiación solar directa y reducir las fluctuaciones térmicas externas. Las distintas etapas del proceso quesero (oreado, salado, maduración, mantenimiento) requieren condiciones ambientales específicas en términos de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire, las cuales deben ser controladas de manera precisa para cada tipo de queso.

Para facilitar las tareas de manipulación y mantenimiento, se sugiere limitar la altura máxima de las cámaras a 3 metros en aquellos casos donde el volteo de los quesos se realice de manera manual. Esta medida contribuye a reducir el esfuerzo físico de los operadores y a minimizar el riesgo de accidentes.

2.4.10 La sala de expedición

Estrechamente vinculada a las cámaras frigoríficas, es el área destinada a la preparación final y envío de los productos lácteos al mercado. Aunque no siempre se delimita como un espacio físico independiente, es fundamental que disponga de un área suficiente para realizar todas las operaciones de manera eficiente y segura.

Equipamiento esencial Para garantizar un proceso de empaquetado óptimo, la sala de expedición debe contar con una variedad de equipos especializados, tales como:

- **Cepilladora:** Utilizada para eliminar la corteza o para dar forma al queso antes del envasado.
- **Cortadora de cuñas:** Permite dividir los quesos en porciones más pequeñas según las necesidades del mercado.
- **Envasadora al vacío:** Elimina el aire del envase, prolongando así la vida útil del producto y preservando su calidad.
- **Retractiladora:** Aplica una película termoencogible al envase, proporcionando una mayor protección y presentación.
- **Termoselladora:** Sella herméticamente los envases, evitando la contaminación y garantizando la integridad del producto.

2.4.11 Área de la caldera

Donde se manipulan altas temperaturas y combustibles, debe cumplir con rigurosos estándares de seguridad. Es fundamental que esté

aislada térmicamente y que disponga de un sistema de ventilación adecuado para garantizar una correcta combustión y evitar la acumulación de gases tóxicos.

Asimismo, se recomienda instalar detectores de incendios y sistemas de extinción automática, así como señalización de emergencia. La sala de la caldera debe ser de fácil acceso para el personal de mantenimiento y contar con un espacio suficiente para realizar las tareas de inspección y reparación.

Es importante considerar la ubicación de la caldera en relación con otras áreas de la planta. Si bien la proximidad a la sala de elaboración es beneficiosa por razones de eficiencia energética, también es necesario evaluar el impacto acústico y las posibles vibraciones que la caldera pueda generar. En caso de que la caldera genere un nivel de ruido excesivo, se deberán instalar materiales aislantes acústicos para minimizar las molestias al personal.

2.5 Equipos de elaboración de productos lácteos

La industria láctea cuenta con una amplia variedad de equipos especializados para cada etapa del proceso de elaboración. Entre los equipos más comunes se encuentran los tanques de almacenamiento, las bombas de transferencia, los pasteurizadores, los homogeneizadores, los fermentadores, las centrifugadoras, los maduradores de queso, las envasadoras y las máquinas de empaque.

La elección de los equipos adecuados requiere un análisis detallado de las necesidades específicas de cada empresa y del producto final.

2.5.1 Transporte y recepción de le leche

La leche cruda es transportada en cisternas o tanques de acero inoxidable o materiales poliméricos, diseñados para mantener la cadena de frío y prevenir la proliferación microbiana. Al arribar a la industria, se procede a la descarga de la leche, la cual es sometida a un exhaustivo análisis físicoquímico y microbiológico. Estos análisis incluyen la determinación de la densidad, acidez, contenido de grasa, proteína y lactosa, así como la evaluación de la carga bacteriana total y la presencia de células somáticas.

En caso de que los resultados obtenidos no se encuentren dentro de los límites establecidos por la normativa vigente, el lote es rechazado y devuelto al productor (Walter, y otros, 2019). Se muestra en la Figura 27, un camión con cisterna para la recolección de la leche.



Figura 27: Cisterna de transporte de leche.

Fuente: (Walter, y otros, 2019).

2.5.2 Bomba de transvase

Estos dispositivos se utilizan habitualmente para transferir la leche desde el camión hasta el depósito de almacenamiento o hacia la cuba. Un problema significativo que se enfrenta durante esta transferencia es la incorporación de aire en la leche, lo cual puede afectar negativamente tanto el control del volumen como la calidad del producto.

Para mitigar este inconveniente, el vaciado del depósito del camión y el llenado de los tanques de almacenamiento o refrigeración deben realizarse desde la parte inferior, utilizando una bomba de desplazamiento positivo. Este método permite extraer la totalidad del volumen de leche y evita la formación de espuma (López & Pedregosa, 2020).

El uso de bombas de desplazamiento positivo no solo optimiza la transferencia de leche, sino que también reduce el riesgo de contaminación al minimizar el contacto con el aire. Esta práctica es esencial para mantener la integridad y frescura del producto, asegurando que se mantengan sus propiedades nutricionales y sensoriales. En la Figura 28 se observa una bomba de trasvase.



Figura 28: Bomba de trasvase.

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

2.5.3 Almacenamiento de la leche

La leche recibida en la quesería se somete a un rápido enfriamiento para conservar sus propiedades. Se emplean tanques autoenfriantes o intercambiadores de calor para alcanzar la temperatura adecuada. Luego, se almacena en silos aislados que garantizan la conservación a largo plazo. Esta organización en diferentes depósitos facilita la gestión del proceso y ofrece mayor flexibilidad ante posibles imprevistos.

Depósito autorefrigerante: Es un contenedor para almacenar la leche, cuenta con un sistema de refrigeración independiente. Los depósitos pueden ser de dos tipos principales: abiertos y cerrados.

Los depósitos abiertos, con forma cilíndrica o de medialuna, tienen una abertura superior para la entrada de leche y otra inferior para su salida. Están fabricados en acero inoxidable y aislados con poliuretano. Incluyen un agitador para mezclar la leche, un sensor de temperatura y una varilla para medir el volumen.

Por otro lado, los depósitos cerrados, son más grandes y de diseño horizontal, disponen de una pequeña abertura para inspección y cuentan con un sistema de limpieza interno. En la Figura 29, se evidencia el depósito autorefrigerante cerrado para la leche.



Figura 29: Depósito autorefrigerante cerrado.

Fuente: (AgroMaquinaria, 2024).

2.5.4 Termización

Este proceso de calentamiento suave, que eleva la temperatura de la leche a entre 63 y 65 grados Celsius durante un breve período, se utiliza para reducir significativamente la carga bacteriana, especialmente de aquellas bacterias que proliferan a temperaturas de refrigeración. Este tratamiento, común en industrias lácteas de mediano y gran tamaño, ayuda a preservar la calidad de la leche al inhibir el crecimiento de microorganismos que podrían deteriorarla.

2.5.5 Pasteurización

La pasteurización es un proceso térmico que utiliza temperaturas elevadas entre 60 a 85 ° C el tiempo suele variar entre 15 segundos hasta 30 minutos para eliminar microorganismos dañinos en la leche y otros productos lácteos. Al someter el producto a temperaturas específicas durante un tiempo determinado, se logra prolongar su vida útil y garantizar la inocuidad del alimento.

Sin embargo, este tratamiento puede afectar ligeramente el sabor y aroma característicos de algunos productos. En la Tabla 5 se detallan los principales procesos de pasteurización o conocidos como procesos térmicos aplicados en la industria láctea: baja, alta, ultra, con sus respectivas temperaturas y el tiempo de duración de cada uno de ellos.

Tabla 5: Tratamientos térmicos usuales en la industria láctea.

Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo
Termización	63 - 65 °C	15 segundos
Pasteurización Baja (LTLT)	63 - 65 °C	30 minutos
Pasteurización Alta (HTST)	72 - 75 °C	15 - 20 segundos
Ultrapasteurización (UHT)	125 - 140 °C	2 - 4 segundos

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

La pasteurización baja (LTLT)

Es un método de tratamiento térmico suave que consiste en calentar la leche a una temperatura moderada durante un tiempo prolongado.

Este proceso, que inhibe la actividad de la fosfatasa alcalina, garantiza la eliminación de microorganismos patógenos sin alterar significativamente las propiedades sensoriales y nutricionales de la leche. La pasteurización baja se utiliza comúnmente en la elaboración de quesos artesanales.

La pasteurización alta (HTST)

Al someter la leche a un choque térmico intenso y breve, inhibe de manera eficaz la actividad enzimática y destruye la mayoría de los microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, levaduras y mohos.

Esta técnica, altamente precisa, permite modular la intensidad del tratamiento según el tipo de producto y sus características, asegurando así la máxima calidad y seguridad sin comprometer el sabor y la textura de la leche. Además, la automatización de los procesos de pasteurización HTST reduce la intervención manual en la Figura 30, se muestra el pasteurizador de placas.



Figura 30: Pasteurizador de placas.

Fuente: (Guillén, 2023).

La ultrapasteurización (UHT)

Es un proceso térmico de alta intensidad que somete la leche a temperaturas extremadamente elevadas durante un tiempo muy corto. Este tratamiento garantiza una vida útil prolongada del producto, permitiendo su almacenamiento a temperatura ambiente sin refrigeración.

Gracias a la eliminación de prácticamente todos los microorganismos, la leche ultrapasteurizada o UHT es ideal para la distribución en regiones remotas o en países en desarrollo. El proceso UHT no sólo se aplica en productos lácteos, además se emplea para procesar una amplia variedad de bebidas vegetales, zumos, entre otros, diversificando su aplicación en la industria alimentaria.

2.5.6 Separación por membrana

La separación por membranas, que representa cerca del 40% de las instalaciones en la industria alimentaria, emplea fuerzas como la presión o la electricidad para hacer pasar o retener componentes de líquidos a través de membranas semipermeables. En la industria láctea, esta técnica se utiliza principalmente para ajustar el contenido de proteínas, concentrar el suero y reducir la lactosa. Dentro de los procesos de separación por membranas, hay a su vez distintas modalidades, como se muestra en la siguiente Tabla 6 a continuación.

Tabla 6: Tecnologías de filtración en función del tamaño de partícula.

Tecnología de separación por membrana	Tamaño de partícula (µm)	Características de la partícula	Aplicaciones en la industria láctea
Ósmosis Inversa (OI)	0.0001	Iones	Preconcentración de leche y suero. Concentración de permeados de ultrafiltración.
Nanofiltración (NF)	0.0001 - 0.001	Iones/molecular	Preconcentración y desmineralización parcial de lactosuero. Recuperación de efluentes en la industria láctea
Ultrafiltración (UF)	0.001 - 0.1	Molecular/ Macromolecular	Normalización del contenido proteico de la leche. Concentración de lactosuero incrementando su contenido en extracto seco. Retirada de lactosa para la elaboración de productos lácteos quiere decir “sin lactosa”.
Microfiltración (MF)	0.1 – 10	Macromolecular/ Celular + Micropartículas	Pasteurización en frío de leche mediante la eliminación de esporas y microorganismos. Purificación de salmueras, empleadas en el salado de queso.
Filtración Tradicional	1.0 - 100	Celular + Micropartículas	Purificación de salmuera, retirada de finos.

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

Mediante procesos como la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, se logra una amplia gama de separaciones y concentraciones tanto en la leche como en el suero (Rodríguez J. , 2020).

2.5.7 Cuba

La cuba es un equipo fundamental en la elaboración de queso, ya que en ella se realizan la mayoría de las operaciones unitarias del proceso

quesero. La elección del tipo de cuba, con sus características específicas de dimensiones, materiales y sistemas de control, influirá directamente en la calidad y propiedades del producto final.

Los sistemas de calentamiento, agitación y corte son esenciales para garantizar un control preciso de las variables del proceso y obtener una cuajada de calidad uniforme. El acero inoxidable AISI 316, por su resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza, es el material más adecuado para la fabricación de cubas queseras. En la Figura 31, se observa una cuba circular.



Figura 31: Cuba circular.

Fuente: (Escobar, Arestegui, Moreno, & Sanchez, 2013).

2.5.8 Lactofermentador

El equipo en cuestión es un reactor de proceso diseñado para la fabricación de productos lácteos fermentados. Su configuración incluye un tanque cilíndrico de doble camisa, lo que permite un control preciso de la temperatura a través de la circulación de fluidos calefactores o refrigerantes. El sistema de agitación, compuesto por

un eje central y palas, asegura una mezcla homogénea de los ingredientes.

La construcción en acero inoxidable AISI 316, un material altamente resistente a la corrosión garantiza la durabilidad y la higiene del equipo. Además, suele incorporar características adicionales como sistemas de limpieza CIP y fondos inclinados para facilitar la descarga del producto. En la Figura 32, se ilustra el lactofermentador en plataforma que permite el embotellado de yogur y leche fermentada.



Figura 32: Lactofermentador.

Fuente: (Technical, 2023).

2.5.9 Carro desuerador

Los carros desueradores son equipos indispensables en la elaboración de quesos. Su función principal consiste en facilitar la extracción del suero de la cuajada a través de las perforaciones ubicadas en su base y, en algunos casos, en sus laterales. La dimensión y capacidad de estos carros deben estar dimensionadas en función del volumen de la

cuba de coagulación y de la existencia o no de etapas de desuerado previas, como el zapatón.

2.5.10 Moldeado

El moldeado es una etapa crucial en la elaboración del queso, durante la cual la cuajada se introduce en recipientes perforados que le confieren su forma característica. La elección del molde, en términos de material y diseño, es fundamental para obtener un producto final de calidad. Los moldes, fabricados principalmente en plástico de grado alimentario y acero inoxidable, deben garantizar la higiene y facilitar la extracción del queso una vez finalizado el prensado.

2.5.11 Prensa

Una vez la cuajada se ha introducido en los moldes, los quesos de pasta prensada se depositan en el equipo de prensado. De forma general todas las prensas de quesos deben disponer de un diseño que facilite su limpieza, que garantice una distribución uniforme de la presión de los quesos, que sea robusto y que permita la recogida de suero durante esta fase.

Los equipos de prensado se pueden clasificar según distintos criterios: tipo de accionamiento (mecánico, hidráulico y neumático), rendimiento (continuo y discontinuo), pero la clasificación más común es en verticales, y horizontales, según la disposición que presente el equipo.

2.5.12 Saladero

El salado en salmuera es una técnica fundamental en la elaboración quesera, que consiste en sumergir los quesos en soluciones salinas concentradas. Los depósitos o balsas utilizados para este proceso suelen ser rectangulares, fabricados en materiales resistentes a la corrosión como el acero inoxidable.

Estos equipos, que pueden ser de pequeña capacidad y con ruedas para facilitar su movilidad, permiten un control preciso de la concentración salina y garantizan una distribución homogénea de la sal en el queso.

