



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE INSTALACIONES PARA TRATAMIENTO
SANITARIO DE UNA EMPRESA PECUARIA: MÓDULO DE ORDEÑO

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

PRESENTA:

ING. LAURA XOCHITL HERNÁNDEZ GÓMEZ

DIRECTOR DE TESINA: M.I. JUAN FRANCISCO DE LEÓN IBARRA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

Enero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y ALCANCES.....	9
1.1. Justificación.....	9
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo general.....	11
1.2.2. Objetivos específicos.....	11
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES	12
2.1. La industria pecuaria en México.....	12
2.2. Normativa mexicana respecto a la producción de leche	13
2.2.1. NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias.	13
2.2.2. NOM-184-SSA1-2002. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias.	13
2.3. Normativa mexicana respecto a la generación y disposición de aguas residuales, lodos y biosólidos	14
2.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).....	14
2.3.2. Ley de aguas nacionales	15
2.3.3. NOM-CCA/32-ECOL/1993.....	16
2.3.4. NOM-CCA-009-ECOL/1993.....	17
2.3.5. NOM-001-SEMARNAT-1996.....	18
2.3.6. NOM-003-SEMARNAT-1993.....	19
2.3.7. NOM-004-SEMARNAT-2002.....	20
2.4. Normativa internacional respecto a la generación y disposición de aguas residuales, lodos y biosólidos de la industria lechera	23

2.4.1.	CAC-RCP1-1969. Principios generales de higiene de los alimentos.	23
2.4.2.	Plan de Acción para el Mediterráneo.....	25
2.4.3.	Federación Nacional de Industrias Lácteas.....	26
2.4.4.	Global Dairy Agenda for Action.....	27
2.4.5.	Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente...	28
2.5.	Historia y propósitos del CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro	30
2.5.1.	Historia	30
2.5.2.	Objetivo	31
2.5.3.	Ubicación y accesos carreteros.....	32
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS		34
3.1.	Descripción del sistema actual de manejo de los residuos líquidos en el CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro	34
3.1.1.	Aguas grises.....	37
3.1.2.	Aguas negras.....	43
3.1.3.	Lactosuero.....	44
3.1.4.	Aguas pluviales.....	45
3.1.5.	Residuos orgánicos	46
3.2.	Identificación de la problemática existente.....	46
3.3.	Identificación de las preferencias del cliente en cuanto a sistemas de tratamiento y el reúso de los subproductos.....	49
3.4.	Levantamiento de la infraestructura actual de manejo de residuos líquidos en el CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro	51
3.5.	Caracterización de los residuos líquidos producidos en el módulo de ordeño	55
3.5.1.	Aguas grises.....	56
3.5.2.	Aguas negras.....	61

3.5.3.	Lactosuero	63
3.5.4.	Residuos orgánicos	65
3.6.	Propuestas de modificación al esquema de manejo existente	66
3.6.1.	Aguas Grises	67
3.6.2.	Aguas Negras	69
3.6.2.1.	Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas.	69
3.6.2.2.	Opción 2: DEWATS™	70
3.6.3.	Lactosuero	71
3.6.4.	Agua pluvial	72
3.6.5.	Residuos orgánicos	76
3.7.	Dimensionamiento de los componentes del tratamiento de aguas negras	77
3.7.1.	Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas.	77
3.7.2.	Opción 2: DEWATS™	80
3.7.3.	Composteo	82
3.8.	Costos de implementación de las modificaciones propuestas	84
3.8.1.	Agua pluvial	85
3.8.2.	Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas	85
3.8.3.	Opción 2: DEWATS™	86
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		87
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		93
ANEXOS		97
6.1.	Glosario.....	97

6.2. Norma oficial mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias.....	102
6.3. Norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-2003, leche, formula láctea y producto lácteo combinado-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.....	113
6.4. Norma oficial mexicana NOM-CCA-OO9-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.	176
6.5. Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	181
6.6. Norma oficial mexicana NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público	207
6.7. Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental-lodos y biosolidos-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final	214
6.1. Plano de instalaciones sanitarias del Módulo de Ordeño de CEIEPAA .	231
BIBLIOGRAFÍA	232

Índice de tablas

Tabla 2.1. Límites máximos permisibles de descarga que se dispongan mediante riego agrícola.....	16
Tabla 2.2 Límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados	17
Tabla 2.3. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos	18
Tabla 2.4. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros	19
Tabla 2.5. Límites máximos permisibles de contaminantes tipo de reúso promedio mensual.....	20
Tabla 2.6. Aprovechamiento de biosolidos.....	21
Tabla 2.7. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos	22
Tabla 2.8. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos	22
Tabla 2.9 Límites permisibles de DQO para la descarga de aguas residuales industriales de países del Mediterráneo.	26
Tabla 3.1 Volumen de aguas grises generadas en el Módulo de Ordeño	42
Tabla 3.2. Composición de las aguas grises.	42
Tabla 3.3. Volumen de aguas negras generadas en el Módulo de ordeño.	43
Tabla 3.4. Composición de excretas de bovinos.	43
Tabla 3.5. Volumen de Lactosuero en el Módulo de Ordeño.	44
Tabla 3.6. Composición del lactosuero de bovinos	44
Tabla 3.7. Tabla resumen de volumen de aguas residuales generadas	56
Tabla 3.8. Contenido de detergente alcalino SANIBAC	57
Tabla 3.9. Contenido de detergente alcalino DELLA SUPER	57
Tabla 3.10. Contenido de detergente ácido DELLA EXTRA BRITE	57
Tabla 3.11. Contenido de desinfectante SANICHLOR	57
Tabla 3.12. Contenido de desinfectante CLORIDEC	57
Tabla 3.13. Programa de Lavado de Bovinos	58
Tabla 3.14. Programa de Lavado de Caprinos.....	58
Tabla 3.15. Composición de las aguas residuales producto del lavado de instalaciones de la industria láctea.....	59

Tabla 3.16. Composición de excretas de bovinos.....	61
Tabla 3.17. Composición de excretas de caprinos.....	61
Tabla 3.18. Composición del lactosuero de bovinos	63
Tabla 3.19. Composición del lactosuero de caprinos	64
Tabla 3.20. Precipitación mensual y volúmenes de agua captada.....	73
Tabla 3.21. Balance neto y aportación mensual.....	74
Tabla 3.22. Datos SASSE	77
Tabla 3.23. Características del modelo BB200 del sistema BIOBOLSA®.....	78
Tabla 3.24. Ventajas y desventajas de sistema BIOBOLSA®.....	79
Tabla 3.25. Dimensionamiento de los reactores propuestos.....	80
Tabla 3.26. Ventajas y desventajas del sistema DEWATS™	81
Tabla 3.27. Dimensiones del lecho de secado.....	81
Tabla 3.28. Volúmenes generados por año de desechos de cultivo y de lodo.....	82
Tabla 3.29. Dimensiones de las pilas de volteo.	83
Tabla 3.30. Costos de implementación del sistema de captación de lluvia.....	85
Tabla 3.31. Costos de implementación de opción 1	85
Tabla 3.32. Costos de implementación de opción 2.....	86
Tabla 3.33. Dimensiones de los componentes del sistema DEWATS™	91

Índice de figuras

Figura 2.1. Ubicación del Edificio Principal y Módulo de Ordeño de CEIEPPA.....	32
Figura 2.2. Ubicación de acceso a CEIEPAA.....	33
Figura 3.1. Instalaciones de PTAR en Edificio Principal.....	35
Figura 3.2. Ubicación de fuentes generadoras.....	36
Figura 3.3. Descargas de aguas residuales del Módulo de Ordeño.....	37
Figura 3.4. Diagrama de ordeño de bovinos.....	39
Figura 3.5. Sala de ordeño de bovinos.....	40
Figura 3.6. Sala de ordeño de caprinos.....	41
Figura 3.7. Área de captación de lluvia.....	46
Figura 3.8. Registros y canal con agua residual estancada.....	47
Figura 3.9. Zona de encharcamientos.....	50
Figura 3.10. Foto de zona de encharcamientos.....	50
Figura 3.11. Plano de red de alcantarillado de caprinos.....	51
Figura 3.12. Foto una sección de la red de alcantarillado de caprinos.....	52
Figura 3.13. Plano de red de alcantarillado de bovinos.....	53
Figura 3.14. Registros de la red de alcantarillado de bovinos.....	54
Figura 3.15. Plano de red de alcantarillado de los baños.....	55
Figura 3.16. Plano de red de alcantarillado de aguas grises.....	60
Figura 3.17. Plano de red de alcantarillado de aguas negras.....	62
Figura 3.18. Plano de red de lactosuero.....	65
Figura 3.19. Manejo sanitario de Módulo de Ordeño, CEIEPAA.....	66
Figura 3.19. Sistema CIP.....	68
Figura 3.20. Sistema BIOBOLSA®.....	70
Figura 3.21. Esquema DEWATS™.....	71
Figura 3.22. Área de captación de lluvia.....	73
Figura 3.23. Cisterna Rotoplas® de 10,000 litros.....	75
Figura 3.24. Interceptor de primeras lluvias.....	76
Figura 3.25. Sistema BIOBOLSA® modelo BB200.....	78
Figura 3.26. Componentes del Sistema BIOBOLSA®.....	79
Figura 3.27. Lecho de secado, vista en sección.....	82

Figura 3.28 Dimensiones de la Planta de composta	84
Figura 4.1. Sistema de saneamiento: Planta de biogás flexible (Sistema BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas.....	88
Figura 4.2. Sistema de saneamiento: DEWATS™, almacenamiento y aprovechamiento de agua pluvial y composteo.....	90

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1. Justificación

Con el paso del tiempo, el sector agropecuario ha desarrollado sistemas de producción más eficientes, lo que implica la implementación de métodos e infraestructura. Esta implementación genera bajos costos de producción y mayores ganancias, pero también entre más se desarrollan estos sistemas, más daños al medio ambiente genera (Vázquez, 2010)

En México el 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son debidas al sector agropecuario (INECC,2013), esta es la quinta actividad con mayor porcentaje de emisiones de GEI a nivel nacional. En el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2013) se reportan las emisiones de metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (N₂O) de las actividades pecuarias (fermentación entérica y el manejo de estiércol) y las actividades agrícolas (manejo de suelos, cultivos de arroz y quema de campo de residuos de cosecha). Además, incluyen las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O por el uso de combustibles para generar energía, utilizada principalmente para los sistemas de riego

Con lo anterior, podemos observar que la única actividad que es difícil de mitigar sus emisiones es la fermentación entérica ya que es un proceso digestivo que llevan a cabo algunos animales y he ahí la dificultad para mitigarlo.

La actividad pecuaria no sólo contamina el aire, de mayor forma, contamina el agua. La actividad requiere de altos volúmenes de agua para la ingesta, lavado de instalaciones, riego, etc; las cuales requieren de cierta calidad dependiendo del proceso, generalmente se requiere agua potable.

Las aguas residuales dependen de la actividad pecuaria pero generalmente tienen altos contenidos de carga orgánica y fósforo. La carga orgánica es debida a excretas, sangre, vísceras, lactosuero, etc., y el fósforo a los detergentes.

Existen empresas pecuarias, generalmente de producción intensiva, que han implementado tratamientos para sus residuos por cuestiones de sanidad pecuaria. Este tipo de producción se caracteriza por generar grandes cantidades de excretas y aguas grises. Debido a su gran volumen, las empresas pecuarias implementan tratamientos anaerobios para así poder aprovechar el biogás como combustible. En la mayoría de los casos, el tratamiento no es el idóneo pues no hay un tratamiento de lodos, no hay mantenimiento a sus procesos, incluso no funcionan eficientemente sus procesos.

Este trabajo está enfocado en un módulo de ordeña de un rancho de bovinos y caprinos. En el módulo, se generan aproximadamente 14,000 litros por día de agua residual, la cual contiene principalmente detergentes, desinfectantes, excretas y lactosuero. Esta agua residual no tiene ningún tratamiento y sólo se vierte en una fosa por lo que se requiere de una separación y un tratamiento además de una reducción en sus consumos de agua y un aprovechamiento.

Existen procesos en los cuales no se puede minimizar los consumos de agua potable, ya que requerirían de una fuerte inversión en nuevos equipos. Debido a esto, sumado con los altos contenidos de nutrientes que tienen las aguas residuales, es por lo que se propone un aprovechamiento de las aguas residuales tratadas.

Con el tratamiento de las aguas residuales se busca la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se estarían tratando las excretas. También se estaría anulando la contaminación del suelo que actualmente se está dando. Con el aprovechamiento se disminuirían los consumos de agua potable, se tendrían abonos y fertilizantes para tierras agrícolas. Habría una reducción de costos por energía ya que, al reducirse los consumos de agua, se tendrían menos horas de

bombeo. Con la reducción de consumos de los pozos de abastecimiento, también favorecería la recarga de los mismos lo que a su vez prolongaría la futura perforación profunda de los pozos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta integral de adecuaciones para el tratamiento de los residuos líquidos y los subproductos del tratamiento, generados en el módulo de ordeño del CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro

1.2.2. Objetivos específicos

1. Establecer la situación actual en cuanto al manejo del agua en el módulo de ordeño
2. Caracterizar los residuos líquidos generados actualmente en el módulo de ordeño
3. Identificar las preferencias en cuanto a sistemas de tratamiento y al reúso de los subproductos del cliente
4. Dimensionar sistemas de tratamiento sanitario para empresa pecuaria adecuados a los residuos líquidos previamente caracterizados
5. Realizar una propuesta económica a nivel de anteproyecto de las soluciones que compongan la propuesta integral

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2.1. La industria pecuaria en México

La industria pecuaria ha tenido grandes transformaciones las últimas décadas. La actual industria pecuaria se caracteriza por cambios tecnológicos que se ven reflejados en mejoras de la productividad, la introducción de nuevos cultivos que se ajustan a las exigencias de un mercado internacional, modificaciones genéticas que mejoran las variedades de los productos, implementación de nuevos esquemas de organización que permiten mejorar la comercialización e incluso, el surgimiento de nuevos esquemas de desarrollo rural. Junto con ello, el gobierno ha motivado la reactivación del sector diversificando los cultivos tradicionales, ofreciendo asesoría tecnológica, generando infraestructura, etc. (Escalante y Catalán 2008),

Conforme evoluciona la industria pecuaria en México, se imponen estándares de calidad y servicio, obligando a las unidades productoras a una continua modernización de sus procesos productivos (Escalante y Catalán 2008).

Actualmente, la industria lechera en México ha tenido un crecimiento año con año, sin embargo, también ha ido incrementando la importación de leche y productos lácteos para satisfacer la demanda (SIAP, 2016).

La producción de leche en México ha ido incrementando gracias a las mejoras en la tecnificación de la producción lechera en las regiones con alta producción, así como en la aplicación de técnicas en el manejo de ganado con mejores características productivas de razas especializadas en producción lechera y en el equipamiento de las explotaciones, propiciando una mayor inversión en el sector. Sin embargo, estas mejoras sólo se han dado en las grandes explotaciones teniendo en una desventaja a las explotaciones pequeñas ya que no pueden tener una producción más tecnificada (SAGARPA, 2010)

2.2. Normativa mexicana respecto a la producción de leche

Existe normatividad mexicana que hace mención sobre la elaboración de productos lácteos, las medidas que se deben contemplar para evitar cualquier daño a la salud. Algunas normas hacen mención de las medidas sanitarias que se deben contemplar en las instalaciones.

En este apartado sólo se contemplan la normativa mexicana respecto a la producción de leche que mencione especificaciones sanitarias de las instalaciones sanitarias de establos lecheros.

2.2.1. NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones y especificaciones sanitarias de la Leche pasteurizada de vaca y Leche pasteurizada de vaca con sabor. (DOF,1994)

Lo que respecta a las instalaciones sólo menciona que los detergentes y sanizantes deben ser removidos para evitar daños a la salud y evitar modificaciones al producto.

2.2.2. NOM-184-SSA1-2002. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones sanitarias que debe cumplir la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. (DOF,2002)

Señala que para la elaboración de productos lácteos se debe utilizar agua potable, que cumpla con lo solicitado en la NOM-127-SSA1-1994. Además, cuenta con un

apéndice de productos para el lavado que son permitidos y algunas recomendaciones de uso.

2.3. Normativa mexicana respecto a la generación y disposición de aguas residuales, lodos y biosólidos

2.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA (DOF,2017) tiene como objetivo preservar y restaurar los ecosistemas, controlar la contaminación de agua, aire y suelo, así como asegurarse del aprovechamiento sustentable de los recursos preservar y restaurar el equilibrio ecológico, proteger al ambiente, así como propiciar un desarrollo sustentable.

En términos de política ambiental, señala que quien realice alguna actividad que dañe al ambiente está obligado a minimizar, prevenir o reparar los daños. También señala que se le incentivara a quien realice actividades de mitigación o haga un uso sustentable de los recursos.

La LGEEPA señala que debe preservar y aprovechar sustentablemente el agua. Menciona que para mantener los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos. También señala que para asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, se promoverán el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reúso.

En términos de aguas residuales, la ley indica que debe existir un control en la descarga de aguas residuales, en caso de que la descargas no cumplan con los límites permisibles por normas oficiales que apliquen, se deberá de proveer de un tratamiento. Además, señala que las aguas residuales provenientes de una actividad agropecuaria no pueden infiltrarse al suelo sin un previo tratamiento

previniendo así la contaminación de suelo y mantos acuíferos. En los aprovechamientos existentes de aguas residuales en la agricultura, se promoverán acciones para mejorar la calidad del recurso, la reglamentación de los cultivos y las prácticas de riego.

La LGEEPA señala que se debe propiciar el aprovechamiento sustentable del suelo. Indica que, para un aprovechamiento sustentable, se debe prevenir actividades que dañen el suelo y en caso de que ya exista el daño, tomar medidas de restauración.

La ley menciona que las emisiones de contaminantes de la atmósfera deben ser reducidas y controladas para asegurar el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

2.3.2. Ley de aguas nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (DOF,2016) tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Las personas morales que exploten, usen o aprovechen aguas nacionales en cualquier uso o actividad, realizarán las medidas necesarias para prevenir su contaminación y, en su caso, para reintegrar las aguas referidas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior, y mantener el equilibrio de los ecosistemas vitales.

Las personas morales requieren permiso de descarga para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

2.3.3. NOM-CCA/32-ECOL/1993

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola (DOF,1993). Esta norma ya no está vigente y sirvió como antecedente para las normas actuales que abordan el tema.

Las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal que se dispongan mediante riego agrícola deben cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Límites máximos permisibles de descarga que se dispongan mediante riego agrícola

Parámetro	Límite máximo permisible
pH (unidades de pH)	6.5-8.5
Conductividad Eléctrica (micromhos/cm)	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	120
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	120
Aluminio (mg/l)	5.0
Arsénico (mg/l)	0.1
Boro (mg/l)	1.5
Cadmio (mg/l)	0.01
Cianuros (mg/l)	0.02
Cobre (mg/l)	0.2
Cromo total (mg/l)	0.1
Fierro (mg/l)	5.0
Fluoruros (mg/l)	3.0
Manganeso (mg/l)	0.2
Níquel (mg/l)	0.2
Plomo (mg/l)	5.0
Selenio (mg/l)	0.02

Zinc (mg/l)0.2	2
----------------	---

Fuente: NOM-CCA/32-ECOL/1993

2.3.4. NOM-CCA-009-ECOL/1993

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados (DOF,1993). Esta norma ya no está vigente y sirvió como antecedente para las normas actuales que abordan el tema.

Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados deben cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados

Parámetros	Límites máximos permisibles	
	Promedio diario	Instantáneo
pH (unidades de pH)	6 – 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	100	120
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	100	120
Grasas y Aceites (ml/L)	20	30

Fuente: NOM-CCA-009-ECOL/1993

Los límites máximos permisibles de coliformes totales son 10,000 NMP/100ml como límite promedio diario y 20,000 NMP/100ml como límite instantáneo cuando se permita el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a un cuerpo receptor, mezcladas con las aguas residuales del proceso industrial. En el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración en terreno, de manera que no

se cause un efecto adverso en los cuerpos receptores, no existirá un límite máximo permisible de coliformes totales.

2.3.5. NOM-001-SEMARNAT-1996

La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos (DOF, 1996).

Los límites permisibles para las descargas de aguas residuales en suelo se muestran en la Tabla 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos

Parámetro (mg/l) *excepto cuando se especifique	Suelo			
	Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25
Materia flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Solidos Sedimentables ml/l	N.A.	N.A.	1	2
Solidos Suspendidos Totales	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Ph	5-10	5-10	5-10	5-10
Coliformes fecales NMP/100ml	1000-2000	1000-2000	1000-2000	1000-2000

(A) y (B): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido.

Tabla 2.4. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros

Parámetro (mg/l) *excepto cuando se especifique	Suelo			
	Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico *	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio *	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro *	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre *	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo *	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio *	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel *	2	4	2	4
Plomo *	5	10	0.2	0.4
Zinc*	10	20	10	20

(A) y (B): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

P.D.= Promedio Diario; P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable

(*) Medidos de manera total

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

2.3.6. NOM-003-SEMARNAT-1993

La NOM-003-SEMARNAT-1993 establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población. (DOF,1993)

Menciona que existen dos tipos de reúso, el reúso en servicios al público con contacto directo y el reúso en servicios con contacto indirecto u ocasional. En la siguiente tabla se muestran los límites permisibles para cada reúso.

Tabla 2.5. Límites máximos permisibles de contaminantes tipo de reúso promedio mensual

Tipo de reúso	Promedio mensual				
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l
Servicios al público con contacto directo	240	≥ 1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1,000	≤ 5	15	30	30

Fuente: NOM-003-SEMARNAT-1993

Además de los anteriores parámetros, la norma también estipula que no debe existir materia flotante en el agua tratada y tampoco debe rebasar los límites permisibles de metales pesados y cianuros según la NOM-001-SEMARNAT-1996.

2.3.7. NOM-004-SEMARNAT-2002.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana. (DOF, 2003)

Las personas físicas o morales que lleven a cabo el aprovechamiento o disposición final de los lodos y biosólidos deberán obtener una constancia de no peligrosidad bajo los términos del trámite SEMARNAT-07-007.

El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 2.6 y su contenido de humedad hasta el 85%.

Tabla 2.6. Aprovechamiento de biosólidos

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase B y C
EXCELENTE O BUENO	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
EXCELENTE O BUENO	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Para que los biosólidos puedan ser aprovechados, los generadores de biosólidos deben controlar la atracción de vectores. Los biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos. En la tabla 2.7 y 2.8 se muestran los límites máximos permisibles para metales pesados y de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos

Tabla 2.7. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Tabla 2.8. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION	PATOGENOS	PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

NMP número más probable

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

La aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia.

Para la disposición final de los lodos y biosólidos, éstos deben cumplir con la constancia de peligrosidad y con los límites máximos permisibles de las tablas 2.7 y 2.8 para clase C.

Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en esta norma, pueden ser almacenados hasta por un periodo de dos años. El predio en el que se almacenen debe ser habilitado para que no existan infiltraciones al subsuelo y contar con un sistema de recolección de lixiviados. Se permite la mezcla de dos o más lotes de lodos o biosólidos, siempre y cuando estos cumpla con lo establecido esta norma.

2.4. Normativa internacional respecto a la generación y disposición de aguas residuales, lodos y biosólidos de la industria lechera

2.4.1. CAC-RCP1-1969. Principios generales de higiene de los alimentos

El Codex Alimentarius o “Código alimentario” fue establecido por la FAO y la Organización Mundial de la Salud en 1963 para elaborar normas alimentarias internacionales armonizadas, que protegen la salud de los consumidores y fomentan prácticas leales en el comercio de los alimentos (CODEX Alimentarius, 2016).

Algunos principios de higiene de los alimentos que estipula el CODEX respecto a los desechos son los siguientes:

- Hay que tener cuidado en tratar los desechos y almacenar las sustancias nocivas de manera apropiada.
- Deberá disponerse de instalaciones y procedimientos apropiados que aseguren que toda operación necesaria de limpieza y mantenimiento se lleve

a cabo de manera eficaz y que se mantenga un grado apropiado de higiene personal.

- Los establecimientos alimentarios deberán ubicarse normalmente alejados de zonas cuyo medio ambiente esté contaminado y actividades industriales que constituyan una amenaza grave de contaminación de los alimentos, zonas expuestas a inundaciones, zonas expuestas a infestaciones de plagas y zonas de las que no puedan retirarse de manera eficaz los desechos, tanto sólidos como líquidos.
- Deberá haber sistemas e instalaciones adecuados de desagüe y eliminación de desechos.
- El agua recirculada para reutilización deberá tratarse y mantenerse en tales condiciones que de su uso no derive ningún peligro para la inocuidad y la aptitud de los alimentos.
- El agua recirculada que no haya recibido un tratamiento podrá utilizarse siempre que esto no represente un riesgo para la inocuidad y la aptitud de los alimentos.
- Las instalaciones y el equipo deberán mantenerse en un estado apropiado de reparación y condiciones para facilitar todos los procedimientos de saneamiento.
- En la limpieza deberán eliminarse los residuos de alimentos y la suciedad que puedan constituir una fuente de contaminación. Puede ser necesaria la desinfección después de la limpieza.
- Los procedimientos de limpieza consistirán, cuando proceda, en eliminar los residuos gruesos de las superficies, aplicar una solución detergente para desprender la capa de suciedad y de bacterias y mantenerla en solución o suspensión, enjuagar con agua potable para eliminar la suciedad suspendida y los residuos de detergente, lavar en seco o aplicar otros métodos apropiados para quitar y recoger residuos y desechos y desinfectar, en caso necesario.

- Se adoptarán las medidas apropiadas para la remoción y el almacenamiento de los desechos. No deberá permitirse la acumulación de desechos en las áreas de manipulación y de almacenamiento de los alimentos o en otras áreas de trabajo ni en zonas circundantes, salvo en la medida en que sea inevitable para el funcionamiento apropiado de las instalaciones.
- Los almacenes de desechos deberán mantenerse debidamente limpios.

2.4.2. Plan de Acción para el Mediterráneo

La realización del Estudio sobre la prevención y reducción en origen de la contaminación en la industria láctea en los países del Plan de Acción para el Mediterráneo (PAM) en adelante DAIRY/CP PROJECT, por parte del Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) fue una de las recomendaciones de los Puntos Focales Nacionales del CAR/PL. (CAR/PL, 2002)

Los países del PAM son los siguientes: Albania, Argelia, Bosnia-Herzegovina, Chipre, Croacia, Egipto, Eslovenia, España, Francia, Grecia, Israel, Italia, Líbano, Libia, Malta, Marruecos, Mónaco, Siria, Túnez y Turquía. Mónaco y Eslovenia no han sido incluidos en el estudio por no disponer de referencias de industrias lácteas o de la información necesaria. (CAR/PL, 2002)

En términos generales, el plan describe la situación actual de las industrias lácteas de los países participantes, algunos límites permisibles de descargas de aguas residuales, en caso de que los existan, una caracterización de los residuos y por último menciona algunas recomendaciones para minimizar sus desechos.

Las recomendaciones que se hacen se han clasificado en función de los siguientes puntos:

- Reducción en origen. Se considerará cualquier modificación de proceso, instalaciones, procedimientos, composición del producto o sustitución de materias primas que comporte la disminución de la generación de corrientes

residuales (en cantidad y/o peligrosidad potencial), tanto en el proceso productivo como en las etapas posteriores a su producción.

- Reciclaje. Se considerará aquella opción de valorización que implica volver a utilizar una corriente residual bien en el mismo proceso o en otro. Si se realiza en el mismo centro productivo donde se ha generado se considera como reciclaje en origen.
- Valorización. Se considerarán aquellos procedimientos que permitan el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos.

En la tabla 2.9 se muestran algunos límites permisibles de DQO para descargas en ríos, alcantarillado y mar de agua residual industrial de algunos países participantes en el Plan de Acción para el Mediterráneo.

Tabla 2.9 Límites permisibles de DQO para la descarga de aguas residuales industriales de países del Mediterráneo.

País	Límite permisible de DQO para descarga de aguas residuales en diferentes cuerpos receptores (mg O ₂ /l)		
	Alcantarillado	Río	Mar
Croacia	700	125	-
Egipto	700	30	60
Israel	200	70	-
Italia	500	100	100
Siria	3000	-	-
Turquía	40	40	40

2.4.3. Federación Nacional de Industrias Lácteas

La Federación Nacional de Industrias Lácteas (FeNIL) trabaja por el sector industrial lácteo español con el fin de garantizar su evolución, optimización y continuidad, contribuyendo a la sostenibilidad de toda la cadena. (FeNIL, 2017)

El compromiso de FeNIL con la sostenibilidad del sector lácteo está orientado a conseguir el triple beneficio, siguiendo el Marco de Referencia de la Unión Europea:

- Fomentar la responsabilidad ambiental.
- Maximizar los beneficios económicos del sector.
- Velar por la responsabilidad social ante todos los grupos de interés.

Uno de los compromisos de FeNIL con la sostenibilidad del sector lácteo está enfocado a reducir el impacto ambiental asociado a la fabricación de leche y productos lácteos a través del ecodiseño. Por ello, forma parte activa en el proyecto Ecolac. El proyecto Ecolac promueve la creación de un software de ecodiseño adaptado a las necesidades del sector lácteo para lograr prevenir y disminuir el impacto ambiental asociado a la fabricación de productos lácteos.

2.4.4. Global Dairy Agenda for Action

La Global Dairy Agenda for Action ayudar al sector lácteo mundial a innovar y generar herramientas e iniciativas que fomenten la sostenibilidad del sector desde una perspectiva holística: respeto por el medio ambiente, económicamente viable y socialmente responsable. (Diary Sustainability Framework,2017)

En este contexto, surge el Marco de trabajo para la sostenibilidad del sector lácteo, que define 11 pilares, 11 categorías principales sobre las que trabajar de manera global. Cada país priorizará, de entre estas categorías principales, aquellas que se adapten a sus características particulares y podrá crear otras que respondan a su realidad concreta.

1. Emisiones de gases de efecto invernadero. Reducción de las emisiones de gases invernadero a través de mecanismos económicamente viables.
2. Nutrientes del suelo. Gestión de la aplicación de nutrientes en los pastos, para minimizar su impacto en el agua y el aire, manteniendo y mejorando al mismo tiempo la calidad del suelo.
3. Residuos, Reducir al mínimo la generación de residuos. Cuando sea inevitable, se reutilizan y reciclan.

4. Agua. Gestión responsable del uso y calidad del agua.
5. Suelo. La calidad y la retención del suelo se gestiona y mejora de manera proactiva para garantizar una productividad óptima.
6. Biodiversidad. Entender los riesgos y las oportunidades directas e indirectas de la biodiversidad y establecimiento de las estrategias para mantenerla o mejorarla.
7. Desarrollo de mercado. Posibilitar que todos los participantes tengan la capacidad de crear empresas económicamente viables.
8. Economías rurales. El sector lácteo contribuye a la supervivencia y la viabilidad económica de los productores y las comunidades rurales.
9. Condiciones de trabajo. En todas las industrias lácteas, los trabajadores deben trabajar un entorno seguro donde se respete y promuevan sus derechos.
10. Seguridad y calidad del producto. Se cuidará la integridad y la transparencia de la cadena de suministro de la leche y productos lácteos a fin de garantizar su calidad, aporte nutricional y seguridad óptimos.
11. Cuidado animal. Los animales productores de leche se tratan con cuidado y respeto; no sufren hambre o sed, malestar, dolor, lesiones, enfermedad, miedo o angustia; y pueden desarrollar de forma relativamente normal su comportamiento natural

2.4.5. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

A fin de dar a conocer el impacto de la normativa ambiental en la ganadería, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente organiza jornadas de divulgación en las que se dan a conocer tanto las novedades normativas como las actividades realizadas, con el fin de valorar el impacto de esta normativa en las condiciones agroclimáticas de España.

JORNADA II. Sistemas de gestión de deyecciones ganaderas.

En esta jornada se tuvieron las siguientes publicaciones:

- Aplicación de purines al terreno agrícola

- Técnicas de gestión en zonas de alta densidad ganadera
- Técnicas alta densidad y limitación de recursos hídricos.
- Biodigestión de purines.
- Evaluación de la gestión y tecnologías de tratamiento de estiércol.
- Evaluación de técnicas de gestión de deyecciones en ganadería.

Es notable que México, en materia de legislación ambiental de empresas pecuarias, está poco desarrollada pues únicamente, hay normas que mencionan algunas medias que deben cumplir las industrias en general y menciona límites permisibles de descarga de la industria láctea. La legislación aplicable a la industria láctea está desarrollada en términos de salud, pero en términos ambientales no. Lo que mencionan algunas normas de la industria lechera es las medidas sanitarias que se deben tomar para evitar contaminación de los productos lácteos, pero no mencionan ninguna medida para evitar la contaminación ambiental. Legislación ambiental de empresas pecuarias no se ha encontrado, pero SAGARPA si ha emitido manuales de Buenas Prácticas en los que si mencionan las medidas que se deben tomar además de la sugerencia de algunos tratamientos para los desechos de las empresas pecuarias.

La normativa internacional, no existe alguna norma que como tal mencione el tratamiento y la disposición de lodos de una empresa pecuaria, pero han tomado medidas que ayuden a prevenir o mitigar el daño al medio ambiente ocasionado por las empresas pecuarias y la industria láctea. Algo importante que sale a relucir, es que los gobiernos de algunos países publican información para que los que ejercen alguna actividad pecuaria también ejerzan el cuidado al medio ambiente.

2.5. Historia y propósitos del CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro

2.5.1. Historia

El Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, CEIEPAA de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia, está ubicado en Tequisquiapan, Querétaro.