2.5.13 Cámaras

La maduración del queso es un proceso complejo en el que la cuajada experimenta una serie de transformaciones bioquímicas que le confieren sus características únicas de sabor, textura y aroma. Estas modificaciones, que involucran la degradación de la lactosa y la transformación de las proteínas y las grasas, se llevan a cabo en cámaras de maduración con condiciones ambientales controladas.

La duración y las condiciones de maduración varían en función del tipo de queso y determinan su estilo final. La Tabla 7, muestra las condiciones de la cámara en instalaciones lácteas.

Tabla 7: Condiciones de cámaras en instalaciones lácteas.

Tipo de Cámara	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Permanencia (días)	Velocidad de aire (m/s)	Renovación de aire
Oreo	8-12	75-85	2-15	0.5	Sin control
Maduración Enzimática	6-16	60-90	7-180	< 0.25	15-60/día
Maduración Láctica	8-12	85-95	2-30	Mínima/estática	Según tipo de queso
Conservación	3-5	Sin control	Según mercado	Sin control	Sin control
Mantenimiento (curados)	3-8	> 90	Según mercado	Sin control	Sin control

Fuente: (López & Pedregosa, 2020).

2.5.14 Estanterías y cajas

En las cámaras de conservación y maduración de quesos, se emplean estanterías y cajas para organizar y almacenar los productos. Estas estructuras, generalmente fabricadas en materiales como el acero inoxidable o el plástico de grado alimentario, permiten una adecuada circulación del aire alrededor de los quesos, favoreciendo su secado y maduración.

Las estanterías son especialmente útiles para quesos que requieren un volteo frecuente, ya que facilitan su manipulación y evitan deformaciones. En la Figura 33, muestra las estanterías.



Figura 33: *Estanterías y cajas.*

Fuente: *(AgroMaquinaria, 2024).*

CAPÍTULO III

3 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

La industria realiza una amplia variedad de actividades que, si no se gestionan adecuadamente, pueden ocasionar daños significativos. Por ello, la seguridad industrial, entendida como la aplicación de medidas de seguridad en el ámbito industrial, es un concepto crucial para la continuidad física, social y económica de las empresas. Esta disciplina abarca una complejidad que va desde desafíos técnicos hasta impactos humanos y sociales, lo que requiere la formación de especialistas con conocimientos prácticos y una comprensión profunda de las implicaciones legales (Bovea, 2011).

El entorno laboral, donde los trabajadores pasan una gran parte de su día, puede ser tanto un promotor de la salud como una fuente de riesgos, debido a la exposición a diversos contaminantes físicos, químicos, ergonómicos y psicosociales. Por lo tanto, es esencial que tanto el Estado como las empresas privadas reconozcan la importancia de la prevención y aseguren la implementación de procesos y herramientas que permitan un ambiente de trabajo seguro (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

Desde una perspectiva legal, administrativa y social, la protección laboral es un campo en constante expansión, con una demanda creciente y un mayor reconocimiento de su relevancia. Los trabajadores son cada vez más conscientes de la importancia de la

seguridad para su bienestar, lo que incrementa las responsabilidades legales de los profesionales en salud y seguridad laboral.

Por otro lado, la higiene industrial, que se centra en la anticipación, identificación, evaluación y control de los riesgos en el lugar de trabajo, juega un papel vital en la protección de la salud de los trabajadores y en la preservación del medio ambiente. Aunque aún no se reconoce universalmente como una profesión, en muchos países se están estableciendo marcos legislativos que favorecerán su consolidación en el futuro (Aguilar, 2023).

3.1 Evolución de la seguridad industrial

A lo largo de la historia, establecer un momento preciso en el cual la seguridad industrial haya sido reconocida formalmente como una especialidad autónoma es una tarea compleja. Esta dificultad se acentúa al considerar la estrecha interrelación que la seguridad industrial mantiene con diversas disciplinas científicas y sociales. Desde la medicina, que contribuye al entendimiento y prevención de enfermedades laborales, hasta la matemática y la estadística, que permiten el análisis de riesgos y la modelización de situaciones potencialmente peligrosas. La física y la química aportan fundamentos esenciales para comprender las dinámicas de los materiales y las reacciones peligrosas (Letayf & González, 1994).

La creación de leyes y códigos para asegurar que los seres humanos puedan desempeñar sus actividades de manera segura ha surgido en

respuesta a la inherente necesidad de protección. Cabe mencionar, que las regulaciones es el Código de Hammurabi (alrededor de 2100 a.C.), fueron considerados por muchos como el primer reglamento de seguridad industrial.

Además, durante el Imperio Romano, se establecieron diversas normativas para la construcción de infraestructuras como carreteras, puentes, acueductos, templos, coliseos y teatros, con el fin de garantizar su seguridad. Sin embargo, no fue sino hasta la Revolución Industrial, con el surgimiento de nuevos riesgos asociados al avance tecnológico y sus aplicaciones en la industria (Enriquez, Sánchez, & Blanco, 2021).

Suelen distinguirse tres etapas en la evolución histórica de la seguridad industrial en la Figura 34, se muestra las labores en la revolución industrial.

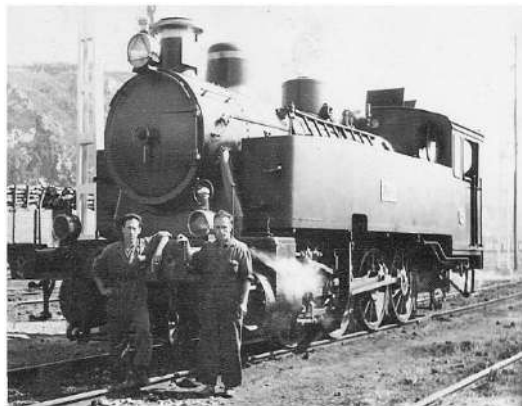


Figura 34. *Historia de la seguridad industrial.*

Fuente: (Latam, 2023).

Durante la etapa inicial de la Revolución Industrial, el enfoque principal se centró en la productividad. Era fundamental garantizar que los nuevos métodos de producción fueran lo suficientemente eficientes como para justificar las inversiones necesarias. Esta fase fue especialmente notable en los países que se industrializaron primero, aunque también se observó en aquellos que se incorporaron más tarde al proceso industrial (Latam, 2023).

En una segunda etapa, el concepto de seguridad comenzó a ganar importancia, tanto en lo que respecta a la seguridad interna de los procesos de fabricación como a la seguridad externa relacionada con el uso de productos y servicios industriales. A pesar de este nuevo enfoque en la seguridad, la productividad siguió siendo un criterio indispensable.

La tercera etapa, que surge en el mundo industrializado tras la Segunda Guerra Mundial, se caracteriza por la incorporación del concepto de calidad como un valor estratégico. En esta fase, ya no era suficiente cumplir con los requisitos básicos de seguridad y maximizar la productividad a corto plazo; la calidad se convirtió en un factor intrínseco que debía considerarse tanto en los procesos industriales como en los productos resultantes (Enriquez, Sánchez, & Blanco, 2021).

3.1.1 Reglamentos de la seguridad industrial

A inicios de la década de 1970, el ámbito de la seguridad y la higiene industrial experimentó un avance significativo. El 29 de diciembre de 1970, el Congreso aprobó la Ley Williams-Steiger sobre Seguridad e Higiene Laboral, que estableció la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), bajo la supervisión del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. Desde sus inicios, la OSHA enfrentó serias críticas del público, aunque también logró poner en el foco de atención la seguridad y la higiene industrial (Asfahl, 1999).

La autoridad de la OSHA para emitir normas de consenso nacional caducó a principios de 1973, dos años después de la entrada en vigor de la ley. A partir de ese momento, la OSHA ya no podía "patrocinar" normas de seguridad e higiene. La mayoría de estas normas de consenso nacional fueron establecidas por dos organizaciones normativas principales: el Instituto Estadounidense de Normas (ANSI) y la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) (Asfahl, 1999).

En términos de normativas internacionales, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) también ha desarrollado convenios y recomendaciones que sirven como guías para los países en la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. El Convenio sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores, 1981 (Nº 155), y el Convenio sobre los Servicios de Salud en el

Trabajo, 1985 (Nº 161), son ejemplos de regulaciones que establecen principios fundamentales para la protección de los trabajadores en todos los sectores de la economía (International Organisation of Employers, 2024).

3.1.2 Leyes y normativas de seguridad laboral

El artículo 12 de la Ley 21/1992 establece que los Reglamentos de Seguridad deberán determinar:

- Las instalaciones, actividades, equipos o productos que estarán sujetos a su regulación.
- Las condiciones técnicas y requisitos de seguridad que las instalaciones, equipos, procesos y productos industriales deben cumplir, junto con los procedimientos técnicos.
- Las medidas que los responsables deben adoptar para prevenir, limitar y cubrir los riesgos derivados de las actividades de las instalaciones (Enriquez, Sánchez, & Blanco, 2021).
- Las condiciones de equipamiento, capacidad técnica y, en su caso, los requisitos de comunicación o declaración responsable que deben cumplir las personas o empresas involucradas en el proyecto.
- Las instalaciones, equipos y productos industriales deben ser contruidos o fabricados de acuerdo con lo establecido en la reglamentación.
- Los reglamentos de seguridad pueden condicionar el funcionamiento de ciertas instalaciones y el uso de ciertos productos

al cumplimiento de las normas reglamentarias (Enriquez, Sánchez, & Blanco, 2021).

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), adapta la normativa española a la directiva 89/391/CEE, que establece medidas para fomentar la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores. Este marco legal impone al empresario la obligación de garantizar, y al trabajador el derecho de recibir, una protección efectiva en cuanto a seguridad y salud en el entorno laboral. El objetivo de la seguridad laboral es optimizar las condiciones de trabajo mediante la implementación de diversas técnicas preventivas (Bovea, 2011).

En la Figura 35, muestra la pirámide de Kelsen con las Normas de derecho comunitario.

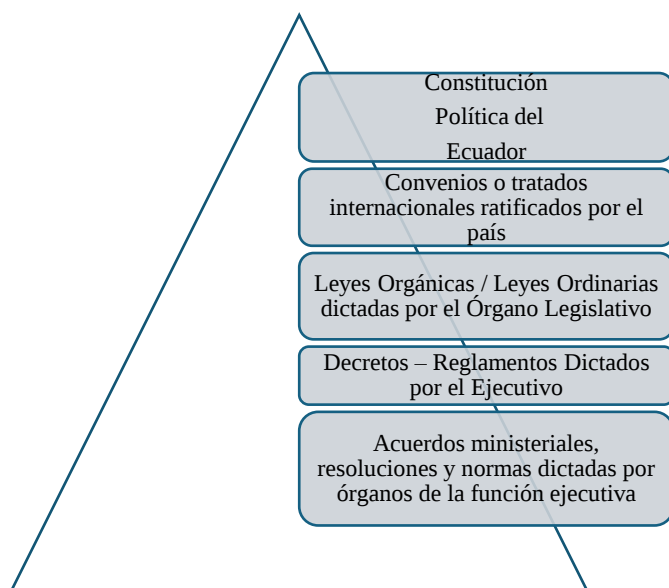


Figura 35. Normas del derecho Comunitario.

Fuente: (Coporsuper, 2021).

3.2 Salud

La salud es esencial para el desarrollo y la existencia de los seres humanos. En términos simples, se define como un estado de bienestar integral, abarcando aspectos físicos, mentales y sociales, más allá de la mera ausencia de enfermedades o trastornos físicos. Esta perspectiva ampliada fue introducida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su constitución de 1948, reflejando así la visión de la salud como un recurso vital para vivir plenamente, y no solo como una meta a alcanzar en la vida (Clínica Universidad de Navarra, 2024).

3.2.1 Daños a la salud en la industria

La exposición a productos industriales peligrosos puede causar diversos efectos adversos en la salud, tales como asma, problemas cutáneos, alteraciones del sistema nervioso, daño cerebral e incluso cáncer. En algunos casos, estos efectos pueden manifestarse tras una sola exposición, mientras que, en otros, son el resultado de una acumulación prolongada de estas sustancias en el cuerpo.

Además, el peligro no radica solo en la posibilidad de desarrollar enfermedades de gravedad distinta, sino también en el riesgo de que estos productos, de manera individual o combinada, provoquen accidentes graves que afecten a las personas, propiedades o al medio ambiente, como explosiones. o contaminación.

3.3 Riesgos mecánicos

El riesgo mecánico se refiere al conjunto de factores físicos que pueden causar lesiones debido a la interacción con máquinas, herramientas, materiales en proceso, o fluidos en movimiento. Estas lesiones pueden ser causadas por la acción mecánica directa de partes móviles, piezas de trabajo o materiales que se proyectan. Entre los tipos de lesiones más comunes se encuentran el aplastamiento, cortes, atrapamientos, arrastre, impactos, perforaciones, punzonamientos, fricción o abrasión, entre otros.

El riesgo mecánico está presente en una amplia gama de operaciones industriales y de manufactura. Estas incluyen la manipulación de herramientas manuales, tanto motorizadas como no motorizadas, y el uso de maquinaria como fresadoras, lijadoras, tornos, taladros y prensas (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

El riesgo mecánico se puede identificar en la industria láctea en situaciones donde los trabajadores interactúan con equipos de procesamiento. Por ejemplo, una mezcladora o un tanque de pasteurización pueden representar un peligro si los engranajes o cuchillas están expuestos. Esto sucede comúnmente cuando los equipos no cuentan con resguardos de seguridad adecuados. Un trabajador podría sufrir lesiones por atrapamiento o cortes al manipular estas máquinas durante su operación o mantenimiento. Para mitigar estos riesgos, es fundamental implementar dispositivos de seguridad, capacitaciones para el manejo adecuado del equipo y sistemas de bloqueo/etiquetado durante las reparaciones.

3.3.1 Riesgos mecánicos derivados de la utilización de equipos de trabajo

- Choques contra objetos inmóviles: Se refiere a situaciones en las que el trabajador, actuando de manera dinámica, se golpea contra un objeto fijo que no está en movimiento.
- Golpes, cortes, y colisiones con objetos en movimiento: Se produce cuando el trabajador entra en contacto con partes móviles

de máquinas o instalaciones, resultando en golpes, cortes o rasguños, sin incluir atrapamientos.

- Atrapamientos por o entre objetos: Incluye situaciones donde una parte del cuerpo del trabajador queda atrapada en aberturas o mecanismos de las máquinas o entre diversos materiales.
- Caídas de objetos en manipulación: Se refiere a incidentes donde equipos, herramientas o materiales caen sobre un trabajador mientras los está manipulando.
- Proyección de fragmentos o partículas: Involucra accidentes donde partículas o fragmentos son proyectados desde máquinas.
- Atrapamientos por vuelco de máquinas o vehículos: Ocurre cuando un trabajador queda atrapado debido al vuelco de vehículos o máquinas, quedando aprisionado bajo ellos (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.3.2 Factores de riesgo

- Uso de equipos de trabajo en mal estado debido a la falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Falta de información y formación adecuada para los trabajadores sobre el uso, almacenamiento y mantenimiento de los equipos de trabajo.
- Ausencia de resguardos de seguridad en equipos de trabajo donde son necesarios, especialmente cuando existen partes móviles que representan un riesgo mecánico para los trabajadores.

- Uso de herramientas inadecuadas para las tareas específicas, lo que implica utilizar herramientas que no son apropiadas según las especificaciones del fabricante.
- No utilización de equipos de protección individual apropiados para cada tarea, como guantes, gafas, entre otros (Prevalia, 2022)

3.3.3 Medidas preventivas

Es fundamental capacitar a los trabajadores en prevención de riesgos, tanto de manera teórica como práctica, asegurando que dicha formación sea adecuada y suficiente para el uso de los equipos de trabajo específicos de su puesto. Esta capacitación debe impartirse no solo al inicio de la contratación, sino también cuando se produzcan cambios en las funciones asignadas o se introduzcan nuevas tecnologías en el entorno laboral.

La información proporcionada a los trabajadores debe incluir al menos:

- Las condiciones y procedimientos correctos para el uso de la maquinaria, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Lecciones aprendidas a partir de la experiencia previa en el uso de dicha maquinaria, que puedan mejorar la seguridad y eficiencia.
- Cualquier otra información preventiva relevante, como la necesidad de utilizar equipos de protección individual y los riesgos asociados al entorno de trabajo (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

Para mejorar la cultura de seguridad dentro de la empresa, se debe fomentar la consulta y participación de los trabajadores en temas relacionados con los riesgos mecánicos (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.4 Riesgos locativos

Se refiere a los riesgos inherentes a las instalaciones físicas del lugar de trabajo, como los espacios laborales y las estructuras del edificio, tales como pisos, techos, ventanas, barandas, ventilación, así como a procesos como el orden y la limpieza. Estos riesgos están presentes de manera constante durante la jornada laboral y son una de las causas más comunes de accidentes.

Aunque estos riesgos afectan todas las instalaciones físicas de la empresa, su control no requiere grandes inversiones. Sin embargo, la implementación de medidas adecuadas puede prevenir numerosos accidentes laborales, y la mejora en la productividad de los empleados que trabajan en un entorno seguro y agradable aporta grandes beneficios a las empresas (Aguar, 2023).

Los riesgos locativos se relacionan con las condiciones físicas del entorno laboral. Un ejemplo en la industria láctea es el riesgo de resbalones y caídas debido a pisos mojados por derrames durante la limpieza o el procesamiento de leche. Esto puede suceder en áreas de producción, donde la acumulación de líquidos no drenados

adecuadamente pone en peligro a los trabajadores. Además, estanterías mal ancladas en zonas de almacenamiento representan un riesgo significativo, ya que pueden colapsar y causar lesiones graves. Implementar pisos antideslizantes, sistemas de drenaje eficiente y revisiones periódicas de la infraestructura puede reducir considerablemente estos peligros.

3.4.1 Edificaciones seguras

Dado que las instalaciones físicas de una empresa pueden representar un riesgo potencial (por ejemplo, una baranda mal ajustada podría causar un accidente), lo primero que se debe hacer es identificar los aspectos que determinan si la edificación es segura o no. Entre los parámetros que deberían tener en cuenta se incluyen los siguientes:

Anclajes: Al diseñar una edificación, es crucial considerar la seguridad durante las labores de mantenimiento de fachadas, ventanas y cubiertas, para lo cual deben instalarse sistemas que faciliten estas tareas.

Cubierta: La altura mínima en la parte más baja de la cubierta debe ser de 2,5 metros para oficinas y 3 metros para instalaciones industriales. La cubierta debe estar hecha de un material que proteja a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y debe contar con la resistencia adecuada para su uso (Aguilar, 2023).

Distribución de espacios: Debe garantizar un mínimo de 2 m² de área libre de piso o pavimento por trabajador (descontando el espacio ocupado por muebles, máquinas, equipos, etc.), y un volumen de aire de 11,5 m³ libres por trabajador.

Distribución de máquinas y equipos: Se debe asegurar un paso mínimo de 0,6 metros para acceder a las máquinas y equipos. Además, la distancia mínima entre máquinas (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

3.4.2 Control del riesgo locativo

Si una empresa ya cuenta con una sede que no cumple con las normativas de seguridad vigentes, es necesario realizar las remodelaciones o ampliaciones necesarias. La normatividad abarca diversos aspectos, como instalaciones eléctricas, pisos, barandas, ventanas, iluminación y salidas de emergencia, con especial énfasis en áreas problemáticas como escaleras, barandas y pasamanos.

El diseño inadecuado de escaleras, barandas inseguras, y pisos resbaladizos son causas comunes de accidentes laborales que podrían prevenirse cumpliendo con las normativas mínimas. Otro aspecto crítico es el mantenimiento de los elementos de anclaje y superficies de trabajo. Los elementos de anclaje para el mantenimiento de fachadas y cubiertas deben ser seguros y facilitar las tareas de inspección. Asimismo, el mantenimiento de las superficies de trabajo es esencial para prevenir riesgos como hundimientos. (Aguilar, 2023).

3.4.3 Plan de acción

- Eliminar lo innecesario: Realizar una auditoría periódica para identificar y retirar materiales, herramientas y equipos que no se utilizan regularmente.
- Clasificar lo útil: Establecer un sistema de clasificación para organizar las herramientas y materiales.
- Localizar el material guardado con facilidad: Implementar un sistema de almacenamiento visual para que los empleados puedan encontrar rápidamente lo que necesitan.
- Evitar ensuciar: Desarrollar protocolos de trabajo que incluyan prácticas para minimizar la generación de suciedad.
- Limpiar enseguida: Establecer una rutina de limpieza al final de cada turno o después de cada tarea (Aguilar, 2023).

3.5 Higiene industrial

La higiene industrial se concentra en resguardar la salud dentro del ambiente laboral, enfocándose en evitar enfermedades relacionadas con el trabajo y proporcionando apoyo y seguridad al empleado en caso de que surjan. A través del tiempo, se han establecido protocolos rigurosos que giran en torno a políticas de prevención de riesgos laborales, con el objetivo de facilitar estas prácticas protectoras y promover condiciones laborales más seguras y saludables.

Engloba una variedad de prácticas y técnicas diseñadas para identificar, evaluar y controlar los riesgos potenciales en el entorno de trabajo que puedan afectar la salud de los empleados. Este campo no solo se enfoca en la prevención de enfermedades y accidentes, sino que también busca mejorar las condiciones laborales mediante la implementación de medidas de control adecuadas, como ventilación, equipos de protección personal y el manejo seguro de sustancias químicas (Esginnova Group, 2023).

3.6 Riesgos físicos

Se refiere a todos los factores ambientales que están determinados por las características físicas de los objetos, como la carga física, el ruido, la iluminación, la radiación ionizante y no ionizante, las temperaturas altas y las vibraciones. Estos factores impactan los tejidos y órganos del trabajador, pudiendo causar efectos perjudiciales dependiendo de la intensidad y duración de la exposición.

3.6.1 Ruido

El ruido se describe como "Un sonido no deseado, inoportuno, desagradable o perturbador que puede generar alteraciones fisiológicas o psicológicas en las personas". El sonido se define como "Una percepción auditiva originada por ondas acústicas generadas por vibraciones". Cuando ocurre un sonido, estas ondas acústicas se

propagan a través de diferentes medios, como sólidos, líquidos o gases.

El ruido es un riesgo físico común en la industria láctea. Equipos como homogenizadores, compresores de frío y líneas de embotellado generan niveles sonoros elevados que, si los trabajadores están expuestos de manera prolongada, pueden provocar pérdida auditiva. Esto es especialmente relevante en áreas donde los procesos automatizados funcionan continuamente. Para reducir este riesgo, se deben emplear protectores auditivos y realizar evaluaciones periódicas del nivel de ruido en las instalaciones.

Daños a la salud: El ruido puede causar efectos negativos en la salud humana, tanto auditivos (como la hipoacusia) como no auditivos (incluyendo alteraciones en la frecuencia cardíaca, respiratoria, secreción ácida del estómago, y trastornos de comportamiento como agresividad y ansiedad).

Para prevenir y corregir estos daños, se deben implementar medidas como:

- **Control del ruido en la fuente:** Reducir el ruido desde su origen, mediante el aislamiento de maquinaria o la instalación de equipos amortiguadores.
- **Control en el trayecto de transmisión:** Manejar el nivel de presión sonora en el medio por el cual se propaga el sonido.
- **Medidas para el individuo:** Rotar puestos de trabajo y reducir el tiempo de exposición al ruido (Aguilar, 2023).

3.6.2 Iluminación

La iluminación es un factor ambiental crucial que tiene como objetivo principal mejorar la visibilidad de los objetos en su entorno, permitiendo así que el trabajo se realice bajo condiciones óptimas de eficiencia, confort y seguridad. Al alcanzar estos objetivos, se obtienen beneficios significativos, como la reducción de la fatiga, la disminución de errores y accidentes, y una mejora en la cantidad y calidad del trabajo realizado.

Una iluminación deficiente puede ser otro riesgo físico significativo. En áreas de inspección de calidad, donde se revisan productos lácteos, la falta de luz adecuada puede causar fatiga visual en los trabajadores y aumentar la posibilidad de errores en el control de calidad. Este problema puede solucionarse utilizando fuentes de luz adecuadas que cumplan con los estándares de iluminación industrial. Efectos sobre la salud:

- Problemas oculares.
- Dolores de cabeza.
- Cansancio.

3.6.3 Vibraciones

Las vibraciones son movimientos oscilatorios de un cuerpo sólido en relación con un punto fijo. Estas vibraciones se transmiten al individuo a través del contacto con el objeto de que vibra y son

detectadas por diferentes órganos, como la piel, los órganos internos y el aparato vestibular del oído, que envían la información al sistema nervioso superficial.

Las vibraciones generadas por equipos como compresores de enfriamiento o sistemas de transporte en las plantas pueden afectar a los trabajadores durante turnos prolongados. Estas vibraciones pueden causar problemas musculoesqueléticos, especialmente en las manos y brazos, si los operadores no cuentan con descansos regulares o herramientas diseñadas ergonómicamente (Letayf & González, 1994).

Efectos sobre la salud:

- Problemas neuromusculares.
- Alteraciones cardiovasculares.
- Problemas sensoriales y en el sistema nervioso central.

Medidas preventivas:

- Reducir el tiempo de exposición.
- Implementar un sistema de rotación de puestos de trabajo.
- Establecer pausas durante la jornada laboral.
- Minimizar la intensidad de las vibraciones.
- Elegir herramientas o equipos industriales con niveles de vibración más bajos (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

3.6.4 Radiaciones ionizantes y no ionizantes

La radiación es una forma de energía que puede originarse en átomos inestables en desintegración radiactiva o ser generada por dispositivos mecánicos. Esta energía se desplaza desde su fuente en forma de ondas o partículas cargadas. Existen diferentes tipos de radiación, cada una con características y efectos distintos.

Las radiaciones ionizantes (RI), debido a su alta energía, tienen la capacidad de ionizar la materia, es decir, crear iones al añadir o quitar electrones de átomos o moléculas. Entre estas radiaciones se encuentran los rayos X, rayos gamma, y partículas alfa, beta y neutrones. La radiación ionizante puede dañar los átomos en los seres vivos, afectando el tejido y el ADN, y proviene de equipos como las máquinas de rayos X, partículas cósmicas y elementos radiactivos (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

Las radiaciones no ionizantes se componen de ondas electromagnéticas generadas por el sol y diversos aparatos eléctricos y electrónicos. Aunque tienen suficiente energía para mover o hacer vibrar los átomos de una molécula, no son capaces de eliminar electrones de los átomos. Ejemplos incluyen ondas de radio, luz visible y microondas. Los efectos de esta radiación en la salud son principalmente térmicos y fotoquímicos.

Las lámparas UV utilizadas para esterilizar materiales y herramientas son un ejemplo de radiaciones no ionizantes en la industria láctea. Aunque son efectivas para eliminar microorganismos, su exposición prolongada puede provocar irritación ocular y quemaduras en la piel si no se manejan correctamente. Se deben implementar barreras físicas, señalizaciones y equipos de protección personal para evitar estos riesgos (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

Para prevenir los riesgos asociados con la radiación, se recomienda:

- Mantener distancia de la fuente radiactiva, utilizando dispositivos o controles remotos cuando sea posible.
- Reducir el tiempo de exposición para disminuir la cantidad de radiación absorbida.
- Usar pantallas o blindaje de protección para reducir la dosis de radiación recibida.
- Proteger las instalaciones para limitar la exposición a la radiación (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.7 Riesgos Químicos

El riesgo químico se refiere al peligro asociado con el uso o la presencia de sustancias químicas que pueden causar daño. Una sustancia química es considerada peligrosa si presenta características como ser perjudicial para la salud, lo que puede resultar en efectos adversos que varían desde irritaciones menores hasta enfermedades graves como cáncer, daños en órganos internos, o problemas

respiratorios debido a la exposición directa por inhalación, ingestión o contacto con la piel (González, 2015).

Los riesgos químicos en la industria láctea son frecuentes debido al uso de productos de limpieza y desinfección en equipos y superficies. Por ejemplo, los trabajadores pueden estar expuestos a soluciones alcalinas o ácidos clorados que, si entran en contacto con la piel o los ojos, pueden causar quemaduras químicas. Además, la inhalación de vapores generados por estos productos durante la limpieza de tanques o tuberías puede provocar irritación en las vías respiratorias. Es imprescindible proporcionar equipos de protección como guantes, máscaras y ropa resistente a químicos, además de garantizar una ventilación adecuada en las áreas de limpieza (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.7.1 Vías de entrada de los tóxicos en el organismo

Las sustancias químicas pueden ingresar al cuerpo de varias maneras:

- **Inhalación:** Las vías respiratorias son las principales rutas de entrada. Los agentes químicos inhalados pasan a los pulmones y luego a la sangre, afectando órganos como el cerebro, hígado y riñones.
- **Ingestión:** Los productos tóxicos pueden ser ingeridos a través de alimentos o bebidas contaminadas, o por tocar la boca con las manos que han manipulado productos químicos.