CEIEPAA fue creada ya que se tenía la necesidad de hallar una nueva ubicación para dos de los Centros de Enseñanza, Investigación y Extensión (CEIE) con que contaba la FMVZ; el de Producción Bovina y Caprina (CEIEPBC-Tepotzotlán) y el de Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG-Chalco), dado que la urbanización los había alcanzado y existía agotamiento de los pozos que suministraban agua a los mismos, además de haber perdido un contexto pecuario regional. (FMVZ, 2017)

En 1999 se obtuvo la cesión por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público de un nuevo predio para la FMVZ con la Exhacienda de Santillán (predios La Pera y El Abono), en Tequisquiapan, Querétaro. Posteriormente en el 2001 se obtuvo la adquisición de dos predios contiguos a dicha propiedad mediante la compra del Rancho Valle San Juan y Rancho Cerro Partido, con lo cual la infraestructura de la Facultad en Tequisquiapan, Querétaro se amplió para conjuntar y optimizar en una sola sede un proyecto renovado de CEIE, el cual dio inicio con el traslado en el 2002 del antiguo CEIEPAG a Tequisquiapan, y en el 2004 del antiguo CEIEPBC, para quedar ambos fusionados oficialmente en el ahora CEIEPAA a partir del 2005. El predio La Presa se adquirió en 2008 a efecto de ampliar la infraestructura terrena del Centro. (FMVZ, 2017)

La Tesorería del Patronato de la UNAM dotó al Centro de una infraestructura académica y productiva, para que el 3 de julio de 2007 se inaugurara oficialmente las actuales instalaciones de la unidad académico-administrativa del CEIEPAA. (FMVZ, 2017)

2.5.2. Objetivo

CEIEPAA tiene como objetivo contribuir a la enseñanza, investigación y extensión de la producción animal a través del desarrollo de modelos prácticos productivos con bovinos, cabras, borregos, tanto lecheros como cárnicos; brindar servicios de diagnóstico en salud animal; asimismo evaluar especies pecuarias alternativas como el ciervo rojo. Todo lo anterior mediante sistemas de autogestión forrajera y sus posibles alternativas. (FMVZ, 2017)

Las principales funciones de CEIEPAA son:

- Impartir docencia a través de la oferta de cursos de licenciatura, posgrado y educación continua.
- Implementar y difundir tecnología eficiente y validada de producción agrícola y ganadera, que coadyuve a la satisfacción de necesidades técnicas, económicas y ecológicas del país.
- Informar a los departamentos relacionados con la producción agrícola y ganadera sobre el programa productivo del CEIEPAA, para su coordinación con la ejecución de prácticas escolares.
- Atender a los estudiantes en las prácticas escolares sobre tópicos de la producción agrícola forrajera y ganadera lechera y cárnica de bovinos, cabras, borregos y cérvidos.
- Desarrollar los programas de producción.
- Conducir y/o asistir en la ejecución de proyectos de investigación aplicada a la resolución de problemas de la actividad ganadera y agrícola forrajera nacional.
- Brindar servicios profesionales de diagnóstico en salud animal en la región a través de la USEDICO.

2.5.3. Ubicación y accesos carreteros

El edificio principal de CEIEPAA está ubicado en la Carretera Federal Tequisquiapan a Ezequiel Montes, Km. 8.5 en Municipio de Tequisquiapan, Querétaro. El Módulo de Ordeño está localizado sobre la carretera Tequisquiapan a Ezequiel Montes Km.30 en el Municipio de Tequisquiapan, Querétaro. En la figura I se muestra la ubicación del Edificio Principal y del Módulo de Ordeño.

Figura 2.1. Ubicación del Edificio Principal y Módulo de Ordeño de CEIEPPA



El acceso tanto del Edificio Principal como el del Módulo de Ordeño es por la Carretera Federal Tequisquiapan a Ezequiel Montes, en la Figura II se muestra el acceso a ambas instalaciones.

Figura 2.2. Ubicación de acceso a CEIEPAA



CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sistema actual de manejo de los residuos líquidos en el CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro

CEIEPAA produce al día, 1100 litros de leche al día de bovinos y 100 litros de leche al día de caprinos. La leche de bovinos y caprinos se utiliza para la fabricación de productos lácteos, destacando los quesos artesanales. La producción de un día de leche de bovinos se destina a la fabricación de productos lácteos, mientras que la producción de leche de caprinos se utiliza diariamente para la fabricación de productos lácteos.

CEIEPAA tiene dos principales generadores de aguas residuales, uno es su edificio principal y la otra en su módulo de ordeño. Las aguas residuales del edificio principal son aguas residuales domésticas, mientras que las aguas residuales del módulo de ordeño son de tipo industrial y domésticas.

El edificio principal, cuenta con una planta de tratamiento prefabricada la cual consta de un tanque de igualación, un desarenador, una serie de sedimentadores primarios y un pozo de absorción. Se le da un mantenimiento cada 6 meses aproximadamente el cual consta de la limpieza del desarenador y la purga de los sedimentadores, los lodos de la purga se desechan en el campo, sin recibir un tratamiento. De acuerdo con lo anterior, se puede asegurar que la disposición de lodos no cumple con la normativa vigente en cuanto a disposición de lodos y, es muy probable que tampoco cumpla con la normativa vigente en cuanto a disposición de aguas residuales debido a que los procesos con los que cuenta hacen imposible la remoción de patógenos, nutrientes y de materia orgánica a niveles aceptables. En la Figura 3.1, se muestran la ubicación de las instalaciones de la Planta de tratamiento.



Figura 3.1. Instalaciones de PTAR en Edificio Principal.

El módulo de ordeño tiene 7 principales generadores de aguas residuales: las salas de ordeño de bovinos y de caprinos, los corrales arreadores de bovinos y de caprinos, la sala lacticinios, la sala de almacenamiento y los baños para los trabajadores. En la Figura 3.2 se muestran la ubicación de las fuentes generadoras. Las descargas de aguas residuales de cada generador son muy diversas pues pueden contener detergentes, desinfectantes, excretas o lactosuero. A pesar de que existen varios generadores, sólo se tienen tres redes de alcantarillado, uno proviene de la sala de ordeño de bovinos, sala de lacticinios, sala de almacenamiento y del corral arreador de bovinos, otra proviene de la sala de ordeño y el corral arreador de caprinos, y la última proviene de los baños. La razón por la que se tienen tres redes de alcantarillado es porque los desechos de cada animal no se pueden juntar por cuestiones de sanidad pecuaria. Al tener tres redes, se tienen tres descargas, de las cuales, dos de ellas se hacen en un campo aledaño a las instalaciones del módulo, aproximadamente a unos 15-30 metros de distancia, sin darles un tratamiento antes de su descarga. Las aguas residuales de 4 baños ubicados en la

sala de lacticios y en las oficinas, reciben un tratamiento para luego descargar en un pozo de absorción, el cual, según comentan, funciona adecuadamente. Los baños no se usan constantemente por consecuencia su volumen de generación es bajo. En la Figura 3.3 se muestran las descargas de las aguas residuales del Módulo de Ordeño.



Figura 3.2. Ubicación de fuentes generadoras



Figura 3.3. Descargas de aguas residuales del Módulo de Ordeño

El agua que se vierte del módulo de ordeño puede dividirse en cuatro tipos:

- Aguas grises
- Aguas negras
- Lactosuero
- Aguas pluviales

A continuación se describirán las cantidades y composiciones de los distintos tipos de aguas residuales generados en el módulo 7 de ordeño:

3.1.1. Aguas grises

Las aguas grises son aquellas aguas que contienen detergentes. Estas aguas, en el módulo de ordeño, provienen de las salas de ordeño, la sala de almacenamiento y la sala de lacticios. Es importante mencionar que estas aguas no sólo contienen detergentes, también dosis de leche y lactosuero.

Por cada ordeño se debe realizar la limpieza y desinfección de las salas de ordeño. En la figura 3.4, se muestra un diagrama del ordeño de bovinos. Al día, se realizan dos ordeños en bovinos y uno en caprinos. La limpieza de cada sala consiste en lavar la tubería que conduce la leche, el carrusel, las pezoneras y el piso de la sala. Del carrusel y el piso sólo se vierte agua con detergente. Las pezoneras son lavadas con agua y son desinfectadas. La tubería es lavada en cuatro ciclos, el primer ciclo de lavado es con agua tibia (35-43°C) para eliminar los residuos de leche que queden; el segundo ciclo es con un jabón alcalino y agua caliente (70-75°C); en el tercer ciclo se hace un lavado con un jabón ácido y agua a temperatura ambiente; por último, se hace un lavado con cloro y agua a temperatura ambiente que se realiza media hora antes del ordeño. Es importante mencionar que existen diferencias entre los ordeños de caprinos y bovinos: el ciclo de lavado de caprinos se le agregan un ciclo después del lavado alcalino. En las Figuras 3.5 y 3.6 se muestran las salas de ordeño de caprinos y de bovinos.

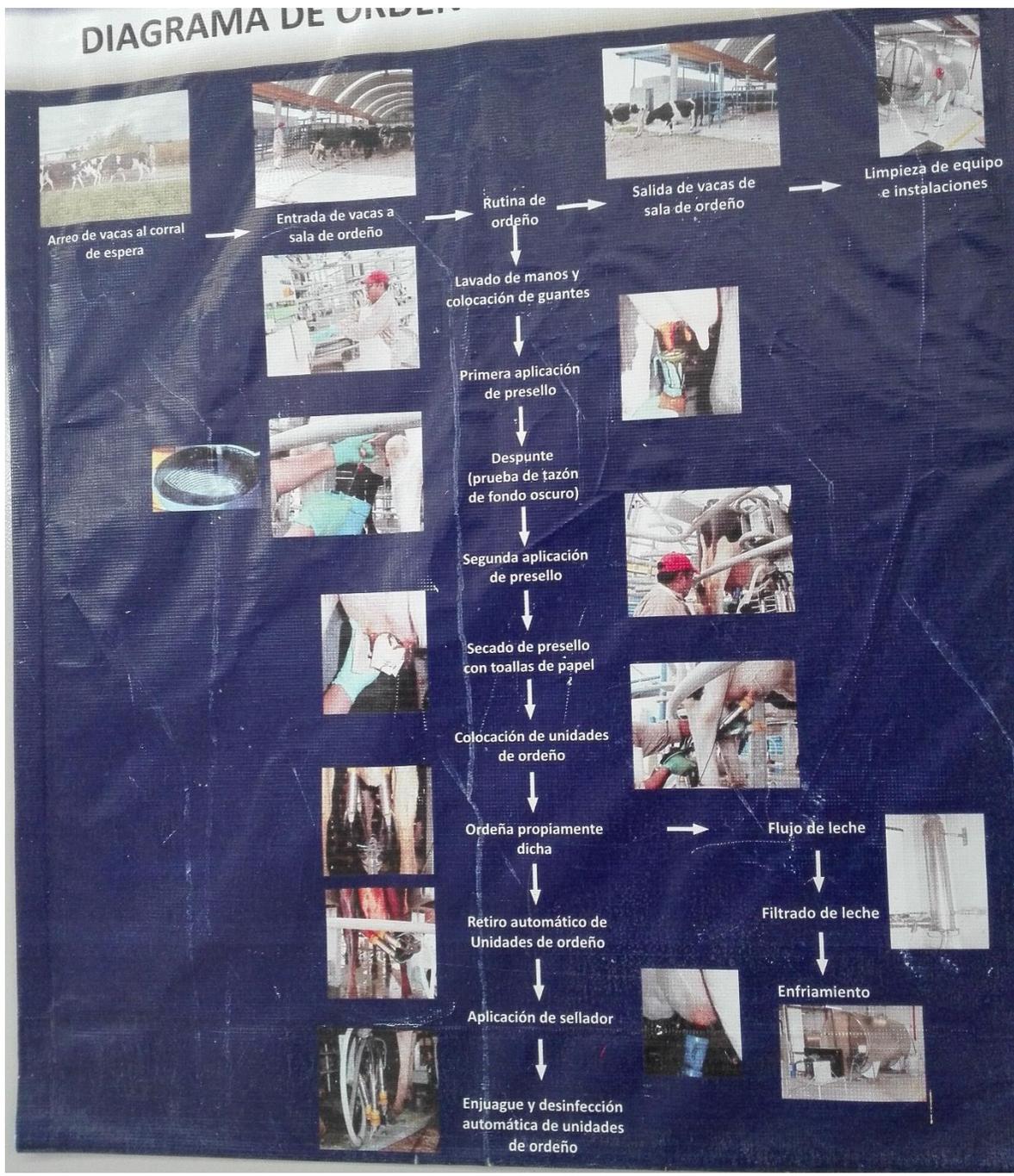


Figura 3.4. Diagrama de ordeño de bovinos



Fuente: CEIEPAA, FMVZ

Figura 3.5. Sala de ordeño de bovinos



Figura 3.6. Sala de ordeño de caprinos

Los tanques de almacenamiento de leche sólo son de bovino. Se realiza una limpieza diaria, la cual consiste en de 4 ciclos, igual a las tuberías de bovinos.

El lavado de las instalaciones de la sala de lacticios se considera también agua gris pues contiene detergentes diluidos en agua. Esta agua se diferencia de las demás porque sus volúmenes de agua son menores.

El cálculo del volumen de agua se realizó midiendo el gasto de las mangueras que utilizan multiplicándolo por el tiempo que demoran en la limpieza. En la Tabla 3.1 se muestran los volúmenes generados de aguas grises en bovinos, caprinos y la sala de lacticios. En la Tabla 3.2 se muestra la composición de las aguas grises.

Tabla 3.1 Volumen de aguas grises generadas en el Módulo de Ordeño

Aguas grises (litros por día)			
Bovinos	Caprinos	Sala de lacticios	Total
3280	718	1902	5899

Tabla 3.2. Composición de las aguas grises.

Parámetros	Productos lácteos
pH	9
Conductividad (mS/cm)	1
DBO5 (mg/l)	3000
DQO (mg/l)	6000
Sólidos en suspensión	1600
Materia sedimentable (ml/l)	0
Cloruros (mg/l)	97
Nitratos (mg/l)	92
Nitritos (mg/l)	0
Amonio (mg/l)	10
N Kjeldhal (mg/l)	100
P hidrolizable	8
P total	8
Aceites y grasas (mg/l)	130

Detergentes (mg/l)	11
--------------------	----

Fuente: Escuela Organización Industrial, 2008

*En el volumen de la sala de lacticios se contempla únicamente el día que producen queso de vaca, además no se contempla la producción de queso de cabra pues no se utiliza todas las instalaciones de la sala y por ende la generación de aguas jabonosas es despreciable.

3.1.2. Aguas negras

Las aguas negras son aquellas que contienen excretas y son resultado del lavado del corral arreador de bovinos y caprinos. Para el lavado no se utiliza ningún detergente, por lo que se lleva a cabo con pura agua a presión.

El cálculo del volumen de agua se realizó midiendo el gasto de las mangueras que utilizan multiplicándolo por el tiempo que demoran en la limpieza. Los volúmenes generados de aguas negras para bovinos y caprinos se muestra en la Tabla 3.3. En la Tabla 3.4 se muestra la composición de las aguas negras tanto de bovinos como de caprinos.

Tabla 3.3. Volumen de aguas negras generadas en el Módulo de ordeño.

Aguas con materia orgánica (litros por día)		
Bovinos	Caprinos	Total
6085	889	6974

Tabla 3.4. Composición de excretas de bovinos.

Parámetros	Bovinos	Caprinos
% Humedad	68-85	-
% Carbono (seco)	-	21.8-28
% Nitrógeno (seco)	0.24-2.3	1.65-2.45
Relación C:N	-	11.19-13.2

% Fósforo total	0.09-.25	0.11-0.39
% Potasio total	0.13-0.92	1.39-1.80
% Calcio		1.7-2.53
% Magnesio	-	0-1.22

Fuente: Albin, R.C, 1971 y Lozano, N. 2012

3.1.3. Lactosuero

El lactosuero proviene únicamente de la sala de lacticinios. Como se mencionó anteriormente, la leche de bovinos se vende 6 días por semana y la producción de un día se destina a la producción de lácteos, es decir 1100 litros. Aproximadamente el 90% de la leche utilizada para la fabricación de quesos es lactosuero. El volumen de lactosuero producido en el Módulo de Ordeño se calculó con el 90% de la leche añadiendo un volumen debido a la producción de requesón teniendo como resultado 1017 litros de lactosuero por día y por semana. En la Tabla 3.5 se muestra el volumen de lactosuero generado. En la tabla 3.6 se muestra la composición del lactosuero de bovinos y de caprinos.

Tabla 3.5. Volumen de Lactosuero en el Módulo de Ordeño.

Lactosuero (litros por día)
1017

Tabla 3.6. Composición del lactosuero de bovinos

Constituyentes	Bovinos (g/l)	Caprinos
Agua/Humedad	-	93.90%
STT/ SST	63-70	6.09%
Lactosa	46-52	3.39%
Proteína	6-10	1.3%
Grasa	0-5	1.22%
Calcio	0.4-0.6	-
Ácido láctico/Acidez		11%

Cloruros	2-2.2	0.07%
Fósforo	0.4-0.7	-
Potasio	1.4-1.6	-
Valor de Ph	-	6.12
Cenizas	-	0.57%
Densidad	-	1.031 g/ml

Fuente: Callejas 2012 y Bulgheroni, E & Landaeta, Y. 2017.

El lactosuero se almacena en un tanque de una capacidad de 3000 litros, este tanque no se ha utilizado ya que se descarga directamente al alcantarillado.

3.1.4. Aguas pluviales

El agua pluvial proviene de los techos del módulo de ordeño, sólo llueve 4 meses de manera significativa. Las características de las aguas pluviales dependen de la contaminación del aire, si existe gran contaminación atmosférica en la zona se verá reflejada en la calidad del agua de lluvia. La zona en la que se encuentra el centro se considera que no existe una fuerte contaminación atmosférica por lo que la calidad del agua de lluvia se considera buena. Su precipitación promedio anual es 514 mm (Climate-Data,2017) y cuenta con un área de captación de lluvia de 1410m² aproximadamente, en la Figura 3.7 se muestra el área de captación. Anualmente se tiene un volumen aproximado de 579,792 litros.



Figura 3.7. Área de captación de lluvia

3.1.5. Residuos orgánicos

Se tienen desechos de avena, alfalfa, maíz y sorgo. Los desechos de los cultivos están por pacas, cada paca pesa aproximadamente 25 kg, se desechan aproximadamente 4192 pacas (CEIEPAA, 2013) lo que nos da 104,800 kg de desechos de los cultivos.

3.2. Identificación de la problemática existente

El principal problema que se observa es el desalojo indebido de las aguas residuales del Módulo de Ordeño. Se observa que las descargas son puntuales y dependiendo la hora del día varía su calidad.

Sólo existen tres redes de alcantarillado en el Módulo de Ordeño lo que genera que se unan dos o más tipos de agua. Existen planos de las instalaciones sanitarias del Módulo de Ordeño y hay diferencias notables con lo visto en campo, por ejemplo, el cambio de rutas y la inexistencia de registros. En los tramos donde hay diferencias

entre el plano y la construcción, se observó que en los registros la entrada está debajo de la salida e incluso se considera que existen pendientes negativas. Los diámetros de las tuberías no son apropiados pues se tapan en la zona donde hay excretas. En la Figura 3.8 se muestran fotos de cómo se ven los registros y el canal triangular con el agua estancada.



Figura 3.8. Registros y canal con agua residual estancada

El uso desmedido del agua al lavar las instalaciones genera instalaciones más grandes y que muchos procesos unitarios no sean tan eficientes debido a la dilución de los contaminantes. La dilución también es provocada por las aguas pluviales

pues debería separarse de las aguas residuales y aprovecharse o mínimo descargar por separado.

Existe un área considerable para la captación de lluvia que podría utilizarse para beber, el riego o lavado de instalaciones, esto implicaría hacer un análisis para conocer si es redituable el aprovechamiento ya que sólo 4 meses llueve.

Se pretende que en el futuro se incremente la producción de leche de 1100 a 2500 litros aproximadamente y también la producción de productos lácteos-tanto en volumen como en frecuencia-, este incremento provocará que la cantidad de agua residual y el lactosuero aumente.

El lactosuero se puede utilizar para la fabricación de leches en polvo, como alimento de algún animal, etc. El problema que tiene el centro es que carece de infraestructura y equipos para poder darle un uso a su lactosuero, por esta razón es por la que el lactosuero va a dar al alcantarillado. Los directivos del centro comentan que pretenden vender el lactosuero, pero para descartar que vaya a dar al alcantarillado se requiere de un comprador que se esté seguro de que siempre lo va a comprar, como no se puede tener la certeza de que siempre se pueda vender, se debe de proporcionar infraestructura para darle un tratamiento al lactosuero. El lactosuero, tiene como inconveniente tener grasas emulsificadas, por esta razón se utiliza generalmente un tratamiento llamado flotación por aire disuelto (DAF) el cual consiste en tanques en los cuales se introduce aire en forma de burbujas finas por el fondo para ayudar a desemulsionar la grasa, la grasa formada en la superficie se suele empujar a una zona de remanso donde es barrido hacia una canaleta y a un contenedor para retirarla a vertedero. Este tratamiento tiene el inconveniente de que requieren energía y por ende el tratamiento se vuelve costoso.

3.3. Identificación de las preferencias del cliente en cuanto a sistemas de tratamiento y el reúso de los subproductos

CEIEPAA requiere de un tratamiento para sus aguas residuales de bajo costo en su implementación, sobre todo, de bajo costo en su operación. También requiere de infraestructura que no requiera de mucho mantenimiento ni de un operario, es decir que los procesos unitarios sean lo más automatizados posibles.

CEIEPAA, se inclina por un biodigestor para el tratamiento de sus excretas. No tiene una preferencia por el uso de sus subproductos, como lo son el agua y los lodos, pero les interesaría el reúso del agua y tener una buena disposición final de los lodos.

Para el agua pluvial, no contemplan alguna alternativa de uso pero preferirían que se separara debido al aumento de los caudales cuando hay lluvias ya que mencionan son lluvias de gran intensidad que en ocasiones producen más encharcamientos. En la Figura 3.9 se muestra la ubicación de la zona de encharcamiento y en la Figura 3.10 se muestran fotos de la zona.

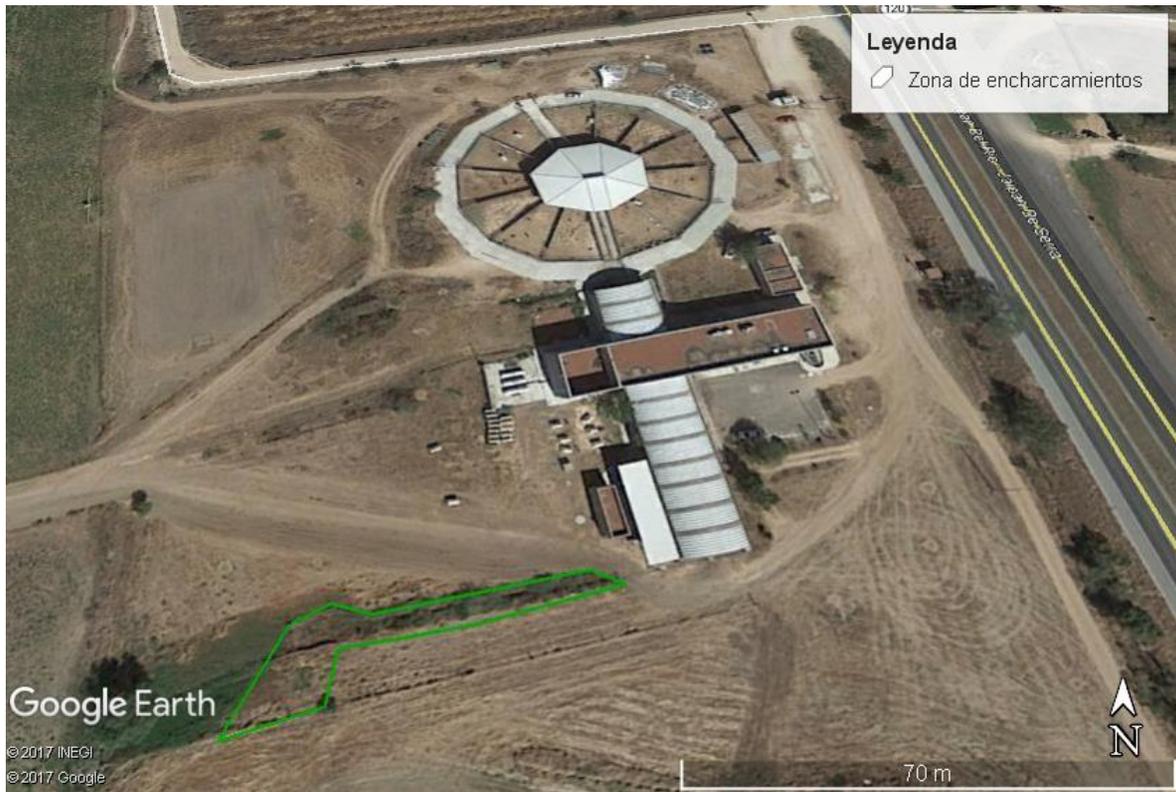


Figura 3.9. Zona de encharcamientos



Figura 3.10. Foto de zona de encharcamientos

3.4. Levantamiento de la infraestructura actual de manejo de residuos líquidos en el CEIEPAA, Tequisquiapan, Querétaro

A continuación, se describen las tres redes de alcantarillado con las que cuenta el Módulo de Ordeño.

Una red conecta la sala de ordeño de caprinos y su corral arreador. Toda la red está hecha de tubería de PVC sanitaria cédula 40, de 150 mm de diámetro excepto un tramo que es un canal triangular que está hecho de concreto y tiene un ancho de 30-40 cm. En la Figura 3.11 y 3.12 se muestra el plano de la red de alcantarillado de caprinos y una foto de la situación actual de una sección del alcantarillado respectivamente.

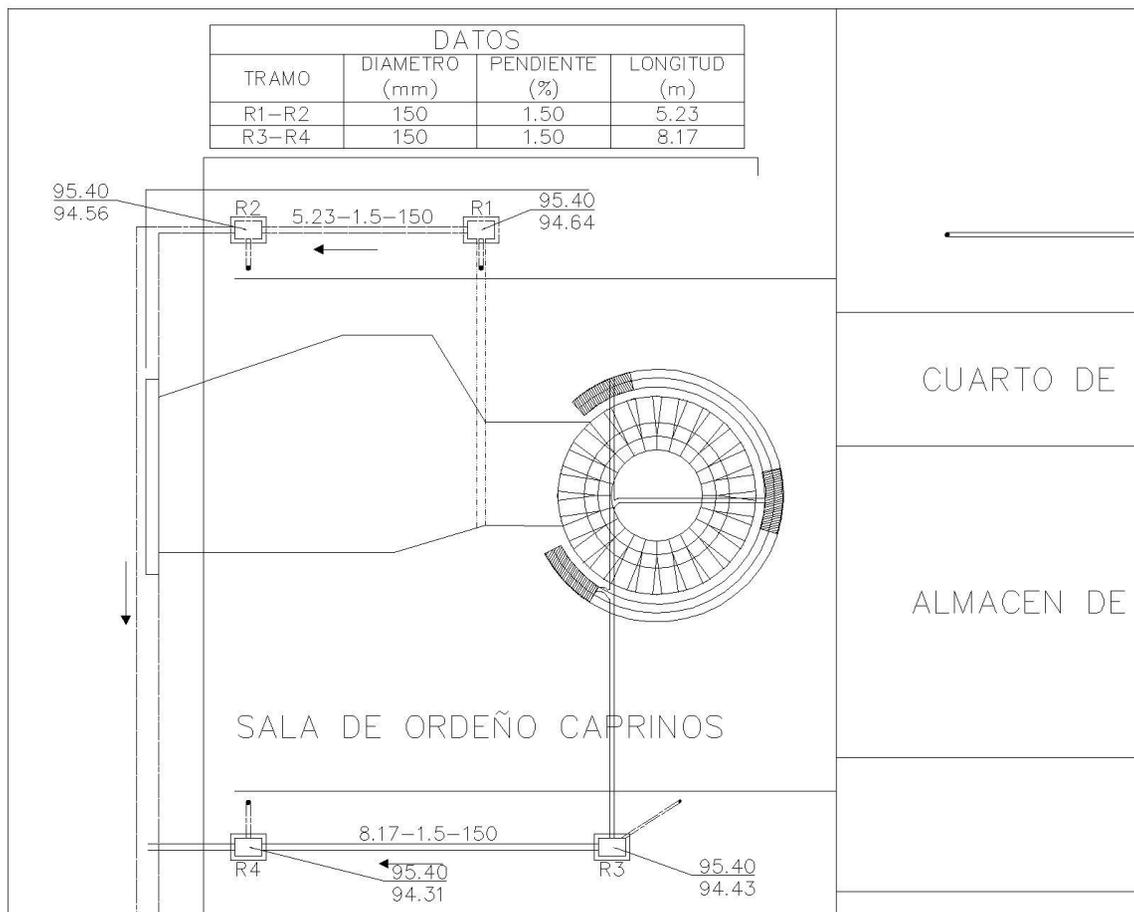


Figura 3.11. Plano de red de alcantarillado de caprinos.



Figura 3.12. Foto una sección de la red de alcantarillado de caprinos

La segunda red conecta la sala de ordeño y corral arreador de bovinos, la sala de almacenamiento y la sala de lactinios. La red está hecha de tubería de PVC sanitaria cédula 40 de 200 mm de diámetro y tiene un tramo, en la sección del corral arreador, que es un canal rectangular con rejilla de 40- 50 cm de ancho. La Figura 3.13 muestra el plano de la red de alcantarillado de bovinos, en la Figura 3.14, se muestran algunos registros de la red.

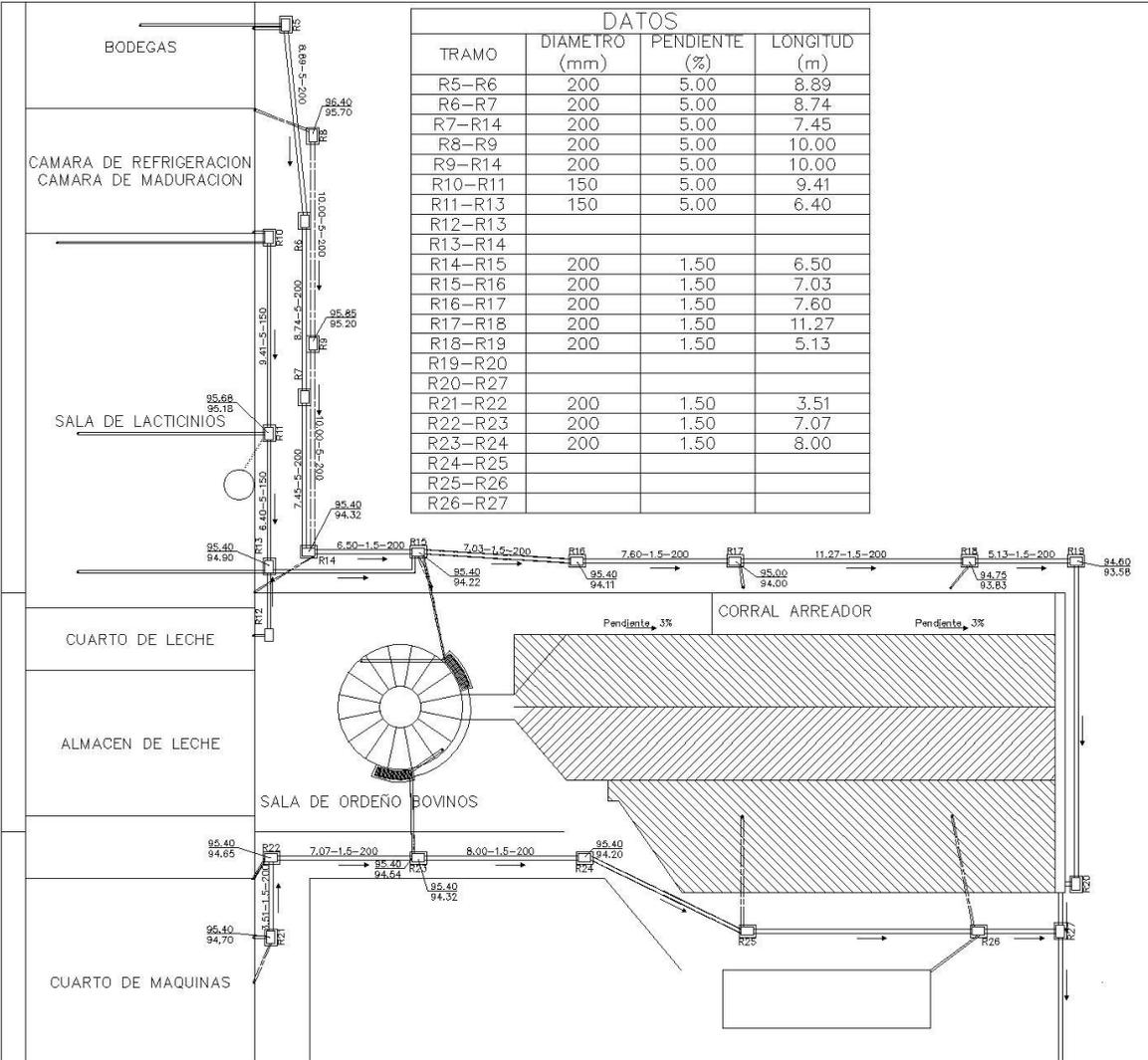


Figura 3.13. Plano de red de alcantarillado de bovinos



Figura 3.14. Registros de la red de alcantarillado de bovinos

La tercera red conecta los cuatro baños únicamente, esta red utiliza tuberías de PVC sanitaria cédula 40 de 38 mm para las derivaciones, 50 mm para las bajadas y 100 mm para su distribuidor; el distribuidor lleva los residuos líquidos a un registro con rejilla devastadora, luego a una fosa séptica prefabricada con una capacidad de 50 personas y 3000 litros diarios, por último, pasa por tanque dosificador de cloro y un filtro de gravas y arenas llegando a un pozo de absorción de 1.8 m de diámetro por 5.5 m de profundidad. En la Figura 3.15 se muestra el plano de la red de alcantarillado de los baños.

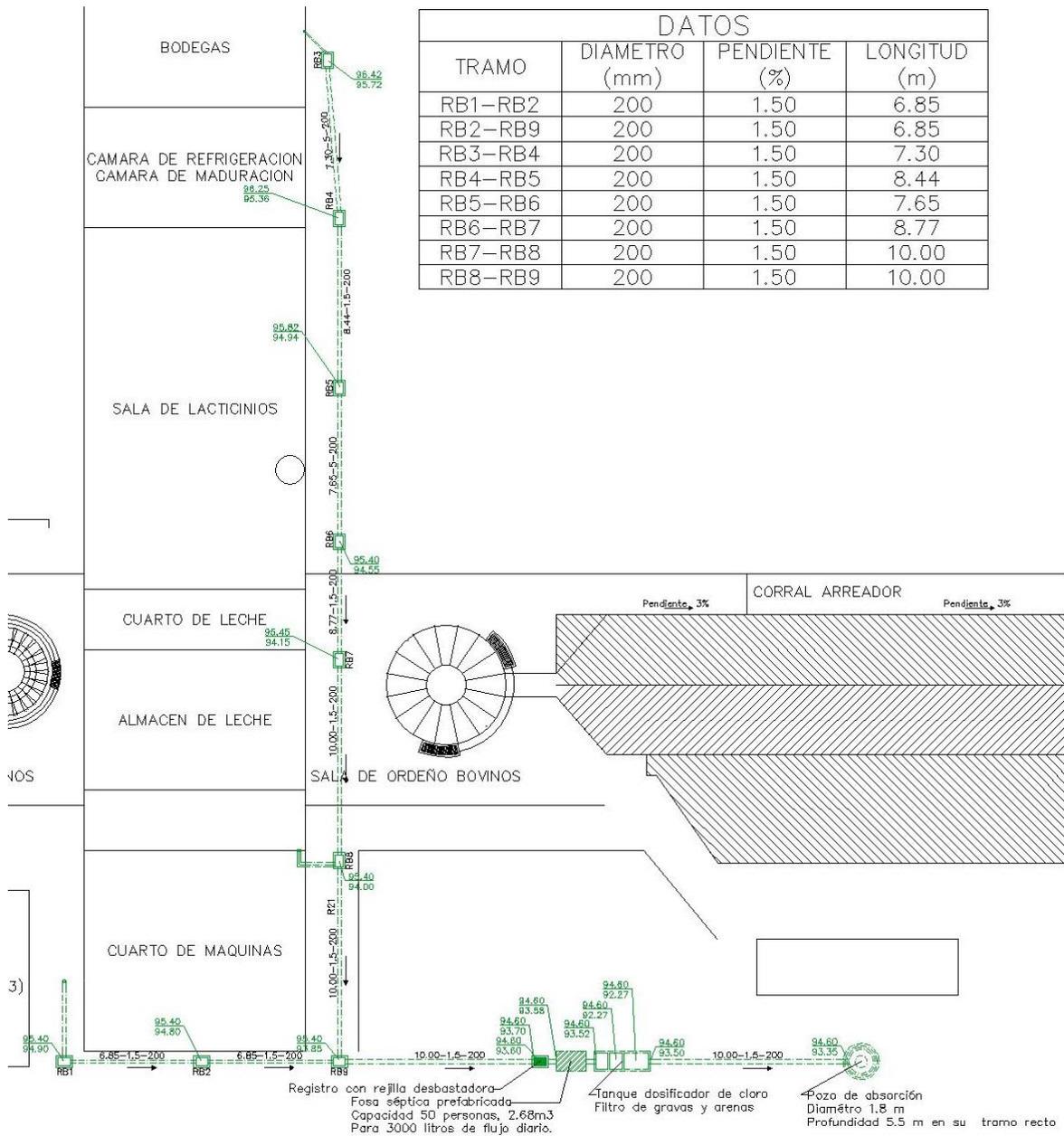


Figura 3.15. Plano de red de alcantarillado de los baños

3.5. Caracterización de los residuos líquidos producidos en el módulo de ordeño

Según las tablas 3.1, 3.2 y 3.3, aproximadamente al día se generan 3300 litros de aguas grises en las instalaciones de bovinos y 1900 litros en la sala de lactinios; al día también se generan 6100 litros de aguas negras en las instalaciones de

bovinos; además, se generan aproximadamente 1000 litros de lactosuero. En la Tabla 3.7 se muestra un resumen de los volúmenes generados de agua residual por día.

Tabla 3.7. Tabla resumen de volumen de aguas residuales generadas

Fuente	Vacas (l/d)	Cabras (l/d)	Sala de lacticios (l/d)	Total (l/d)
Aguas grises	3280	718	1902	5899
Aguas negras	6085	889		6974
Lactosuero (l/día)	1017			1017
Total de agua residual en el Módulo de Ordeño (litros)				13890
Agua pluvial (l/año)				438138

A continuación, se describen las características de cada una de las fuentes de aguas residuales.

3.5.1. Aguas grises

En la elaboración de quesos la parte más importante de volumen de aguas residuales procede de la limpieza de equipos y superficies. En este tipo de instalaciones, los vertidos procedentes de restos de leche, lactosuero y sales aumentan de forma considerable la carga contaminante del vertido final (fundamentalmente carga orgánica y conductividad) (Escuela Organización Industrial, 2008).

Como se mencionó anteriormente, la limpieza y desinfección de la tubería y tanque de almacenamiento de la sala de ordeño de vacas consta de cuatro ciclos de lavado, un enjuague con agua caliente, lavado con una solución alcalina, lavado con una solución ácida y previo al ordeño, la desinfección con (para caprinos), el detergente ácido DELLA EXTRA BRITE y el cloro SANICHLOR (para bovinos) y CLORIDEC

(para caprinos); en las tablas 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 se muestra el contenido de cada detergente y desinfectante.

Tabla 3.8. Contenido de detergente alcalino SANIBAC

Cada 100 g contiene:	
Carbonato de sodio	44 %
Sulfato de sodio	17 %
Metasilicato de sodio	3.5 %
Tensoactivos y secuestrantes de dureza	

Fuente: SANIBAC

Tabla 3.9. Contenido de detergente alcalino DELLA SUPER

Cada 100 g contiene:	
Hidróxido de sodio	10-20 %
Hipoclorito de sodio	0-10 %

Fuente: DeLaval

Tabla 3.10. Contenido de detergente ácido DELLA EXTRA BRITE

Cada 100 ml contiene:	
Ácido fosfórico	30 %
Excipiente c.p.b	100 %

Fuente: DeLaval

Tabla 3.11. Contenido de desinfectante SANICHLOR

Cada 100 g contiene:	
Hipoclorito de sodio	10 %
Hidróxido de sodio	1.5 %
Excipiente c.p.b	100 %

Fuente: NUPLEN

Tabla 3.12. Contenido de desinfectante CLORIDEC

Cada 100 g contiene:	
Hipoclorito de sodio	13 g

Tensoactivos	5 g
Excipiente c.p.b	82 g

Fuente: VICHEM

En la tabla 3.13 y 3.14 se muestra el programa de limpieza de la sala de ordeño de bovinos y de caprinos respectivamente.

Tabla 3.13. Programa de Lavado de Bovinos

Ciclo	Agua utilizada x ciclo	Cantidad de producto	Duración del ciclo
Enjuague (agua tibia 25-43°)	240 litros		
Lavado alcalino (agua a 70°)	240 litros	900 ml	10 minutos
Enjuague ácido (agua tibia o fría)	240 litros	600 ml	5 minutos
Desinfección (agua tibia o fría)	240 litros	500 ml	5 minutos

Fuente: Westfalia Surge

Tabla 3.14. Programa de Lavado de Caprinos

Ciclo	Agua utilizada x ciclo	Cantidad de producto	Duración del ciclo
Enjuague (agua tibia 36-40°)	100 litros		5 minutos
Lavado alcalino (agua a 70-75°)	100 litros	700 ml	9 minutos
Enjuague (agua a temperatura ambiente)	100 litros		5 minutos
Enjuague ácido (agua tibia o fría)	100 litros	350 ml	5 minutos
Desinfección (agua tibia o fría)	100 litros	200 ml	5 minutos

Fuente: DeLaval

En general, los efluentes líquidos de una industria láctea presentan las siguientes características:

- Alto contenido en materia orgánica, debido a la presencia de componentes de la leche. La DQO media de las aguas residuales de una industria láctea se encuentra entre 1000-6000 mg DBO/L.
- Presencia de aceites y grasas, debido a la grasa de la leche y otros productos lácteos.
- Niveles elevados de nitrógeno y fósforo, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Variaciones importantes del pH, vertidos de soluciones ácidas y básicas. Principalmente procedentes de las operaciones de limpieza, pudiendo variar entre valores de pH 2-11.
- Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso).
- Variaciones de temperatura (considerando las aguas de refrigeración).

Las pérdidas de leche, que pueden llegar a ser del 0.5-2.5% de la cantidad de leche recibida o en los casos más desfavorables hasta del 3-4%, son una contribución importante a la carga contaminante del efluente final (CAR/PR,2002). En la tabla 3.15 se muestra la composición de las aguas residuales producto del lavado de instalaciones de la industria láctea.

Tabla 3.15. Composición de las aguas residuales producto del lavado de instalaciones de la industria láctea.

Parámetros	Productos lácteos
Ph	9
Conductividad (mS/cm)	1
DBO5 (mg/l)	3000
DQO (mg/l)	6000
Sólidos en suspensión	1600
Materia sedimentable (ml/l)	0
Cloruros (mg/l)	97

Nitratos (mg/l)	92
Nitritos (mg/l)	0
Amonio (mg/l)	10
N Kjeldhal (mg/l)	100
P hidrolizable	8
P total	8
Aceites y grasas (mg/l)	130
Detergentes (mg/l)	11

Fuente: Escuela Organización Industrial, 2008

En la Figura 3.16 se muestra la red de alcantarillado de las aguas grises.

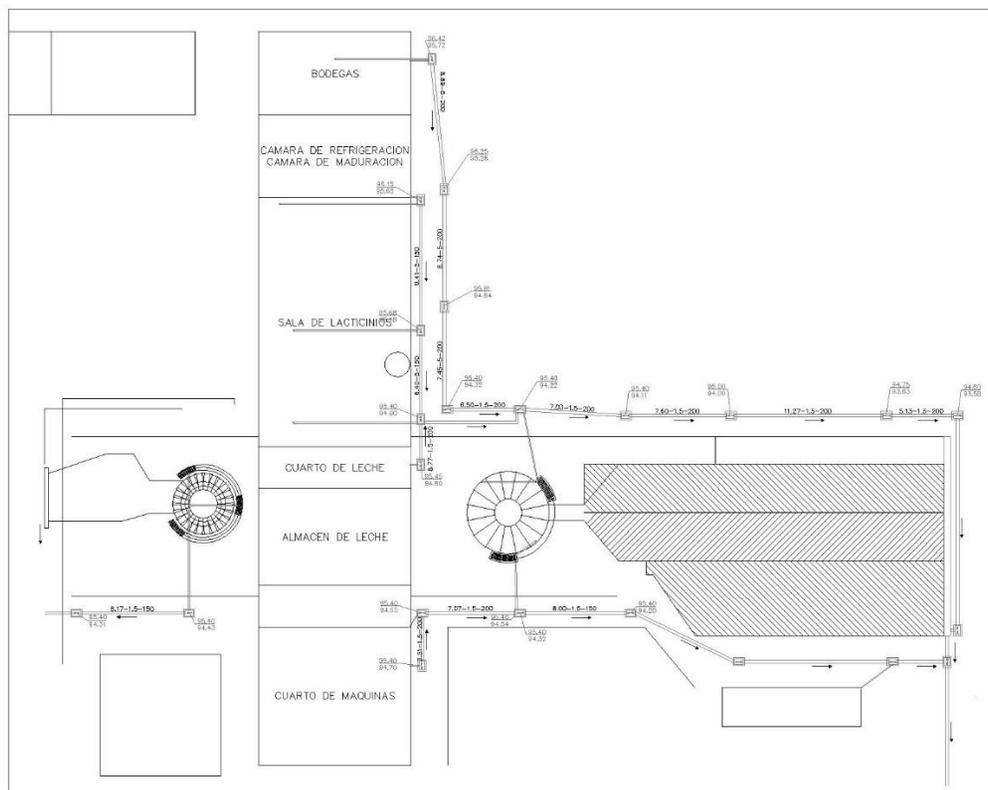


Figura 3.16. Plano de red de alcantarillado de aguas grises

Como se mencionó anteriormente, las aguas grises tienen contenidos de leche. La leche de vaca tiene grasas constituyen alrededor 3-4% del contenido sólido de la leche de vaca, las proteínas aproximadamente el 3.5% y la lactosa el 5 %, pero la composición química bruta de la leche de vaca varía según la raza. La leche de

cabra tiene una composición similar a la leche de vaca. En ambos tipos de leches el mayor contenido es agua (FAO, 2017)

3.5.2. Aguas negras

Se tienen 129 vacas productoras de leche, las cuales al día, aproximadamente producen 100kg de excretas, 50kg por cada ordeño, al día se utilizan 6085 litros de agua para el lavado del corral arreador, dando como resultado una concentración de 16,434 mg/l.

Al día una cabra produce 700 gramos de estiércol (SAGARPA) aproximadamente, en el 2016 CEIEPAA tuvo 87 partos en abril-mayo y 43 partos entre septiembre-octubre, se tomará en cuenta para el cálculo de excretas generadas el valor de 87, ya que debe contemplar el valor más grande. Con los anteriores datos, se calcula que se producen 60.9 kg de estiércol. Se utilizan 889 litros para el lavado del corral arreador de caprinos por lo que se tiene una concentración estimada de 68,504 mg/l. En la tabla 3.16 y 3.17 se muestra la composición de las excretas de bovinos y de caprinos respectivamente.

Tabla 3.16. Composición de excretas de bovinos.

Referencia	% Humedad	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Loehr	68	1	0.18	0.54
Taiganides y Hazan	68	0.9	0.09	0.44
Morris	Líquido	0.24-0.6	0.09-0.25	0.14-0.28
Baines	0	0.3-1.3	0.15-0.5	0.13-0.92
Benne et al	80	0.7	0.2	0.45
Hart	85	0.5		

Fuente: Albin, R.C, 1971

Tabla 3.17. Composición de excretas de caprinos.

	Alvasen Uganda (2007)	Iren et al Nigeria (2011)	Muli y Saha Kenya (2000)
--	--------------------------	------------------------------	-----------------------------

% Carbono (seco)	28.0	27.42	21.8
% Nitrógeno (seco)	2.3	2.45	1.65
Relación C:N	12.1	11.19	13.2
% Fósforo total	-	0.11	0.39
% Potasio total	-	1.39	1.80
% Calcio	-	1.7	2.53
% Magnesio	-	0.0	1.22

Fuente: Lozano, N. 2012

En la Figura 3.17 se muestra la red de alcantarillado de las aguas grises.

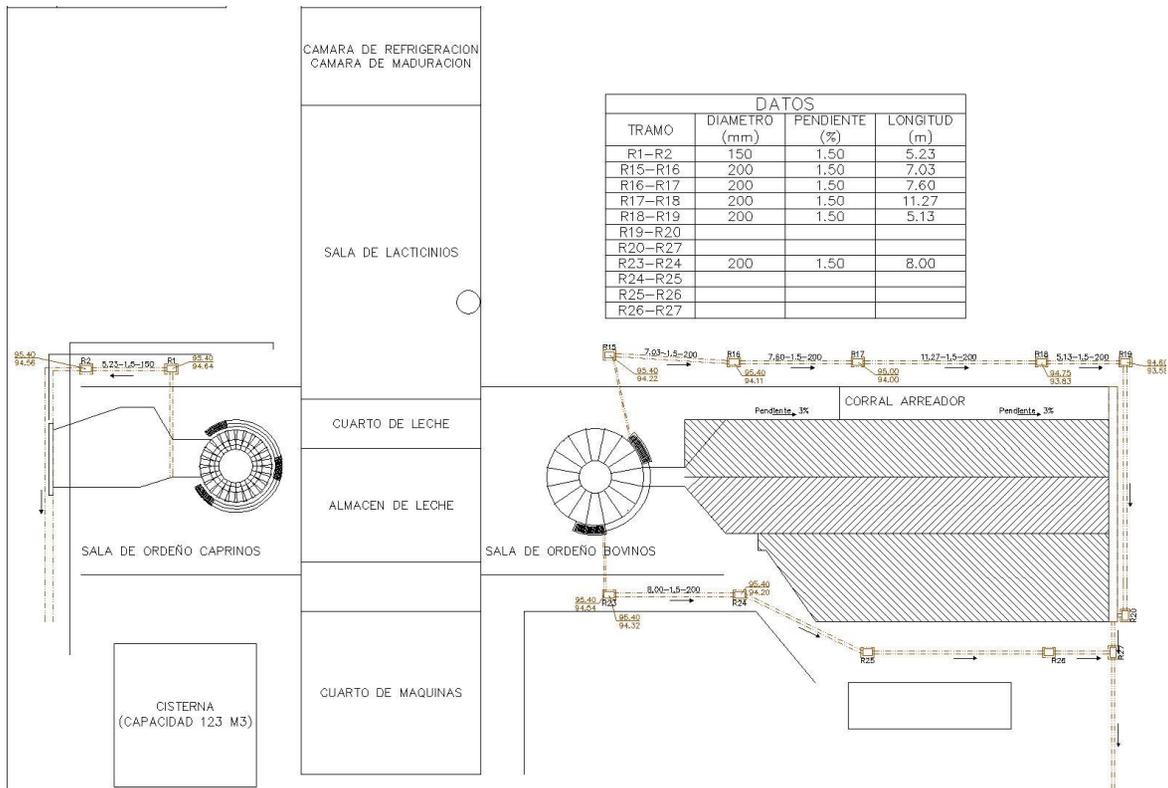


Figura 3.17. Plano de red de alcantarillado de aguas negras

3.5.3. Lactosuero

En la composición de la leche además de agua se encuentran grasas, proteínas (tanto en solución como en suspensión), azúcares y sales minerales. (Escuela Organización Industrial, 2008).

El lactosuero representa entre un 80 y un 90% del volumen total de la leche utilizada en la fabricación de queso, y contiene alrededor del 50% de los nutrientes iniciales de la misma. Generalmente tiene una alta carga orgánica y de conductividad eléctrica. (Escuela Organización Industrial, 2008).

El volumen de lactosuero tiene entre 40.000-80.000 mg O₂/l y de conductividad eléctrica alta. En la tabla 3.18 y 3.19 se muestra la composición del lactosuero de bovinos y de caprinos.

Tabla 3.18. Composición del lactosuero de bovinos

Constituyentes (g/l)	Suero dulce
Sólidos totales	63-70
Lactosa	46-52
Proteína	6-10
Grasa	0-5
Calcio	0.4-0.6
Fósforo	0.4-0.7
Cloruros	2-2.2
Potasio	1.4-1.6
Valor de Ph	6.45

Fuente: Callejas 2012

Se contempla un suero dulce ya que el cuajado se hace mediante el uso de enzimas.

Tabla 3.19. Composición del lactosuero de caprinos

Constituyentes	Suero
Humedad	93.90%
Sólidos totales	6.09%
Lactosa	3.39%
Proteína	1.3%
Grasa	1.22%
Cenizas	0.57%
Acidez	11%
Cloruros	0.07%
Densidad	1.031 g/ml
Valor de pH	6.12

Fuente: Bulgheroni, E & Landaeta, Y. 2017.

Se contempla la composición del lactosuero de caprinos porque a pesar de que no utilizan todas las instalaciones de la sala de lacticinios, se genera un volumen de lactosuero que se debe contemplar.

En la figura 3.18 se muestra la red del lactosuero

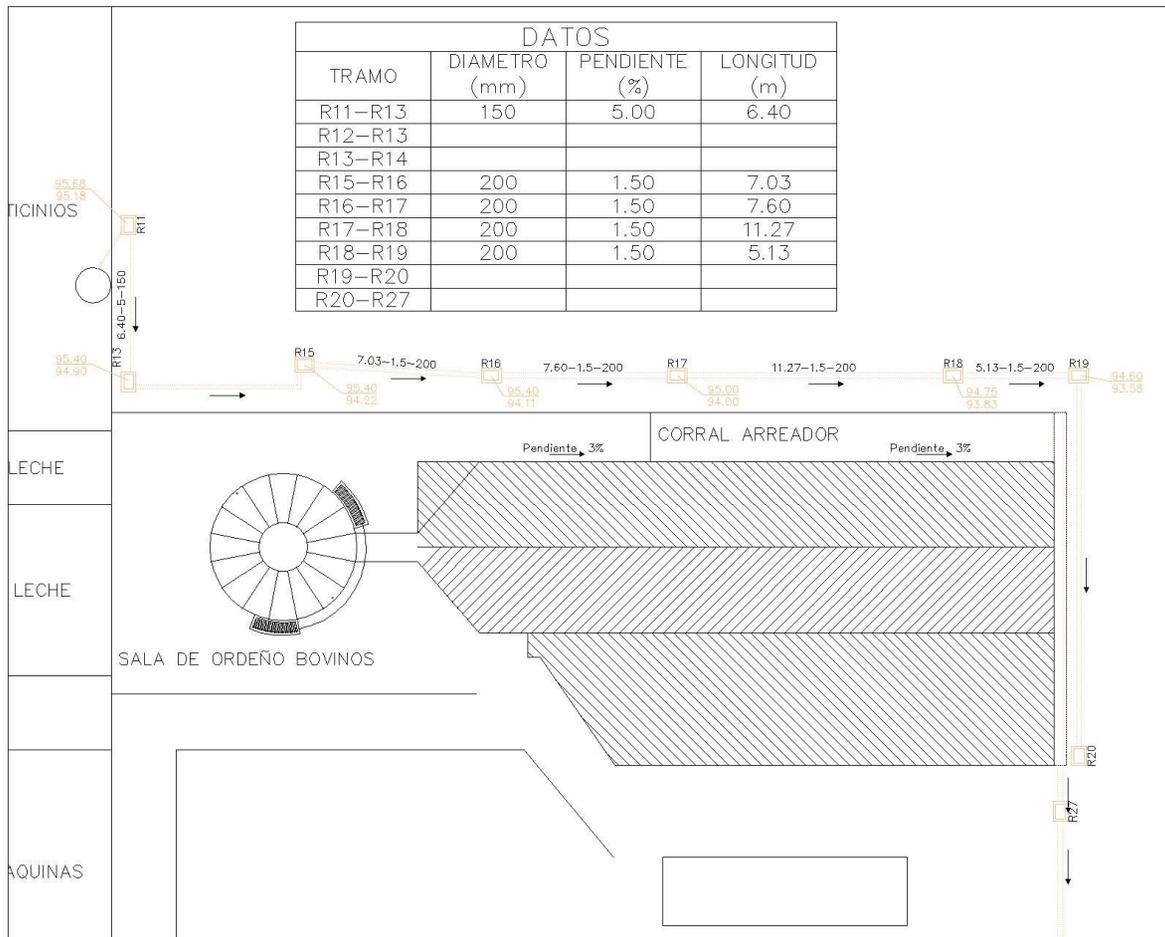


Figura 3.18. Plano de red de lactosuero

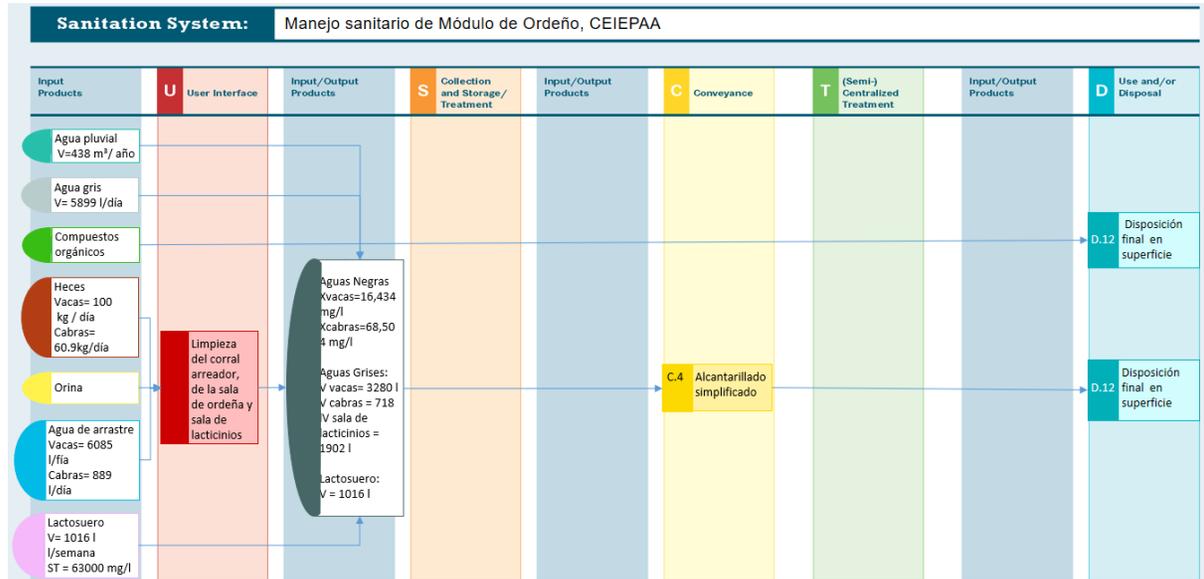
3.5.4. Residuos orgánicos

En CEIEPAA se desechan aproximadamente 104,800 kg de desechos de los cultivos lo que equivaldría a 466 m³. Aproximadamente la relación Carbono-Nitrógeno de los desechos oscila entre los 60-100:1 (Dalzell, y otros, 1991; Labrador, 1997; Martinez-Cerdas, 1996; Mazzarino y otros, 2002)

Una vez entendido el estado actual, problemática y preferencias del cliente se procederá a describir las propuestas de modificación al esquema.

3.6. Propuestas de modificación al esquema de manejo existente

En la Figura 3.19 se muestra la situación actual del manejo de las aguas residuales en el Módulo de Ordeño de CEIEPAA. En la figura se muestran los volúmenes, las concentraciones, la infraestructura y la disposición final de sus residuos.



Fuente: Este sistema de saneamiento fue creado usando Eawag Sanitation Sistema Drawing Tool (Version 1)

Figura 3.19. Manejo sanitario de Módulo de Ordeño, CEIEPAA

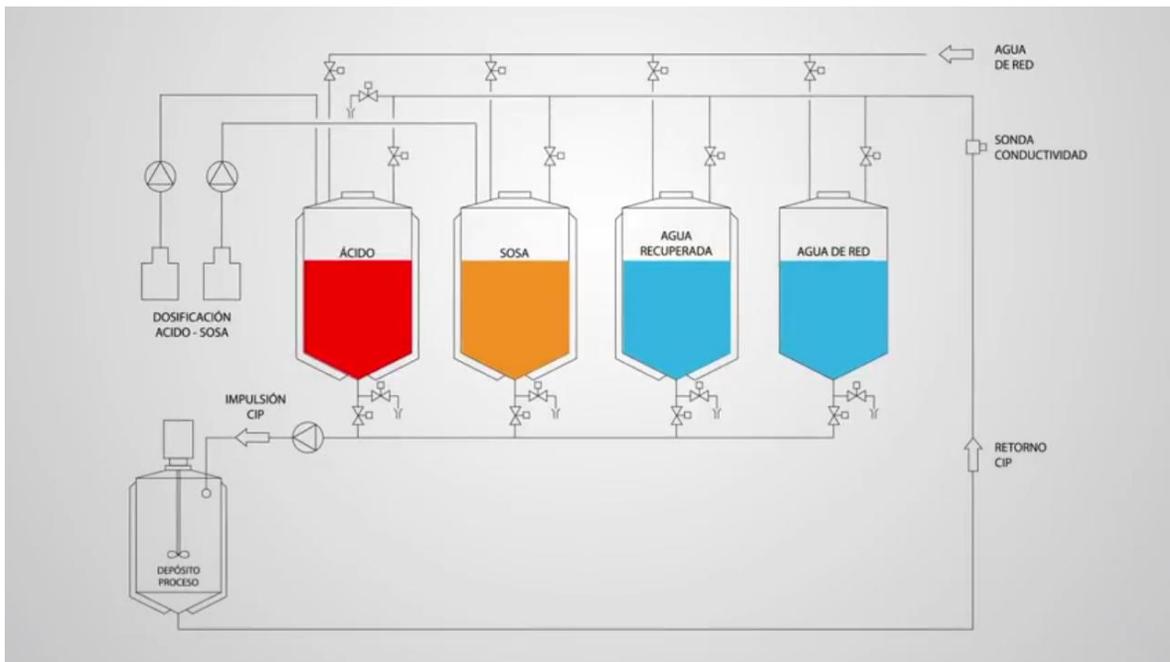
*En el apartado “Anexo” viene un glosario que contiene la descripción de los conceptos utilizados para la elaboración del Sistema de Saneamiento representado en la Figura 3.19.

Con lo anterior podemos notar que el Módulo de Ordeño tiene distintos tipos de aguas residuales que se mezclan en su alcantarillado lo que hace más difícil su tratamiento. Por esta razón, lo primero que se propone es la separación de las aguas residuales en aguas grises, aguas negras, lactosuero y aguas pluviales. A continuación, se muestran las propuestas de tratamiento y/o aprovechamiento de las aguas grises, aguas negras, lactosuero y aguas pluviales.

3.6.1. Aguas Grises

Las aguas grises, como ya se mencionó anteriormente, son las aguas residuales producto de los lavados de las salas de ordeño, los corrales arreadores y la sala de lactinios. Las aguas grises tienen una alta concentración de fosfatos, este es el contaminante que más interesa para el tratamiento ya que su eliminación se consigue normalmente mediante precipitación química, que resulta ser cara y causa el aumento del volumen de lodo.

El volumen aproximado de aguas residuales generadas en el Módulo de Ordeño es de 13890 litros, de los cuales el 42.5 % proviene de la limpieza y desinfección de la sala de ordeño. El 24.3 % de las aguas residuales provienen de la limpieza y desinfección de las tuberías y tanque de almacenamiento de leche. Al ser un volumen grande, se propone que se disminuya el agua utilizada con la implementación de un sistema Clean In Place (CIP), este se implementaría en el lavado de tuberías y tanque de almacenamiento de leche. En la Figura 3.19 se muestra un sistema CIP.



Fuente: SagaFluid

Figura 3.19. Sistema CIP

El sistema CIP cuenta con tanques de almacenamiento para solución alcalina, solución ácida, agua recuperada y agua potable, además, cuenta con un sistema de retorno y dosificación. El lavado utilizando un sistema CIP, inicia con un enjuague con agua recuperada la cual va a dar al alcantarillado, el agua recuperada es producto del enjuague de la solución alcalina; después se inyecta la solución alcalina la cual es retornada a su tanque de almacenamiento, posteriormente se enjuaga con agua potable la cual mediante el sistema de retorno se conduce al tanque de agua recuperada; después del enjuague se hace un lavado con la solución ácida que es retornada a su tanque y por último se enjuaga con agua potable, el agua de ese enjuague es vertida al alcantarillado. Antes de que inicie el ordeño, se vierte el desinfectante el cual después de su uso va a dar al alcantarillado.

Con la implementación de un sistema CIP, disminuirían 1640 litros/día de aguas residuales. La reducción más significativa al implementar un sistema CIP es la de los contaminantes, ya que actualmente hay una concentración alta de detergentes por el vertido de estos al alcantarillado, con esta implementación las concentraciones disminuirían y esto a su vez disminuiría los costos del tratamiento para este tipo de agua.

Con la implementación del CIP, se propone que exista un tanque de regularización para que se neutralicen el pH, una trampa de grasas y un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial.

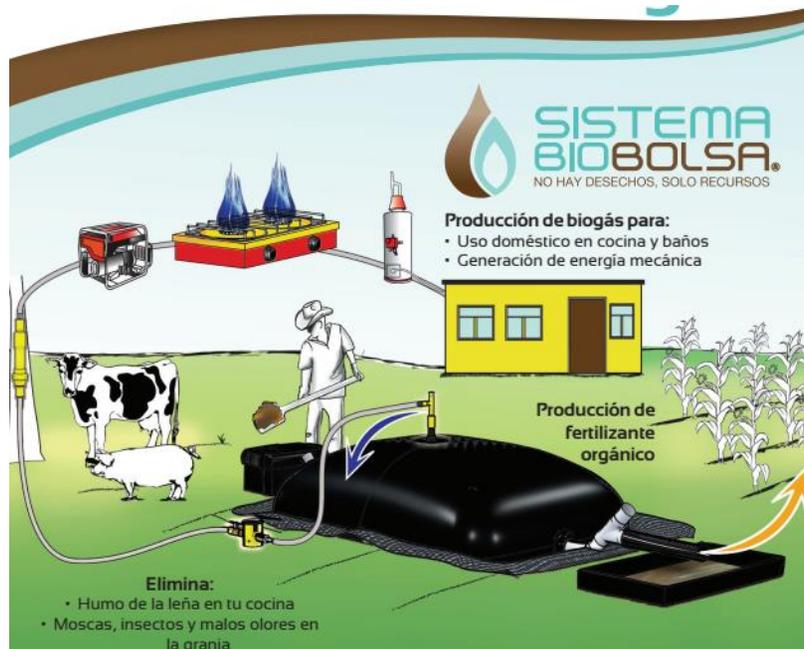
3.6.2. Aguas Negras

3.6.2.1. Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reuso en labores productivas.

La opción 1 consiste en una planta de Biogás flexible (sistema BIOBOLSA®). El sistema BIOBOLSA® está enfocado para pequeñas y medianas unidades de producción pecuaria por lo que resulta una buena opción.

El sistema BIOBOLSA®, está diseñado de forma modular de modo que, si aumentaran los residuos líquidos, sólo se necesitaría agregar módulos para amortiguar el aumento de la producción de aguas negras.

Dentro del Sistema BIOBOLSA® se lleva a cabo una digestión anaerobia, la cual tiene como subproductos el biol y el biogás. El biol se utiliza como un fertilizante para lo cual se necesita de un área disponible para su disposición y el biogás se utiliza como combustible. A continuación se muestra un esquema ilustrativo del Sistema BIOBOLSA®



Fuente: Sistema BIOBOLSA

Figura 3.20. Sistema BIOBOLSA®

3.6.2.2. Opción 2: DEWATS™

Las aplicaciones DEWATS™ (Sistemas de tratamiento descentralizado de aguas residuales) ofrecen tecnología de punta a precios asequibles, proporcionan tratamiento a fuentes domésticas e industriales y se basan en el principio de bajo mantenimiento.