- **Dérmica:** Algunas sustancias químicas causan daño al entrar en contacto con la piel, mucosas u ojos.
- **Parenteral:** La penetración del contaminante ocurre a través de cortes, pinchazos o heridas abiertas en la piel (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

3.7.2 Efectos de la toxicidad en el organismo

Trabajar con productos químicos implica riesgos complejos debido a la variedad de efectos dañinos que pueden tener sobre el cuerpo humano. Las sustancias tóxicas pueden causar:

- **Corrosión:** Destrucción de los tejidos en los que la sustancia tóxica entra en contacto.
- **Irritación:** Molestias en la piel y mucosas de la garganta, nariz, ojos, etc., tras el contacto con el tóxico.
- **Neumoconiosis:** Alteraciones pulmonares causadas por el depósito de partículas sólidas en los tejidos pulmonares.
- **Asfixia:** Reducción o eliminación del oxígeno en el aire que respiramos.
- **Efectos anestésicos y narcóticos:** Pérdida general o parcial de la sensibilidad debido a la acción sobre los tejidos cerebrales.
- **Sensibilización:** Reacciones alérgicas provocadas por la sustancia tóxica, incluso en cantidades mínimas.
- **Efectos cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos:** Inducción de cáncer, alteraciones genéticas y malformaciones en el desarrollo fetal (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.7.3 Gestión preventiva frente al riesgo químico

A pesar de la complejidad del riesgo químico y sus variados efectos y peligros, la gestión preventiva sigue un enfoque similar al de otros tipos de riesgos. El proceso de prevención del riesgo químico incluye:

- **Identificación de sustancias peligrosas:** Los laboratorios deben disponer de las "fichas de datos de seguridad" proporcionadas por los proveedores y asegurarse de que las sustancias químicas estén adecuadamente etiquetadas.
- **Conocimiento de las características de las sustancias:** Es crucial entender la toxicidad de las sustancias para los seres humanos y el medio ambiente, así como su potencial de inflamabilidad o capacidad como comburente.
- **Eliminación y control del riesgo:** Tras identificar y entender la sustancia peligrosa, se debe evaluar si es necesario su uso. En caso afirmativo, se deben considerar alternativas que representen menos riesgo para la salud (INSHT, 2001).

3.8 Riesgos biológicos

Es el peligro asociado con contaminantes biológicos, que son organismos vivos capaces de reproducirse y con un ciclo de vida definido, presentes en entornos laborales específicos. Estos contaminantes pueden causar enfermedades infecciosas, reacciones alérgicas o intoxicaciones. Afectan a todos los seres vivos, y su presencia es difícil de detectar, ya que pueden estar en el ambiente

sin ser visibles y entrar al organismo a través de la respiración, la digestión, la piel o heridas.

En la industria láctea, los riesgos biológicos están asociados a la manipulación de leche cruda y productos derivados. Por ejemplo, los trabajadores pueden estar expuestos a bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes* o *Salmonella*, que se encuentran en áreas contaminadas. Estas bacterias pueden provocar infecciones graves si no se siguen los protocolos de higiene. Otro ejemplo es la presencia de hongos o moho en cámaras de almacenamiento mal higienizadas, lo que puede causar alergias o infecciones respiratorias en los trabajadores. Para prevenir estos riesgos, es esencial implementar prácticas de higiene estrictas, mantener los equipos y superficies desinfectados, y realizar monitoreos microbiológicos regulares (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

3.8.1 Vías de entrada de los contaminantes biológicos

- Respiratoria o inhalatoria: en atmósferas con presencia de agentes biológicos patógenos.
- Digestiva: ocasionada por consumo de alimentos y/o bebidas contaminadas y por malos hábitos higiénicos.
- Parenteral: pinchazos, heridas abiertas.
- Piel y mucosas: contacto con aire o materiales portadores de sustancias infecciosas.

3.8.2 Efectos del riesgo biológico

Para reducir los accidentes biológicos, es fundamental fortalecer la formación y aumentar el conocimiento sobre los riesgos entre todos los trabajadores expuestos. Es esencial que cada individuo entienda el peligro asociado a su trabajo y adopte hábitos de seguridad de manera constante. La concientización sobre los riesgos debe ser el punto de partida, y para lograrlo, es crucial contar con la colaboración activa de todo el personal, incluyendo trabajadores, usuarios, proveedores y clientes.

Además, es necesario mejorar las condiciones técnicas del entorno laboral, como los procedimientos, los equipos de protección, y las normas relacionadas con la adquisición, uso y reposición de materiales. La formación y práctica deben fortalecer una cultura de control de riesgos. Los programas de capacitación deben incluir mecanismos de seguimiento y retroalimentación, así como elementos motivacionales justos y equitativos (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

3.8.3 Criterios preventivos básicos

- Empleo de contenedores sellados que eviten la liberación de agentes biológicos presentes en las muestras.
- Uso de pinzas para manejar recipientes que contienen muestras biológicas.

- Desarrollo de directrices para procedimientos seguros en el manejo de contaminantes biológicos patógenos.
- Implementación de un plan de contingencia y emergencia para gestionar accidentes relacionados con agentes biológicos patógenos.
- Establecimiento de un programa continuo de control sanitario que incluya el manejo de agua potable y hervida.
- Manipulación de microorganismos en cabinas diseñadas para la seguridad biológica.
- Aplicación de métodos rigurosos de desinfección y esterilización.
- Disponibilidad de estaciones de lavado ocular y duchas de emergencia (Aguilar, 2023).

3.9 Equipos de protección personal

Los dispositivos de protección personal son cruciales para gestionar los riesgos en el entorno laboral. Sin embargo, deben ser considerados como una opción secundaria una vez evaluadas las posibilidades de controlar el riesgo en su origen o medio. Es esencial contar con información completa sobre la efectividad real de estos dispositivos, ya que su eficacia depende principalmente de una selección adecuada y de su uso correcto.

3.9.1 Protección para cabeza

Cascos de seguridad: El casco está fabricado con materiales como policarbonato, polipropileno, polietileno de alto impacto o fibra de

vidrio. En su interior, cuenta con una cinta que rodea la cabeza y un sistema de sujeción que se une en la parte superior mediante un cordón o una cinta con una costura débil. Esta característica está diseñada para amortiguar los impactos, minimizando así la transmisión de energía cinética al cabeza y al cuello.

El ala del casco puede ser integral, proporcionando protección en la cabeza, orejas y cuello, y es adecuada para trabajos manufactureros, agrícolas, forestales y de servicios. En la Figura 36, se observa de manera clara los elementos el casco de seguridad (Soefec, 2023).



Figura 36. Casco de seguridad.

Fuente: (Soefec, 2023).

Protección facial: Las caretas o yelmos para soldadores de arco están diseñados para filtrar las radiaciones de soldadura eléctrica, ultravioleta e infrarroja, que pueden perjudicar los ojos y la piel del soldador. Es fundamental seleccionar el yelmo adecuado según el tipo de trabajo, ya que existen modelos con o sin babero, con filtro

abatible o fijo, con sistema de ajuste al casco, y con protectores auditivos de copa, entre otras opciones.

3.9.2 Protección visual:

Gafas y Monogafas: Estas se utilizan principalmente en trabajos con riesgo de proyección de partículas que, aunque no dañan el rostro, pueden afectar los ojos debido a su mayor vulnerabilidad. También son necesarias cuando hay riesgo de radiaciones infrarrojas y ultravioleta, o cuando se requiere un tono que resalte los contrastes en trabajos de precisión.

Es importante seleccionar modelos que ofrezcan diferentes tallas y diseños que se adapten bien al rostro del trabajador sin causar incomodidad. En el caso de las monogafas, es esencial verificar que el sistema de ventilación sea efectivo para evitar que se empañen durante el uso. En la Figura 37, se muestran las gafas de protección (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).



Figura 37. Gafas de protección.

Fuente: (Soefec, 2023).

3.9.3 Protección auditiva

Estos dispositivos están diseñados para proteger el sistema auditivo, ayudando a disminuir el nivel de presión sonora que experimenta una persona en un entorno ruidoso. En muchos casos, no es práctico, económico ni posible reducir el ruido generado por máquinas, equipos y herramientas a niveles seguros para el oído humano, por lo que el uso de estos elementos de protección auditiva se vuelve esencial.

3.9.4 Protectores respiratorios

Se utilizan equipos de protección respiratoria cuando no es posible mejorar las condiciones del ambiente con otros métodos de Higiene Industrial, y cuando el tiempo de exposición es lo suficientemente breve para justificar su uso desde el punto de vista económico y técnico.



Figura 38. Mascarilla de protección.

Fuente: (Soefec, 2023).

Estos equipos pueden resultar incómodos, por lo que se recomienda limitar su uso a un máximo de cuatro horas por jornada. Es crucial que el personal, así como sus supervisores y jefes, reciban capacitación adecuada para entender las limitaciones del equipo. Además, es fundamental que los protectores respiratorios se ofrezcan en diferentes tallas y que pasen pruebas de adaptación facial para asegurar que no haya fugas de aire, cubriendo las válvulas de entrada y salida durante las pruebas (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

3.9.5 Protectores corporales

Protección parcial: Incluye mandiles (delantales) y polainas impermeables. Están destinados a trabajos que implican manejo de sustancias químicas, zonas húmedas o materiales biológicos patógenos. Protegen contra sustancias químicas nocivas, humedad y agentes biológicos. Son necesarios en laboratorios clínicos, industrias químicas, dosificación de sustancias. Se recomienda que los mandiles sean de carnauba curtida para mayor resistencia al fuego.

Protección integral: Comprende capucha con visor, sacón o abrigo, pantalón, cubrebocas, guantes largos y polainas. Fabricada en materiales resistentes al fuego como rayón aluminizado, esta protección es adecuada para trabajos que involucran calor radiante y fuego. Para trabajos con plaguicidas, se usan overoles completos y chaquetones hechos de materiales impermeables y resistentes a solventes, con orificios de ventilación y termosellado para evitar la

entrada de plaguicidas (Fernández, Mancera, Mancera, & Mancera, 2012).

CAPÍTULO IV

4 NORMAS DE SEGURIDAD Y TÉCNICAS PREVENTIVAS DE PROTECCIÓN

La seguridad en el entorno laboral y en cualquier actividad cotidiana es fundamental para proteger la salud y el bienestar de las personas. En un mundo en el que las actividades industriales, comerciales y de servicios implican riesgos diversos, el conocimiento y la implementación de normas de seguridad y técnicas preventivas de protección son esenciales para prevenir accidentes, reducir enfermedades profesionales y minimizar daños al entorno.

Este capítulo ofrece una guía exhaustiva sobre las principales normativas de seguridad, explicando cómo deben aplicarse en diferentes contextos laborales y de qué manera las técnicas preventivas contribuyentes a proteger tanto a los trabajadores como a los bienes materiales y al medio ambiente.

Se abordan temas clave como la identificación de riesgos, el uso adecuado de equipos de protección personal, la implementación de planes de emergencia y las mejores prácticas para manejar materiales peligrosos. Además, se exploran las responsabilidades de trabajadores y empleados en la creación de un ambiente seguro, y se ofrecen recomendaciones actualizadas para la prevención de accidentes y la gestión de situaciones de riesgo.

Este enfoque integral busca no solo informar sobre las normas vigentes, sino también fomentar una cultura de seguridad que permita a las personas reconocer y mitigar los peligros de manera proactiva y efectiva.

4.1 Clasificación de las normas de seguridad

Las normas de seguridad se clasifican de la siguiente manera:

4.1.1 Por su promulgación

Se pueden mencionar.

Normas oficiales:

- Emitidas por organismos gubernamentales o reguladores.
- Incluyen leyes y reglamentos como la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Regulan actividades específicas: manejo de aparatos elevadores, recipientes a presión, actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Normas internas de empresa:

- Desarrolladas por la propia organización para adaptarse a sus necesidades.
- Están diseñadas para complementar las normas oficiales.
- Su objetivo es garantizar la seguridad específica de las instalaciones y operaciones de la empresa.

4.1.2 Por su actuación

Normas de actuación personal:

- Relacionadas con el uso de Equipos de Protección Individual (EPI).
- Protegen al trabajador de riesgos específicos (guantes, cascos, mascarillas, etc.).
- Se aplica en situaciones donde el trabajador está expuesto a peligros individuales.

Normas de actuación colectiva:

- Enfocadas en proteger a todos los trabajadores en el entorno de trabajo.
- Incluyen prácticas como orden y limpieza, protección contra incendios, carga y descarga segura.
- Benefician a todo el grupo en un ambiente laboral compartido y controlado.

4.1.3 Por tipo de instalaciones

Instalaciones eléctricas:

- Normas que regulan la manipulación segura de equipos eléctricos.

- Controle el manejo de la carga eléctrica para evitar cortocircuitos y electrocuciones.

Instalaciones de soldadura:

- Regule las prácticas de soldadura para prevenir quemaduras, incendios y exposición a humos tóxicos.
- Incluyen recomendaciones sobre el uso de EPI específicos para soldadura.

Instalaciones de aire comprimido:

- Normas que aseguran la manipulación segura de sistemas de aire comprimido.
- Incluyen regulaciones sobre presión, conexiones y mantenimiento para evitar explosiones.

Elementos de maniobra y contra incendios:

- Incluyen procedimientos para la manipulación segura de equipos de maniobra.
- Regule el uso y mantenimiento de equipos contra incendios en instalaciones.

4.1.4 Por su alcance

Normas nacionales:

- Normas específicas de un país o región (por ejemplo, UNE en España, DIN en Alemania, ANSI en Estados Unidos).

- Emitidas y reguladas por organismos locales o nacionales.
- Se aplican en el ámbito nacional y deben ser cumplidas por las empresas en ese territorio.

Normas internacionales:

- Emitidas por organizaciones globales como ISO (Organización Internacional de Normalización) y CEI (Comisión Electrotécnica Internacional).
- Buscan unificar criterios de seguridad a nivel mundial.
- Facilitan el comercio internacional y garantizan prácticas de seguridad comunes.

4.1.5 Por su obligatoriedad

Normas obligatorias:

- De cumplimiento obligatorio, establecido por ley.
- Su incumplimiento puede resultar en sanciones legales.
- Incluyen normas fundamentales para la seguridad laboral y el cumplimiento de los estándares mínimos.

Normas voluntarias:

- No son obligatorias, pero las empresas pueden adoptarlas para mejorar sus prácticas.
- Incluyen muchas normas de la ISO que mejoran los estándares de calidad y seguridad.

- Aumentan la competitividad y la credibilidad de la empresa en el mercado.

Normas de emergencia:

- Diseñadas para situaciones de alto riesgo o emergencias.
- Incluyen protocolos de evacuación, primeros auxilios y procedimientos de actuación en incidentes.
- Aseguran una respuesta rápida y eficaz para minimizar daños en caso de accidentes o catástrofes.

4.2 Características de las normas

Las normas de seguridad deben diseñarse con el fin de maximizar su efectividad y cumplimiento, lo cual implica que deben ser elaboradas considerando requisitos y características generales aplicables a cualquier tipo de norma. Esto garantiza que las normas de seguridad cumplan con su propósito de proteger la salud y seguridad de los trabajadores en diversos entornos y situaciones.