Sin considerar las instalaciones para el pre-tratamiento químico necesario de las aguas residuales de las industrias, las aplicaciones DEWATS™ se basan en cuatro módulos básicos de tratamiento técnico que se combinan según la demanda:

- Tratamiento primario: sedimentación y flotación
- Tratamiento anaerobio secundario en reactores de lecho fijo: reactores con deflectores de flujo ascendente o filtros anaeróbicos
- Tratamiento aeróbico terciario en filtros de flujo sub-superficiales
- Tratamiento aeróbico terciario en lagunas de oxidación

Para el tratamiento se propone un sistema que lo compone una planta de Biogás, un reactor anaerobio con deflectores (ABR), un filtro anaerobio (AF) y un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. Con los lodos provenientes de la planta de biogás, el ABR y el AF se deshidratarán en un lecho de secado sin plantas. Después de la deshidratación, con los lodos se hará un co-composteo con los desechos orgánicos provenientes de su producción agrícola previo a la composta, los lodos El efluente del humedal se utilizará para irrigación y el compost se utilizará como fertilizante. En la Figura 3.21 se muestra el esquema DEWATS™ que se propone para el tratamiento de las aguas negras

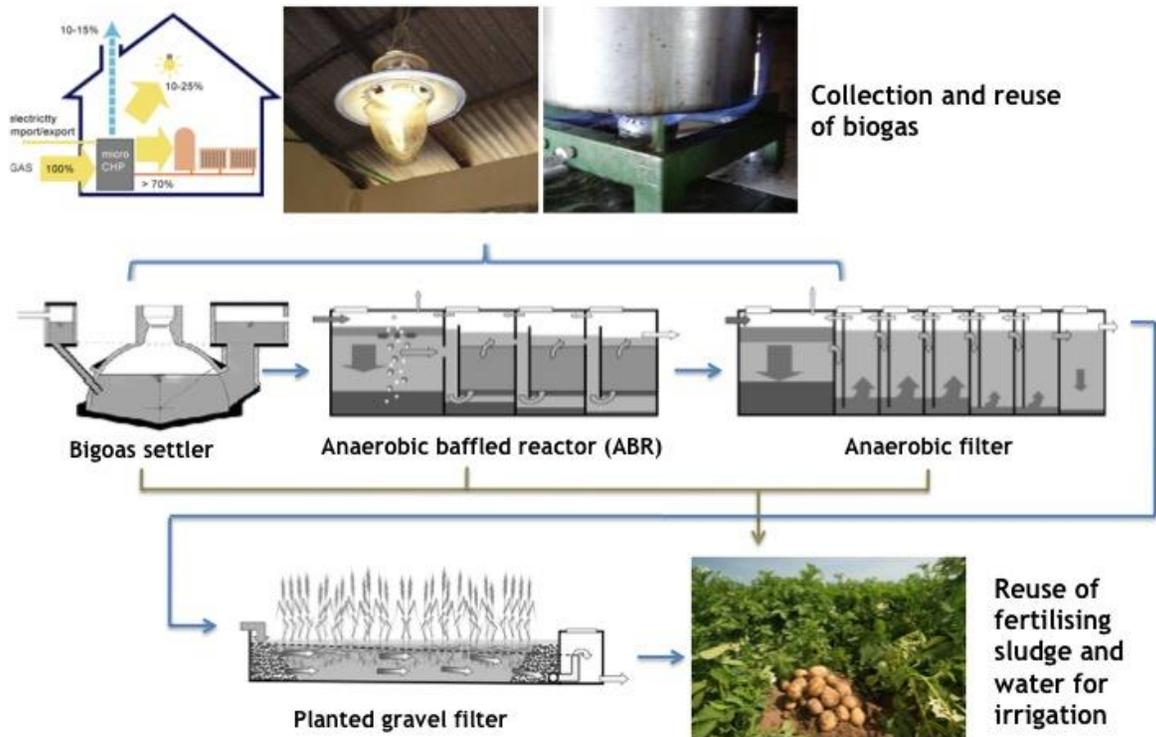


Figura 3.21. Esquema DEWATS™

3.6.3. Lactosuero

Como ya se mencionó anteriormente, el volumen de lactosuero que se genera en el Módulo de Ordeño a la semana son 1017 litros, es importante mencionar que ese volumen se descarga únicamente en un día de la semana siendo entonces una descarga puntual.

Un tratamiento para el lactosuero sería un reactor UASB, los reactores tienen como ventajas una alta remoción de DQO, baja producción de lodos y la generación de biogás que se puede utilizar como combustible. El inconveniente que tiene el lactosuero generado en el Módulo de Ordeño de CEIEPAA es su frecuencia, ya que sólo se vierte una vez a la semana por lo que no se puede implementar un reactor UASB ya que este requiere de una carga constante.

Existe la electrocoagulación, es un tratamiento que somete al líquido a una carga eléctrica, generando precipitados y materia flotante, aproximadamente, se tienen remociones del 98 % de sólidos suspendidos y 99 % de remoción de grasas cuando se somete el líquido 15 minutos a carga eléctrica. El inconveniente de este tratamiento es el costo de operación ya que requiere de energía eléctrica.

El lactosuero se puede utilizar para fabricar sustitutos, quesos untables, requesón, alimento para animales, etc. CEIEPAA para fabricar algún subproducto del lactosuero, requiere de infraestructura la cual por el momento no puede pagar.

Analizando los posibles tratamientos y aprovechamientos, se contempla como solución vender el lactosuero, lo que implicaría un ingreso para CEIEPAA sin generar gastos. Se tiene la ventaja de que Tequisquiapan es una ciudad con una industria láctea en desarrollo por lo que se ve como una posible ventaja para la búsqueda de un comprador.

3.6.4. Agua pluvial

Anualmente se generan 579,792 litros, la mayor parte de ese volumen es generado en 4 meses. Este volumen debe separarse para no sobredimensionar los sistemas de tratamiento o bien utilizarse para diluir alguno de los tipos de agua.

En la Figura 3.22 se muestra el área de captación, en total el área de captación de lluvia es 1410m². En la Tabla 3.20 se muestran la precipitación mensual y el volumen mensual de agua captada.



Figura 3.22. Área de captación de lluvia

Tabla 3.20. Precipitación mensual y volúmenes de agua captada

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	15	6	8	22	47	94	103	89	76	37	11	6	514
Volumen (m3)	16.9	6.8	9.0	24.8	53.0	106.0	116.2	100.4	85.7	41.7	12.4	6.8	579.8

Se propone que el agua de lluvia se almacene y se utilice para el lavado del corral arreador de vacas. CEIEPAA tiene ya infraestructura para implementar la captación de lluvia, ya cuenta con canaletas y las bajadas, sólo se tendría que separar las lluvias del alcantarillado y conducirlo a un tanque de almacenamiento, contemplando un sistema de primeras lluvias.

En la tabla 3.21 se muestra los volúmenes mensuales generados por las lluvias, los volúmenes mensuales necesarios para la limpieza del corral arreador, el balance neto y las aportaciones mensuales.

Tabla 3.21. Balance neto y aportación mensual.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Volumen captado (m3)	16.9	6.8	9.0	24.8	53.0	106.0	116.2	100.4	85.7	41.7	12.4	6.8	579.8
Volumen requerido (m3)	188.6	170.4	188.6	182.6	188.6	182.6	188.6	188.6	182.6	188.6	182.6	188.6	2221.0
Balance neto (m3)	-171.7	-163.6	-179.6	-157.7	-135.6	-76.5	-72.5	-88.2	-96.8	-146.9	-170.1	-181.9	-1641.2
Aporte	9%	4%	5%	14%	28%	58%	62%	53%	47%	22%	7%	4%	26%

Como se muestra en la tabla 3.21, al mes se ocupan aproximadamente 180 m³ para el lavado del corral arreador de vacas por lo que el agua captada no podría remplazar el consumo de agua potable pero si lo disminuye. Aproximadamente el agua captada aporta un 26% del consumo anual, teniendo aportaciones mensuales que van de 4 al 62% dependiendo de la temporada.

Para calcular el volumen de la cisterna, se elige el volumen más grande del balance neto, si observamos la tabla 3.21, no se tiene valores positivos debido a que no satisface el abastecimiento el agua captada. Por lo tanto, se opta por elegir un volumen de cisterna que pueda almacenar el agua requerida en un día, es decir, 6.085 m³. Para fines prácticos se propone una cisterna Rotoplas® de 10,000 litros, la cual costaría \$24,100. La cisterna Rotoplas® viene con una válvula esfera, un filtro jumbo, bomba centrífuga de ½ HP, Válvula de llenado, flotador, electronivel y una pichancha. En la figura 3.23 se muestra la cisterna Rotoplas® que se implementaría.



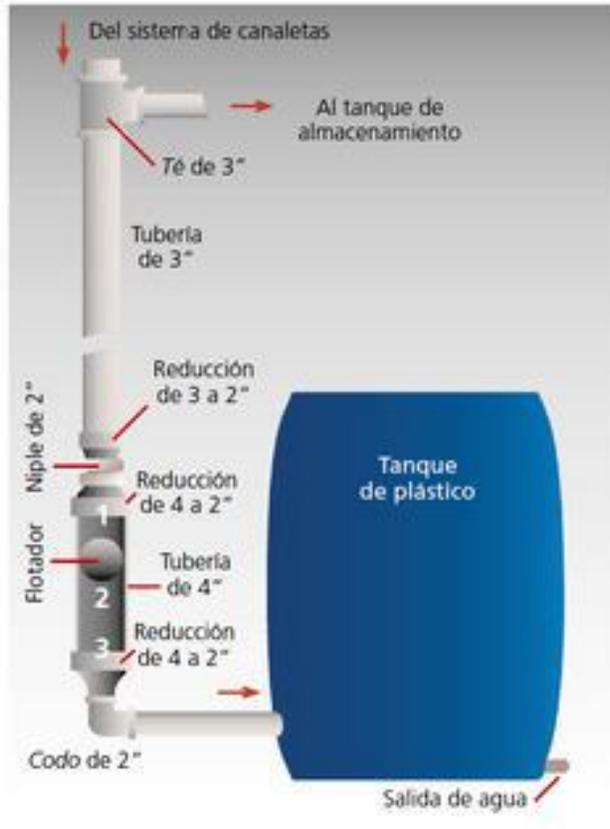
▶ **ALTO** **2.43 m**

▶ **DIÁMETRO** **2.38 m**

Fuente: Rotoplas®

Figura 3.23. Cisterna Rotoplas® de 10,000 litros.

El interceptor de primeras lluvias debe tener la capacidad de almacenar 1 litro por cada metro cuadrado, con lo cual tendríamos que tener un interceptor de lluvias de 1410 litros. El agua del interceptor de lluvias se descargaría en el terreno ya que no contiene ningún contaminante. Para fines prácticos, el interceptor de lluvias tendrá una capacidad de 1200 litros, lo cual costaría aproximadamente \$2200. En la Figura 3.24 se muestra un esquema del interceptor de primeras lluvias.



Fuente: Eco-mobilia

Figura 3.24. Interceptor de primeras lluvias

Implementar esta propuesta costaría \$26,300 aproximadamente.

3.6.5. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, se propone que se haga composteo en pilas de volteo. Cada pila se diseña con el volumen de desechos generado en una semana. El proceso de composteo durará 12 semanas por lo que se necesitaran 12 pilas más 4 pilas para los volteos. Terminado el proceso, se hace un cernido del compost, el material que no se haya degradado completamente se regresará a las pilas para continuar su proceso de degradación. El material a compostear no debe exceder los 10 cm de tamaño y en caso de que exceda, se debe hacer un corte para que cumpla con la medida, para así facilitar la degradación de los residuos.

Si se opta por la opción 2 en el tratamiento de las aguas negras, los lodos estabilizados extraídos del sistema DEWATS™ se recomienda que se haga un co-compostaje con los residuos orgánicos. Los residuos orgánicos proveen un soporte estructural, reducen el peso y aumentan la porosidad de la masa de lodo, con el fin de lograr una aeración adecuada. El co-composteo acelera la degradación del material orgánico del lodo y resulta en un mayor incremento de la temperatura, lo cual permite lograr la destrucción de los patógenos (Mijaylova, P).

3.7. Dimensionamiento de los componentes del tratamiento de aguas negras

3.7.1. Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reuso en labores productivas.

De acuerdo con la cantidad de animales y el volumen de aguas negras generados por las labores de lavado y siguiendo las recomendaciones de SASSE (1998) se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.22. Datos SASSE

Dd, material de alimentación	160.9 kg
Sd, material de alimentación y agua de arrastre	7102.72 l
RT, tiempo de retención	30 días
VD, volumen del digestor	213.08 m ³
T, temperatura	17.5 °C
Gd, producción específica de gas por día	14.5 l/kg
G, producción diaria de gas	2333.05 l/día
VG, volumen del contenedor de gas	2916.31 l/día

Con los anteriores resultados, se eligió el modelo BB200 para clima Templado. En la Tabla 3.23 se muestran las características del Sistema BIOBOLSA® modelo

BB200. En la Figura 3.25 se muestra Sistema BIOBOLSA® modelo BB200 y en la Figura 3.26 se muestran los componentes del sistema.

Tabla 3.23. Características del modelo BB200 del sistema BIOBOLSA®

Modelo	Estiércol (L/día)	Cabezas semi estabulado	Biogás producido				Biol producido	
			(m3/día)*	(hr/día)**	Equiv. En Gas LP (kg/mes)	motogenerador (kWh/día)	(ha/año)	(L/día)
BB200	1209	121	48.4	97	580	96.7	169	4836

*La producción de biogás es un estimado basado en uso estándar de un biodigestor en ese clima.

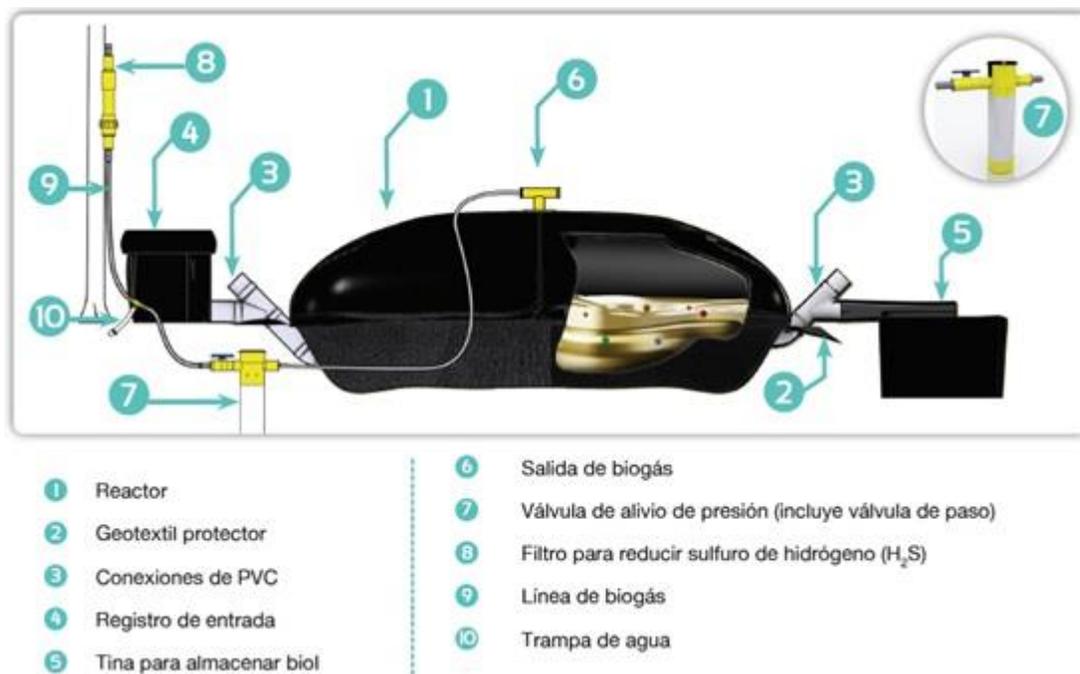
**La producción de biogás es variable dependiendo de las condiciones en las que opere el sistema.

Fuente: Sistema BIOBOLSA®



Figura 3.25. Sistema BIOBOLSA® modelo BB200

Fuente: Sistema BIOBOLSA®



Fuente: Sistema BIOBOLSA®

Figura 3.26. Componentes del Sistema BIOBOLSA®

CEIEPAA cuenta con 170 hectáreas asignadas para la producción en praderas y áreas de corte. Con estos resultados podemos concluir que todo el biol producido se tendría que aplicar en el total de los terrenos de la CEIEPAA, por medio de canales o riego en camiones tanque.

En la Tabla 3.24 se muestra las ventajas y desventajas del sistema BIOBOLSA®

Tabla 3.24. Ventajas y desventajas de sistema BIOBOLSA®

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Está diseñado para pequeñas y medianas granjas	No existe la extracción del lodo, lo que implica que la vida útil se reduce a 5 años
Al ser un sistema modular permite la expansión del sistema	No está diseñado para tiempos de retención grandes lo que impide una buena degradación de la materia orgánica.

Produce biogás que puede ser usado como combustible	Está diseñado para la producción de biogás y no para el tratamiento adecuado del agua
Produce biol que sirve como fertilizante	Es frágil, puede romperse con cualquier objeto punzocortante.
Fácil instalación y mantenimiento	
No requiere de un suministro de energía	

3.7.2. Opción 2: DEWATS™

En la Tabla 3.25 se muestra el dimensionamiento de los reactores propuestos

Tabla 3.25. Dimensionamiento de los reactores propuestos.

Reactor	Volumen (m ³) //Área (m ²)
Planta de Biogás	56 m ³
Reactor anaerobio con deflectores (ABR)	57.2 m ³
Filtro anaerobio (AF)	38.72 m ³
Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial	105.0 m ²

Se estima que la calidad final del efluente será 40mg/L de DBO₅, el volumen de biogás producido por la planta de biogás, el ABR y el AF será de 8.6m³/día y el volumen de lodos producidos por la planta de biogás, el ABR y el AF sea de 55 m³ al año. Es importante mencionar que se prevé que la remoción de lodos se haga cada año, para que se estabilicen los lodos.

En la tabla 3.26 se muestran las ventajas y desventajas de la implementación de DEWATS™

Tabla 3.26. Ventajas y desventajas del sistema DEWATS™

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo mantenimiento	Requiere de un tratamiento de lodos
No requiere de un suministro de energía	Requiere de personal capacitado para su diseño y construcción
Tolerante a fluctuaciones del afluente	
Los materiales utilizados para su construcción pueden ser conseguidos localmente	
Cumplimiento de normas de descarga	
Apto para aguas residuales industriales	
Infraestructura de larga duración	

Para el tratamiento de los lodos se propone un co-composteo de lodos usando como acondicionador los desechos de la producción agrícola. Para hacer un co-composteo con lodos, se necesita primero deshidratar los lodos, para esto se propone un lecho de secado sin plantas. A continuación, se muestran las dimensiones de los lechos de secado.

Tabla 3.27. Dimensiones del lecho de secado.

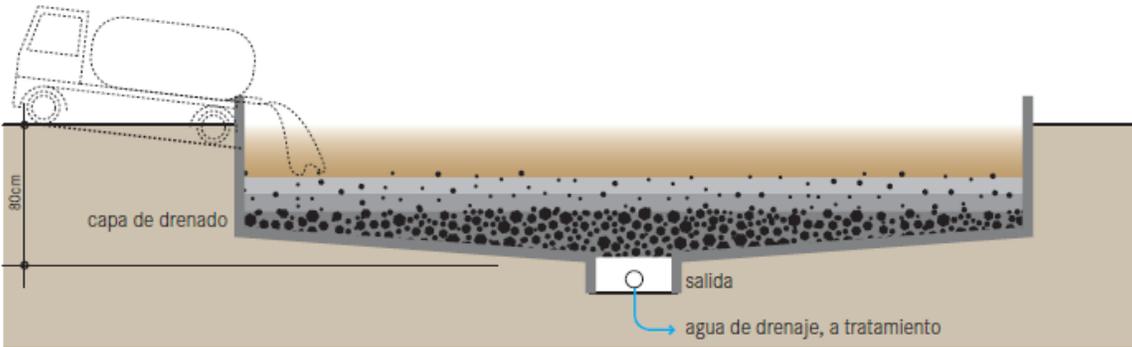
Volumen de lodos*	55 m ³
Número de lechos	4
Largo	11.5 m
Ancho	6 m
Área de lechos	276 m ²
Capa de lodos	20 cm
Capa de arena fina	30 cm
Capa de arena gruesa	7.5 cm
Capa de grava fina	7.5 cm
Capa de grava mediana	7.5 cm

Capa de grava gruesa	7.5 cm
----------------------	--------

*El valor corresponde al lodo extraído cada año

Los lodos se dejarán 15 días en lecho, teniendo como resultado un 60% de contenido de humedad. Se realizará la extracción de lodos deshidratados con un cargador frontal que vaciará en camiones. Los lixiviados se utilizarán para proporcionar humedad a las pilas de composteo.

A continuación, se muestra el arreglo de un lecho de secado.



Fuente: Eawag, 2014

Figura 3.27. Lecho de secado, vista en sección

Una vez deshidratados los lodos, se puede realizar el co-composteo.

3.7.3. Composteo

Los residuos orgánicos generados son aproximadamente 104,800 kg por año lo que da un volumen de 466 m³. Si se realiza un co-composteo se debe contemplar que en verano, se añadirán 55 m³ de lodos. En la tabla 3.28 se muestran los volúmenes de lodos y de residuos orgánicos generados por año, aproximadamente.

Tabla 3.28. Volúmenes generados por año de desechos de cultivo y de lodo

Material	Densidad	Volumen
Lodo	1040 kg/m ³	55 m ³
Desechos de cultivo	225 kg/m ³	466 m ³

Se propuso el composteo en pilas de volteo, a continuación, se muestra las dimensiones de las pilas.

Tabla 3.29. Dimensiones de las pilas de volteo.

Volumen	9 m ³ /semana
Altura de pila	1.5 m
Ancho de pila	1.5 m
Largo de pila	4.0 m
No. de pilas	16

Para el cálculo de las pilas se contemplaron las 12 semanas que durara el proceso de composteo, y 4 pilas más para los volteos. Sólo se diseñó para el volumen generado de desechos de cultivo, cuando se extraigan los lodos las dimensiones de las pilas serán iguales, lo que cambiara es la cantidad de residuos orgánicos que se tendrá en el composteo pues se realizará la mezcla de lodo y residuos orgánicos.

La planta de composta contempla el área que abarcaran las 16 pilas más los accesos tendiendo un área de 253 m². En la Figura 3.28 se muestran las dimensiones de la zona de composteo. En el dimensionamiento se contempla las 16 pilas más los accesos, una pendiente de 4% y una canaleta para la recolección de los lixiviados. Los lixiviados se reutilizarán en el composteo, para agregar humedad a las pilas.

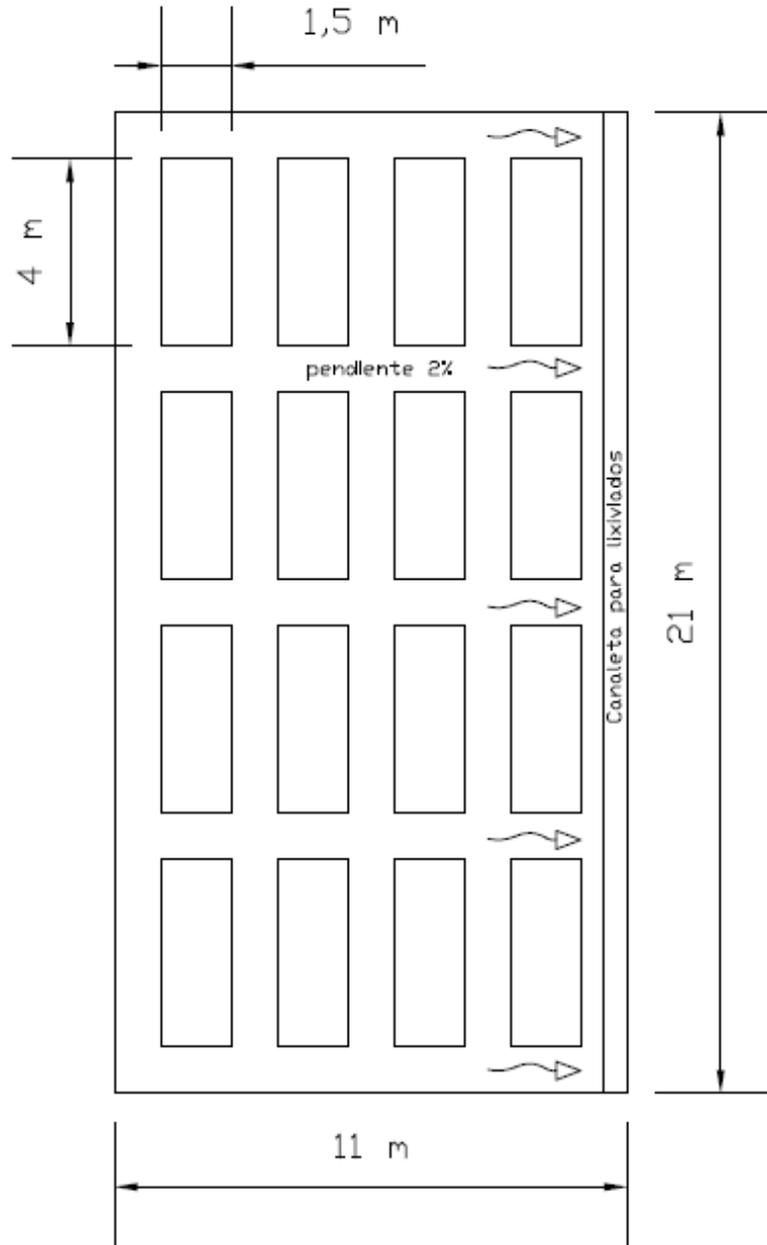


Figura 3.28 Dimensiones de la Planta de composta

3.8. Costos de implementación de las modificaciones propuestas

A continuación, se muestran los costos de las implementaciones de las propuestas anteriormente dadas de acuerdo con cada tipo de agua residual

3.8.1. Agua pluvial

Tabla 3.30. Costos de implementación del sistema de captación de lluvia

Sistema de captación de lluvia	
Cisterna Rotoplas	\$ 24,100.00
Interceptor de primeras lluvias	\$ 2,200.00
Total	\$ 26,300.00

3.8.2. Opción 1. PLANTA DE BIOGAS FLEXIBLE (SISTEMA BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas

Para los costos de la opción 1, se añade la planta de composta

Tabla 3.31. Costos de implementación de opción 1

Opción 1		
	Sistema BIOBOLSA®	Planta de composta
Preparación del terreno	\$ 16,226	\$ 8,316
Estructura	\$ 127,715	\$ 79,008
Subtotal	\$ 143,941	\$ 87,324
	Total	\$ 231,264

El costo de la estructura del sistema BIOBOLSA® contempla también el costo de la instalación.

3.8.3. Opción 2: DEWATS™

Para los costos de la opción 2 se añade la planta de composteo

Tabla 3.32. Costos de implementación de opción 2

Opción 2			
	DEWATS	lechos de secado	planta de composteo
Preparación del terreno	\$ 41,410	\$ 11,271	\$ 8,316
Estructuras	\$ 50,284	\$ 15,424	\$ 79,008
Subtotal	\$ 91,694	\$ 26,695	\$ 87,324
		Total	\$ 205,712

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En CEIEPAA se tienen 5 tipos de desechos: agua pluvial, aguas grises, aguas negras, lactosuero y residuos orgánicos. A continuación se muestran las dos propuestas de saneamiento.

Hay desechos que se tratan o se disponen de igual forma en ambos tipos de sistemas, estos son el lactosuero, las aguas grises, el agua pluvial y los residuos orgánicos.

Para la disposición del lactosuero se propone que se almacene en el tanque de almacenamiento con el que cuenta la sala de laticinios y se venda. Esta propuesta se debe a que la generación del lactosuero es una vez a la semana lo que complica el tratamiento ya que la mayoría requiere de una alimentación constante. Esta solución no implica ningún gasto para CEIEPAA, al contrario, generaría un ingreso que sería mayor en cuanto se aumente la producción de lactosuero.

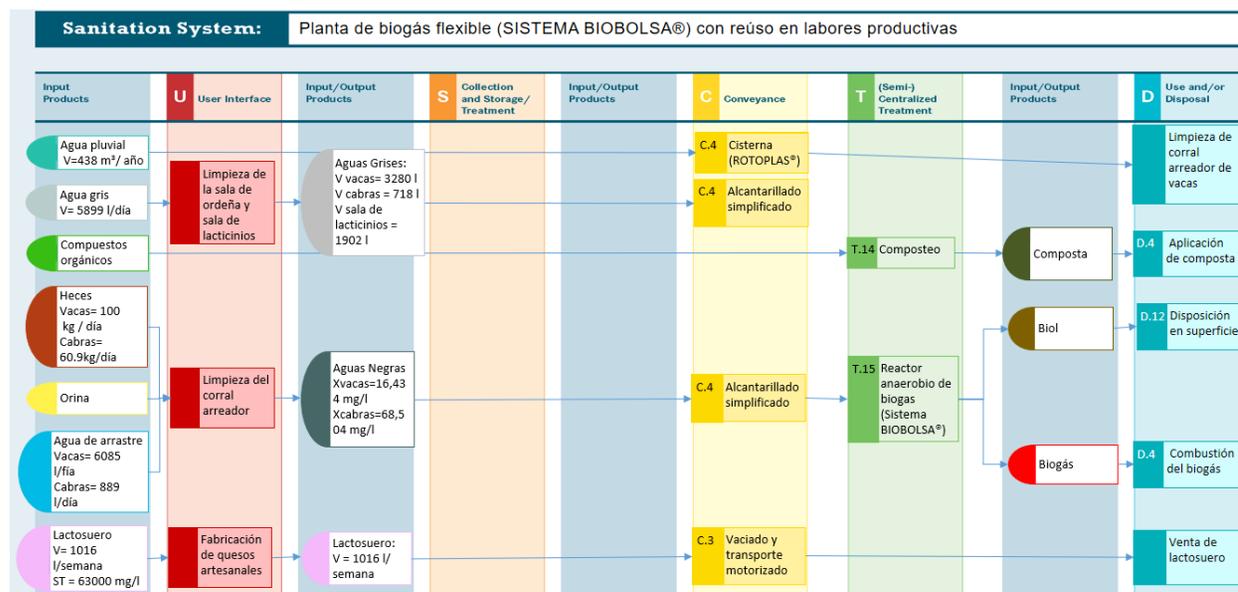
Para las aguas grises se propone que se disminuya el agua utilizada con la implementación de un sistema Clean In Place (CIP), este se implementaría en el lavado de tuberías y tanque de almacenamiento de leche. Con la implementación de un sistema CIP, disminuirían 1640 litros/día de aguas residuales y habría una reducción de contaminantes. Con la implementación del CIP, se propone que exista un tanque de regularización para que se neutralicen el pH, una trampa de grasas y un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial.

Para el tratamiento del agua pluvial, se contempló que se captará para que se utilice en la limpieza del corral arreador. No se propuso un tratamiento ya que la limpieza del corral arreador no requiere de agua potable para su limpieza y un tratamiento aumentaría el costo de la propuesta. El uso del agua pluvial sólo aportaría un 26% al consumo anual de agua, pero en los meses de lluvia aportaría hasta 62% del consumo mensual lo cual disminuiría los costos por extracción de agua. Para el

almacenaje del agua captada se propone que sea en una cisterna Rotoplas® de 10,000 litros, la cual costaría \$24,100. Además de la cisterna se añade un interceptor de primeras lluvias de 1200 litros el cual costaría aproximadamente \$2200. En total, implementar esta propuesta costaría alrededor de \$26,300.

Los residuos orgánicos generados son aproximadamente 104,800 kg por año lo que da un volumen de 466 m³. Se propone que se haga una planta de composta de 16 pilas de 4 m de largo por 1.5 m de ancho teniendo una altura de pila de 1.5 m, más los accesos, por lo que la planta de composteaje tendría de un área de 253 m². La planta de composta costaría aproximadamente \$87,324. Los beneficios que genera la planta de composta es la reducción de gases de efecto invernadero además de obtener el compost que se utiliza como un mejorador de suelos.

Para las aguas negras se tienen dos propuestas, el sistema BIOBOLSA® y el sistema DEWATS™. En la Figura 4.1 se muestra el primer sistema de saneamiento, el cual está conformado por el Sistema BIOBOLSA® para el tratamiento de las aguas negras, además del tratamiento y disposición de los demás residuos.



Fuente: Este sistema de saneamiento fue creado usando Eawag Sanitation Sistema Drawing Tool (Version 1)

Figura 4.1. Sistema de saneamiento: Planta de biogás flexible (Sistema BIOBOLSA®) con reúso en labores productivas

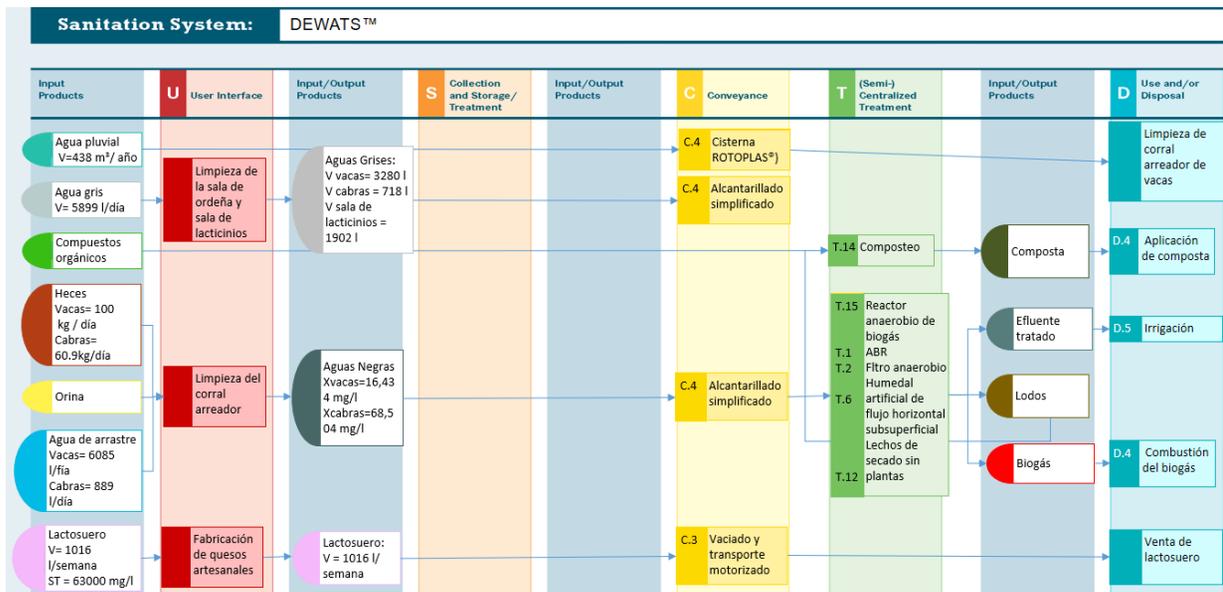
Para el tratamiento de las aguas negras se propuso el sistema BIOBOLSA®. El sistema BIOBOLSA® tiene como subproductos el biol y biogás. El biol en CEIEPAA se utilizaría como fertilizante, para utilizarlo como fertilizante se debe de disponer con cierta área de terreno, en este caso, según su catálogo, se producen 4836 l/día de biol y se requieren de 169 hectáreas para su disposición, CEIEPAA cuenta con casi 170 hectáreas de cultivo por lo que ocuparía todo el biol producido. De biogás se generan aproximadamente 2.3 m³/ día el cual se puede utilizar como combustible o bien quemarse para no contaminar el aire, es importante mencionar que si se desea utilizar como combustible se necesitara de inversión en equipo especial.