Para asegurar la eficacia de estas normas como técnicas operativas de seguridad, es necesario cumplir con ciertas características específicas:

- Evitar la multiplicidad para prevenir su incumplimiento: Una cantidad excesiva de normas puede llevar a confusión y dificultar su aplicación en la práctica, lo que aumenta el riesgo de

incumplimiento. La simplificación y consolidación de normas contribuyen a que los trabajadores las comprendan y cumplan más fácilmente.

- Ser concisas, concretas y claras: Las normas de seguridad deben ser lo más directas y breves posibles, utilizando un lenguaje claro y adecuado que facilite su comprensión. Esto implica evitar tecnicismos innecesarios o ambigüedades que puedan generar dudas o interpretaciones erróneas. Una norma de seguridad efectiva es aquella que puede ser entendida y aplicada sin necesidad de interpretación adicional.
- Redactarse en tono imperativo: Para garantizar el cumplimiento, las normas deben expresarse de manera categórica, usando un tono que deje claro que su observancia es obligatoria. Esto ayuda a reducir la posibilidad de que las normas sean vistas como recomendaciones opcionales y refuerza su carácter vinculante.
- Considerar la legislación vigente: Es fundamental que las normas de seguridad se alineen con las leyes y reglamentos nacionales e internacionales aplicables. Cumplir con la normativa legal no solo evita sanciones, sino que asegura que las prácticas de seguridad estén actualizadas y basadas en los estándares reconocidos.
- Facilitar la integración con otras normas de seguridad y salud: Las normas de seguridad deben ser capaces de trabajar en conjunto, ya sea por sí solas o en combinación con otras normativas

relacionadas con la protección de la salud y la seguridad laboral. Esto incluye la posibilidad de resolver problemas específicos de seguridad o salud de manera integrada, promoviendo un entorno laboral seguro y saludable de forma holística (Cortés, 2018).

4.3 Mecanismo normalizador

Organismos Internacionales: La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) son dos organismos clave en el ámbito de la seguridad y salud ocupacional. La OIT, por ejemplo, establece convenios y recomendaciones internacionales que los países pueden adoptar para proteger a los trabajadores. La Organización Internacional de Normalización (ISO) también juega un papel crucial con normativas como la ISO 45001, que proporciona un marco para la gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Agencias Nacionales: En cada país, existen entidades gubernamentales responsables de la regulación de normas de seguridad laboral. Ejemplos de estas instituciones son la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) en Estados Unidos, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en España, y el Ministerio de Trabajo en muchos países latinoamericanos. Estas entidades desarrollan, implementan y supervisan el cumplimiento de las normas de seguridad en sus respectivos territorios.

Normativas específicas como la ISO 45001 o las normas UNE (Norma Española) y ANSI (American National Standards Institute) detallan requisitos técnicos para la implementación de medidas de seguridad. Estas normas proporcionan pautas para sistemas de gestión de seguridad y salud, describiendo los procedimientos y controles necesarios para minimizar los riesgos (UNE, 2018).

4.4 Costos en la seguridad y salud en el trabajo

Los costos en seguridad y salud en el trabajo abarcan los recursos invertidos en prevención de accidentes, capacitación, equipos de protección y cumplimiento de normativas. Aunque representan un gasto inicial, estos costos previenen accidentes, reducen el ausentismo y aumentan la productividad, generando beneficio.

4.4.1 Costos directos

El costo de indemnización a la víctima de un accidente se refiere a los casos en que la empresa debe realizar un pago único a la persona afectada, de acuerdo con las regulaciones laborales vigentes

Atención médica y hospitalización: Gastos relacionados con el tratamiento médico inmediato, hospitalización, medicamentos y materiales médicos necesarios para atender al trabajador accidentado. También incluye el costo de servicios de emergencia, como ambulancias (Cuervo Vahos, 2019).

Rehabilitación y recuperación: Costos de tratamientos adicionales y de rehabilitación para el trabajador lesionado, que pueden extenderse a terapias físicas, consultas médicas continuas y seguimiento para garantizar una recuperación completa.

Daños materiales: Gastos en la reparación o reemplazo de equipos, maquinaria o instalaciones que hayan resultado dañados en el accidente. Estos costos son especialmente importantes en entornos donde se manejan maquinaria pesada o materiales peligrosos.

Primas de seguros: Los accidentes y la gestión de riesgos pueden aumentar las primas de los seguros de responsabilidad civil y riesgos laborales que las empresas deben pagar, un costo que impacta directamente en la operatividad financiera (Bolaño, 2019).

4.4.2 Costos indirectos

Pérdida de productividad: La ausencia de un trabajador debido a un accidente genera interrupciones en la producción y puede requerir reasignación de tareas o la contratación temporal de otros trabajadores para cubrir su puesto, lo que afecta la eficiencia general.

Tiempo de gestión y administración: Los accidentes requieren la atención de recursos humanos y personal administrativo para gestionar informes, realizar investigaciones y coordinar trámites de seguros y compensaciones. Este tiempo administrativo representa un

costo indirecto que afecta el flujo normal de actividades en la empresa.

Capacitación de reemplazos: Cuando un trabajador accidentado no puede regresar de inmediato, la empresa debe capacitar a un reemplazo o redirigir a otros empleados para que asuman sus funciones, lo que conlleva costos de capacitación y adaptación.

Aumento de primas de seguros: Los accidentes pueden incrementar las primas de seguros de riesgos laborales y responsabilidad civil, generando un costo adicional que persiste a largo plazo y afecta los costos operativos de la empresa (Steel, 2018).

Pérdida de moral y clima laboral: Los accidentes pueden generar ansiedad y disminuir la moral en el equipo de trabajo, lo que puede afectar el ambiente laboral y, en consecuencia, la productividad. Esto aumentará también puede el estrés y disminuir el compromiso de los empleados.

Deterioro de la imagen de la empresa: Un accidente laboral puede afectar la reputación de la empresa, especialmente si tiene consecuencias graves o si se producen de manera frecuente. Una mala reputación puede impactar la confianza de clientes, proveedores y posibles socios comerciales.

Costos legales y litigios: En casos de accidentes graves, pueden surgir demandas legales que obligan a la empresa a asumir gastos de

defensa legal o indemnizaciones adicionales más allá de las compensaciones estándar (Bolaño, 2019).

4.4.3 Cálculo del índice de frecuencia

El índice de frecuencia es una métrica utilizada para medir la cantidad de accidentes laborales en una empresa o sector, en relación con las horas trabajadas. Su objetivo es mostrar la frecuencia con la que ocurren accidentes y ayudar a evaluar la efectividad de las políticas de seguridad y prevención de riesgos en el lugar de trabajo.

Fórmula del índice de frecuencia

La fórmula general para calcular el índice de frecuencia es:

$$\text{índice de frecuencia} = \frac{\text{número de accidentes}}{\text{total de horas trabajadas}} \times 1\,000\,000$$

Componentes de la fórmula

- Número de accidentes con baja: Solo se consideran los accidentes que han causado que el trabajador se ausente del trabajo.
- Total de horas trabajadas: Es la suma de todas las horas trabajadas por los empleados durante el periodo de tiempo evaluado.
- 1.000.000: Este factor de multiplicación estandariza el índice para obtener una cifra que permite una fácil comparación entre diferentes periodos, departamentos o industrias.

Ejemplo de cálculo

Supongamos que en una empresa se registraron 5 accidentes con baja en un año, y el total de horas trabajadas durante ese mismo período fue de 500,000 horas.

$$\text{índice de frecuencia} = \frac{5}{500\,000} \times 1\,000\,000 = 10$$

En esta empresa ocurrieron 10 accidentes por cada millón de horas trabajadas, lo que da una referencia sobre la frecuencia de accidentes en el período.

Interpretación del índice de frecuencia

Un índice de frecuencia alto indica que los accidentes ocurren con mayor frecuencia, lo cual señalar podría la necesidad de revisar y mejorar las prácticas de seguridad en la empresa. Un índice bajo sugiere un entorno laboral más seguro y controlado. Este índice es útil para comparar diferentes períodos dentro de la misma organización o para evaluar la seguridad laboral entre diferentes empresas o industrias.

4.4.4 Cálculo del índice de gravedad

El índice de gravedad es una métrica utilizada para medir la severidad de los accidentes laborales en una empresa o sector, en función de las jornadas de trabajo perdidas debido a esos accidentes. Este índice

ayuda a entender el impacto de los accidentes en términos de tiempo de inactividad y producción.

Fórmula del índice de gravedad

La fórmula general para calcular el índice de gravedad es:

$$\text{índice de gravedad} = \frac{\text{Total de días perdidos por accidentes}}{\text{total de horas trabajadas}} \times 1\,000$$

Componentes de la fórmula

- Total de días perdidos por accidentes: Suma de los días de trabajo que se perdieron debido a los accidentes ocurridos en el periodo evaluado.
- Total de horas trabajadas: Suma de todas las horas trabajadas por los empleados durante el periodo evaluado.
- 1,000: Este factor de multiplicación

Ejemplo de cálculo

Supongamos que en una empresa ocurrieron varios accidentes durante el año, resultando en un total de 100 días perdidos. El total de horas trabajadas durante ese mismo período fue de 500.000 horas.

$$\text{índice de gravedad} = \frac{100}{500\,00} \times 1\,000 = 0,2$$

Esto significa que, por cada mil horas trabajadas, se han perdido 0,2 días debido a accidentes laborales.

Interpretación del índice de gravedad

Un índice de gravedad alto indica que los accidentes han tenido un impacto significativo en términos de tiempo perdido, lo que sugiere accidentes más severos o con mayores consecuencias. Un índice de gravedad bajo sugiere que, aunque pueden ocurrir accidentes, estos no suelen ser graves o no causan largas ausencias. Este índice es útil para monitorear la evolución de la gravedad de los accidentes en el tiempo y comparar la seguridad laboral entre diferentes empresas o sectores.

4.5 Técnicas preventivas, de protección y señalización

La seguridad en el entorno laboral es fundamental para garantizar la integridad física y el bienestar de los trabajadores. En este sentido, las técnicas preventivas, de protección y señalización juegan un papel esencial en la prevención de accidentes y en la creación de un ambiente de trabajo seguro y organizado. Estas técnicas incluyen un conjunto de estrategias y medidas que buscan minimizar los riesgos asociados a las actividades laborales, como la capacitación de los empleados, el uso de equipos de protección personal (EPP) y la implementación de sistemas de señalización que advierten sobre peligros específicos.

La adecuada aplicación de estas técnicas no solo protege a los trabajadores de posibles incidentes, sino que también fomenta una cultura de seguridad dentro de la organización, promoviendo

prácticas responsables y el cumplimiento de normativas de seguridad y salud ocupacional.

4.6 Seguridad en el trabajo

La seguridad en el entorno laboral se enfoca en la disciplina de prevención de riesgos laborales, cuyo fin es implementar medidas y llevar a cabo actividades necesarias para evitar los riesgos propios del trabajo. Consiste en una serie de técnicas y procedimientos que buscan, en última instancia, reducir o eliminar la posibilidad de accidentes.

El ambiente laboral debe cumplir con estándares específicos para que los empleados puedan desempeñarse de forma segura y eficiente. La seguridad en el trabajo se centra en prevenir incidentes graves y mortales, como aquellos relacionados con accidentes de tráfico, enfermedades cardiovasculares, caídas desde alturas, contactos eléctricos, y accidentes en espacios confinados o en operaciones logísticas, los cuales figuran de forma relevante en las estadísticas de las últimas décadas.

Si bien las enfermedades cardiovasculares suelen abordarse desde áreas más asociadas con la salud general, el resto de los incidentes se gestionan desde la especialidad de seguridad laboral. Para reducir estos riesgos, es crucial comprender que el “factor humano” es un elemento determinante, por lo que la formación, la información y la correcta aplicación de procedimientos de trabajo se convierten en

herramientas esenciales para minimizar la probabilidad de accidentes (Villa, 2019).

Garantizar un entorno laboral seguro, donde los riesgos no afectan la salud de los empleados, implica que los especialistas en prevención de riesgos laborales identifiquen, evalúen y controlen los posibles peligros, promoviendo actividades medidas y formativas que disminuyan estos riesgos. Es responsabilidad del empleador asegurar que los trabajadores cuenten con condiciones seguras, pudiendo delegar estas funciones a personal capacitado dentro de la empresa o a servicios externos especializados en prevención de riesgos laborales. Asimismo, es deber del empleador informar y capacitar a sus empleados sobre los riesgos de su trabajo y proporcionar los medios necesarios para su prevención.

4.6.1 Aplicación de medidas correctoras

Inspecciones de seguridad

Las inspecciones de seguridad periódicas constituyen uno de los elementos clave para mantener la seguridad en el ámbito laboral. Estas inspecciones facilitan la identificación de posibles riesgos o fallas en el lugar de trabajo. Al llevarlas a cabo de manera regular, las empresas no solo protegen a sus empleados, sino que también muestran un enfoque preventivo y un firme compromiso con su bienestar.

Análisis de Trabajo Seguro (ATS)

El Análisis de Trabajo Seguro, o ATS, representa una herramienta fundamental en la gestión de seguridad laboral. A través de este proceso, se examinan en detalle las tareas a realizar, identificando los riesgos potenciales y definiendo las medidas preventivas apropiadas. Implementar esta metodología permite que la seguridad esté integrada en cada actividad, asegurando que se realice de la manera más segura posible.

Mapas de riesgo

Los mapas de riesgo son representaciones visuales que destacan las áreas o zonas del lugar de trabajo donde existen riesgos potenciales. En la seguridad laboral, estos mapas son herramientas valiosas para la planificación y toma de decisiones, permitiendo a las empresas priorizar y enfocar sus recursos en las áreas de mayor necesidad. Sin duda, estos contribuyen significativamente a reforzar la seguridad en el entorno laboral.

Evaluación ergonómica

La ergonomía, como se ha mencionado, es un aspecto esencial de la seguridad en el trabajo. Las evaluaciones ergonómicas permiten revisar cómo el entorno laboral se ajusta al trabajador, con el objetivo de mejorar las condiciones y minimizar posibles incomodidades o lesiones. Además de elevar la seguridad, esta inversión impulsa la satisfacción y productividad del equipo (Prevencontrol, 2023).

4.7 Riesgos ergonómicos

Los riesgos ergonómicos están vinculados con la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos (TME) debido a la naturaleza e intensidad de las actividades físicas realizadas en el trabajo. Este tipo de riesgos contribuye al aumento de la morbilidad y mortalidad asociada con enfermedades crónicas (Prevalia, 2022).

En la industria láctea, los trabajadores a menudo deben mover manualmente cajas de productos terminados, como leche en cartones, quesos o yogures, desde las áreas de producción hasta los almacenes. Estas cajas pueden pesar entre 10 y 20 kilogramos, y levantarlas repetidamente puede generar una sobrecarga en la columna vertebral, especialmente si no se emplean técnicas adecuadas para el levantamiento. Esto puede resultar en lesiones musculoesqueléticas, como lumbalgias o hernias discales.