En los sistemas BIOBOLSA® es notable que los volúmenes que ellos manejan son debidos a bajos tiempos de retención, lo que provoca que no se degrade del todo bien la materia orgánica. En este caso, se buscó un modelo que cumpliera con un tiempo de retención de 30 días para así asegurar una buena degradación de la materia orgánica.

El sistema BIOBOLSA® no cuenta con extracción de lodos lo que significa que el volumen disponible disminuye por lo tanto también su tiempo de retención y a consecuencia también la vida útil del sistema.

El modelo del sistema BIOBOLSA® que más se asemejo al cálculo del volumen de digester es el modelo BB200 para clima templado el cual abarca aproximadamente 165 m². La implementación de este sistema costaría alrededor de los \$143,941 ya contemplando el costo generado por la preparación del terreno que ocupara el sistema.

En la Figura 4.2 se muestra el segundo sistema de saneamiento para las aguas negras, el cual está conformado por el Sistema DEWATS™, además del tratamiento y disposición de los demás residuos.



Fuente: Este sistema de saneamiento fue creado usando Eawag Sanitation Sistema Drawing Tool (Version 1)

Figura 4.2. Sistema de saneamiento: DEWATS™, almacenamiento y aprovechamiento de agua pluvial y composteo

El sistema DEWATS™ está diseñado para industrias pequeñas y medianas para que puedan implementar un sistema de saneamiento a bajo costo, ya que su construcción se puede realizar con materiales locales, sus costos de mantenimiento son bajos además de tener subproductos que dan un beneficio económico.

El Sistema DEWATS™ que se propuso para CEIEPAA está formado por un reactor anaerobio de biogás, un reactor anaerobio con deflectores (ABR), un filtro anaerobio (AF) y un humedal de flujo horizontal subsuperficial, al sistema se le añade un lecho de secado sin plantas y un co-compostaje.

A continuación se muestran las dimensiones de los componentes del sistema DEWATS™.

Tabla 3.33. Dimensiones de los componentes del sistema DEWATS™.

Reactor	Volumen (m3) //Área (m2)
Planta de Biogás	56 m ³
Reactor anaerobio con deflectores (ABR)	57.2 m ³
Filtro anaerobio (AF)	38.72 m ³
Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial	105.0 m ²
Lechos de secado	276 m ²

Se estima que la calidad final del efluente será 40mg/L de DBO₅, el volumen de biogás producido por la planta de biogás, el ABR y el AF será de 8.6m³/día y el volumen de lodos producidos por la planta de biogás, el ABR y el AF sea de 55 m³ al año. Con los lodos estabilizados extraídos del sistema DEWATS™ se propone que se haga un co-composteo.

La implementación de este sistema, sin contemplar el co-composteo sería de \$91,228. Cabe señalar que la construcción debe ser hecha por personal capacitado para evitar errores en los componentes del sistema repercutiendo en la vida útil del sistema.

Realizando una comparativa entre ambas opciones, se puede notar lo siguiente:

- El Sistema BIOBOLSA® cuesta más que el sistema DEWATS™.
- La construcción del sistema BIOBOLSA® es más fácil y rápida ya que esta prefabricado e incluye instalación por personal de la compañía, en cambio el sistema DEWATS™ tardará tiempo en construirse además de tener que buscar personal capacitado para su construcción.
- La vida útil del Sistema BIOBOLSA® es menor que la del sistema DEWATS™ ya que las instalaciones del sistema DEWATS™ son más “fuertes” que las del sistema BIOBOLSA®, además en un sistema si hay

extracción de lodos y en el otro no lo que hace que este disminuya su capacidad y acorte su vida útil.

- El sistema BIOBOLSA® no cuenta con extracción de lodos por ende no hay un tratamiento o disposición de estos, lo que notar que el tratamiento de sus residuos no está completo, en cambio el sistema DEWATS™ si tiene una extracción de lodos y un tratamiento y disposición de estos.
- El sistema BIOBOLSA® produce menor cantidad de biogás en comparación con el sistema DEWATS™
- Para implementar el sistema DEWATS™ se requiere que a la par o antes se implemente la Planta de composta, en cambio la implementación del sistema BIOBOLSA® no depende de otro sistema para tener su tratamiento.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se tienen 5 tipos de desechos, de los cuales 4 de ellos requieren de infraestructura para poderse implementar.

La propuesta más fácil de implementar es la del lactosuero, debido a que sólo requiere buscar un comprador. Esta opción no sólo es la más fácil de implementar sino también es la opción que genera un ingreso sin ninguna inversión.

Otra propuesta que sería fácil de implementar es la de las aguas pluviales, esta opción se recomienda que se ejecute para la época de lluvias. La inversión de esta opción se pagaría con la disminución de energía utilizada para la extracción de agua en los pozos, es por esta razón que se recomienda que se ejecute la propuesta para las épocas de lluvia para que la inversión se pague lo más pronto posible. Sino hay lluvia, la inversión no se paga.

Se considera que uno de los desechos que más contaminan son las aguas grises debido a su alta concentración de fósforo principalmente. Con la implementación del CIP, disminuiría considerablemente el efecto negativo que produce su descarga. La implementación de la propuesta para las aguas grises se podría hacer en dos etapas, la primera que sea la implementación del CIP y luego el tratamiento de su agua.

Para tratar los residuos orgánicos se propuso la Planta de composta, esta propuesta requiere de un terreno cerca de donde se almacenan los residuos para así disminuir el transporte, además se debe de contemplar las áreas donde se utilizará el compost. La Planta de composta si se instala cerca del almacenaje de los residuos orgánicos cuenta con el inconveniente que si se realiza co-compostaje, los lodos deben ser transportados hacia esa zona lo que implicaría un gasto de operación considerable pues se tendría que comprar un camión para los lodos además de los costos por el combustible, el sueldo del operador y el mantenimiento del camión. La

planta de composta requerirá de personal para su operación, lo que generara empleos pero también generara costos de operación y mantenimiento considerables.

Para el tratamiento de las aguas negras se debe elegir una de las dos propuestas. Haciendo una comparativa entre ambas opciones para el tratamiento de las aguas negras, se puede concluir que el sistema más óptimo es el Sistema DEWATS™. Se concluye esto ya que este sistema da un tratamiento completo a las aguas negras, es el sistema más económico, tendría bajos costos en mantenimiento y no requeriría de personal capacitado para ello, no requiere de un suministro de energía, su infraestructura tiene una larga vida útil con su debido mantenimiento y tendría dos subproductos que disminuirían sus costos en combustible y en fertilizantes.

Si se analiza detalladamente Sistema DEWATS™, para su implementación se requiere también implementar conjuntamente la Planta de Composta, esto con el fin de dar el tratamiento correcto a los desechos. Se sabe que para implementar conjuntamente ambas propuestas se necesita de una fuerte inversión, por lo tanto, depende de los recursos económicos con los que cuente CEIEPAA para que se implemente. CEIEPAA al ser una institución educativa puede que no tenga recursos económicos para la implementación de ambas propuestas por lo que esta situación pone en una severa desventaja al sistema DEWATS™. Se recomienda que si CEIEPAA desea implementar esta opción, busque apoyos para su implementación. Es importante mencionar que el sistema DEWATS™ no contempla un tratamiento de lodos. En la propuesta se contempla un sistema complementario de tratamiento de lodos (lechos de secado y co-compostaje), en caso de que CEIEPAA no tuviera el capital suficiente para implementar éste sistema, se puede disponer en superficie igual que el BIOL del sistema Biobolsa con la ventaja de que es menor el volumen por lo cual se necesita menos área para su aplicación y que el lodo que se extrae está mucho más digerido que el del sistema BIOBOLSA. Disponer en terreno los lodos provenientes del sistema DEWATS™, es una ventaja para CEIEPAA ya que puede implementar el sistema complementario tiempo después de la

implementación del sistema DEWATS™. Para implementar el sistema complementario, se necesita contar con la Planta de Composta, ya que este sistema considera el co-compostaje.

Con lo anterior se puede asumir que el sistema DEWATS™ es el primer sistema de saneamiento que se debe implementar, seguido o a la par de la Planta de Composta y por último el sistema complementario del tratamiento de lodos.

Si CEIEPAA optará por la opción del sistema BIOBOLSA®, tendría como beneficio una rápida implementación, un bajo mantenimiento y los subproductos que genera. Otro beneficio que pudiera tener es que BIOBOLSA® cuenta con apoyos, los cuales tal vez CEIEPAA podría ser acreedor. Las desventajas de este sistema es que su vida útil es corta, lo que a la larga generaría un mayor costo que si se implementara la planta de composta y el sistema DEWATS™.

Para la implementación del sistema DEWATS™ se recomienda lo siguiente:

- Se implementen sistemas para el aprovechamiento del biogás, especialmente enfocados en los sistemas que tienen mayores consumos de gas LP. Con el aprovechamiento del biogás se disminuiría el consumo de gas LP y a su vez disminuirían los gastos por combustible.
- La extracción de lodos se realice en el verano, ya que se ahorraría el techo de los lechos de secado, no tendrían que cubrirse las pilas, se produciría una menor generación de lixiviados y habría un mejor aprovechamiento de los lixiviados para controlar la humedad en las pilas.
- Para los lechos de secado, se debe contemplar los costos de operación ya que se requerirá de cargadores frontales y camiones para retirar los lodos del lecho de secado
- Revisar la altura de la capa de arena fina de los lechos de secado ya que con el uso va disminuyendo la capa. En caso de que sea menor a 20 cm, rellenar a 30 cm

- Construir de modo que empiece a operar en verano para que la temperatura favorezca el arranque, además para que la extracción de lodos sea en verano.

Antes de realizar cualquier implementación del sistema, se recomienda que se haga un levantamiento de los registros ya que existen diferencias entre los planos sanitarios del módulo de ordeño y lo que está construido.

ANEXOS

6.1. Glosario

A continuación, se muestran las definiciones de algunos conceptos que fueron ocupados para la elaboración de los sistemas de saneamiento utilizando la herramienta Eawag Sanitation Sistema Drawing Tool (Version 1).

Productos

Los Productos son materiales que también son llamados ‘desechos’ o ‘recursos’. Algunos productos son generados directamente por los humanos (p.ej. orina y heces), otros son requeridos en el funcionamiento de las Tecnologías (p. ej. agua de arrastre para mover las excretas por los alcantarillados) y algunos son generados como función de almacenamiento o tratamiento (p.ej. lodos fecales). Para el diseño de un sistema de saneamiento robusto, es necesario definir todos los Productos que están fluyendo hacia (entradas) y fuera (salidas) de cada una de las Tecnologías sanitarias en el sistema. Los Productos referidos en este texto están descritos abajo.

Orina es el desecho líquido producido por el cuerpo para eliminar la urea y otros productos. En este contexto, el Producto orina se refiere a orina pura, que no está mezclada con heces o con agua. Dependiendo de la dieta, la orina humana recolectada en un año (aprox. 500l) contiene 2–4kg de nitrógeno. Con la excepción de algunos casos raros, la orina es estéril cuando deja el cuerpo.

Heces se refiere a excremento (semisólido) sin adición de orina y/o agua. Cada persona produce aproximadamente 50L por año de materia fecal. Del total de nutrientes excretados, las heces contienen en promedio cerca de 10% N, 30% P, 12% K y tiene 107–109 coliformes fecales/100ml.

El *agua de limpieza anal* es agua recolectada que ha sido usada para limpiarse después de defecar y/o orinar. Es sólo la porción de agua generada por el usuario

para la limpieza anal y no incluye materiales secos. El volumen de agua recolectada durante la limpieza anal oscila entre 0.5L hasta 3L por limpieza.

Aguas pluviales es el término general para el agua de lluvia recolectada de techos, caminos y otras superficies antes de que fluya hacia terrenos más bajos. Es la porción de la lluvia que no se infiltra en el terreno.

Aguas grises son las aguas generadas al lavar alimentos, ropa y utensilios de cocina, así como de la regadera y la bañera. Pueden contener pequeñas cantidades de excremento y, por lo tanto, también contener patógenos. Las aguas grises abarcan aproximadamente el 60% de las aguas de disposición final producidas en las residencias con inodoros de agua. Contiene pocos patógenos y su contenido de nitrógeno es solo 10–20% del de las aguas negras.

Agua de Arrastre es el agua utilizada para transportar las excretas desde la interfase del Usuario a la siguiente tecnología. Puede ser agua cruda o tratada, agua de lluvia, aguas grises recicladas, o cualquier combinación de éstas puede usarse como fuente de Agua de Arrastre.

Los *Compuestos Orgánicos* son materiales orgánicos biodegradables. Aunque los otros Productos en este Compendio que contienen compuestos orgánicos, este término se refiere al material vegetal no digerido. Se deben agregar Compuestos orgánicos a algunas tecnologías para que puedan funcionar correctamente (p.ej. cámaras de compostaje).

El *Material orgánico* degradable puede incluir entre otras cosas, hojas, hierba o desechos de los mercados.

Los *Materiales Secos de Limpieza* pueden ser papel, mazorcas, trapos, piedras y/u otros materiales secos que son usados para la limpieza anal (en lugar de agua). Dependiendo del sistema, los materiales secos de limpieza pueden ser recolectados juntos con las heces o por separado. Aunque es muy importante, no hemos incluido un nombre de Producto diferente para la higiene menstrual, productos como toallas sanitarias y tampones. En general, aunque no siempre, deben ser tratados con los Materiales Secos de Limpieza que se describen aquí.

Las *Aguas Negras* son la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal y/o material seco de limpieza (p.ej. papel higiénico). Las Aguas

Negras contienen todos los patógenos de las heces y todos los nutrientes de la orina, diluidos en agua de arrastre.

Lodos Fecales es el término general para los lodos primarios (o parcialmente digeridos) o los sólidos que resultan del almacenamiento de aguas negras o excrementos. La composición de los lodos fecales varía significativamente dependiendo de la ubicación, del contenido de agua, y del almacenamiento. Por ejemplo el amonio (NH_4^+) puede oscilar entre 300 y 3000mg/L mientras que los huevos de Helmintos pueden llegar a los 60,000 huevos/L. La composición determinará el tipo de tratamiento que es factible y las posibilidades de uso y disposición final.

Lodos Tratados es el término general para los lodos fecales parcialmente digeridos o completamente estabilizados. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) tiene criterios para diferenciar entre los grados de tratamiento, y consecuentemente, cómo pueden ser utilizados esos diferentes tipos de lodos. El término 'Lodo Tratado' se usa para indicar el lodo que ha pasado por algún nivel de tratamiento, aunque no se debe asumir que esos 'Lodos Tratados' hayan sido tratados por completo o que ya sean automáticamente seguros. Su objetivo es el de indicar que los lodos han pasado por algún grado de tratamiento y ya no es materia prima. Es responsabilidad del planificador/formulador investigar sobre la composición, calidad y, por lo tanto, seguridad de los lodos tratados.

Las *Excretas* se componen de orina y heces que no se han mezclado con agua. Las excretas tienen un volumen reducido, donde se concentran tanto los nutrientes como los patógenos. Dependiendo de la consistencia de las heces, son sólidas, suave o líquidas.

Las *Aguas Cafés* consisten en heces y agua de arrastre (aunque en realidad siempre hay algo de orina, ya que sólo se desvía el 70–85% de la orina). Las aguas cafés son generadas por los retretes de arrastre hidráulico que desvían la orina, y, por lo tanto, el volumen depende de la cantidad de agua utilizada. La carga de patógenos y de nutrientes de las heces no se reduce, sólo se diluye por el agua.

Las *Heces Secas* son las heces que han sido deshidratadas por altas temperaturas (y alto pH) hasta que se convierten en un polvo seco desinfectado. Se da muy poca

degradación durante la deshidratación y esto significa que las heces secas aún son ricas en material orgánico. El volumen de las heces se reduce un 75%. Hay un pequeño riesgo de que algunos organismos puedan reactivarse en los ambientes adecuados.

La *Orina Almacenada* es orina que ha sido hidrolizada de forma natural con el tiempo, p.ej. la urea se ha convertido por medio de enzimas en dióxido de carbono y amonio. La orina almacenada tiene un pH de aproximadamente 9. Después de 6 meses de almacenamiento, el riesgo de transmisión patógena, por posible contaminación fecal, se reduce considerablemente.

Efluente Tratado es el término general para el agua que ha pasado por algún nivel de tratamiento y/o separación de sólidos. Se origina ya sea en la Tecnología de Recolección y Almacenamiento/Tratamiento o en una de Tratamiento (Semi)Centralizado. Dependiendo del tipo de tratamiento, el efluente puede estar completamente desinfectado o puede requerir tratamiento adicional antes de poder ser usado o para su disposición final.

Composta/EcoHumus es el material café/negro terroso que resulta de la materia orgánica descompuesta. Generalmente la Composta/EcoHumus está suficientemente desinfectada como para usarla de manera segura en la agricultura. Debido a la filtración, algunos nutrientes se pierden, pero el material aún es rico en nutrientes y materia orgánica.

Biogás es el nombre común para la mezcla de gases liberados por la digestión anaeróbica. De manera típica el biogás se compone de metano (50—75%) dióxido de carbono (25—50%) y una cantidad variable de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, agua y otros componentes.

Forraje se refiere a las plantas acuáticas o de otro tipo que crecen en camas secas o humedales artificiales y pueden ser cosechadas para alimentar al ganado.

Grupos Funcionales

Un Grupo Funcional es un grupo de tecnologías que realizan una función semejante. Se presentan cinco (5) Grupos Funcionales entre los cuales se seleccionan las

tecnologías a utilizar para el diseño y construcción de un sistema de saneamiento. No es necesario que un Producto pase por una tecnología de cada Grupo Funcional; sin embargo, el orden de los Grupos Funcionales debe usualmente mantenerse sin importar cuántos de ellos se incluyen en el sistema de saneamiento. También, cada Grupo Funcional tiene un color distintivo; las tecnologías dentro de un Grupo Funcional comparten el mismo código de color de manera que son fácilmente identificables. Los cinco (5) Grupos Funcionales son:

Interfase de Usuario (Tecnologías U1–U6): Rojo

Recolección y Almacenamiento/Tratamiento (Tecnologías (S1–S12): Naranja

Transporte (Tecnologías C1–C8): Amarillo

Tratamiento (Semi)Centralizado (Tecnologías T1–T15): Verde

Uso y/o Disposición Final. (Tecnologías D1–D13): Azul

Cada tecnología dentro de un Grupo Funcional tiene asignado un código de referencia con una letra y un número; la letra corresponde al Grupo Funcional (p.ej. U para Interfase de Usuario) y el número, de menor a mayor, indica aproximadamente la magnitud en recursos (p.ej. económicos, materiales y humanos) de la tecnología.

Interfase de Usuario (U) describe el tipo de retrete: de pedestal, placa turca, o urinario con que las personas entran en contacto; es la forma en que éstas tienen acceso al sistema de saneamiento. En varios casos, la selección de la tecnología en la interfase de Usuario dependerá de la disponibilidad de agua. Es importante hacer notar que las aguas grises y las aguas pluviales no se originan en la interfase del Usuario, pero pueden ser tratadas junto con los Productos que se originan en la Interfase del Usuario.

Recolección y Almacenamiento/Tratamiento (S) describe las formas de recolección, almacenamiento, y a veces el tratamiento de los Productos que se generan en la Interfase del Usuario. El tratamiento que proporcionan estas tecnologías es a menudo una función de almacenamiento y es usualmente pasivo (p.ej. sin aporte de energía). Por lo tanto, los Productos tratados por estas Tecnologías a menudo requieren tratamiento adicional antes de su uso o disposición final.

Transporte (C) describe el transporte de Productos desde un Grupo Funcional a otro. Aunque hay Productos que pueden requerir ser transportados de varias maneras entre Grupos Funcionales, el recorrido mas largo y más importante está entre la Recolección y Almacenamiento/ Tratamiento, y el Tratamiento (Semi) Centralizado; por lo tanto, para simplificar, el transporte se limita a transportar productos en este punto.

Tratamiento (Semi)Centralizado (T) se refiere a Tecnologías de tratamiento que son generalmente apropiadas para grupos grandes de usuarios (p.ej. viviendas múltiples).La operación, el mantenimiento y los requerimientos de energía para las Tecnologías dentro de este Grupo Funcional son más intensivos. Las Tecnologías están divididas en 2 grupos: Las Tecnologías T1–T10 son específicamente para el tratamiento de aguas negras, mientras que las Tecnologías T11–T15 son particularmente para el tratamiento de lodos.

Uso y/o Disposición final (D) se refiere a los métodos en los cuales los Productos son finalmente regresados al medio ambiente ya sea como recursos útiles o como materiales de riesgo reducido. Adicionalmente, los Productos pueden ser reciclados en el sistema (p.ej. el uso de aguas grises tratadas para el retrete).

6.2. Norma oficial mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones y especificaciones sanitarias de la Leche pasteurizada de vaca y Leche pasteurizada de vaca con sabor.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para las personas físicas o morales que se dedican a su proceso o importación.

2. Referencias

Esta norma se complementa con lo siguiente:

- NOM-051-SCFI-1994 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.**
- NOM-086-SSA1-1994 Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones Nutrimientales.**
- NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.*
- NOM-093-SSA1-1994 Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.
- NOM-109-SSA1-1994 Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.*
- NOM-110-SSA1-1994 Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-113-SSA1-1994 Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-114-SSA1-1994 Método para la determinación de Salmonella en alimentos.
- NOM-115-SSA1-1994 Método para la determinación de Staphylococcus aureus en alimentos.
- NOM-117-SSA1-1994 Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
- NOM-120-SSA1-1994 Prácticas de Higiene y Sanidad para el proceso de Alimentos, Bebidas no alcohólicas y alcohólicas.
- NOM-127-SSA1-1994 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.**

3. Definiciones

Para fines de esta Norma se entiende por:

3.1 Aditivos para alimentos, aquellas sustancias que se adicionan directamente a los alimentos y bebidas, durante su elaboración para proporcionar o intensificar aroma, color o sabor; para mejorar su estabilidad o su conservación.

3.2 Buenas prácticas de fabricación, conjunto de normas y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos tengan y mantengan las especificaciones requeridas para su uso.

3.3 Envase o empaque, todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.

3.4 Etiqueta, todo rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra forma descriptiva o gráfica ya sea que esté impresa, marcado, grabado, en relieve, hueco, estarcido o adherido al empaque o envase del producto.

3.5 Fecha de caducidad, fecha límite en que se considera que un producto preenvasado almacenado en las condiciones sugeridas por el fabricante, reduce o elimina las características sanitarias que debe reunir para su consumo. Después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.

3.6 Higiene, las medidas necesarias para garantizar la sanidad e inocuidad de los productos en todas las fases del proceso hasta su consumo final.

3.7 Inocuo, aquello que no hace o causa daño a la salud.

3.8 Leche de vaca para consumo humano, producto proveniente de la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas. Se excluye el producto obtenido 15 días antes del parto y 5 días después de éste o cuando tenga calostro.

3.9 Límite máximo, cantidad establecida de aditivos, microorganismos, parásitos, materia extraña, plaguicidas, radionúclidos, biotoxinas, residuos de medicamentos, metales pesados y metaloides que no debe exceder en un alimento, bebida o materia prima.

3.10 Limpieza, conjunto de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables.

3.11 Lote, cantidad de producto elaborado en un mismo lapso para garantizar su homogeneidad.

3.12 Materia extraña, toda aquella sustancia, resto o desecho orgánico o no que se presenta en el producto sea por contaminación o por manejo poco higiénico del mismo durante su elaboración, considerándose entre otros: excretas y pelos de

cualquier especie, fragmentos de hueso e insectos que resultan perjudiciales para la salud.

3.13 Metal pesado o metaloide, aquellos elementos químicos que causan efectos indeseables en el metabolismo aun en concentraciones bajas. Su toxicidad depende de las dosis en que se ingieran, así como de su acumulación en el organismo.

3.14 Métodos de prueba, procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece esta norma.

3.15 Muestra, número total de unidades de producto provenientes de un lote y que representan las características y condiciones del mismo.

3.16 Pasteurización, proceso al cual es sometido el producto a una adecuada relación de temperatura y tiempo para destruir la flora bacteriana patógena y casi la totalidad de la flora banal.

3.17 Refrigeración, método de conservación físico con el cual se mantiene el producto a una temperatura máxima de 7 °C (280 K).

4. Símbolos y abreviaturas

Cuando en esta norma se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entiende por:

BPF buenas prácticas de fabricación

°C grados Celsius

g gramo

l litro

máx máximo

µg microgramo

ml mililitro

mg miligramo

UF unidades de fenol

kg kilogramo

CI color index

% por ciento

UFC unidades formadoras de colonias

UI	unidades internacionales
/	por
M	molar
pH	potencial de hidrógeno
No	número
+	más
x	signo de multiplicación
N	normal
=	igual
cm	centímetro
min	minutos
mm	milímetros
µm	micrometro
nm	nanómetros
mM	milimolar
µl	microlitro
UV	ultravioleta
±	más-menos
>	mayor que
<	menor que
h	hora
K	grados Kelvin

Cuando en la presente norma se mencione al Reglamento, debe entenderse que se trata del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios.

5. Disposiciones sanitarias

Los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a las siguientes disposiciones:

5.1 Los materiales del equipo y utensilios que se empleen deben cumplir con las características establecidas en la NOM-120-SSA1-1994 Prácticas de Higiene y Sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas y en la

NOM-093-SSA1-1994 Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.

5.2 Los detergentes y sanitizantes que se empleen para el lavado y desinfección de los utensilios y el equipo utilizado, deben ser removidos de forma tal que no representen riesgo a la salud, ni modifiquen las características del producto. En el apéndice informativo B se enlistan los sanitizantes recomendados.

5.3 Los productos objeto de esta norma deben pasteurizarse de la siguiente manera:

5.3.1 Se someterán a una temperatura de 63°C, sosteniéndola por un período mínimo de 30 minutos (Pasteurización lenta) o,

5.3.2 Se someterán a una temperatura de 72°C, sosteniéndola por un período mínimo de 15 segundos (Pasteurización rápida) o,

5.3.3 Someterlos a otra relación de tiempo y temperatura cuyo efecto sea equivalente.

5.3.4 Una vez alcanzados respectivamente las temperaturas y tiempos señalados, se enfriarán bruscamente a 4°C.

5.4 En la leche pasteurizada de vaca para su transporte, almacenamiento y venta no se permite realizar las siguientes operaciones:

5.4.1 Colocar hielo o mantas húmedas directamente sobre las canastillas o envase para su conservación.

5.4.2 Mantenerla durante su transporte a una temperatura superior a los 9°C.

5.4.3 Reprocesar los productos que contengan microorganismos patógenos o sustancias tóxicas que los hagan no aptos para su consumo.

5.4.4 La fabricación de los productos objeto de esta norma en establecimientos distintos a las plantas pasteurizadoras, o locales que no reúnan las condiciones sanitarias que establece la Secretaría de Salud.

6. Especificaciones sanitarias

Los productos objeto de este ordenamiento deben cumplir con las siguientes especificaciones:

6.1 Físicas

6.1.1 Estar libres de materia extraña.

6.1.2 Sensoriales

Color: Característico del tipo de producto que se trate

Olor: Característico del producto, exento de olores extraños

Sabor: Característico, exento de sabores extraños

6.2 Físico-químicas

Deben dar reacción negativa a la prueba de fosfatasa y a la de inhibidores. Tener una acidez mínima de 1,3 o máxima de 1,7g/l expresada como ácido láctico.

6.3 Microbiológicas

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios UFC/ml	30 000
Organismos Coliformes totales UFC/ml en planta	10
Organismos Coliformes totales UFC/ml en punto de venta	20
Salmonella spp* en 25 ml	Ausente
Staphylococcus aureus* en 25 ml	Ausente
Listeria monocytogenes* en 25 ml	Negativo

6.4 Metal pesado o metaloide

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO (mg/kg)
Arsénico (As)	0,2
Mercurio (Hg)	0,005
Plomo (Pb)	0,1

6.5 Aflatoxinas

El límite de aflatoxinas M1 para los productos objeto de esta norma no debe ser mayor de 0,05 µg/l.

6.6 Aditivos para alimentos

En la elaboración de la leche pasteurizada de vaca con sabor, se permite el empleo de los siguientes aditivos para alimentos, dentro de los límites que se indican:

6.6.1 ACIDULANTES, ALCALINIZANTES O REGULADORES DE pH

ADITIVO	LIMITE MAXIMO
Agar	BPF

Bicarbonato de amonio o potasio	BPF
Carbonato de amonio o magnesio	BPF
Carbonato de potasio o sodio	BPF
Hidróxido de amonio o magnesio	BPF
Hidróxido de potasio o sodio	BPF

6.6.2 EMULSIVOS Y ESTABILIZADORES

ADITIVO	LIMITE MAXIMO
Agar	BPF
Ácido algínico	BPF
Alginato de amonio, potasio o sodio	BPF
Carboximetil celulosa de sodio	BPF
Carragenina	BPF
Carragenatos de amonio, calcio, potasio o sodio	BPF
Fosfato dibásico de sodio	BPF
Gelatina	BPF
Goma algarrobo	BPF
Goma arábica	BPF
Goma Guar	BPF
Goma Karaya	BPF
Lecitina	BPF
Hidroxipropil metil celulosa	BPF
Mono y Diglicéridos	BPF
Pectina	BPF
Polioxietilen 20 (Sorbitán)	0,5%
Polisorbatos 65	0,5%

6.6.3 COLORANTES

ADITIVO	LIMITE MAXIMO (mg/kg)
---------	-----------------------

Annatto CI 75120	0,05 expresado como bixina
Cantaxantina CI 40850	BPF
Clorofila CI 75810	BPF
Rojo No. 6 CI 16255	BPF (Ponceau o punzo 4R)
Rojo No. 3 Carmoisina CI 14720	BPF
Riboflavina	BPF
Azafrán	BPF
Dióxido de Titanio CI 77891	BPF
Cúrcuma	BPF
Xantófilas	BPF
b-Apo-8-Carotenal CI 40820	35
Caramelo	BPF
Rojo Allura CI 16035	300 solos o en combinación.
Eritrocina CI 45430	
Indigotina CI 73015	
Amarillo No. 6 (amarillo ocaso) CI 15985	
Tartrazina CI 19140	
Verde No. 3 FCF (verde fuerte) 100 CI 42053	

6.6.4 Saborizantes

En la elaboración de leche pasteurizada de vaca con sabor, se permite el empleo de los saborizantes que establece el Reglamento de acuerdo a las BPF, además de los señalados en el Acuerdo Secretarial que da a conocer la lista de sustancias sintético-artificiales que solas o mezcladas podrán utilizarse para la elaboración de saboreadores o aromatizantes sintético-artificiales que se emplean en la industria de alimentos y bebidas.

6.6.5 Edulcorantes

Si en la elaboración de la leche pasteurizada de vaca con sabor se emplean edulcorantes sintéticos se debe cumplir con lo establecido en la NOM-086-SSA1-

1994 Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones Nutrimientales.

6.6.6 Conservadores

6.6.6.1 Se prohíbe el empleo de conservadores en la elaboración de los productos objeto de esta norma.

6.6.6.2 En la elaboración de la leche pasteurizada de vaca con sabor sólo se aceptará la presencia de ácido sórbico, ácido benzoico o las sales de sodio o potasio de los ácidos anteriores, como efecto de la transferencia de los ingredientes opcionales.

6.7 Nutrimientales

La leche pasteurizada de vaca cuyo contenido de grasa propia de la leche sea de 16g/l como máximo, debe ser restaurada con 2000 UI de vitamina A.

7. Muestreo

El procedimiento de muestreo para los productos objeto de esta norma debe sujetarse a lo que establece la Ley General de Salud.

8. Métodos de prueba

Para la verificación de las especificaciones microbiológicas, metales y metaloides que se establecen en esta norma, se deben aplicar los métodos de prueba señalados en el Capítulo de Referencias. Para la verificación de las especificaciones fisico-químicas, vitamina A así como Aflatoxinas se aplicarán los métodos establecidos en el apéndice normativo A.

9. Etiquetado

La etiqueta de los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento y la Norma Oficial Mexicana correspondiente, debe sujetarse a lo siguiente:

Debe figurar:

9.1 La fecha de caducidad, señalando con letra o número el día, mes y año.

9.2 El contenido de vitamina "A" de acuerdo a lo establecido en el punto 6.7.

9.3 Las leyendas "Manténgase en Refrigeración" o "Consérvese en Refrigeración".

10. Envase y embalaje

10.1 Envase

Los productos objeto de esta norma se deben envasar en recipientes tipo sanitario, elaborados con materiales inocuos y resistentes a las distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren las características físicas, químicas y sensoriales.

10.2 Embalaje

Se debe usar material resistente que ofrezca la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez que facilite su manipulación, almacenamiento y distribución.

11. Concordancia con normas internacionales

Esta norma no tiene concordancia con normas internacionales.

12. Bibliografía

12.1 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1992. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. México, D.F.

12.2 Secretaría de Salud 1992. Ley General de Salud. México, D.F.

12.3 Secretaría de Salud. 1988. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. México, D.F.

12.4 Secretaría de Salubridad y Asistencia. 1974. Anteproyecto de Normas Sanitarias. Dirección General de Control Sanitario de Alimentos, Bebidas y Medicamentos.

12.5 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1981. NORMA-Z-013/02 Guía para la Redacción, Estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. México, D.F.

12.6 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NOM-008-SCFI-1993. Sistema General de Unidades de Medida. México, D.F.

12.7 Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 1990 15th Edition. Vol 11, 980. 21 p. 1200

12.8 Code of Federal Regulations. 1989. Parts 170 to 199. U.S.A.

12.9 Codex Alimentarius. Abridged Version. 1989. FAO/OMS.

12.10 Food and Drugs Act and Regulations. 1989. Canada.

12.11 Ordennance Sur les exigences hygieniques et microbiologiques relatives aux denrées alimentaires, objets usuels et biens de consommation. 1985. Suiza.

12.12 Ordennance Sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires. 1986. Suiza.

12.13 Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. U.S. Departament of Health and Human and Services, FDA. 1989 revision, U.S.A.

12.14 Alais Ch. 1988. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. Ed. 7º. C.E.C.S.A. México, D.F. p 15. 445.

12.15 Judkins F. 1979. La Leche su Producción y Procesos Industriales. Ed. 8º. C.E.C.S.A. México, D.F. p. 9, 362.

12.16 O'Brien L. 1986. Alternative Sweeteners, Ed. Marcel Dekker, Inc. New York, U.S.A.

12.17 Ortiz Cornejo A. 1991. ANDSA. Manual de procedimientos para el análisis de Aflatoxinas.

13. Observancia de la norma

La vigilancia en el cumplimiento de la presente norma corresponde a la Secretaría de Salud.

14. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio a los noventa días siguientes a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 10 de noviembre de 1995.- El Director General, José Meljem Moctezuma.- Rúbrica.

6.3. Norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-2003, leche, formula láctea y producto lácteo combinado-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba

1. Objetivo

La presente Norma Oficial Mexicana establece las denominaciones comerciales de los diferentes tipos de leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, que se comercializan dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos, así como las especificaciones fisicoquímicas que deben reunir esos productos para ostentar dichas denominaciones, los métodos de prueba para demostrar su cumplimiento y la información comercial que deben contener las etiquetas de los envases que los contienen.

2. Campo de aplicación

La presente Norma Oficial Mexicana es aplicable a los diferentes tipos de leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, que se comercializan dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos, cuya denominación comercial debe corresponder a las establecidas en esta norma oficial mexicana.

Los productos objeto de la presente Norma Oficial Mexicana no están sujetos al cumplimiento de las disposiciones establecidas en la norma oficial mexicana NOM-051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta norma oficial mexicana se deben consultar las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes:

NOM-002-SCFI-1993 Productos preenvasados. Contenido neto. Tolerancias y métodos de verificación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de octubre de 1993.

NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 1993.

NOM-030-SCFI-1993 Información comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta. Especificaciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 1993.

NOM-086-SSA1-1994 Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificación en su composición. Especificaciones nutrimentales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1996.

NOM-116-SSA1-1994 Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de agosto de 1995.

NOM-184-SSA1-2002 Productos y servicios-Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de octubre de 2002.

NOM-185-SSA1-2002 Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos, lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de octubre de 2002.

NMX-F-210-1971 Método de prueba para la determinación de grasa butírica en leche en polvo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de abril de 1972.

NMX-F-424-S-1982 Productos alimenticios para uso humano-Determinación de la densidad en leche fluida. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de septiembre de 1982.

NMX-F-490-1999-NORMEX Alimentos-Aceites y grasas-Determinación de la composición de ácidos grasos a partir de C₆ por cromatografía de gases. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de marzo de 1999.

4. Definiciones

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana aplican las definiciones siguientes:

Aceite y grasa vegetal: Es el producto obtenido a partir de las plantas permitidas para aceites vegetales comestibles, aptos para consumo humano, que haya sido sometido a extracción y, en su caso, refinación, lavado, deodorizado, blanqueo, hibernación o desencerado, winterización, entre otros procesos.

Aditivo: Aquella sustancia permitida que se adiciona directamente a los alimentos y bebidas no alcohólicas durante su elaboración, y cuyo uso permite desempeñar alguna función tecnológica.

Adulteración: Cuando la naturaleza o composición de la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, no corresponda a aquellas con las que se denomine, etiquete, anuncie, suministre o cuando no corresponda a las especificaciones establecidas en esta norma oficial mexicana, o cuando la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, hayan sido objeto de tratamiento que disimule su alteración o encubran defectos en su proceso o en la calidad sanitaria de las materias primas utilizadas.

Agua para uso y consumo humano: Aquella que no contiene contaminantes objetables ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

Alimento: Cualquier sustancia o producto, sólido, semisólido o líquido con o sin transformación, destinado al consumo humano, que proporciona al organismo elementos para su nutrición por vía oral.

Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición: Aquellos a los que se les disminuyen, eliminan o adicionan uno o más de sus nutrientes, tales como hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales o fibras dietéticas.

Almacenamiento: Acción de guardar, reunir en una bodega, local, silo o sitio específico, la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, para su conservación, custodia, suministro futuro procesamiento o venta.

Azúcares: Todos los monosacáridos y disacáridos presentes en un alimento o bebida no alcohólica.

Calostro: Secreción de la glándula mamaria obtenida en el periodo comprendido de 5 días antes a 5 días después del parto, que difiere de la leche principalmente por su alto contenido de inmunoglobulinas (anticuerpos), células somáticas, cloruros y la presencia de eritrocitos, y cuyo color va del amarillo al rosado.

Caseína: Es el producto obtenido de la coagulación de las proteínas de la leche por la acción de agentes coagulantes en la leche, ya sean de origen biológico (enzimas y cultivos de bacteria lácticas) o químicos (ácidos); la cuajada así obtenida es sometida a los procesos de lavado con agua potable, pasteurización y deshidratación entre otros.

Caseinato: Al producto de grado alimenticio obtenido por solubilización de la caseína rehidratada o fresca, por la acción de agentes neutralizantes, sometida a pasteurización, deshidratación o no.

Clarificación: Proceso por el cual se eliminan de la leche las impurezas macroscópicas, los grumos y de manera parcial los microorganismos, leucocitos y otras células, principalmente mediante una centrifugación continua.

Colorante: Sustancia natural o sintética que imparte color a los alimentos, tales como tartracina, eritrosina, betacaroteno y extractos de origen vegetal.

Concentración: Proceso por el que se disminuye la cantidad de agua de la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, manteniendo una cierta cantidad de humedad por el proceso de evaporación, ósmosis inversa, ultrafiltración, adición de sólidos lácteos u otros procesos.

Consumidor: Persona física o moral, que adquiere o disfruta como destinatario final productos alimenticios y bebidas no alcohólicas preenvasados. No es consumidor quien adquiera, almacene o utilice alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, con objeto de integrarlos en procesos de producción, transformación, comercialización o prestación de servicios a terceros.

Contenido: Cantidad de producto preenvasado que por su naturaleza puede cuantificarse para su comercialización, por cuenta numérica de unidades de producto.

Contenido neto: Cantidad de leche, fórmula láctea o producto lácteo combinado, preenvasado que permanece después de que se han hecho todas las deducciones de tara cuando sea el caso.

Declaración de propiedades: Cualquier texto o representación que afirme, sugiera o implique que un alimento o bebida no alcohólica preenvasado tiene cualidades especiales por su origen, propiedades nutrimentales, naturaleza, elaboración, composición u otra cualidad cualquiera, excepto la marca del producto y el nombre de los ingredientes.

Declaración de propiedades nutrimentales: Cualquier texto o representación que afirme, sugiera o implique que el producto preenvasado tiene propiedades nutrimentales particulares, tanto en relación con su contenido energético y de

proteínas, grasas (lípidos) y carbohidratos (hidratos de carbono), como en su contenido de vitaminas y minerales.

No constituye declaración de propiedades nutrimentales:

- a) La mención de sustancias en la lista de ingredientes ni la denominación o marca comercial del producto preenvasado;
- b) La mención de algún nutrimento o componente, cuando la adición del mismo sea obligatoria;
- c) La declaración cuantitativa o cualitativa en la etiqueta de propiedades nutrimentales de algunos nutrimentos o ingredientes, cuando ésta sea obligatoria, de conformidad con los ordenamientos legales aplicables.

Declaración nutrimental: Relación o enumeración del contenido de nutrimentos de un alimento o bebida no alcohólica preenvasado.

Denominación: Nombre asignado a la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, a partir del proceso al que son sometidos y a sus especificaciones fisicoquímicas (ver definición de proceso).

Deshidratación: Método de conservación de la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, que consiste en reducir su contenido de agua hasta un límite máximo de 4%.

Edulcorante: Sustancia que produce la sensación de dulzura, de origen natural (Ejemplos: sacarosa, fructuosa, glucosa, miel, melazas) o sintéticos (Ejemplo: sacarina, aspartamo (aspartame), acesulfamo K (acesulfame K)).

Embalaje: Material que envuelve, contiene y protege a la leche, fórmula láctea o al producto lácteo combinado, preenvasados, para efectos de su almacenamiento y transporte.

Envasado aséptico: Al proceso que reúne las condiciones de esterilidad comercial para evitar la presencia de microorganismos en el producto durante el envasado.

Envase: Cualquier recipiente o envoltura en el cual está contenido la leche, fórmula láctea o el producto lácteo combinado, preenvasado para su venta al consumidor.

Envase colectivo: Cualquier recipiente o envoltura en el que se encuentran contenidos dos o más variedades diferentes de productos preenvasados, destinados para su venta al consumidor en dicha presentación.

Envase múltiple: Cualquier recipiente o envoltura en el que se encuentran contenidos dos o más variedades iguales de productos preenvasados, destinados para su venta al consumidor en dicha presentación.

Estandarización: Proceso por el cual se ajusta el contenido de grasa y/o proteína y/o sólidos propios de la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, al nivel correspondiente de acuerdo con su denominación.

Etiqueta: Cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida o sobrepuesta al envase de la leche, fórmula láctea o al producto lácteo combinado, preenvasado o, cuando no sea posible por las características del producto de que se trate, al embalaje.

Evaporación: Proceso térmico por el cual se elimina gradualmente agua de la leche en forma de vapor, obteniendo un producto concentrado. Dicho proceso puede ir acompañado de la aplicación de vacío.

Fecha de caducidad: Fecha límite en que se considera que las características sanitarias y de calidad que debe reunir para su consumo un producto preenvasado, almacenado en las condiciones sugeridas por el fabricante, se reducen o eliminan de tal manera que después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.

Fecha de consumo preferente: Fecha en que, bajo determinadas condiciones de almacenamiento, expira el periodo durante el cual el producto preenvasado es comercializable y mantiene cuantas cualidades específicas se le atribuyen tácita o explícitamente, pero después de la cual el producto preenvasado puede ser consumido, siempre y cuando no exceda la fecha de caducidad.

Filtración: Proceso por el cual se separan de la leche, las partículas microscópicas ajenas o no al producto.

Grasa butírica: Es la grasa que se obtiene de la leche, que se caracteriza por tener un alto contenido de ácidos grasos saturados, incluyendo el ácido butírico.

Homogeneización: Se refiere al método para estabilizar la emulsión, al provocar una ruptura de los glóbulos grandes de grasa, para formar un mayor número de ellos de menor tamaño.

Información nutrimental: Toda descripción destinada a informar al consumidor sobre las propiedades nutrimentales de un alimento o bebida no alcohólica preenvasado.

Comprende dos aspectos:

- a) La declaración nutrimental obligatoria.
- b) La declaración nutrimental complementaria.

Ingrediente: Cualquier sustancia o producto, incluidos los aditivos, que se emplee en la fabricación o preparación de un alimento o bebida no alcohólica y esté presente en el producto final, transformado o no.

Inocuo: A lo que no hace o causa daño a la salud.

Lactosa: Azúcar propio de la leche.

Lactosuero: Es el subproducto líquido obtenido de la fabricación de queso y mantequilla, sometido a pasteurización y que puede o no ser deshidratado.

Leche entera: Es el producto sometido o no al proceso de estandarización, a fin de ajustar el contenido de grasa propia de la leche a lo que establece la presente Norma Oficial Mexicana.

Leche para consumo humano: Es la leche que debe ser sometida a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede ser sometida a operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación.

Leche parcialmente descremada, semidescremada y descremada: Son los productos sometidos al proceso de estandarización, a fin de ajustar el contenido de grasa propia de la leche a lo que establece el presente ordenamiento.

Leyendas precautorias: Cualquier texto o representación que prevenga al consumidor sobre la presencia de un ingrediente específico, sobre los daños a la salud y uso o consumo.

Lote: Alimento producido por un fabricante durante un periodo, identificado con un código específico.

Magnitud: Cualidad de una propiedad o atributo físico del producto cuando es susceptible de cuantificarse y expresarse conforme al Sistema General de Unidades de Medida (véase Referencias).

Nutrimento: Cualquier sustancia, incluyendo a las proteínas (aminoácidos), grasas (lípidos), carbohidratos (hidratos de carbono), agua, vitaminas y minerales (nutrimentos inorgánicos), consumida normalmente como componente de un alimento o bebida no alcohólica, y que:

- a) Proporciona energía;
- b) Es necesaria para el crecimiento, el desarrollo y el mantenimiento de la vida;
- c) Cuya carencia produce cambios químicos o fisiológicos característicos.

Métodos de prueba: Procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.

Microfiltración: Es el procedimiento mediante el cual se concentran las moléculas suspendidas (por ejemplo, esporas bacterianas, bacteria, células grasas) y se lleva a cabo por una membrana de 0,05 micrones a 10 micrones de porosidad, de tal forma que sólo quedan retenidas las moléculas suspendidas, lo cual se logra con presiones de 10 kPa a 50 kPa (0,1 kgf/cm² a 5 kgf/cm²).

Muestra: Unidades de producto provenientes de un lote y que representan las características y condiciones del mismo.

Ordeño: Extracción manual o mecánica de la leche, contenida en la glándula mamaria de la vaca.

Osmosis inversa: Sistema de concentración de líquidos, que consiste en hacer pasar a través de una membrana semipermeable (0,1 a 1,0 nanómetros de porosidad) aplicando una presión hidráulica para contrarrestar la presión osmótica del líquido.

Pasteurización: Al tratamiento térmico al que se somete la leche, fórmula láctea o el producto lácteo combinado, consistente en una relación de temperatura y tiempo que garantice la destrucción de organismos patógenos y la inactivación de algunas enzimas de los alimentos.

Porción: Cantidad de producto que se consume por ingestión, expresada en unidades del Sistema General de Unidades de Medida.

Proceso: Conjunto de actividades relativas a la obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación,

transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de la leche, fórmula láctea o producto lácteo combinado.

Producto preenvasado: Los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana que, cuando son colocados en un envase de cualquier naturaleza, no se encuentra presente el consumidor, y la cantidad de producto contenido en él no puede ser alterada, a menos que el envase sea modificado perceptiblemente.

Saborizante: Sustancias que imparten sabor a los alimentos de origen natural o sintético (ejemplo: extractos vegetales y de frutas, sabor artificial a plátano y fresa).

Símbolo de la unidad de medida: Signo convencional con que se designa la unidad de medida, según el Sistema General de Unidades de Medida (véase Referencias).

Submúltiplo de la unidad de medida: Fracción de una unidad de medida que está formada según el principio de escalas admitido por el Sistema General de Unidades de Medida (véase Referencias).

Sólidos lácteos: Son los componentes propios de la leche como: proteínas, caseína, lactoalbúminas, lactosa, grasa, sales minerales, entre otros.

Superficie de información: Cualquier área del envase o embalaje distinta de la superficie principal de exhibición.

Superficie principal de exhibición: Es aquella parte del envase o embalaje a la que se le da mayor importancia por ostentar la denominación y la marca comercial de la leche, fórmula láctea o producto lácteo combinado. Los fondos de los envases se pueden utilizar como superficie principal de exhibición únicamente cuando en ninguna otra parte del envase se coloque información comercial.

Unidad de medida: Valor de una magnitud para la cual se admite por convención que su valor numérico es igual a 1.

Ultrafiltración: Proceso de concentración semejante a la ósmosis inversa, pero que se lleva a cabo por una membrana de 1 nanómetro a 200 nanómetros de porosidad, por lo que sólo quedan retenidas las moléculas de alto peso molecular.

Ultrapasteurización: Proceso que incluye el tratamiento térmico al que se somete la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, consistente en una relación de temperatura y tiempo que garantice la esterilidad comercial y envasado aséptico.

5. Símbolos y abreviaturas

Cuando en esta Norma Oficial Mexicana se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entiende por:

°C grados Celsius

°H grados Horvet

g gramo

mL mililitros

g/L gramos por litro

g/mL gramos por mililitro

mg/L miligramos por litro

± más o menos

m/m masa por masa

mín. mínimo

máx. máximo

UFC/g unidades formadoras de colonias por gramo

kPa kilo pascales

MPa mega pascales

kgf/cm² kilogramos fuerza por centímetro cuadrado

% porcentaje

6. Denominación comercial y clasificación

6.1 Denominación comercial

6.1.1 Las leches se denominan comercialmente conforme a la descripción de la tabla 1:

6.1.1.1 Leche

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana, es el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación.

6.1.2 Fórmula láctea

Es el producto elaborado a partir de ingredientes propios de la leche, tales como caseína, grasa, lactosueros, agua para uso y consumo humano, con un mínimo de 22 g/L de proteína de la leche y, de ésta, el 70% de caseína, puede contener grasas de origen vegetal en las cantidades necesarias para ajustarlo a las especificaciones establecidas en las tablas 14 a 17 de la presente Norma Oficial Mexicana.

6.1.3 Producto lácteo combinado

El producto elaborado a partir de sólidos lácteos y otros ingredientes, el cual debe contener como mínimo 15 g/L de proteína propia de la leche y, de ésta, el 70% de caseína, además de cumplir con las especificaciones establecidas en las tablas 18 y 19.

Tabla 1.- Denominaciones comerciales de la leche

Denominación	Definición
Leche pasteurizada	La que ha sido sometida al proceso de pasteurización, estandarizada o no, para cumplir con las especificaciones descritas en la tabla 5.
Leche ultrapasteurizada	La que ha sido sometida al proceso de ultrapasteurización, estandarizada o no, para cumplir con las especificaciones descritas en la tabla 5.
Leche microfiltrada ultra	Leche que se obtiene de la fase de leche descremada separada, microfiltrada y pasteurizada y posteriormente adicionada o no de crema ultrapasteurizada. El uso de empaques y envases asépticos protegen al producto de reincidencia de infecciones y reducen al mínimo cualquier modificación ya sea fisicoquímica u organoléptica. El producto final, o sea, la leche comercialmente estéril, cumple con las especificaciones contenidas en la tabla 5.

Leche evaporada	La que ha sido obtenida por la eliminación parcial del agua de la leche hasta obtener una determinada concentración de sólidos de leche no grasos y grasa butírica, estandarizada o no, para cumplir con las especificaciones de la tabla 6.
Leche condensada azucarada	La que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de la leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica y sólidos totales, ajustándose a las especificaciones descritas en la tabla 6.
Leche en polvo o leche deshidratada	La que ha sido sometida a un proceso de deshidratación, estandarizada o no, para cumplir con las especificaciones descritas en la tabla 6.
Leche rehidratada	La que se obtiene mediante la adición de agua para uso y consumo humano o purificada a la leche en polvo, y estandarizada con grasa butírica en cualquiera de sus formas, en las cantidades suficientes para que cumpla con las especificaciones descritas en la tabla 7.
Leche reconstituida	La elaborada a partir de leche en polvo descremada o ingredientes propios de la leche, tales como caseína, grasa butírica, lactosuero, agua para uso y consumo humano, con un contenido mínimo de 30 g por litro de proteína propia de la leche y 70% de caseína con respecto a proteína total, pudiendo contener grasa vegetal, en las cantidades necesarias para ajustar el producto a las especificaciones de composición y sensoriales de la leche descritas en la tabla 7.

Leche deslactosada	La que ha sido sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa, por medios enzimáticos, en glucosa y galactosa; para cumplir con las especificaciones descritas en las tablas 7 y 10.
Leche concentrada	La que se obtiene por la remoción parcial de agua de la leche, ya sea por ultrafiltración, ósmosis inversa o por la adición de productos propios de la leche hasta alcanzar la concentración deseada, para cumplir con las especificaciones descritas en la tabla 6.
Leche con grasa vegetal	La elaborada a partir de leche, a la cual se le sustituye la mayor parte de la grasa butírica por grasa vegetal comestible, en las cantidades necesarias para ajustar el producto a las especificaciones de composición y sensoriales descritas en la tabla 12 y 13 y lo establecido en el inciso 7.5.
Leche saborizada (Con sabor a ... o sabor a ...)	Cualquiera de las denominaciones incluidas en la presente norma oficial mexicana, a la que se ha incorporado de otros ingredientes como saborizantes, edulcorantes y colorantes naturales o artificiales, y que contiene al menos 85% de leche apta para consumo humano, para cumplir con las especificaciones descritas en las tablas 8, 9, 10 y 11.

6.2 Clasificación

Las clasificaciones de leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, para consumo humano, son las que se describen en las tablas 2, 3 y 4:

Tabla 2.- Clasificación para leche

	Tipo de grasa	Proceso primario	Proceso secundario	Sabor

Leche	<ul style="list-style-type: none"> Grasa Butírica <ul style="list-style-type: none"> Entera Semidescremada Parcialmente descremada Descremada Grasa Vegetal <ul style="list-style-type: none"> Con grasa vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> Rehidratada Reconstituida Deslactosada 	<ul style="list-style-type: none"> Pasteurizada Ultrapasteurizada Microfiltrada Ultra Evaporada Condensada Azucarada Deshidratada o en polvo Concentrada 	<ul style="list-style-type: none"> Con sabor a ... Sabor a ...
-------	---	--	---	--

Nota: Para el caso de la leche, la denominación del producto debe incluir la clasificación por el tipo de grasa (grasa butírica o vegetal), debe incluir, de haberlo, algún proceso primario y en todos los casos, debe incluir cuando menos un proceso secundario y para el caso de la leche saborizada, indicarlo en la etiqueta.

Tabla 3.- Clasificación de fórmula láctea

	Tipo de grasa	Proceso primario	Proceso secundario	Sabor
Fórmula láctea	<ul style="list-style-type: none"> Fórmula láctea Fórmula láctea con grasa vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> Rehidratada Reconstituida Deslactosada 	<ul style="list-style-type: none"> Pasteurizada Ultrapasteurizada Microfiltrada Ultra Evaporada Condensada Azucarada Deshidratada o en polvo Concentrada 	<ul style="list-style-type: none"> Con sabor a ... Sabor a ...

Nota: Para el caso de la fórmula láctea, la denominación del producto debe incluir la clasificación por el tipo de grasa (grasa vegetal), debe incluir, de haberlo, algún proceso primario y en todos los casos, debe incluir cuando menos un proceso secundario y para el caso del producto de fórmula láctea, indicar en la etiqueta.

Tabla 4.- Clasificación de producto lácteo combinado

	Tipo de grasa	Proceso primario	Proceso secundario	Sabor y/o combinada con otros ingredientes
Producto Lácteo combinado	<ul style="list-style-type: none"> • Producto Lácteo Combinado • Con grasa vegetal 	Rehidratado Reconstituido Deslactosado	Pasteurizado Ultrapasteurizado o Microfiltrado Ultra Evaporado Condensado Azucarado Deshidratado o en polvo Concentrado	Con sabor a ... Sabor a ... Con ... (Ingrediente)

Nota: Para el caso del producto lácteo combinado, la denominación del producto debe incluir la clasificación por el tipo de grasa, cuando contenga grasa vegetal, debe incluir, de haberlo, algún proceso primario y en todos los casos, debe incluir cuando menos un proceso secundario y para el caso del producto lácteo combinado saborizado, indicarlo en la etiqueta.

7. Especificaciones

La leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, objeto de esta Norma deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos en las normas oficiales mexicanas vigentes (ver capítulo 3. Referencias); así como las especificaciones que se indican en las tablas de la presente Norma Oficial Mexicana.

7.1 Leches pasteurizadas, ultrapasteurizadas y microfiltrada ultra.

Estas deben cumplir con las especificaciones contempladas en la tabla 5 de la presente Norma Oficial Mexicana.

7.1.1 Las leches que contengan entre 16 g/L y 18 g/L de grasa butírica podrán denominarse leche semidescremada, siempre y cuando cumplan con todas las especificaciones de la leche parcialmente descremada contenidas en la tabla 5.

Tabla 5.- Especificaciones de leche pasteurizada, ultrapasteurizada y microfiltrada ultra

Especificaciones	Límite			Método de prueba
	Entera	Parcialment e descremada	Descremad a	
Densidad a 15°C, g/ml	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.	Véase inciso 8.9
Grasa butírica g/L	30 mín.	28 máx. 6 mín.	5 máx.	Véase incisos 8.10 y 8.8
Acidez (expresada como ácido láctico) g/L	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos de la leche, g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.	Ver inciso 8.4
Punto crioscópico °C (°H)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Ver inciso 8.1
Lactosa g/L	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	Véase inciso 8.11
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7

Caseína g/L	21 mín.	21 mín.	21 mín.	Ver inciso 8.2
Nota: La leche ultrapasteurizada y microfiltrada ultra debe tener un punto crioscópico de entre - 0,499°C (- 0,520°H) y - 0,529°C (- 0,550°H).				
Nota: En leche, la relación caseína proteína debe ser al menos de 70% (m/m).				

7.2 Las leches evaporada, condensada azucarada, en polvo o deshidratada y concentrada, deben cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 6.

7.2.1 Las leches evaporada, condensada azucarada y concentrada que contengan entre 5% m/m y 6% m/m de grasa butírica podrán denominarse leche semidescremada, siempre y cuando cumplan con todas las especificaciones de la leche parcialmente descremada contenidas en la tabla 6.

7.2.2 Asimismo, la leche en polvo que contenga entre 12% m/m y 14% m/m de grasa butírica podrá denominarse semidescremada, siempre y cuando cumpla con todas las especificaciones de la leche parcialmente descremada contenidas en la tabla 6.

Tabla 6.- Especificaciones de leche evaporada, condensada azucarada, en polvo o deshidratada y concentrada

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Método de prueba
Evaporada y/o concentrada				
Grasa butírica % (m/m)	7,5 mín	2 mín. 7 máx.	1 máx.	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Sólidos totales provenientes de la leche % (m/m)	25 mín.	20 mín.	20 mín	NOM-116-SSA1-1994
Proteínas de la leche expresadas en sólidos lácteos no grasos % (m/m)	34 mín.	34 mín.	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7

Caseína expresada en sólidos lácteos no grasos, % (m/m)	25,5 mín.	25,5 mín.	25,5 mín.	Ver inciso 8.2
Condensada azucarada				
Grasa butírica % (m/m)	8 mín.	2 mín. 7 máx.	1,5 máx.	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Sólidos totales provenientes de la leche % (m/m)	28 mín.	24 mín.	24 mín.	NOM-116-SSA1-1994
Proteínas propias de la leche expresadas en sólidos lácteos no grasos % (m/m)	34 mín.	34 mín.	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína expresada en sólidos lácteos no grasos, % (m/m)	23,8 mín	23,8 mín.	23,8 mín.	Ver inciso 8.2
En polvo (deshidratada) con o sin sabor				
Grasa butírica % (m/m)	26 mín.	1,5 mín. Inferior a 26	1,5 máx.	NMX-F-210-1971 y ver inciso 8.8
Humedad % m/m	4 máx.	4 máx.	4 máx.	NOM-184-SSA1-2002
Proteínas propias de la leche, expresada como sólido lácteos no grasos % (m/m)	34 mín.	34 mín.	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína expresada en sólidos lácteos no grasos, % (m/m)	23,8 mín.	23,8 mín.	23,8 mín.	Ver inciso 8.2

Notas:

- Para expresar el contenido de proteínas de la leche en relación a sólidos no grasos utilizar la siguiente fórmula:
- $\% \text{ de proteína m/m} = [\text{Proteína \%} / \text{Sólidos no grasos \%}] 100$
- Para determinar los sólidos totales provenientes de la leche condensada azucarada, se debe considerar el valor del azúcar adicionada, el cual se resta al valor de los sólidos totales del producto. Para la determinación de azúcares se aplica el método de prueba descrito en 8.6.

7.3 La leche rehidratada y deslactosada debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 7.

7.3.1 La leche rehidratada, reconstituida y deslactosada que contenga entre 16 g/L y 18 g/L de grasa butírica podrá denominarse semidescremada, siempre y cuando cumpla con todas las especificaciones de la leche parcialmente descremada contenidas en la tabla 7.

Tabla 7.- Especificaciones para leche rehidratada, reconstituida y deslactosada

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Métodos de prueba
Leche rehidratada				
Densidad a 15°C g/mL	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.	Véase inciso 8.9
Grasa butírica g/L	30 mín	6-28	5 máx.	Véanse incisos 8.10 y 8.8
Acidez (Expresada como ácido láctico) g/L	0,9 mín 1,5 máx.	0,9 mín. 1,5 máx.	0,9-1,5	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos de la leche g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.	Ver inciso 8.4

Lactosa g/L	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	Véase inciso 8.11
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	21 mín.	21 mín.	21 mín.	Ver inciso 8.2
Leche reconstituida				
Densidad a 15°C g/mL	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.	Véase inciso 8.9
Grasa g/L	30 mín.	6-28	5 máx.	Ver inciso 8.10 y 8.8
Acidez (Expresada como ácido láctico) g/L	0,9 mín. 1,5 mín.	0,9 mín. 1,5 máx.	0,9 mín. 1,5 máx.	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos de la leche g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.	Ver inciso 8.4
Lactosa g/L	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	Véase inciso 8.11
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	21 mín.	21 mín.	21 mín.	Ver inciso 8.2
Leche deslactosada				
Densidad a 15°C g/mL	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.	Véase inciso 8.9

Grasa g/L	30 mín	6 mín 28 máx.	5 máx.	Véanse incisos 8.10 y 8.8
Acidez (Expresada como ácido láctico) g/L	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos de la leche g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.	Ver inciso 8.4
Lactosa g/L	10 máx.	10 máx.	10 máx.	Ver inciso 8.6
Glucosa g/L	16 mín.	16 mín	16 mín.	Ver inciso 8.6
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.	Véanse Incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	21 mín.	21 mín.	21 mín.	Ver inciso 8.2

7.4 Leche con sabor

7.4.1 La leche saborizada debe cumplir como mínimo con las especificaciones técnicas del producto a que corresponda (leche pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra, rehidratada, condensada azucarada, deslactosada, que pueden ser: entera, parcialmente descremada o descremada), conforme a las especificaciones establecidas en las tablas 8, 9, 10, 11 de la presente Norma Oficial Mexicana.

La disminución del valor de la proteína debe estar en proporción directa al porcentaje de ingredientes adicionados al producto para conferir sabor, el cual debe ser no mayor al 15% de acuerdo a la denominación comercial de Leche con sabor.

Tabla 8.- Especificaciones para leche pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra y rehidratada, con sabor

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Métodos de prueba
Grasa butírica g/L	30 mín.	6 mín. 28 máx.	5 máx.	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Proteínas propias de la leche g/L	25,5 mín.	25,5 mín.	25,5 máx.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	17,85 mín.	17,85 mín.	17,85 mín.	Ver inciso 8.2

Tabla 9.- Especificaciones para leche condensada azucarada con sabor

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Métodos de prueba
Grasa butírica % m/m	8 mín.	2 mín. 7 máx.	1,5	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Sólidos totales provenientes de la leche % m/m	23 mín.	17 mín.	17 mín.	NOM-116-SSA1-1994

Proteínas propias de la leche expresadas en sólidos lácteos no grasos % m/m	34 mín.	34 mín.	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína expresada en sólidos lácteos no grasos, % m/m	23,8 mín.	23,8 mín.	23,8 mín.	Ver inciso 8.2

Tabla 10.- Especificaciones para leche deslactosada con sabor

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Métodos de prueba
Grasa butírica g/L	30 mín.	6 mín. 28 máx.	5 máx.	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Proteínas propias de la leche, g/L	25,5 mín.	25,5 mín.	25,5 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína, g/L	17,85 mín.	17,85 mín.	17,85 mín.	Ver inciso 8.2
Lactosa, g/L	8,5 máx.	8,5 máx.	8,5 máx.	Ver inciso 8.6

Tabla 11.- Especificaciones para leche evaporada o concentrada, con sabor

Especificaciones	Entera	Parcialmente descremada	Descremada	Métodos de prueba

Grasa butírica % (m/m)	7,5 mín	2 mín. 7 máx.	1 máx.	NOM-86-SSA1-1994
Sólidos totales provenientes de la leche % (m/m)	23 mín	19 mín.	19 mín.	NOM-116-SSA1-1994
Proteínas de la leche expresadas en sólidos lácteos no grasos % (m/m)	34 mín.	34 mín.	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína expresada en sólidos lácteos no grasos, % (m/m)	25,5 mín	25,5 mín	25,5 mín	Ver inciso 8.2

7.5 Leche con grasa vegetal

La leche con grasa vegetal debe cumplir con las especificaciones descritas en las tablas 12 y 13.

La leche rehidratada, reconstituida, deslactosada, evaporada, concentrada, condensada azucarada, con grasa vegetal, debe cumplir con las especificaciones de las tablas 6 a la 11, con excepción de la grasa, aplicando la clasificación correspondiente.

Tabla 12.- Especificaciones para leche con grasa vegetal pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra y deslactosada

Especificaciones	Con grasa vegetal	Métodos de prueba
------------------	-------------------	-------------------

Proteínas propias de la leche, g/L	30 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína, g/L	21 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa, g/l	Lo declarado en la etiqueta	Ver incisos 8.10 y 8.8
Densidad, g/L	1,029 mín.	NMX-F-424-S-1982, ver inciso 8.9
Acidez, g/L	0,9-1,5	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos, g/L	83 mín.	Ver inciso 8.4
Lactosa, g/L	43-50	Ver inciso 8.11

Nota: Para el caso de leche deslactosada, no aplica la acidez y el contenido de lactosa es de 10 g/L máximo y glucosa 16 g/L mínimo.

Tabla 13.- Especificaciones para leche con grasa vegetal en polvo o deshidratada con o sin sabor

Especificaciones	Con grasa vegetal	Métodos de prueba
Proteína propia de la leche expresadas como sólidos no grasos % m/m	34 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína expresada en sólidos no grasos % m/m	23,8 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa % (m/m)	Lo declarado en la etiqueta	Ver inciso 8.10 y 8.8
Humedad % (m/m)	4 máx.	NOM-184-SSA1-2002

7.6 Especificaciones para fórmula láctea

7.6.1 La fórmula láctea pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra y rehidratada debe cumplir con las especificaciones descritas en la Tabla 14.