Posturas estáticas prolongadas

En las áreas de inspección y control de calidad, los trabajadores suelen permanecer de pie durante largos periodos mientras revisan productos. Mantener esta postura estática puede generar fatiga muscular en las piernas y la espalda baja, lo que a largo plazo puede derivar en problemas circulatorios, como varices, y dolores musculares crónicos. Alternativamente, en las oficinas administrativas de la planta, los empleados que pasan muchas horas

sentados frente a un computador pueden desarrollar problemas en la región lumbar y el cuello debido a sillas inadecuadas o estaciones de trabajo mal configuradas (Abarca, 2005).

4.7.1 Factores de riesgos ergonómicos

Generación de fuerzas

Las fuerzas internas de gran intensidad o con alta frecuencia se generan en los segmentos articulares del cuerpo. Estas fuerzas surgen debido a la necesidad de aplicar esfuerzos externos, como levantar objetos o ejecutar movimientos y posturas. Algunos ejemplos comunes de la aplicación de estas fuerzas en el ámbito laboral incluyen la manipulación manual de cargas, el manejo de válvulas y el control de dispositivos.

Cuando una tarea laboral exige la aplicación de fuerza, es importante considerar la posibilidad de automatizar el proceso o proporcionar herramientas que reduzcan el esfuerzo requerido para alcanzar el resultado deseado (Cenea, 2022).

La alta frecuencia de movimientos

Aunque las tareas no demanden un esfuerzo considerable, la repetición constante puede afectar las propiedades mecánicas de nuestros tejidos. Un ejemplo común en el ámbito laboral es el proceso de tomar un objeto y colocarlo en su lugar.

Sin embargo, entre esas acciones, pueden ser necesarias muchas otras, como girar, doblar, insertar, apretar, empujar, abrir y cerrar, o estirar. Es recomendable identificar aquellas acciones que no son esenciales para el trabajo, y en las que sí lo son, buscar maneras de reducir su frecuencia (Cenea, 2022).

La prolongada duración de la exposición

Cuanto mayor sea el tiempo en que el cuerpo es exigido durante la jornada laboral, mayor será el riesgo. Trabajar a tiempo parcial reduce los riesgos ergonómicos debido a la menor exposición. Sin embargo, es efectivo capacitar al personal para realizar tareas administrativas durante una parte de su jornada, lo que disminuirá la duración de las tareas físicamente exigentes.

La rotación entre puestos que demandan esfuerzo físico no suele reducir la exposición, pero alternar trabajos que requieren manipulación manual de cargas con otros menos exigentes para la espalda puede disminuir la exposición a dicha manipulación (Aguiar, 2023).

La falta de periodos de recuperación

El cuerpo necesita descansos fisiológicos para recuperar sus capacidades funcionales. Si durante la jornada laboral no se permite esta recuperación, el riesgo aumentará. Por ejemplo, un descanso de

al menos 8 minutos ayuda a aliviar la sobrecarga biomecánica en las extremidades superiores.

Estos descansos también pueden consistir en tiempos de espera o inactividad durante el trabajo. Para que una pausa sea efectiva, debe garantizarse el reposo en posturas adecuadas, evitando actividades que impliquen tensión, como el uso del teléfono móvil (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

El estatismo postural

Permanecer inmóvil, ya sea de pie o sentado, es perjudicial para el cuerpo, incluso si la postura adoptada es óptima. Cuando se trabaja de pie, es recomendable cambiar la posición de los pies y alternar el peso del cuerpo entre ambas piernas.

Al trabajar sentado, es crucial que el diseño del puesto permita modificar la postura, estirando las piernas, flexionando las rodillas o inclinando la espalda. Además del diseño adecuado, el trabajador debe ser consciente de la importancia de cambiar de posición regularmente.

La exposición a vibraciones

Durante el trabajo, una persona puede estar expuesta a vibraciones en todo el cuerpo cuando gran parte de él descansa sobre una superficie vibrante, o en las manos, debido al uso de herramientas mecánicas.

Las vibraciones que afectan al cuerpo entero pueden generar problemas psicofisiológicos en la columna vertebral y el sistema nervioso periférico, como ocurre al operar maquinaria pesada.

Factores psicosociales

Estos están relacionados con la organización y el contenido del trabajo. Aunque hay muchos factores psicosociales, los principales a tener en cuenta cuando la exigencia física es elevada son la incapacidad del trabajador para regular su ritmo de trabajo y las políticas que incentivan la producción en exceso (Cenea, 2022).

4.7.2 Medidas preventivas

Realizar pausas a lo largo de la jornada laboral para liberar tensiones y descansar.

Garantizar que el espacio de trabajo cuente con al menos 2m² de área libre por trabajador.

Considerar el diseño ergonómico del área de trabajo, adaptando el mobiliario (mesas, sillas, tableros, etc.) y asegurando que las superficies de trabajo tengan la altura adecuada, así como que la distancia para alcanzar herramientas u objetos esté alineada con las características individuales de cada persona (como edad y estatura).

En ausencia de dispositivos mecánicos de ayuda, solicitar colaboración a otros compañeros si la carga es demasiado pesada o si se requiere adoptar posturas incómodas para levantarla.

Si es necesario usar equipos de protección individual para asegurar la carga y evitar deslizamientos, asegurarse de que no obliguen a adoptar posturas inadecuadas. Específicamente, utilizar guantes de protección que se ajusten correctamente a las manos y no afecten su sensibilidad, para evitar aplicar más fuerza de la necesaria (Dirección de Seguridad Laboral, 2020).

4.7.3 Medicina laboral

La medicina del trabajo es una rama médica enfocada en analizar las enfermedades y accidentes que pueden surgir debido a la actividad laboral, y en establecer medidas preventivas para evitarlos o reducir sus efectos.

Esta especialidad médica persigue objetivos esenciales, entre los cuales se encuentran:

- a) La prevención de riesgos que podrían comprometer la salud de las personas debido a las condiciones de trabajo.
- b) El estudio de las patologías laborales, considerando tres aspectos principales: accidentes laborales, enfermedades profesionales y otras condiciones relacionadas con el trabajo. Este objetivo incluye la

implementación de medidas preventivas, diagnósticas, terapéuticas y de rehabilitación cuando sea necesario.

c) La evaluación pericial de los impactos de las patologías laborales en la salud, especialmente en situaciones que pueden conllevar incapacidades.

d) La comprensión de las estructuras empresariales y sanitarias para mejorar la gestión de la salud laboral con calidad y eficacia.

e) El análisis del proceso de salud y enfermedad en general, con un énfasis particular en el estado de salud de las personas y grupos en relación con su entorno laboral, además de promover la salud dentro del ámbito de trabajo.

4.7.4 Técnicas preventivas específicas

Este conjunto de técnicas para la prevención de riesgos laborales tiene como propósito evaluar los riesgos que afectan la salud y seguridad de los trabajadores en una obra. Una vez identificados, es crucial implementar medidas efectivas para evitar que estos riesgos se materialicen.

Dentro de las acciones preventivas que deben considerar tanto las empresas como sus responsables se incluyen:

Seguridad en el trabajo: se examinan las condiciones de seguridad en la obra, evaluando los riesgos que podrían afectar a los trabajadores, ya sea de forma directa o indirecta. Ante la detección de posibles peligros, es obligatorio aplicar medidas correctivas que aseguren un entorno laboral seguro y adecuado.

Higiene industrial: este concepto abarca todas las normas y procedimientos aplicados para proteger tanto la salud física como mental de los trabajadores. Se supervisarán los riesgos y condiciones del entorno, considerando factores como ruidos, gases, el uso de aerosoles y la desinfección de áreas comunes.

Psicosociología aplicada: se trata de técnicas diseñadas para lograr una adecuada relación entre la persona y su trabajo. Consiste en ajustar el trabajo y el entorno a las capacidades de cada individuo, evitando la fatiga física y mental. Esto incluye desde fomentar las relaciones humanas hasta el uso de tecnología apropiada, permitiendo que los trabajadores cumplan con sus tareas de forma segura y eficiente.

Medicina en el lugar de trabajo: se analiza cómo las condiciones laborales pueden impactar la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta la prevención de posibles efectos negativos.

Técnicas de protección: si bien algunos riesgos pueden prevenirse para que no ocurran, otros continúan siendo inevitables en ciertas actividades. Los obstáculos y responsables deben promover la

seguridad individual y colectiva en el sitio de trabajo, proporcionando las medidas de protección necesarias para reducir los efectos de los riesgos existentes. Aunque estas técnicas no eliminan el peligro, buscan minimizar su impacto en los trabajadores.

4.7.5 Principios y usos de señalización

La señalización de seguridad incluye todas aquellas señales que, al hacer referencia a una actividad, situación o elemento específico, proporcionan indicaciones relacionadas con la seguridad y la salud en el entorno laboral.

Por lo tanto, una señalización adecuada en el lugar de trabajo no solo es esencial y debe cumplir con la normativa vigente, sino que también es clave para asegurar la protección de los trabajadores y el desarrollo efectivo de sus trabajos. Es fundamental, además, capacitar a los empleados y garantizar que sigan correctamente las directrices establecidas (Universidad de Cádiz, 2018).

Existen varios tipos de señalización de seguridad y en diversos formatos: pueden encontrarse en forma de panel, señal luminosa o señal acústica, según proceda. A continuación, se presentan 5 tipos de señalización de seguridad que no deben faltar en tus instalaciones.

Colores:

- Rojo: Este color se utiliza para señalar prohibiciones, advirtiendo contra conductas que pueden generar riesgo. En el tránsito, indica carácter normativo en las indicaciones.
- Amarillo: Se emplea para señales de obligación, ordenando ciertas conductas en situaciones específicas, especialmente en carreteras. En el tránsito, se utilizan advertencias dirigidas tanto a conductores como a peatones.
- Azul o celeste: Designado para señales informativas, proporciona datos indicativos en diversos entornos. En el tránsito, cumple una función informativa.
- Verde: Se asocia a señales de advertencia, alertando sobre posibles riesgos o peligros.

Formas:

- Discos o círculos se usan para las prohibiciones o instrucciones
- Los triángulos se usan para las advertencias
- Los cuadrados y rectángulos se usan para la señalización de emergencia y de información

Señales de prohibición para tu empresa

Las señales de prohibición restringen actividades que podrían comprometer la salud o seguridad de los empleados, como fumar o encender fuego cerca de sustancias inflamables o volátiles. Estas

señales, en tonos rojo y blanco, son esenciales para prevenir conductas peligrosas en el lugar de trabajo.

Prohibido

Existen señales de obligación para la seguridad de los trabajadores, las señales de obligación indican los elementos de protección que los empleados deben usar para asegurar su seguridad en las instalaciones. Estas señales circulares, con fondo azul y símbolos blancos, se colocan en áreas visibles y cerca del equipo o material donde se requiere protección específica.

Señales de advertencia en el lugar de trabajo

Las señales de advertencia de alertan al personal sobre posibles riesgos en el entorno laboral o al operar ciertos equipos. Estas señales son amarillas y triangulares, y suelen colocarse en áreas de construcción, en zonas con desniveles o en instalaciones que manejen materiales de alto voltaje.

Señales de auxilio en el lugar de trabajo

Las señales de auxilio proporcionan información crucial sobre equipos de emergencia, rutas de evacuación y lugares de salvamento. En color verde y de forma rectangular, estas señales son esenciales en instalaciones grandes o con múltiples niveles, y deben resaltar las salidas de emergencia. También es importante señalar las duchas de

emergencia o estaciones de lavado para casos de contacto con materiales tóxicos (Haladjian, 2022).

4.8 Prevención y protección contra incendios

La prevención y protección contra incendios son elementos cruciales para salvar la seguridad de personas y bienes en cualquier entorno. Comprender el comportamiento del fuego y los factores que contribuyen a su aparición permite adoptar medidas efectivas para evitar su propagación y controlar situaciones de emergencia.

A lo largo de esta sección, se exploran las bases que permiten identificar los riesgos asociados a los incendios y los métodos adecuados para su extinción, resaltando la importancia de una preparación adecuada y de estrategias preventivas.

Este conocimiento no solo contribuye a reducir la probabilidad de incidentes, sino que también facilita una respuesta rápida y eficaz en caso de emergencia.

La prevención de incendios va más allá de simples precauciones; implica una profunda comprensión de los elementos que permiten su inicio y propagación, así como de los factores humanos y ambientales que pueden influir en su desarrollo.

En este contexto, resulta esencial educar y capacitar a las personas sobre los riesgos asociados y las técnicas de extinción, ya que una

respuesta temprana puede marcar la diferencia entre una amenaza controlada y un desastre.

Además, la implementación de sistemas de protección adecuados y el mantenimiento de condiciones seguras no solo protege vidas y propiedades, sino que también contribuye a un entorno seguro y resiliente frente a posibles emergencias.

4.9 Origen del fuego

Cuando se ponen en contacto dos o más sustancias en ciertas condiciones, éstas pueden combinarse entre sí obteniendo sustancias diferentes. Se dice entonces que se ha producido una reacción química. Las reacciones químicas pueden ir acompañadas de fenómenos energéticos tales como la luz, la electricidad, etcétera; de todos estos fenómenos el más importante y evidente es el calor.

El fuego es la manifestación energética de la reacción química conocida con el nombre de combustión. Para que una combustión sea posible, se requiere la presencia simultánea de un material combustible, un comburente, normalmente el oxígeno del aire y unas condiciones de temperatura adecuadas (Montes, 1992).

4.9.1 El triángulo de fuego



Figura 39. Triángulo de fuego.

Fuente: (Lanchas, 2019).

El triángulo del fuego representa los tres elementos fundamentales para que se produzca la combustión: combustible, comburente y energía de activación. Para que un material pueda ordenarse, es imprescindible que estos tres factores estén presentes y actúen en conjunto. Esta estructura triangular permite entender cómo se origina y se mantiene el fuego, así como las maneras en que se puede extinguir, ya que la eliminación de cualquiera de estos elementos interrumpe el proceso de combustión.

El combustible es el material que arde y alimenta el fuego; puede presentarse en diferentes estados, como sólido, líquido o gaseoso, y su naturaleza influye en la intensidad y duración de la combustión. El comburente, por otro lado, es el elemento que ayuda al combustible a arder; en la mayoría de los casos, el oxígeno cumple esta función, pues su presencia acelera y facilita la reacción. Finalmente, la energía de activación es la fuente de calor o chispa inicial que desencadena la combustión; esto puede ser generado por

una chispa, una llama, una corriente eléctrica, o cualquier forma de calor que alcance la temperatura mínima necesaria para iniciar el fuego.

Comprender el triángulo del fuego es esencial en la prevención y extinción de incendios, ya que permite identificar métodos efectivos para controlar el fuego. Al eliminar el combustible, se interrumpe la fuente de alimentación; al retirar el oxígeno, se suprime el comburente; y al reducir el calor, se baja la energía de activación, lo que en conjunto o de forma individual puede apagar las llamas y prevenir que el fuego se propague (Lanchas, 2019).