Tabla 14.- Especificaciones para fórmula láctea pasteurizada, ultrapasteurizada, microfiltrada ultra y rehidratada

Especificaciones	Fórmula láctea	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, g/L	22 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	15,4 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa g/L	Lo declarado en la etiqueta	Inciso 8.10 y 8.8
Densidad g/mL	1,029 mín.	NMX-F-424-S-1982, ver inciso 8.9
Acidez g/L	0,9-1,5	Ver inciso 8.3
Sólidos no grasos g/L	83 mín.	Ver inciso 8.4
Lactosa g/L	55 mín.	Ver inciso 8.11

7.6.2 La fórmula láctea concentrada debe cumplir con las especificaciones descritas en la Tabla 15.

Tabla 15.- Especificaciones para fórmula láctea concentrada (50/50):

Especificaciones	Fórmula láctea concentrada	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, g/L	44 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	30,8 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa g/L	Lo declarado en la etiqueta	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Sólidos no grasos g/L	166 mín.	Ver inciso 8.4
Lactosa g/L	110	Ver inciso 8.11

7.6.3 La fórmula láctea en polvo o deshidratada debe cumplir con las especificaciones descritas en la Tabla 16.

Tabla 16.- Especificaciones para fórmula láctea en polvo o deshidratada

Especificaciones	Fórmula láctea en polvo o deshidratada	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, % (m/m)	22 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína % (m/m)	15,4 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa % (m/m)	Lo declarado en la etiqueta	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8
Humedad % (m/m)	4 máx.	NOM-184-SSA1-2002

7.6.4 La fórmula láctea saborizada debe cumplir con las especificaciones descritas en la Tabla 17.

Tabla 17.- Especificaciones para fórmula láctea con sabor

Especificaciones	Fórmula láctea saborizada	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, g/L	22 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	15,4 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa g/L	Lo declarado en la etiqueta	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8

7.7 Especificaciones para producto lácteo combinado

7.7.1 El producto lácteo combinado pasteurizado, ultrapasteurizado o microfiltrado ultra, debe cumplir con lo descrito en la Tabla 18.

Tabla 18.- Especificaciones para producto lácteo combinado pasteurizado, ultrapasteurizado o microfiltrado ultra

Especificaciones	Producto lácteo combinado	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, g/L	15 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína g/L	10,5 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa g/L	Lo declarado en la etiqueta	NOM-086-SSA1-1994 y ver inciso 8.8

7.7.2 El producto lácteo combinado en polvo o deshidratado debe cumplir con lo descrito en la Tabla 19.

Tabla 19.- Especificaciones para producto lácteo combinado en polvo o deshidratado

Especificaciones	Producto lácteo combinado	Métodos de prueba
Proteínas propias de la leche, % (m/m)	15 mín.	Véanse incisos 8.5 y 8.7
Caseína % (m/m)	10,5 mín.	Ver inciso 8.2
Grasa % (m/m)	Lo declarado en la etiqueta	NOM-086-SSA1-1994
Humedad % (m/m)	4 máx.	NOM-184-SSA1-1994

Nota: Cuando en la expresión del resultado de los métodos de prueba descritos o referenciados en esta NOM indiquen unidades de medida, las cuales no coincidan con las unidades de medida establecidas en las especificaciones de las tablas

incluidas en esta Norma Oficial Mexicana, se debe realizar la conversión correspondiente.

8. Métodos de prueba

Para la verificación de las especificaciones que se establecen en esta Norma, se deben aplicar las normas mexicanas que se indican en el capítulo 3, Referencias, o los métodos de prueba que a continuación se establecen:

8.1 Determinación del índice crioscópico

8.1.1 Fundamento

El principio en el cual se basa la técnica de la crioscopia es la Ley de Raoult, que señala, que tanto el descenso crioscópico, como el ascenso ebulloscópico, están determinados por la concentración molecular de las sustancias disueltas.

Al enfriar una solución diluida se alcanza eventualmente una temperatura en la cual el solvente sólido (soluto) comienza a separarse. La temperatura a la cual comienza tal separación se conoce como punto de congelación de la solución.

8.1.2 Reactivos y materiales

8.1.2.1 Reactivos

- Solución patrón de sacarosa al 7%, $-0,407^{\circ}\text{C}$ ($0,422^{\circ}\text{H}$), solución patrón de sacarosa al 10%, $-0,598^{\circ}\text{C}$ ($-0,621^{\circ}\text{H}$), solución patrón de verificación $-0,510^{\circ}\text{C}$ ($-0,530^{\circ}\text{H}$)
- Solución patrón de sacarosa al 10% $-0,001\ 80^{\circ}\text{C}$ ($-0,621^{\circ}\text{H}$)
- Solución patrón de verificación $-0,001\ 89^{\circ}\text{C}$ ($-0,530^{\circ}\text{H}$)
- Líquido congelante para baño del crioscopio

Nota.- Las soluciones patrón y el líquido anticongelante pueden adquirirse comercialmente.

8.1.2.2 Materiales

- Pipetas volumétricas de 2 mL
- Termómetro (-10°C)
- Tubos para crioscopio

8.1.3 Equipo

- Crioscopio con termisor
- Tubos para crioscopio

- Termómetro (-10°C)

8.1.4 Preparación y acondicionamiento de la muestra

8.1.4.1 Preparación del líquido congelante para el baño del crioscopio

Se prepara a partir de anticongelante comercial siguiendo las indicaciones que vienen en la etiqueta.

Por ejemplo:

Para obtener un punto de congelación de -9°C se deben mezclar 25% de anticongelante con 75% de agua destilada.

8.1.4.2. Preparación de las muestras

La muestra de leche no requiere de ninguna preparación especial. Se puede utilizar leche entera, aunque la leche descremada proporciona resultados más consistentes. Las pruebas siempre se deben comenzar con las muestras a temperatura ambiente; si es necesario emplear muestras directamente del refrigerador, las soluciones patrón también deben enfriarse hasta alcanzar la misma temperatura. Para evitar el congelamiento prematuro debido a la presencia de grasa congelada en las muestras, calentar éstas a una temperatura de 30°C a 38°C o permitir que se separe la leche y probar la porción baja en grasa.

Nota. - La cantidad de muestra utilizada es crítica, debido a que diferentes volúmenes de muestra requieren de distintas calibraciones; por esta razón las muestras deben ser medidas siempre cuidadosamente para obtener cantidades uniformes, pero no necesariamente exactas.

8.1.4.3 Preparación de las soluciones patrón

Guardar las soluciones patrón en envases de polietileno a temperatura ambiente. Utilizar siempre agua destilada a una temperatura de 20°C.

Solución patrón de sacarosa al 7%, determinar la masa de exactamente 7,0 g de sacarosa pura en un matraz volumétrico de 100 mL y diluir al volumen con agua a una temperatura de 20°C, o determinar la masa de 100 g de agua en un matraz volumétrico de 100 mL y agregar exactamente 0,689 2 g de cloruro de sodio grado reactivo previamente secado y enfriado.

Solución patrón de sacarosa al 10%, determinar la masa de exactamente 10,0 g de sacarosa pura en un matraz volumétrico de 100 mL y diluir al volumen con agua a

una temperatura de 20°C o determinar la masa de 100 g de agua en un matraz volumétrico de 100 mL y agregar exactamente 1,020 6 g de cloruro de sodio grado reactivo previamente secado y enfriado.

8.1.5 Procedimiento

Verificar antes de iniciar las determinaciones el nivel del líquido congelante y la temperatura del mismo a -7°C.

Verificar la calibración del instrumento con ambas soluciones patrón.

Nota. - Para las verificaciones antes señaladas y la operación del equipo, seguir las instrucciones del fabricante.

Enjuagar el tubo con la muestra a analizar.

Medir 2 mL de muestra dentro del tubo.

Colocar el tubo en el contenedor del elevador y presionar el botón de control principal.

Leer y apuntar la lectura que aparece en la pantalla (resultado). Si hay duda en alguna lectura obtenida, repetir la determinación pudiendo haber una variación de ± 2 entre una lectura y otra.

Retirar el tubo y limpiar perfectamente el sensor, el alambre, el mandril y la parte superior del elevador antes de cada determinación, enjuagando con agua destilada y secando posteriormente.

Al terminar todas las determinaciones, limpiar el sensor, el alambre, el mandril y la parte superior del elevador, colocar un tubo vacío en el contenedor para evitar la evaporación en el baño de congelación, bajar el cabezal presionando el botón control principal y apagar el instrumento.

8.1.6 Cálculos y expresión de resultados

8.1.6.1 Cálculos

El resultado obtenido debe cumplir con lo especificado para cada tipo de leche.

Cuando el crioscopio ha sido calibrado con soluciones estándares de sacarosa al 7%, -0,407°C (-0,422°H) y sacarosa al 10%, -0,598°C (-0,621°H), para convertir a °C la lectura se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{C} = [0,191\ 5 \times (-L) - 0,00047851)] / 0,199$$

donde:

L es la lectura directa del aparato en °H como valor absoluto.

Nota. - El punto crioscópico de la leche fresca es de -0,510°C (-0,530°H) a -0,536°C (-0,560°H) con valor promedio de -0,526°C (0,545°H) valores menores a -0,510°C (-0,530°H). Si el valor es superior a -0,536°C (-0,560°H) se sospecha la adición de sales.

Es importante remarcar que entre una lectura y otra de una misma muestra no debe existir una diferencia mayor de $\pm 0,002^\circ\text{H}$.

8.1.6.2 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir los datos indicados en el inciso 8.1.6.1.

8.2 Determinación de caseína en leche

8.2.1 Fundamento

La caseína se precipita con ácido acético en su punto isoelectrico a pH 4,6 y posteriormente se cuantifica por el método de Kjeldahl-Gunning. La caseína y demás materias orgánicas son oxidadas por el ácido sulfúrico y el nitrógeno orgánico de las proteínas se fija con sulfato de amonio; esta sal se hace reaccionar con una base fuerte para desprender amoniaco que se destila y se recibe en un ácido débil, en el cual se puede titular el amoniaco con un ácido fuerte. En este método de Kjeldahl-Gunning, se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión.

8.2.2 Reactivos y materiales

8.2.2.1 Reactivos

- Ácido acético (1:9)
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico 93% a 98% (libre de nitrógeno)
- Granallas de zinc grado reactivo
- Indicador de Wesslow
- Sulfato de cobre
- Sulfato de sodio anhidro grado reactivo

8.2.2.1.1 Preparación del indicador Wesslow

Mezclar dos partes de a y una parte de b ,

a) Rojo de metilo al 0,2% en una mezcla de 60 mL de alcohol etílico y 40 mL de agua ($(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{N}=\text{NC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ y $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ y H_2O).

b) Azul de metileno al 0,2% en agua $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}\cdot\text{Cl}_2\text{Zn}\cdot\text{H}_2\text{O}$.

8.2.2.2 Materiales

- Bureta de 50 mL.
- Espátula.
- Embudo de filtración.
- Vaso de precipitado de 100 mL.
- Probeta de 100 mL y 250 mL.
- Papel filtro de filtración lenta con retención de cristales finos.
- Pipeta de 1,0 mL.
- Matraces Kjeldhal de 500 mL.
- Matraces Erlenmeyer de 500 mL.
- Agitador magnético.

8.2.3 Equipo

- Balanza analítica con exactitud de 0,1 mg
- Digestor-destilador de Kjeldhal

8.2.4 Preparación de la muestra

La reconstitución de la leche en polvo se deberá realizar de la siguiente forma:

Pesar un gramo de la leche en polvo en un vaso de precipitado de 100 ml, disolver completamente con agua de 40°C a 42°C, dejar reposar 10 min y posteriormente adicionar 0,30 mL de ácido acético 1:9, mezclar suavemente por rotación y dejar reposar de 3 min a 5 min.

8.2.5 Procedimiento

Medir 10 mL de leche en un vaso de precipitados de 100 ml adicionar 90 mL de agua destilada de 40°C a 42°C e inmediatamente adicionar aproximadamente 1,5 mL de solución de ácido acético (1:9) hasta llegar a un pH de 4,6, mezclar suavemente.

Continuar conforme al procedimiento indicado en el inciso 8.5 o de acuerdo a la NMX-F-608-NORMEX-2002.

8.2.6 Expresión de resultados

El nitrógeno presente en la muestra, expresado en porcentaje se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = V \times N \times 0,14 \times 100 / M$$

donde:

M es el volumen o peso de la muestra.

V es el volumen gastado en la muestra-Volumen gastado en el blanco.

N es la normalidad del ácido clorhídrico.

0,014 son los miliequivalentes del nitrógeno;

El porcentaje de proteínas se obtiene multiplicando el % de nitrógeno obtenido por el factor de 6,38. Para convertir el porcentaje de proteína en g/L de caseína se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína (m/m)} = \% \text{ Caseína}$$

$$\text{g/L Caseína} = \% \text{ de Proteína} \times 10 \times \text{densidad de la leche.}$$

8.3 Determinación de acidez

8.3.1 Fundamento

La leche generalmente tiene una acidez de 1,3 a 1,7 g/L expresada en ácido láctico.

La acidez normal de la leche se debe principalmente a su contenido de caseína (0,05-0,08%) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0,01-0,02%), los citratos (0,01%) y la albúmina (menos de 0,001%).

La acidez se mide con base a una titulación alcalimétrica con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando fenoltaleína como indicador o, en su caso, utilizando un potenciómetro para detectar el pH de 8,3 que corresponde al fin de la titulación.

8.3.2 Reactivos y materiales

8.3.2.1 Reactivos

- Hidróxido de Sodio 0,1 N (valorado) NaOH
- Solución indicadora al 1% de fenoltaleína (C₆H₄OH)₂COC₆H₄CO)
- Alcohol etílico (C₂H₅OH)
- Solución indicadora al 0,12% de cloruro o acetato de rosanilina
- Solución buffer pH 7
- Solución buffer pH 10

8.3.2.1.1 Preparación de soluciones

- Solución de fenolftaleína al 1%. Pesar 1,0 g de fenolftaleína en 100 mL de alcohol etílico (96°G. L).
- Solución indicadora de cloruro o acetato de rosanilina al 0.12%. Pesar 0,12 de cloruro o acetato de rosanilina y disolverlo con alcohol etílico al 95% (v/v), adicionar 0,5 mL de ácido acético glacial y llevar a un volumen de 100 mL. Diluir 1 mL de esta solución con 500 mL de alcohol etílico al 95%.

Almacenar ambas soluciones en frasco color ámbar.

8.3.2.2 Materiales

- Pipeta graduada de 10 mL
- Pipeta volumétrica de 20 mL
- Matraz de 125 mL

8.3.4. Equipo

- Bureta de 50 mL graduada en 0,1 mL.
- Potenciómetro

8.3.5. Procedimiento

Medir 20 mL de muestra en un matraz. Adicionar 40 mL de agua libre de CO₂. Añadir 2 mL de fenolftaleína y titular con hidróxido de sodio 0,1 N hasta la aparición de un color rosado persistente, cuando menos un minuto, empleando como guía de color una muestra de control de acetato o cloruro de rosanilina preparada de la siguiente manera:

Para el caso potenciométrico medir 20 mL de muestra adicionar 40 mL de agua libre de CO₂ y titular con hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH de 8,3.

8.3.6. Cálculos y expresión de resultados

La acidez presente en la muestra, expresada en g/L, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez (g/L)} = \frac{V \times N \times 90}{M}$$

donde:

- V son los mililitros de solución de NaOH 0,1 N, gastados en la titulación.
- N es la normalidad de la solución de NaOH.

M es el volumen de la muestra en mL.

8.4 Determinación de sólidos no grasos

8.4.1 Fundamento

Una vez determinado el contenido de sólidos totales de la leche y el contenido de grasa, se determina el contenido de sólidos no grasos por cálculo, ya que los sólidos no grasos están formados por lactosa, proteínas y sales minerales.

8.4.2. Reactivos y material

No se requiere

8.4.3. Equipo

No se requiere

8.4.4. Procedimiento

Determinar los sólidos totales de acuerdo con la NOM-116-SSA1-1994 y el contenido de grasa de acuerdo con el inciso 8.10 de la presente Norma, o la NMX-F-210-1971, o la NOM-086-SSA1-1994, según sea el caso.

8.4.5. Cálculos y expresión de resultados

Los sólidos no grasos presentes en la muestra, expresados en porcentaje, se calculan utilizando las siguientes fórmulas:

$\% \text{ sólidos totales} = 100 - \% \text{ humedad}$

$\% \text{ de sólidos no grasos} = \% \text{ de sólidos totales} - \% \text{ de grasa}$

Para convertir el % de sólidos totales en g/L se utiliza la siguiente fórmula:

$\text{Sólidos totales g/L} = \% \text{ sólidos totales} \times 10 \times \text{densidad de la leche}$

donde:

La expresión densidad de la leche se determina con el método de prueba NMX-F-424.

8.5 Determinación de proteínas por micro Kjeldahl.

8.5.1 Fundamento

Este método se basa en la descomposición de los compuestos de nitrógeno orgánico por ebullición con ácido sulfúrico. El hidrógeno y el carbón de la materia orgánica se oxidan para formar agua y bióxido de carbono. El ácido sulfúrico se transforma en sulfato, el cual reduce el material nitrogenado a sulfato de amonio.

El amoníaco se libera después de la adición de hidróxido de sodio y se destila recibiendo en una solución al 2% de ácido bórico. Se titula el nitrógeno amoniacal con una solución valorada de ácido, cuya normalidad depende de la cantidad de nitrógeno que contenga la muestra. En este método se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de potasio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión.

8.5.2 Reactivos y materiales

8.5.2.1 Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado al 98% (libre de nitrógeno)
- Hidróxido de sodio al 40%
- Sulfato de Potasio
- Sulfato de Cobre pentahidratado
- Acido bórico al 2%
- Solución de ácido clorhídrico 0,1N
- Indicador Wesslob
- Tabletas Kjeldahl comerciales

8.5.2.2 Materiales

- Probeta de 50 mL
- Material común de laboratorio

8.5.3 Equipo

- Equipo de digestión con control de temperatura ajustable
- Unidad de destilación y titulación, para aceptar tubo de digestión de 250 mL y frascos para titulación de 500 mL
- Tubos de digestión y destilación

8.5.4 Preparación de la muestra

Agregar al tubo de digestión 12 g de sulfato de potasio y 1 g de sulfato de cobre pentahidratado. Calentar la leche a $38^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Mezclar la muestra para homogeneizar. Pesar $5 \text{ mL} \pm 0,1 \text{ mL}$ de la muestra caliente e inmediatamente colocarla en el tubo de digestión. (Nota: Los pesos deben ser registrados con una exactitud de 0,0001 g). Adicionar 20 mL de ácido sulfúrico. Cada día se deberá correr un blanco (todos los reactivos sin muestra).

8.5.5 Procedimiento

8.5.5.1 Digestión

Al inicio se fija una temperatura baja en el equipo de digestión (180 a 230°C) para evitar la formación de espuma. Se colocan los tubos, con el extractor conectado en el equipo de digestión. El vacío debe ser suficientemente bueno para eliminar los vapores. Digerir por 30 minutos o hasta que se formen vapores blancos. Incrementar la temperatura de 410 a 430°C y digerir hasta que se aclare la solución. Podría ser necesario incrementar la temperatura en forma gradual, cada 20 minutos, para el control de la espuma. Evitar que la espuma dentro del tubo alcance el extractor o llegue a una distancia de 4-5 cm del borde superior del tubo. Después de que la solución se aclare (cambio de color azul claro a verde), continúe la ebullición cuando menos por una hora. El tiempo aproximado de digestión es de 1,75 a 2,5 horas. Al término de la digestión, la solución debe ser clara y libre de material sin digerir. Enfriar la solución a temperatura ambiente (aproximadamente por 25 minutos). La solución digerida debe ser líquida con pequeños cristales en el fondo del tubo (la cristalización excesiva indica poco ácido sulfúrico residual al fin de la digestión y podría generar bajos resultados. Para reducir las pérdidas de ácido durante la digestión, reducir la tasa de extracción de vapores). Después de enfriar la solución a temperatura ambiente, adicionar 85 mL de agua (el blanco puede requerir 100 mL) a cada tubo, tape para mezclar y deje enfriar a temperatura ambiente.

Cuando se adiciona agua a temperatura ambiente se pueden formar algunos cristales, para después integrarse nuevamente a la solución; esto es normal. Los tubos se pueden tapar para llevar a cabo la destilación posteriormente.

8.5.5.2 Destilación

Coloque la solución de hidróxido de sodio al 50% (o 40%) en el depósito de álcali de la unidad de destilación. Ajuste el volumen de dosificación a 55 mL de NaOH al 50% (65 mL en el caso de NaOH al 40%). Coloque el tubo de digestión que contiene la solución en la unidad de destilación. Coloque un matraz Erlenmeyer de 500 mL con 50 mL de la solución de ácido bórico al 4% con indicador sobre la plataforma de recepción, asegurando que el tubo del condensador se encuentre dentro de la solución de ácido bórico. Destilar hasta obtener un volumen de ≥ 150 mL. Retirar el

matraz de recepción. Titular el destilado con HCl 0,1N utilizando el indicador Wesslob o el potenciómetro. Registrar el volumen utilizado de HCl con una exactitud de 0,05 mL.

8.5.5.3 Correr como estándar glicina o triptófano y sulfato de amonio con pureza de 99% para determinar el porcentaje de recuperación del método.

% recuperación sulfato de amonio = 99%

Glicina = 98%

8.5.6 Cálculos y expresión de resultados

El nitrógeno presente en la muestra, expresado en porciento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0,014 \times 100}{M}$$

donde:

V es el volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación, en mL.

N es la normalidad del ácido clorhídrico.

M es la masa de la muestra en gramos.

0,014 son los miliequivalentes del nitrógeno.

El porcentaje de proteínas se obtiene multiplicando el % de nitrógeno obtenido por el factor de 6,38.

Nota. - Para convertir el % de proteína a g/L debe aplicarse la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína en g/L} = \% \text{ de proteína} \times 10 \times \text{densidad de la leche}$$

8.6 Determinación de Fructuosa, Glucosa, Lactosa, Maltosa y Sacarosa en leche condensada azucarada y deslactosada. Método de Cromatografía Líquida.

8.6.1 Fundamento

Determinar la concentración de cada azúcar en la muestra por cromatografía líquida, comparando contra el área del estándar correspondiente, utilizando el mismo método de medición.

8.6.2 Reactivos y materiales

8.6.2.1 Reactivos

- Acetonitrilo grado HPLC.

- Solución de Ácido sulfúrico 0,9 N.
- Patrón de referencia de lactosa.
- Patrón de referencia de fructuosa.
- Patrón de referencia de glucosa.
- Patrón de referencia de maltosa.
- Patrón de referencia de sacarosa.

8.6.2.2.1 Preparación de soluciones

Solución de Acetonitrilo-agua (55:45) fase móvil: adicionar 550 ml de acetonitrilo dentro de un matraz volumétrico de 1000 ml. Adicionar 450 ml de agua desionizada (no se debe medir un reactivo en una probeta y después aforar con el otro). Filtrar la solución a través de una membrana de 0,20 μm . Agitar ocasionalmente durante la filtración para facilitar el desgasificado o bien usar ultrasonido.

Solución estándar de azúcar 1 g/mL. Seque los estándares de los azúcares individuales por 12 horas a 60°C bajo condiciones de vacío. Disuelva en agua y diluya en forma seriada a la concentración de 1 g/mL, adicionar 1 mL de ácido sulfúrico 0,90 N. Esta solución debe ser preparada diariamente. La curva de calibración debe ser preparada de acuerdo a la concentración esperada de azúcares presentes en la muestra. Inyectar cada estándar y registrar el área o altura obtenida. Realizar el estadístico de la regresión, el cual debe ser mayor del 0,995. Se calcula la ecuación de la recta.

8.6.2.2 Materiales

- Pipetas de 1 mL a 10 mL, clase A.
- Probetas graduadas de 1 L.
- Embudos de 6 cm de diámetro.
- Membranas filtrantes de 0,20 μm y 0,45 μm .
- Papel filtro de filtrado rápido cuantitativo, 11 cm de diámetro, Whatman número 41 o equivalente.
- Matraces Erlenmeyer de 50 y 1000 mL.
- Matraces volumétricos de 1000 mL.
- Pipeta Pasteur de 22,9 cm.
- Viales con tapa.

8.6.3 Equipo

- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
- Sistema de cromatografía líquida de alta resolución, con detector de índice de refracción.
- Precolumna de acero inoxidable 2 x 2 mm, empacada con sílica base, enlace amino.
- Columna de HPLC 250 x 4,6 mm con fase estacionaria, base aminada con diámetro de partícula de 5 μm o equivalente.

8.6.4 Preparación de la muestra

Humectar una pipeta de 10 mL con 2 mL de agua. Retirar el exceso y enjuagar con la muestra de leche. Llenar la pipeta hasta 9,5 mL y vaciar dentro de un matraz volumétrico seco de 100 mL previamente tarado. Usar una pipeta Pasteur y adicionar gota a gota hasta alcanzar un peso de $10,0000 \pm 0,0030$ g. Adicionar 1 mL de ácido sulfúrico 0,9 N dentro del matraz y mezclar. Se forma un precipitado. Diluir la muestra hasta el aforo, tapar el matraz y agitar vigorosamente por 20 segundos. Dejar reposar el contenido del matraz hasta que haya una separación de fases. Filtrar alrededor de 29 ml de muestra dentro de un matraz Erlenmeyer de 50 mL descartando los primeros 5 mL filtrados. Pasar una parte del filtrado por una membrana de 0,45 μm y colocarlo dentro de un vial.

8.6.5 Procedimiento

Se sugieren los siguientes parámetros de operación:

La columna debe encontrarse a temperatura ambiente, la fase móvil debe tener un flujo de 2 mL/min aproximado, la presión no debe exceder de las 176 MPa (2,500 psi). Llevar a cero el detector. Inyectar 15 μl de la muestra, realizar por duplicado la determinación. El flujo de la columna y la presión deberán ser los óptimos dependiendo de cada sistema para tener resoluciones mínimas de 1,0 entre cada componente de interés.

8.6.6 Cálculo y expresión de resultados

Determinar la concentración de cada azúcar mediante la ecuación de la recta generada por los estándares de calibración.

8.7 Método de separación de las proteínas de la leche y determinación de la adulteración

8.7.1 Introducción

El monitoreo de la adulteración de la leche se puede realizar separando las diferentes proteínas presentes en el suero y la grasa. El método que se puede usar exitosamente para este tipo de prueba es la técnica de Electroforesis Capilar. Esta técnica se aplica para cualquier tipo de adulteración proteica.

8.7.2 Fundamento

El perfil de proteínas obtenido por Electroforesis Capilar es característico del origen de la leche. Generando tal perfil, se puede determinar si existe una adulteración y cuál es el origen y la proporción de ésta. Esta técnica permite la separación simultánea de las proteínas del suero (lactoalbúmina y lactoglobulina) y las de la grasa (caseínas). Comparando los perfiles estándares de leche de vaca con los perfiles de muestras desconocidas y perfiles de productos adulterantes posibles se determina el tipo de adulteración. La adulteración se determina la proporción de adulterante utilizando curvas estándares generadas con muestras artificiales en diferentes proporciones de adulterante.

8.7.3 Reactivos y materiales

8.7.3.1 Reactivos

- Fosfato de potasio, grado analítico, monobásico, KH_2PO_4
- Fosfato de potasio, grado analítico, dibásico, K_2HPO_4
- Ácido fosfórico H_3PO_4
- Hidroxipropilmetilcelulosa, viscosidad 15, 000 cps
- Urea
- Agua desionizada
- Ácido Clorhídrico, HCl, 0.1 N
- Ditioneitol (DTT)
- Soluciones estándares de leches
- Soluciones estándares de los productos adulterantes

8.7.3.1.1 Preparación de soluciones

Solución Urea 6 M y Fosfato de potasio 0,005 M. Se mezclan 36 g de urea y 87 mg de fosfato de potasio dibásico con 100 mL de agua desionizada, el pH ajustándose a 8. Guardar la solución en refrigeración (2-8°C).

Solución DDT 0.2 M. Mezclar 309 mg de DDT con 10 mL de agua. Agitar para diluir el DDT y guardar en diferentes alícuotas en refrigeración (2-8°C).

Solución Madre de fosfato con urea. Mezclar 1,36 g de fosfato de potasio monobásico con 36 g de urea en 100 mL de agua desionizada, el PH de esta solución debe ser de 2,5. Guardar la solución, sellada, en refrigeración (2-8°C).

Solución madre de HPMC: Mezclar 0,1 de HPMC: mezclar 0,1 g de HPMC en 100 mL de agua desionizada. Agitar moderadamente la solución para permitir la solubilización del HPMC, a temperatura ambiente. Guardar la solución, sellada, en refrigeración (2-8°C).

Solución de separación. Para obtener la solución de separación, 24 horas aproximadamente antes de su uso, se mezclan 10 mL de la solución de fosfato con 10 mL de la solución de HPMC, el PH final debe ser 2,5. La solución resultante se guarda hasta su uso en un frasco cerrado a temperatura ambiente.

8.7.3.2 Materiales

- Pipetas analíticas en el rango 10-100 µL y 100 µL-1000 µL.
- Puntas para pipetas analíticas.
- Material común de laboratorio.

8.7.4 Equipo

- Sistema de electroforesis capilar con las siguientes características:
- Control de temperatura del capilar entre 15°C y 40°C.
- Sistema de inyección por presión.
- Detector Ultra Violeta con luz filtrada a 214 nm o con arreglos de diodos.
- Sistema de control del voltaje hasta 30 kV.
- Software de integración y análisis de resultados.
- Capilar de separación con las siguientes características: capilar neutro con recubrimiento interno de poliacrilamida, diámetro interno de 50 µm, longitud efectiva de 50 cm.

- Centrífuga para tubos tipo Eppendorf con las siguientes características: velocidad máxima: 14,000 RPM, presión Máxima: 18,000 g.
- Agitador magnético.
- Potenciómetro.
- Sistema de filtración a 0,2 μm .

8.7.5 Procedimiento

8.7.5.1 Preparación de la muestra

Centrifugar 3 mL de la muestra de leche a 18,000 g durante 15 min. Recuperar 1 mL de sobrenadante y mezclarlo con 4 mL de una solución 6M Urea y 0,005 M de fosfato de potasio. Agregar 10 μL de la solución de DTT 0.2 M a la muestra y agitar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Filtrar la muestra a través de un filtro de tamaño de poro 0.2 μm .

8.7.5.2 Corrida de separación

La separación se realiza en un capilar neutro (recubrimiento interno o coating de poliacrilamida) de 50 cm de longitud efectiva (longitud a la ventana de detección) y 50 μm de diámetro interno. Los pasos de la separación son los siguientes:

a) Lavado del capilar

El capilar se lava con las soluciones siguientes:

- Lavado con agua desionizada 2 minutos.
- Lavado con HCL 0.1 N 2 minutos (5 minutos cuando se usa por primera vez).
- Lavado con agua desionizada 1 minuto.
- Lavado con solución de separación 3 minutos (10 minutos cuando se usa por primera vez).

b) Inyección de la muestra

La inyección se realiza desde un vial tapado y tiene las siguientes características: inyección por presión a 0,04 MPa (0,5 psi) durante 20 s.

c) Separación de la muestra

La inyección se realiza a tensión constante de 350 V/cm durante 30 minutos, a temperatura constante de 35°C. El búfer de separación durante la corrida es la misma solución de separación pH 2,5. Las proteínas se monitorean a 214 nm de

longitud de onda de absorbancia. La polaridad es normal (cátodo a la salida del capilar).

8.7.6 Cálculos y expresión de resultados

El resultado obtenido se compara cualitativamente con los perfiles estándares de leches y adulterantes almacenados anteriormente. Se realiza una comparación, en tiempo de migración y área, entre los picos característicos de la muestra desconocida y los picos característicos de los diferentes estándares. Se determina la proveniencia de la leche, así como los probables productos adulterantes.

Para cuantificar la tasa de adulteración, se utilizan estándares artificiales, una curva de calibración (% de leche de vaca vs Área de un pico característico de la leche de vaca/área de un pico característico del adulterante (Área corregida)) para cada tipo de adulterante posible. Una vez determinada la naturaleza del adulterante por el método cualitativo, se informa la relación de áreas en la curva de calibración y se determina la tasa de adulteración.

8.8 Caracterización del perfil de ácidos grasos C-4 a C-22 aplicando el método de prueba descrito en la Norma Mexicana NMX-F-490-NORMEX-1999, así como el que a continuación se describe.

8.8.1 Fundamento

La grasa de la muestra se saponifica con una solución de KOH y acidificada con H_3PO_4 para liberar los ácidos grasos, insolubles y solubles en agua. Los ácidos grasos se separan por filtración. El ácido butírico se determina como ácido libre, por cromatografía de gases, usando estándar interno.

8.8.2 Reactivos y materiales

8.8.2.1 Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, a menos que se indique otra cosa. Cuando se hable de agua, se debe entender agua destilada o desionizada.

- Hidróxido de potasio.
- Acido fosfórico.
- Acido butírico.
- Acido valérico.

8.8.2.1.1 Preparación de soluciones

Solución de hidróxido de potasio a 0,5 N en etanol. Se pesan 4.5 g de hidróxido de potasio y disolver en 100 ml de etanol.

Solución de ácido fosfórico al 5%. Realizar los cálculos pertinentes para adicionar la cantidad exacta en ml de H_3PO_4 y adicionarlo a un matraz aforado de 250 ml llenarlo con agua hasta el aforo.

Solución estándar de ácido butírico a 0,4 mg/mL de H_2O . Pesar 0.0375 g de ácido valérico en un matraz aforado de 25 mL y llenar el matraz con agua hasta la señal del aforo.

Solución de estándar interno 0,25 mg de ácido valérico/mL de H_2O . Pesar 0.0375 g de Ac. Butírico en un matraz aforado de 25 mL y llenar el matraz con agua hasta la señal del aforo.

8.8.2.1.2 Preparación de la curva estándar

Preparar soluciones que contengan 0,008; 0,2; 0,4; 0,8; 1,4 y 2 mg de ácido butírico y 0,5 mg de ácido valérico por mL de agua.