4.9.2 El tetraedro del fuego.

Se presentan tres elementos, combustible, oxígeno y calor.



Figura 39. Tetraedro del fuego.

Fuente: (Lanchas, 2019).

Se ha descubierto que, además de los elementos básicos del triángulo del fuego (combustible, comburente y energía de activación), existe

un cuarto elemento necesario para sostener la combustión: la reacción en cadena. Este cuarto factor es esencial, ya que permite que el proceso de combustión se alimente a sí mismo, generando una continuidad que mantiene el fuego activo.

Al agregar este componente, surge el concepto del tetraedro del fuego, una representación más completa que explica cómo se desarrolla y sostiene la combustión. En el tetraedro, los cuatro elementos son imprescindibles; si alguno de ellos es eliminado, el fuego se extingue.

Esto se debe a que la reacción en cadena actúa como un mecanismo de retroalimentación: durante la combustión, el calor generado se transfiere de vuelta al combustible, lo que permite que se liberen más vapores inflamables y que el proceso de combustión continúe.

El principio del tetraedro del fuego ha sido fundamental en el desarrollo de técnicas avanzadas de extinción. Al comprender la función de la reacción en cadena, se pueden aplicar agentes específicos que interrumpen este proceso, como ciertos químicos que rompen la reacción en cadena sin necesidad de eliminar el combustible o el oxígeno.

Este enfoque es especialmente útil en incendios de materiales que generan llamas intensas y de propagación rápida, ya que permite controlar el fuego de manera más eficiente. La inclusión de este cuarto elemento ha mejorado considerablemente los métodos de

protección contra incendios y ha sido clave en el diseño de sistemas de supresión más eficaces en entornos industriales y domésticos (Lanchas, 2019).

4.9.3 Propagación del fuego

La propagación del fuego es la capacidad que tiene el fuego de extenderse a nuevas áreas, aumentando su intensidad y alcanzando materiales que inicialmente no estaban en combustión. Esta propagación depende de varios factores, como la temperatura, la cantidad de oxígeno, la naturaleza de los materiales cercanos y las condiciones del entorno. La comprensión de los mecanismos de propagación es esencial para diseñar estrategias de prevención y control, ya que cada tipo de propagación requiere un enfoque distinto para su contención y extinción (ALARCO, 2023).

Tipos de propagación del fuego

Propagación por conducción: Este tipo de propagación ocurre cuando el calor se transfiere a través de un material sólido que actúa como un puente entre áreas en combustión y zonas sin quemar. Materiales como el metal, la madera y el plástico pueden transmitir calor por conducción, especialmente si están en contacto directo con la fuente de fuego. En situaciones como estas, el calor viaja a lo largo de la estructura del material, elevando la temperatura en puntos distantes y generando nuevos focos de combustión.

Propagación por convección: En este caso, el calor se transfiere a través de un fluido en movimiento, ya sea aire o agua. La propagación por convección es particularmente peligrosa en espacios cerrados, donde el aire caliente asciende y se acumula en la parte superior, generando altas temperaturas que pueden causar igniciones secundarias. El fuego que se propaga de esta manera puede transportar gases tóxicos y humo a otras áreas, aumentando los riesgos de asfixia y reduciendo la visibilidad en el entorno afectado.

Propagación por radiación: La radiación es la transferencia de calor en forma de ondas electromagnéticas, que permite que el fuego se propague incluso sin contacto directo entre materiales. En este tipo de propagación, el calor emitido por las llamas viaja a través del espacio y puede provocar que materiales inflamables cercanos alcancen su punto de ignición. La propagación por radiación es particularmente peligrosa en incendios grandes, ya que puede afectar objetos a cierta distancia, aumentando el área afectada y dificultando los trabajos de extinción.

4.9.4 Clasificación de los fuegos

Las clases de fuegos permiten identificar los tipos de incendios en función del material combustible, facilitando la elección del método de extinción adecuado. La clasificación europea organiza estos fuegos en distintas clases, cada una con características y riesgos específicos.

Clase A: Fuegos de materiales sólidos combustibles

La Clase A incluye incendios que involucran materiales sólidos de naturaleza orgánica, como madera, papel, cartón, textiles y algunos tipos de plásticos. Estos materiales se caracterizan por dejar brasas y generar grandes cantidades de humo. Los fuegos de Clase A son comunes en entornos residenciales e industriales, y su extinción generalmente se realiza mediante el uso de agua o extintores de espuma, que enfrían el material y reducen el calor para detener la combustión.

Clase B: Fuegos de líquidos inflamables

La Clase B abarca los fuegos causados por líquidos inflamables como gasolina, aceite, queroseno, pintura y otros disolventes. Estos líquidos arden a temperaturas relativamente bajas y suelen generar llamas intensas. Los fuegos de Clase B no deben extinguirse con agua, ya que esto puede esparcir el líquido inflamable y empeorar el incendio. En su lugar, se utilizan extintores de espuma, polvo químico o dióxido de carbono (CO₂), que sofocan el fuego al aislar el oxígeno o interrumpir la reacción química de combustión.

Clase C: Fuegos de gases inflamables

La Clase C corresponde a los fuegos que involucran gases inflamables como propano, butano, metano, hidrógeno y acetileno. Estos fuegos son particularmente peligrosos debido a la alta

volatilidad y el riesgo de explosión asociado con los gases en ambientes confinados. Para extinguir fuegos de Clase C, se emplean extintores de polvo químico o CO₂, que apagan las llamas al eliminar el oxígeno o interrumpir la reacción en cadena. Es fundamental cortar el suministro de gas antes de intentar extinguir el fuego para evitar que el combustible siga alimentando las llamas.

Clase D: Fuegos de metales inflamables

La Clase D se refiere a los fuegos que involucran metales combustibles como magnesio, aluminio en polvo, sodio, potasio y titanio. Este tipo de incendios es común en entornos industriales y representa un alto riesgo, ya que algunos metales arden a temperaturas extremadamente elevadas y pueden reaccionar violentamente con agua o ciertos agentes extintores. Para extinguir fuegos de Clase D, se utilizan extintores de polvo especial, que actúan sofocando el fuego sin reaccionar con el metal en combustión.

Clase F: Fuegos de aceites y grasas de cocina

La Clase F incluye los fuegos generados por aceites y grasas de cocina, comunes en entornos gastronómicos como restaurantes e industrias alimentarias. Estos fuegos se originan a altas temperaturas y, al arder, el aceite caliente puede producir llamas intensas y difíciles de controlar. Los fuegos de Clase F no deben ser tratados con agua, ya que esto puede causar salpicaduras y propagación de las llamas. En su lugar, se recomienda el uso de extintores de agente químico

húmedo, diseñados para enfriar el aceite y formar una capa sobre la superficie que aísla el oxígeno, sofocando así el fuego (Bioex, 2022).

4.9.5 Causas comunes de incendios

Las causas más comunes de incendios en el hogar incluyen varios factores relacionados con el uso de calor y electricidad.

- Sistema eléctrico: muchos incendios domésticos se originan por fallos en la red eléctrica o un uso incorrecto de componentes como enchufes y fusibles. Además, una sobrecarga o aumento inesperado de la corriente puede provocar un incendio.
- Estufas y chimeneas: estos dispositivos de calefacción, muy populares en invierno, requieren precaución para evitar que se conviertan en una fuente de peligro. En el caso de las estufas, es fundamental asegurarse de que no entren en contacto con cortinas u otros textiles cercanos. En cuanto a las chimeneas, el uso de una pantalla protectora es recomendable para evitar que las chispas salten y provoquen un incendio.
- Velas: aunque parecen inofensivas, las velas han sido responsables de muchos incendios al dejarse encendidas cerca de materiales inflamables, como cortinas, sofás o cojines, lo que puede causar un siniestro de forma rápida.

- Cocina: al cocinar, el calor y la acumulación de grasa en los utensilios y en el extractor aumentan el riesgo de incendios.
- Productos inflamables: almacenar gasolina u otros líquidos inflamables en casa conlleva riesgos si no se toman las medidas adecuadas.

4.9.6 Métodos de extinción

Los métodos de extinción de incendios se basan en interrumpir alguno de los elementos esenciales para la combustión, que son el combustible, el oxígeno, la energía de activación y la reacción en cadena.

Eliminación del combustible

Este es el primer método para extinguir un fuego, y consiste en eliminar el material combustible de la reacción. Por ejemplo, cerrar una válvula que suministra gas o cortar el flujo de un líquido inflamable detiene el suministro de combustible. En términos de prevención, es clave aplicar medidas como limpiar el lugar de trabajo para eliminar residuos inflamables, sustituir materiales por otros menos peligrosos, diluir mezclas inflamables y garantizar una ventilación adecuada.

Sofocación

La sofocación implica retirar el oxígeno necesario para la combustión. Un ejemplo sencillo es cubrir una sartén en llamas o

apagar una hoguera con tierra para evitar que el aire siga alimentando el fuego. En ambientes industriales, este método se aplica realizando trabajos en atmósferas con bajo nivel de oxígeno, lo que ayuda a prevenir incendios.

Inhibición

Este método se basa en detener la reacción en cadena. Los extintores de polvo químico, por ejemplo, reaccionan con los radicales libres generados durante la combustión, absorbiendo calor y frenando el proceso. En prevención, esto se traduce en agregar sustancias antioxidantes a materiales inflamables o en usar telas resistentes al fuego.

Refrigeración

La refrigeración consiste en reducir el calor de la combustión. Al bajar la temperatura, la reacción de oxidación se ralentiza y finalmente se detiene. Ejemplos comunes incluyen el uso de agua o el polvo de extintores ABC, que absorben el calor generado por el fuego. Ejemplos de estos métodos incluyen crear una franja sin vegetación para evitar que el fuego se propague (eliminación de combustible), usar espuma para cubrir el fuego y evitar el contacto con el aire (sofocación), aplicar retardantes de fuego a estructuras para reducir su inflamabilidad. (inhibición), y rociar agua en un incendio forestal desde el aire para enfriar el área afectada (refrigeración) (INESEM, 2022).

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, R. (2005). *Manual de producción mas limpia para la fabricación de productos lácteos. Nuevos Sistemas de Comunicación e Información.*
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria. (2017). «Uso de cloruro cálcico (coadyuvante/aditivo) en quesos,» *Ministerio de sanidad servicios sociales e igualdad.*
- AgroMaquinaria. (2024). *Dépôts isothermes TANQUE DE LECHE TIPO CERRADO.* Obtenido de <https://agromaquinaria.fr/depositos-isothermo-lactomilk-tanque-de-leche-tipo-cerrado-p65211-c1634.html>
- Aguiar, N. (2023). *SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.* Puyo: Compedio.
- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: principios de técnica lechera.* España: Reverté.
- ALARCO. (2023). *Propagación del fuego: Tipos y medidas de seguridad.* Obtenido de <https://www.alarco.cr/blog/news/propagacion-del-fuego-tipos-y-medidas-de-seguridad/>
- Alfipa. (2022). *Aleaciones de aluminio y sus propiedades.* Obtenido de <https://alfipa.es/productos/aluminio-aleaciones/>
- Asfahl, R. (1999). *Seguridad Industrial y Salud.* México: Pearson Educación.
- Asobanca. (2022). *GUÍA DE PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS.* Obtenido de <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/7.-Guia-Produccion-de-Lacteos.pdf>

- Astiasaran, I., & Martínez, J. (2003). *Leche y derivados. En: Alimentos. Composición y Propiedades*. Mc Graw Hill-Interamericana de España.
- ASTURIANA. (2022). *¿Qué es la leche evaporada?* Obtenido de <https://www.centrallecheraasturiana.es/que-es-leche-evaporada/>
- Ayala, E. (2008). *RESUMEN DE HISTORIA*. Quito: Corporación Editora Nacional .
- BiAConsult. (2024). *Procesos: Recepción de Leche*. Obtenido de <https://www.biaconsult.com.ar/recepcion-de-leche.php>
- Bioex. (2022). *Diferentes tipos de incendio*. Obtenido de <https://www.bio-ex.com/es/conocimientos/tipos-de-incendios/#:~:text=Clase%20A%20son%20fuegos%20de,%2C%20acetileno%2C%20hidr%C3%B3geno%2C%20metano%E2%80%A6>
- Bolaño, J. (2019). *Diseño de un método de estimación de costos generados por los accidentes de trabajo [tesis de maestría]*. Obtenido de <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17691>
- Bovea, D. (2011). *Manual de Seguridad e Higiene Industrial para la Formación en Ingeniería*. Obtenido de <https://copsstec.com/wp-content/uploads/2023/03/MANUAL-DE-SEGURIDAD-E-HIGIENE-INDUSTRIAL-PARA-LA-FORMACION-EN-INGENIERIA.pdf>
- Brizuela, E. (2015). *Rediseño de Distribución de Planta en la empresa TSI. [En línea]*. Obtenido de Instituto Tecnológico

- de Colima, Colima, Mexico:
<https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/199/Proyecto%20Distribucion.pdf?>
- Castañeda, F. (2018). *Distribución de Planta*. Obtenido de :
<https://floracastanedaegoavil.wordpress.com/2018/10/03/distribucion-de-planta/>.
- Castro, L. (2019). *Covap contempla instalar una línea de envasado de leche embotellada*. Obtenido de
<https://www.diariocordoba.com/cordoba/2019/05/12/covap-contempla-instalar-linea-enzasado-36214297.html>
- Cenea. (2022). *¿Qué son los riesgos ergonómicos?* Obtenido de
https://www.cenea.eu/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2023/01/Que_son_los_riesgos_ergonomicos_Guia-definitiva-CENEA-mbsbuh.pdf
- Chiriboga, S., López, S., Mora, S., & Merino, S. (2017). *Un paseo por la Historia, Asociación Holstein Friesian del Ecuador*. Quito: ediecuatorial.
- Clínica Universidad de Navarra. (2024). *Salud*. Obtenido de
<https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/salud>
- Coporsuper. (2021). *SEGURIDAD OPERATIVA Y RIESGOS LABORALES*.
- Cortés, J. (2018). *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Tébar.
- Cuervo Vahos, A. (2019). *Selección de un modelo de estimación del costo de un accidente de trabajo en Colombia a partir de la construcción del estado del arte de los modelos establecidos*

- a nivel mundial* . Obtenido de Universidad Industrial de Santander.
- Dirección de Seguridad Laboral. (2020). *RIESGOS MECÁNICOS*. Obtenido de https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/empleopublico/archivos/Riesgos_Mecanicos_0.pdf
- Enriquez, A., Sánchez, J., & Blanco, V. (2021). *Seguridad Industrial*. España: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., & Sanchez, L. (2013). *CATALOGO DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO LÁCTEO*. Obtenido de https://energypedia.info/images/c/c2/Maquinaria_para_L%C3%A1cteos.pdf
- Esginnova Group. (2023). *¿Qué es la Higiene Industrial?* Obtenido de <https://www.nueva-iso-45001.com/2023/04/que-es-la-higiene-industrial/>
- FAO. (2024). *Portal lácteo*. Obtenido de [https://www.fao.org/dairy-production-products/products/types-and-characteristics/es#:~:text=La%20leche%20%C3%ADquida%20es%20el,UHT\)%20y%20la%20leche%20enriquecida](https://www.fao.org/dairy-production-products/products/types-and-characteristics/es#:~:text=La%20leche%20%C3%ADquida%20es%20el,UHT)%20y%20la%20leche%20enriquecida).
- Fernández, M., Mancera, M. T., Mancera, M., & Mancera, J. (2012). *Seguridad e Higiene industrial*. Colombia: Alfaomega. Obtenido de https://ashconsultores.com.ar/wp-content/uploads/2019/06/Libro_Seguridad_e_Higiene_industrial_ges.pdf
- Freire, G., & Flores , H. (2021). *DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE PASTEURIZADA*,

*QUESO Y YOGUR EN LA ASOCIACIÓN AGROPECUARIA
“CAMPO VERDE” UBICADA EN TURUCUCHO,
CANTÓN CAYAMBE PROVINCIA DE PICHINCHA.*

- García, C., & Montiel, R. y. (2014). GRASA Y PROTEÍNA DE LA LECHE DE VACA: COMPONENTES, SÍNTESIS Y MODIFICACIÓN. *Arch. Zootec.* , 85-105.
- García, C., Montiel, R., & Borderas, T. (2021). Obtenido de GRASA Y PROTEÍNA DE LA LECHE DE VACA: COMPONENTES, SÍNTESIS Y MODIFICACIÓN: <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2022/05/GRASA-Y-PROTEINA-DE-LA-LECHE-DE-VACA-COMPONENTES-SINTESIS-Y-MODIFICACION-.pdf>
- González, M. (2015). *RIESGOS QUIMICOS*. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2014-12-18-Tema%2016.%20Riesgos%20qu%C3%ADmicos.pdf>
- González, L. (2020). *¿Qué es la leche fermentada?* Obtenido de <https://efesalud.com/que-es-la-leche-fermentada/>
- Gran Canaria. (2021). *Historia de los quesos*. Obtenido de <https://www.quesosdegrancanaria.com/historia-de-los-quesos/>
- Guillén, T. (2023). *Pasteurizador*. Obtenido de <https://maquinariatomasguillen.com/productos/pasteurizador-es-calentadores-esterilizadores/calentadores-tubulares/pasteurizador-de-placas-perinox>
- Haladjian. (2022). *Tipos de señalización de seguridad para tu empresa*. Obtenido de <https://www.haladjian->

industrial.es/tipos-de-senalizacion-de-seguridad-para-tu-empresa

HistoriaUniversal. (2023). *La ganadería en América Colonial*.
Obtenido de <https://historiauniversal.org/la-ganaderia-en-america-colonial/>

Homero. (2016). *La Odisea*. España: Gredos.

Huertas-Molina, O., Vargas, M., & Olivera-Angel, M. (2020).
Lactogénesis. Biogénesis. Obtenido de
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/342148/20802567>

Hurley, W. (2013). *Proceedings of the london swine conference*. In
Lactation in motion. London.

Iminox. (2016). *El acero inoxidable presente en la industria láctea*.
Obtenido de <https://iminox.org.mx/el-acero-inoxidable-presente-en-la-industria-lactea/#:~:text=El%20acero%20inoxidable%20ofrece%20a,grado%20de%20eliminaci%C3%B3n%20de%20bacterias>.

INESEM. (2022). *Los 4 métodos de extinción de incendios*. Obtenido de
<https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/las-formas-de-extincion-de-un-incendio/>

InfoAlimenta. (2022). *Leche en polvo*. Obtenido de
<https://infoalimenta.com/leche-en-polvo/>

Infrac. (2021). *Infraestructura de industrias* . Obtenido de
<https://infrac.pe/>

INSHT. (2001). *RIESGO QUÍMICO EN LABORATORIOS*. Obtenido de
<https://www.carm.es/web/descarga?ARCHIVO=FD->

90.pdf&ALIAS=ARCH&IDCONTENIDO=89200&RASTR
O=c911\$m6407,4580,3616

Intagri. (2021). *Ordeño Mecánico*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/orde%C3%B1o-mecanico#:~:text=Una%20sala%20de%20orde%C3%B1o%20constituye,como%20contar%20con%20accesos%20adecuados>.

International Organisation of Employers. (2024). *Normas Internacionales del Trabajo*. Obtenido de <https://www.ioe-emp.org/es/prioridades-politicas/normas-internacionales-del-trabajo#:~:text=Qu%C3%A9%20son%20las%20Normas%20Internacionales,derechos%20b%C3%A1sicos%20en%20el%20trabajo>.

Lanchas, A. (2019). *El triángulo del fuego*. Obtenido de <https://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/>

Latam. (22 de 02 de 2023). *Historia de la seguridad industrial*. Obtenido de <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/historia-de-la-seguridad-industrial>

Letayf, J., & González, C. (1994). *Seguridad, higiene y control*. McGraw-Hill.

Long Qiang. (2019). *Tanque de enfriamiento de leche*. Obtenido de <http://foodmachinery.es/3a-milk-tank-13.html>

López, Á., & Pedregosa, Á. (2020). *Instalaciones y Maquinaria en la Industria Láctea*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

- MAATE. (2020). *Estudio para Conocer los Potenciales Impactos Ambientales y Vulnerabilidad relacionada con*. Obtenido de <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/7.-Guia-Produccion-de-Lacteos.pdf>
- McManaman, J. L. (2014). Lipid transport in the lactating mammary gland. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 35-42. doi: <https://doi.org/10.1007/s10911-014-9318-8>
- Montes , E. (1992). *Tratado de seguridad e higiene*. Unversidad Pontificia de Comillas.
- Painters USATeam. (2022). *¿Cuánto Dura el Piso Epoxi?* Obtenido de <https://www.paintersusa.com/es/blog/how-long-does-epoxy-flooring-last>
- Pereyra, N. (10 de JUNIO de 2022). *Repasamos la Historia y Construimos el Futuro de la Leche*. Obtenido de <https://es.edairynews.com/historia-de-la-leche/>
- Poveda, E. (2019). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>
- Prevalia. (2022). *Riesgos Mecánicos derivados de la utilización de equipos de trabajo*. Obtenido de https://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_mecanicos.pdf
- Prevencontrol. (2023). *Seguridad laboral*. Obtenido de <https://prevencontrol.com/prevenblog/seguridad-laboral/>

- Reyes, F. (2021). *Tipos de Distribución en Planta*. [Blog]. Obtenido de <https://uamedia.org/blog/tipos-de-distribucion-en-planta/>.
- Rodrigo, R. (2015). *La leche del Ecuador*. Quito. Obtenido de http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/La%20Leche%20del%20Ecuador.pdf
- Rodríguez, C. (2020). *La producción mundial de leche crecerá 1 por ciento en 2020*. Obtenido de <https://elproductor.com/2020/01/la-produccion-mundial-de-leche-crecera-1-por-ciento-en-2020/>
- Rodríguez, J. (2020). *Filtración por membrana y elaboración de alimentos*. Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/filtracion-por-membrana-y-elaboracion-de-alimentos.html#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20por%20membrana%20es,que%20recurrir%20a%20tratamientos%20t%C3%A9rmicos>.
- rumiNews. (2022). Claves de la fisiología mamaria y el ordeño en vacas lecheras. *Anatomía y fisiología*.
- Salas, J. (1998). *TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA*. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v01_n2/tipos.htm
- Soefec. (2023). *La importancia del buen uso del casco de seguridad en el equipo de protección personal*. Obtenido de <https://sofecepp.com/la-importancia-del-buen-uso-del-casco-de-seguridad-en-el-equipo-de-proteccion-personal/>
- Steel, J. G. (2018). Methodological Challenges in the Economic Evaluation of Occupational Health and Safety Programmes.

International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(11).

Tecnical. (2023). *Lactofermentador*. Obtenido de <https://www.tecnical.com/es/productos/elaboracion-de-yogur/lactofermentador/lactofermentador.html>

Truchet, S., & Honvo-Houéto, E. (2017). Physiology of milk secretion. Best Practice and Research. *Clinical Endocrinology and Metabolism*, 31(4), 367-384. doi:<https://doi.org/10.1016/j.beem.2017.10.008>

UNE. (2018). *Todo lo que hay que saber sobre la ISO 45001*. Obtenido de <https://revista.une.org/2/todo-lo-que-hay-que-saber-sobre-la-iso-45001.html#:~:text=Se%20trata%20de%20la%20primera,de sempe%C3%B1o%20en%20materia%20de%20SST>.

Universidad de Cádiz. (2018). *SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD*. Obtenido de <https://ciencias.uca.es/wp-content/uploads/2017/03/senales.pdf?u>

Urbina, I. (2022). *Principales pruebas de calidad de leche, factores que la afectan y cómo corregirlos*. Obtenido de <https://www.ganaderia.com/destacado/principales-pruebas-de-calidad-de-leche-factores-que-la-afectan-y-como-corregirlos>

Vásquez-Castillo, K. (2018). *Caracterización Fisicoquímica y Organoléptica de leche entera ultrapasteurizada (UHT) procesadas en las empresas lácteas establecidas en Nicaragua. Laboratorio de Fisicoquímica de Lácteos Centroamericanos. Universidad Nacional Autónoma de*

- Nicaragua, Manag. Obtenido de
<https://repositorio.unan.edu.ni/10759/1/99979.pdf>
- Villa, J. (2019). *¿Qué es la seguridad en el trabajo?* Obtenido de
<https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/seguridad-trabajo>
- Villegas, A. (2014). *Diseño de Plantas Industriales. Distribución de Planta Fabrica de.* Obtenido de
<https://www.youtube.com/watch?v=IeDcHqGkUY4>.
- Villena, C. (2017). *Prevención de la contaminación en la Industria Láctea. Plan de Acción Para El Mediterráneo, 5-164.*
- Vinza, A., & Vire, C. (2011). *Estudio de factibilidad para el diseño de una planta procesadora de lácteos en la ciudad de Chambo. [En línea] (Trabajo de Titulación). ESPOCH.* Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/999/1/85T00189.pdf>
- Walter, E., Audero, G., Costamagna, D., Gonzáles, M., Cañameras, C., Bonafede, M., & Berra, C. (2019). *RECOPILACIÓN TÉCNICA PARA PROGRAMA ARGENTINO DE CALIDAD DE LECHE.* Obtenido de
[https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pacl/informacion/_archivos/000000_Documentos%20para%20descargar/190902_Manual%20para%20transportistas%20de%20leche%20cruda%20\(actualizaci%C3%B3n\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pacl/informacion/_archivos/000000_Documentos%20para%20descargar/190902_Manual%20para%20transportistas%20de%20leche%20cruda%20(actualizaci%C3%B3n).pdf)
- Wattiaux, M. (2019). *SECRECIÓN DE LECHE POR LA UMBRE DE UNA VACA.* Instituto Babcock. Obtenido de
<https://ganaderiasos.com/wp->

content/uploads/2015/02/secrecion-de-leche-por-la-ubre-de-una-vaca-lechera-es.pdf

WestfaliaSurge Ibérica S.L. (2019). *Tipos de salas de ordeño*.
Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/02-salas_ordeno.pdf



EL libro: **Seguridad industrial y diseño de plantas en la industria láctea**, se publicó en el mes de enero de 2025.

ISBN: 978-9942-48-911-1

**Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com**

BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES

Darío Javier Baño Ayala.

PhD. en Ingeniería Industrial, Magister en Diseño Evaluación y Gestión de Proyectos Sociales y Productivos, Especialista en Economía y Administración Agrícola, Tecnólogo en Agropecuaria Andina, Docente de instituciones de educación superior ESPOCH Y UNACH de grado y posgrado, Docente investigador, participación en proyectos de investigación y vinculación, publicaciones científicas ponente en eventos académicos nacionales e internacionales, director de tesis, méritos académicos científicos, consultor independiente y empresario.

Fredy Patricio Erazo Rodriguez.

Fredy Patricio Erazo Rodriguez, Ingeniero en Industrias Pecuarias, Magister en procesamiento de alimentos, docente de pregrado y programas de maestría de la ESPOCH, Docente Investigador acreditado por la Senescyt, miembro y director de varios proyectos de investigación y vinculación. Autor u coautor de publicaciones en revistas de alto impacto y ponente en eventos académicos nacionales e internacionales.

Julio Mauricio Oleas López.

Ingeniero Mecánico, Magister en Seguridad Industrial mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Magister En Ingeniería Industrial y Productividad, docente de instituciones de educación superior ESPOCH, Docente investigador. Participación en proyectos de investigación y vinculación, publicaciones científicas ponente en eventos académicos nacionales e internacionales, director de tesis, méritos académicos científicos.

Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com

SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DISEÑO DE PLANTAS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

La industria láctea es un mundo fascinante que combina la teoría, la tecnología y la práctica en cada etapa de su cadena de valor. Este libro ofrece un recorrido detallado desde la producción en las granjas, donde la genética y la nutrición animal son fundamentales, hasta los centros de procesamiento, donde la leche se convierte en una gran variedad de productos. En este viaje, el lector descubrirá los sistemas de producción más comunes y los factores que determinan la calidad de la leche cruda, adentrándose en procesos clave como el ordeño, la refrigeración y el transporte hacia las plantas industriales.

La transformación de la leche en productos lácteos es un arte que abarca procesos como la pasteurización, homogeneización, fermentación y maduración. Este libro desvela cómo estos métodos dan lugar a una rica diversidad de productos, desde la leche líquida hasta los quesos más sofisticados. También se exploran los rigurosos controles de calidad y las normativas sanitarias que garantizan la seguridad alimentaria, fundamentales para proteger al consumidor en cada etapa, desde la granja hasta el mercado.

A través de un enfoque exhaustivo y riguroso, esta obra analiza la evolución de la industria láctea, destacando sus innovaciones tecnológicas, las instalaciones industriales y los retos del sector. Desde pequeñas plantas artesanales hasta grandes fábricas industriales, el lector comprenderá cómo se optimizan los procesos para cumplir con los estándares técnicos y normativos. Este libro no solo busca informar, sino también despertar la curiosidad y admiración por un sector que es vital para la alimentación global.

EDITORIAL
InvestiGO

Editorial InvestiGo
Riobamba – Ecuador
Cel: +593 97 911 9620
investigoeditorial@gmail.com

ISBN: 978-9942-48-911-1



9 789942 489111