8.8.2.2 Materiales

- Tubos de ensayo de 10 mL con rosca y tapón.
- Pipetas graduadas de 2-5 mL.
- Jeringas para inyección de muestra de 1 μ L, para cromatografía de gases.
- Material común de laboratorio.
- Viales de 1,5 mL.
- Tapones para los viales.
- Vaso de precipitado de 50 mL.
- Perlas de ebullición.
- Vidrio de reloj.
- Embudos de plástico.
- Papel filtro Whatman número 1 o equivalente. Tamaño de poro mediano de filtración media.

8.8.3 Equipo

- Cromatógrafo de Gases, con inyector capilar (split/splitless) y detector de ionización de flama (FID).

- Columna Capilar HP-FFAP (Crosslinked FFAP) 30 m X 0,25 mm de diámetro interior, 0,25 µm de grosor de película o equivalente.
- Registrador o integrador electrónico o una estación de datos con un software cromatográfico capaz de manejar información.
- Cronómetro.
- Parrilla eléctrica (Plato caliente).

8.8.4 Procedimiento

Optimizar las condiciones cromatográficas del equipo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se sugieren las siguientes:

Detector de ionización de flama (FID)

Flujo de hidrógeno (mL/min) 35

Flujo de aire (mL/min) 450

Rango 1 X 12 - 13

Temperatura °C 250

Inyector

Modo de inyección split

Temperatura °C 250

Programa de temperatura

Temperatura inicial del horno (°C) 140

Temperatura final del horno °C 140

Tiempo final (min) 17

Gas de acarreo

Tipo Nitrógeno

Presión 1,26 MPa (18 psi)

Flujo en el divisor (split)(mL/min) 12,3

Flujo (mL/min) 16,4

Relación de split 9,4:1

Nota. - Estas características pueden modificarse, dependiendo del modelo del equipo.

Se funde la grasa extraída de la leche de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 o la Norma Mexicana NMX-F-210-1971, o bien la NMX-F-387-1984, según sea el caso, ver apéndice normativo A.

Pesar 100 a 150 mg de la grasa de la muestra en un vaso de precipitado de 50 mL. Adicionar 3 mL de solución etanólica de KOH en el vaso y agregar algunas perlas de ebullición. Tapar con un vidrio de reloj, calentar en un recipiente con agua (baño María) aproximadamente 10 minutos o hasta que los glóbulos de grasa no sean visibles en la superficie. Remover el vidrio de reloj y continuar calentando hasta completar la evaporación del etanol.

Enfriar lentamente el vaso, adicionar 5 mL de agua dentro del vaso, tapar con el vidrio de reloj y agitar en forma circular para completar la disolución. Adicionar 5 mL de H₃PO₄ al vaso y agitar lentamente para coagular y precipitar los ácidos grasos. Filtrar la solución rápidamente. Del filtrado tomar 1 mL en un vial y adicionar 0,5 mL de ácido valérico de la solución de estándar interno, tapar el tubo de ensayo y mezclar el contenido.

Estabilizar la columna durante 30 min a la temperatura de análisis (140°C). Usar una microjeringa para inyectar 1 µL a la columna de la solución final. Las dos determinaciones son rápidas.

Nota. - (1) enjuagar la jeringa con agua entre análisis y completado el análisis diluir jabón y lavar para minimizar la corrosión debido al H₃PO₄. (2) Después de una serie de inyecciones de muestra, inyectar una o más soluciones estándar de ácido butírico y valérico. Verificar la curva de calibración, contra el pico correspondiente, con la relación de altura de pico obtenido de la solución estándar. (3) Los ácidos caproico y caprílico pueden eluir después del valérico y causar interferencia en los análisis subsecuentes con los picos.

Con los estándares de referencia del ácido butírico y del ácido valérico se prepara un vial con concentraciones conocidas para comparar con la curva de calibración, para ver si la curva es estable.

Obtener los cromatogramas y el porcentaje relativo (m/m) del componente.

8.8.5 Cálculos y expresión de resultados

Con los datos obtenidos de la curva de calibración se obtiene un estadístico de la regresión, debe ser mayor del 0,9990, también se obtiene el intercepto y la pendiente, con la ecuación de la recta se calcula la concentración de la muestra inyectada.

$$y = mx + b$$

donde:

y es la relación de áreas del ácido butírico/ ácido valérico leído en el cromatograma de la muestra.

X es la concentración del ácido butírico

M es la pendiente

B es la intercepción

El resultado se expresa en porcentaje de ácido butírico presente en la muestra (g grasa).

8.8.5.1 Repetibilidad

La diferencia entre dos determinaciones realizadas el mismo día, por el mismo analista, con el mismo equipo, en las mismas condiciones sobre la misma muestra, no debe ser mayor de 5% del valor promedio de la relación del ácido butírico y de ácido valérico.

8.8.5.2 Reproducibilidad

La diferencia entre dos determinaciones realizadas en diferentes laboratorios, diferente día y diferentes analistas sobre la misma muestra, en las mismas condiciones, no debe ser mayor de 10% del valor promedio de la relación.

8.9 Densidad

Además de cumplir con la NMX-F-424-S-1982 los resultados deben expresarse en gramos por mililitros (g/mL).

8.10 Grasa butírica

8.10.1 Fundamento

La grasa existe en la leche en forma de emulsión que se estabiliza por medio de los fosfolípidos y las proteínas. El método Gerber se basa en la ruptura de la emulsión por la adición de ácido sulfúrico concentrado.

La grasa libre puede separarse por centrifugación por la adición de una pequeña cantidad de alcohol amílico, el cual actúa como un agente tensoactivo que permite la separación nítida de las capas de grasa y la capa ácido-acuosa.

8.10.2 Reactivos y materiales

8.10.2.1 Reactivos

Todos los reactivos que se indiquen deben ser grado analítico; cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada.

Ácido sulfúrico puro, de peso específico 1,820 +/- 0,005 a 20°C aproximadamente al 90%, libre de óxido de nitrógeno y otras impurezas. Se puede preparar a partir de H₂SO₄ 98% w/w, midiendo aproximadamente 908 mL de éste más 160 mL de agua (verificar sistemáticamente el peso específico del ácido sulfúrico).

Alcohol amílico 98% v/v, densidad a 20°C de 0,808 a 0,818 g/mL. En lugar de alcohol amílico se puede utilizar alcohol iso-amílico libre de grasa y furfurool, de peso específico de 0,810-0,812 a 20°C.

Tanto el ácido sulfúrico como el alcohol de cada remesa debe someterse a un control de pureza, colocando en un butirómetro, 11 mL de agua destilada, añadir 10 mL de ácido sulfúrico y 1 mL de alcohol amílico, cerrar el butirómetro y centrifugar durante 3 minutos. Después de 24 h de reposo, no debe observarse ningún trozo de grasa visible en la superficie.

8.10.2.2 Materiales

- Gradillas de acero inoxidable o de material plástico resistente a los ácidos para los butirómetros.
- Medidor automático o pipeta de seguridad para liberar 10,0 mL ± 0,2 mL de ácido sulfúrico.
- Medidor automático o pipeta de seguridad para liberar 1,0 mL ± 0,05 mL de alcohol amílico.
- Pipetas volumétricas de 11 mL/20°C.
- Tapones tipo Gerber, que consiste de un casquete de goma fijado a un juego metálico de cabeza plana, al cual se le adapta un pulsador por el orificio que define el aro metálico del tapón.

Nota. - Todos los equipos materiales e instrumentos que se indican, deben calibrarse.

8.10.3 Equipos

Butirómetro de vidrio, resistente a soluciones ácidas, con las siguientes características:

Butirómetro	Tipo de leche fluida	Nota
Rango de escala de 0 a 0,5%, con división de 0,02%	Leche descremada	Para este caso se puede utilizar el doble de volumen de leche y reactivos
Rango de escala de 0 a 4,0%, con división de 0,05%	Leche entera y parcialmente descremada	-
Rango de escala de 0 a 5%, 0 a 6%, 0 a 7%, 0 a 8%, con división de 0,1%	Leche entera	-
Rango de escala de 0 a 10%, con división de 0,2%	Leche entera con alto contenido de grasa	-

- Centrífuga capaz de girar a una velocidad media de 1 200 rpm y puede o no tener control de temperatura.
- Baño María con control de temperatura para mantener a $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y altura tal para sumergir los butirómetros en posición vertical, con toda la escala completamente inmersa.
- Termómetro de mercurio con capacidad para medir $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

8.10.4 Preparación de la muestra

Antes de analizar las muestras de leche deben atemperarse a 20°C . Es preciso alcanzar esta temperatura, porque todas las pipetas aforadas están calibradas a 20°C .

Si a 20°C no se obtiene un buen reparto de la materia grasa, se calienta la muestra de 35°C - 40°C , se mezcla con cuidado y se enfría rápidamente a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Una vez atemperada a 20°C, las muestras de leche se deben mezclar cuidadosamente, para evitar la formación de espuma, y permitir un reparto homogéneo de la materia grasa, inmediatamente proceder de la siguiente manera:

8.10.5 Procedimiento

Colocar los butirómetros limpios y secos en una gradilla, se introducen en cada uno de ellos 10 ml de ácido sulfúrico, usando el medidor automático, cuidando de no impregnar el cuello del butirómetro.

Mezclar la muestra a analizar, invirtiendo el recipiente tapado en tres o cuatro tiempos e inmediatamente medir 11 mL de leche (realizar el análisis por duplicado), depositándola en los butirómetros, de la siguiente manera:

La punta de la pipeta debe estar apoyada en posición oblicua (aproximadamente en ángulo de 45°) contra la pared interna del cuello del butirómetro, para permitir que la leche se deslice a lo largo del vidrio y se superponga al ácido sulfúrico sin producir rastros de ennegrecimiento (evitar que el ácido y la leche se mezclen).

Para terminar, se añade 1,0 mL de alcohol amílico dentro de cada butirómetro por medio del medidor automático.

Tapar el butirómetro, utilizando el pulsador como punto de presión.

Agitar los butirómetros en dos tiempos; en un primer tiempo se debe realizar una agitación vigorosa, sin interrupción y sin inversiones, hasta conseguir que la leche y el ácido sulfúrico se mezclen y la proteína se disuelva.

Posteriormente invertir los butirómetros unas cuantas veces, permitiendo que el ácido de la sección de la escala graduada y el de la ampolla terminal se mezclen.

La agitación termina cuando no queden vestigios de caseína sin disolver.

Durante esta operación se recomienda tener el butirómetro envuelto en una tela, ya que la mezcla de ácido sulfúrico con la leche ocasiona una reacción exotérmica.

Inmediatamente colocar los butirómetros en la centrífuga.

Centrifugar los butirómetros durante 5 minutos, a la velocidad de 1000 a 1200 rpm.

Una vez concluida la centrifugación, colocar los butirómetros, con la escala hacia arriba, en un baño María a 65°C, durante 5 a 10 minutos (tiempo necesario para permitir la separación total de la grasa), es imprescindible que la capa de la grasa en la escala se mantenga enteramente inmersa en el agua caliente.

Remover el butirómetro del baño de agua y alzarlo verticalmente hasta que el menisco de la columna de grasa esté al nivel de los ojos. Ajustar la columna de grasa, girando con cuidado el tapón hasta colocar los límites de la capa de grasa dentro de la escala, haciendo coincidir la parte inferior de la capa de grasa con una de las divisiones de la escala del butirómetro.

La diferencia entre esta división y la correspondiente al menisco de la parte superior de la capa de grasa, indica el contenido de grasa de la leche en porcentaje w/v, repetir la centrifugación por 5 minutos y leer el resultado, informar este último.

8.10.6 Cálculos y expresión de resultados

El contenido de grasa presente en la muestra, expresado en porcentaje, se calcula de la siguiente manera:

B-A

donde:

A es la lectura al inicio de la columna de grasa.

B es la lectura de la parte superior de la columna de grasa

El resultado se expresa directamente en por ciento de la grasa contenida en la leche (% w/v) es decir g de grasa/100 mL de leche.

Para convertir el resultado expresado en peso/volumen (w/v), se divide el valor numérico de la lectura entre la densidad de la leche. Expresando el resultado en (w/w), es decir gramos/100 g de leche.

8.10.6.1 Criterios de aceptación

La diferencia máxima permitida entre duplicados de mediciones realizadas por el mismo analista bajo las mismas condiciones de análisis para leche descremada debe ser 0,05%; para leche parcialmente descremada y entera 0,1%.

Notas:

El número máximo de posibles repeticiones de calentamiento y centrifugación será de 2.

Si la lectura después de la segunda centrifugación es mayor de 0,05% de la primera, agitar nuevamente y repetir el procedimiento. Si después de la tercera lectura la diferencia sigue siendo mayor a 0.05%, se anula el resultado.

Cuando la segunda lectura es menor de 0,05% de la primera, informar el resultado de la primera.

Si se observa la presencia de burbujas de aire en la capa de grasa se volverá a colocar el butirómetro en el baño María hasta que desaparezcan.

Cuando se forman depósitos oscuros entre la capa de la materia grasa y la solución. La causa puede deberse a que la leche se mezcló mal mezclada con el ácido, que las impurezas procedan del ácido o que provengan de partículas de los tapones. En este caso se debe repetir el análisis.

Si la materia grasa no se separa completamente, puede ocurrir que los butirómetros se hayan enfriado o que la cantidad de alcohol isoamílico sea insuficiente. En el primer caso, será necesario calentar el butirómetro en baño María y en el segundo caso se deberá repetir el análisis.

En caso de usar una centrífuga con control de temperatura, no es necesario incubar los butirómetros en baño María. Se debe mantener la centrífuga a $65^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

8.10.7 Medidas de seguridad

El analista debe consultar siempre la información respecto a la exposición y manejo seguro de los reactivos químicos especificados en este método y emplear el equipo de seguridad apropiado.

Para la dosificación del ácido sulfúrico, el analista debe protegerse mediante guantes de caucho y gafas de protección, así como también durante la agitación del butirómetro en el cartucho.

Limpieza de los butirómetros. - Vaciar el contenido en un recipiente especial para este fin, mientras el butirómetro se encuentra caliente. Lavar abundantemente con agua caliente y jabón empleando un cepillo, enjuagar con agua destilada y secar. Periódicamente se recomienda lavar con detergente alcalino para eliminar residuos de grasa.

Limpieza de las tapas. - Enjuagar empleando agua caliente y dejar secar a temperatura ambiente (no estufa).

8.11 Determinación de reductores directos (Lactosa)

8.11.1 Fundamento

Las proteínas de la muestra de leche las proteínas, utilizando soluciones de acetato de zinc y ferrocianuro de potasio. Se filtra y en el filtrado se determina la lactosa aprovechando su propiedad de ser un azúcar reductor directo el cual reduce el cobre de sus sales alcalinas mediante una valoración volumétrica, según el método de Lane y Eynon.

8.11.2 Reactivos y materiales

8.11.2.1 Reactivos

- Acetato de zinc
- Ácido acético glacial
- Ferrocianuro de potasio
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Tiosulfato de sodio
- Yoduro de potasio
- Tartrato de sodio y potasio
- Hidróxido de sodio
- Azul de metileno
- Lactosa anhidra pura
- Acido benzoico

8.11.2.1.1 Preparación de soluciones

Solución de acetato de zinc. Disolver 21,9 g de acetato de zinc (Cristalino) y 3 mL de ácido acético glacial en agua y diluir a 100 mL.

Solución de ferrocianuro de potasio. Disolver 10,6 g de ferrocianuro de potasio en 100 mL de agua destilada.

Solución (A) de sulfato de cobre. Disolver 34,639 g de sulfato de cobre pentahidratado en agua destilada y diluir a 500 mL, utilizando un matraz volumétrico de 500 mL; filtrar a través de papel filtro whatman número 4 o equivalente. Ajustar la solución determinando el contenido de cobre en una alícuota con tiosulfato de sodio 0,1 N y yoduro de potasio al 20% hasta obtener 440,0 mg de cobre por cada 25 mL.

Solución (B) de tartrato de sodio y potasio. Disolver 173 g de tartrato de sodio y potasio y 50 g de hidróxido de sodio en agua y diluir a 500 mL; dejar reposar 2 días y filtrar a través de papel filtro whatman número 4 o equivalente.

Solución acuosa de azul de metileno al 0,2%. Disolver 0.2 g de azul de metileno en 100 mL de agua.

Solución patrón de lactosa. Disolver 10 g de lactosa anhidra pura y diluir a 1 litro con solución acuosa al 0,2% de ácido benzoico.

Titulación de la solución A-B. Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de la solución A y 5 mL de la solución B en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Agregar 100 mL de agua, unos cuerpos de ebullición y calentar en parrilla cerrada a ebullición; agregar poco a poco con una bureta, solución patrón de lactosa hasta la casi reducción total del cobre. Añadir 1 mL de azul de metileno y continuar la titulación hasta la desaparición del color azul. Calcular los miligramos de lactosa que se necesitan para titular la solución A-B. Este valor corresponde al factor (F) del reactivo.

8.11.2.2 Materiales

- Matraz volumétrico de 250 mL.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Matraz Erlenmeyer de 500 mL.
- Pipetas volumétricas de 5 mL.
- Pipetas graduadas de 5 mL.
- Bureta de 50 mL graduada en décimas.
- Placa caliente.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0,1 mg.

8.11.3 Procedimiento

Pesar 10 g a 12 g de muestra homogénea en un vaso de precipitados de 50 mL, transferir cuantitativamente con 200 mL de agua destilada caliente (40°C a 50°C) a un matraz volumétrico de 250 mL, mezclar y dejar reposar 30 min. Agregar 4 mL de la solución de ferrocianuro de potasio y 4 mL de acetato de zinc, mezclar. Aforar y filtrar.

Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de la solución A y 5 mL de la solución B en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Agregar 100 mL de agua, unos cuerpos de

ebullición y calentar en parrilla cerrada a ebullición; agregar poco a poco con una bureta, el filtrado obtenido de la muestra, hasta la casi reducción total del cobre. Añadir 1 mL de azul de metileno y continuar la titulación hasta la desaparición del color azul.

8.11.4 Cálculos y expresión de resultados

La concentración de lactosa contenida en la muestra, expresada en porcentaje, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Reductores directos en lactosa} = \frac{250/V(100)(F)}{M}$$

donde:

V son los mililitros gastados de la muestra para titular la solución A + B.

M es el peso de la muestra.

F es el factor del reactivo de Fehling, en gramos de lactosa.

9. Información comercial

Las etiquetas de los productos objeto de esta Norma, además de cumplir con las disposiciones establecidas en las normas oficiales mexicanas NOM-002-SCFI, NOM-008-SCFI, NOM-030-SCFI y, en su caso, con la NOM-086-SSA1, NOM-184-SSA1 y NOM-185-SSA1 (véase 3. Referencias), deben indicar lo siguiente:

9.1 Requisitos generales del etiquetado

9.1.1 La etiqueta de los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana, deben contener la información sanitaria de acuerdo con lo que establecen los ordenamientos legales aplicables.

9.1.2 La información contenida en las etiquetas de los productos objeto de esta Norma debe ser veraz, describirse y presentarse de forma tal, que no induzca a error al consumidor con respecto a la naturaleza y características de los mismos.

9.1.3 Los productos objeto de esta Norma, deben presentarse con una etiqueta en la que describa o empleen palabras, ilustraciones u otras representaciones gráficas que se refieran al producto. Las etiquetas que contengan los productos leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, pueden incorporar la descripción gráfica o descriptiva de la sugerencia de uso, empleo o preparación, a condición de que aparezca una leyenda alusiva al respecto.

9.2 Requisitos obligatorios de información

9.2.1 Denominación comercial

9.2.1.1 La denominación de los productos objeto de esta Norma deberán corresponder a lo establecido en el apartado 6.2 de este ordenamiento, de forma tal que sea clara y visible para el consumidor.

9.2.1.2 La denominación comercial, únicamente para la fórmula láctea y producto lácteo combinado, debe aparecer en el envase con un tamaño de por lo menos el 75% del tamaño de la marca comercial del producto.

9.2.2 Lista de ingredientes: se deberá declarar de conformidad con los ordenamientos legales expedidos por la Secretaría de Salud.

9.2.3 Contenido neto

9.2.3.1 Debe declararse el contenido neto en unidades del Sistema General de Unidades de Medida de conformidad a lo que establece la NOM-030-SCFI, independientemente de que también pueda expresarse en otras unidades (véase Referencias).

9.2.4 Nombre y domicilio fiscal

9.2.4.1 Para los productos nacionales objeto de esta Norma debe indicarse en la etiqueta el nombre o razón social y domicilio fiscal del fabricante o empresa responsable de la fabricación.

9.2.4.2 Para productos importados, debe indicarse en la etiqueta el nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del importador o responsable de la importación o responsable del producto durante su comercialización.

9.2.4.3 En la etiqueta de los productos objeto de esta Norma deberá declararse el domicilio fiscal del fabricante o importador, según sea el caso, manifestando todos aquellos datos que sean necesarios para identificar de manera precisa la ubicación del mismo. De esta forma, deberán citarse, en caso de existir, de manera enunciativa mas no limitativa, los datos siguientes: nombre o denominación de la avenida, calle, calzada; número exterior e interior; y código postal.

9.2.5 País de origen

9.2.5.1 Los productos objeto de esta Norma de procedencia nacional o extranjera deben incorporar la leyenda que identifique el país de origen de los productos, por

ejemplo: Hecho en...; Producto de... ; Fabricado en... , u otras análogas, seguida del país de origen del producto, sujeto a lo dispuesto en los tratados internacionales de que México sea parte. Dicho requisito también podrá cumplirse mediante el uso de gentilicios u otros términos análogos, siempre y cuando sean precisos y no induzcan a error en cuanto al origen del producto, por ejemplo: Producto Español, Producto Estadounidense, Producto Uruguayo .

9.2.6 Identificación del lote

9.2.6.1 Cada envase debe llevar grabada o marcada de cualquier modo, la identificación del lote al que pertenece, con cualquier indicación que permita su rastreabilidad, de acuerdo con los ordenamientos legales aplicables.

9.2.6.2 La identificación del lote que incorpore el fabricante en los productos objeto de esta Norma, no debe ser alterada u ocultada de forma alguna.

9.2.7 Fecha de caducidad

La etiqueta de los productos objeto de esta Norma deben incorporar la fecha de caducidad, de acuerdo con los ordenamientos legales aplicables emitidos por la Secretaría de Salud.

9.2.8 Información nutrimental

Los productos objeto de esta Norma deben declarar en su etiqueta el contenido y origen de grasa y proteína, expresado en g/l o en %, además de lo que establezcan los ordenamientos legales aplicables.

9.2.9 Presentación de los requisitos obligatorios

9.2.9.1 Cuando los productos objeto de esta Norma se encuentren en un envase múltiple o colectivo para su venta al consumidor, la información a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana debe figurar en dicho envase. Sin embargo, la indicación del lote y la fecha de caducidad deben aparecer en los envases individuales de los productos objeto de esta Norma y no tendrán que figurar en el envase múltiple o colectivo, salvo en aquellos casos en que el envase múltiple o colectivo no permita ver el interior.

9.2.9.2 Los datos que deben aparecer en la etiqueta deben indicarse con caracteres claros, visibles, indelebles y en colores contrastantes, de lectura a simple vista para el consumidor en circunstancias normales de compra y uso.

9.2.9.3 El dato relativo al lote puede colocarse en cualquier superficie del envase.

9.2.9.4 Cuando el envase esté cubierto por una envoltura, debe figurar en ésta toda la información necesaria, a menos de que la etiqueta aplicada al envase pueda leerse fácilmente a través de la envoltura exterior.

9.2.9.5 Deben aparecer en la superficie principal de exhibición del producto cuando menos, la marca, la denominación comercial y el contenido neto del mismo. El resto de la información a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana puede incorporarse en cualquier otra parte del envase.

9.2.9.6 Los productos objeto de esta Norma deben ostentar la etiqueta en idioma español, sin perjuicio de que se exprese en otros idiomas. Cuando la información se exprese en otros idiomas debe aparecer también en español, cuando menos con el mismo tamaño y de manera igualmente ostensible.

9.2.9.7 Los productos preenvasados objeto de esta Norma Oficial Mexicana deben presentar una etiqueta de información comercial que cumpla con las especificaciones establecidas en la misma. No se permite el uso de etiquetas sobrepuestas a la información contenida en la etiqueta original salvo en los casos de inexactitud que cuenten con la autorización correspondiente, conforme a los lineamientos establecidos en el artículo 109 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

9.2.9.8 La presentación de información o representación gráfica adicional en la etiqueta a la señalada en esta norma oficial mexicana, que puede estar presente en otro idioma, es facultativa y, en su caso, no debe sustituir, sino añadirse a los requisitos de etiquetado de la presente Norma, siempre y cuando dicha información no induzca a error o engaño al consumidor.

9.3 Requisitos opcionales de información. Estos podrán declararse conforme a lo establecido por los ordenamientos legales aplicables emitidos por la Secretaría de Salud.

9.3.2 Instrucciones de uso

9.3.2.1 Para los productos objeto de esta Norma que por diseño del envase requieran instrucciones especiales de uso o consumo, deben incluir una descripción escrita o gráfica de las instrucciones de uso, empleo o preparación.

9.3.3 Información adicional

9.3.3.1 En la etiqueta puede presentarse cualquier información o representación gráfica así como materia escrita, impresa o gráfica, siempre que no esté en contradicción con los requisitos obligatorios de la presente Norma, incluidos los referentes a la declaración de propiedades establecidos en el apartado 9.1.1.

9.3.3.2 Cuando se empleen designaciones de calidad, éstas deben ser fácilmente comprensibles, evitando ser equívocas o engañosas en forma alguna para el consumidor.

9.3.4 Declaraciones prohibidas de propiedades

9.3.4.1 Se prohíbe el uso de las siguientes declaraciones:

9.3.4.1.1 De propiedades

- Declaraciones que impliquen que una dieta recomendable con alimentos o bebidas no alcohólicas ordinarios no puede suministrar cantidades suficientes de todos los nutrimentos.
- Declaraciones de propiedades que no pueden comprobarse.
- Declaraciones de propiedades sobre la utilidad de un alimento o bebida no alcohólica para prevenir, aliviar, tratar o curar una enfermedad, trastorno o estado fisiológico.
- Declaraciones de propiedades que pueden suscitar dudas sobre la inocuidad de alimentos o bebidas no alcohólicas similares o causar o explotar el miedo al consumidor y utilizarlo con fines comerciales.
- Declaraciones que indiquen que un alimento o bebida no alcohólica ha adquirido un valor nutrimental especial o superior gracias a la adición de nutrimentos, tales como vitaminas, minerales o proteínas (aminoácidos).

9.3.4.1.2 Que inducen a error

- Declaraciones de propiedades sin significado, incluso los comparativos y superlativos.
- Declaraciones de propiedades respecto a prácticas correctas de higiene o comercio, tales como genuinidad, salubridad, sanidad, excepto las señaladas en otros ordenamientos legales aplicables.

- Declaraciones de propiedades que afirmen la naturaleza u origen orgánico o biológico de un alimento o bebida no alcohólica, excepto en aquellos casos en que se compruebe que el producto tiene realmente esa característica.

10. Evaluación de la conformidad

10.1 La evaluación de la conformidad del producto, objeto de la presente Norma Oficial Mexicana se debe llevar a cabo de acuerdo con las disposiciones establecidas en las políticas y procedimientos de evaluación de la conformidad expedidas por la Secretaría de Economía, en términos de lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

10.2 En caso de ser necesaria la determinación del origen de la grasa contenida en los productos objeto de esta Norma, puede utilizarse la metodología descrita en el inciso 8.8 de la presente Norma Oficial Mexicana.

10.3 El método de prueba correspondiente al perfil de proteínas descrito en el inciso 8.7, será aplicado una vez que existan por lo menos dos laboratorios de prueba acreditados en dicho método.

10.4 Cuando en la información comercial de los productos sujetos al cumplimiento de esta NOM, se declaren parámetros no especificados en la misma, se debe verificar su veracidad tomando como referencia los valores declarados en el etiquetado del producto, aceptándose una tolerancia de más menos 10% para parámetros estandarizados en la línea de producción, y de más menos 20% para parámetros naturales del producto.

11. Vigilancia

La vigilancia de la correcta aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana estará a cargo de la Secretaría de Economía y de la Procuraduría Federal del Consumidor, conforme a sus respectivas atribuciones.

6.4. Norma oficial mexicana NOM-CCA-009-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

2. CAMPO DE APLICACION

La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los procesos de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-3	Aguas Residuales-Muestreo
NMX-AA-5	Aguas-Determinación de grasas y aceites-Método de extracción soxhlet.
NMX-AA-8	Determinación de pH-Método potenciométrico
NMX-AA-28	Aguas-Determinación de demanda bioquímica de oxígeno-Método de incubación por diluciones
NMX-AA-34	Determinación de sólidos en agua-Método gravimétrico
NMX-AA-42	Análisis de aguas-Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. Método de tubos múltiples de fermentación

4. DEFINICIONES

Para efectos de esta norma se asumen las definiciones que se mencionan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales y Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, además de las siguientes:

Muestra compuesta: La que resulta de mezclar varias muestras simples.

Muestra simple: La que se tome ininterrumpidamente durante el período necesario para completar un volumen proporcional al caudal, de manera que éste resulte

representativo de la descarga de aguas residuales, medido en el sitio y en el momento del muestreo.

Parámetro: Unidad de medición, que al tener un valor determinado, sirve para mostrar de una manera simple las características principales de un contaminante.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados deben cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 1.

TABLA 1. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

PARAMETROS	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	6-9	6-9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	100	120
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	100	120
Grasas y Aceites (ml/L)	20	30

5.1.1 Para fines de la presente norma se entenderá por límite máximo permisible promedio diario, los valores, rangos y concentraciones de los parámetros que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de muestras compuestas de las aguas residuales provenientes de esta industria.

5.1.2 Para fines de la presente norma se entenderá por límite máximo permisible instantáneo, los valores, rangos y concentraciones de los parámetros que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de muestras instantáneas de las aguas residuales provenientes de esta industria.

5.1.3 En el caso de que el agua de abastecimiento contenga alguno de los parámetros que se encuentran regulados en esta norma, no será imputable al responsable de la descarga, y éste tendrá el derecho a que la autoridad competente le fije, previa solicitud, condiciones particulares de descarga que tomen en consideración lo anterior.

5.2 Los límites máximos permisibles de coliformes totales, medidos como número más probable por cada 100 ml, en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados, considerando o no las aguas de servicios son:

5.2.1 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo cuando se permita el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a un cuerpo receptor, mezcladas con las aguas residuales del proceso industrial.

5.2.2 Sin límite, en el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración en terreno, de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos receptores.

5.3 Condiciones particulares de descarga

En el caso de que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, fijará condiciones particulares de descarga para señalar límites máximos permisibles más estrictos de los parámetros de la tabla 1; además, podrá establecer límites máximos permisibles si lo considera necesario, en los siguientes parámetros:

Color

Conductividad eléctrica

Fósforo total

Nitrógeno total

Sustancias activas al azul de metileno

Temperatura

6. MUESTREO

6.1 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados a cuerpos receptores se obtendrán del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal, medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la tabla 2.

TABLA 2

HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES	
		MÍNIMO	MÁXIMO
HASTA 8	4	1	2
MAS DE 8 Y HASTA 12	4	2	3
MAS DE 12 Y HASTA 18	6	2	3
MAS DE 18 Y HASTA 24	6	3	4

6.2 En el caso que durante el período de operación del proceso generador de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente, la información en la que se describa su régimen de operación y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

6.3 El reporte de los valores de los parámetros de las descargas de aguas residuales obtenidos mediante el análisis de las muestras compuestas a que se refiere el punto 6.1, se integrará en los términos que establezca la autoridad competente.

7. METODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores de los parámetros señalados en la tabla 1, se deberán aplicar los métodos de prueba que se establecen en las normas mexicanas referidas en el punto 3.

8. VIGILANCIA

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos por conducto de la Comisión Nacional del Agua, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana, coordinándose con la Secretaría de Marina cuando las descargas sean al mar y con la Secretaría de Salud cuando se trate de saneamiento ambiental.

9. SANCIONES

El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

10. BIBLIOGRAFIA

10.1 APHA, AWWA, WPCF, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

(Métodos Normalizados para el Análisis del Agua y Aguas Residuales).

18a. Edición. E.U.A.

10.2 Code of Federal Regulations 40. Protection of Environmental 1992.

(Código de Normas Federales 40. Protección al Ambiente) E.U.A.

10.3 Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, 1988

Gordon M. Fair, John Ch. Gerey,

Limusa, México.

10.4 Industrial Water Pollution Control, 1989.

(Control de la Contaminación Industrial del Agua)

Eckenfelder W.W. Jr. 2a Edición McGraw-Hill International Editions.

E.U.A.

10.5 Manual de Aguas para Usos Industriales, 1988.

Sheppard T. Powell

Ediciones Ciencia y Técnica, S.A.

1a. Edición. Volúmenes 1 al 4. México.

10.6 Manual del Agua, 1989.

Frank N. Kemmer John McCallion

Ed. McGraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.

10.7 U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standard for the 1974 (Documento de Desarrollo de la U.S.E.P.A. para Guías de Límites de Efluentes y Estandares de Evaluación de Nuevas Fuentes para 1974).

10.8 Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991. (Tratamiento Químico del Agua. Una Guía Industrial) Flick, Ernest W. Noyes Publications. EUA.

10.9 Water Treatment Handbook, 1991.

(Manual de Tratamiento de Agua)

Degremont 6a. Edición Vol. I y II E.U.A.

10.10 Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse, 1991. (Ingeniería en el Tratamiento de Aguas Residuales, Disposición y Reuso) Metcalf and Eddy. McGraw-Hill International Editions. 3a. edición. E.U.A.

11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

11.1 Esta norma oficial mexicana no tiene concordancia con ninguna norma internacional.

12. VIGENCIA

12.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

12.2 Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CCA-009/88, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de agosto de 1988.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los catorce días del mes de octubre de mil novecientos noventa y tres. - El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Luján. - Rúbrica.

6.5. Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

2. REFERENCIAS

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas- Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH -Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno- Método de incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de octubre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua-Método espectrofotométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de septiembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales- Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.

Norma Mexicana NMX-AA-099 - Determinación de nitrógeno de nitritos- Agua potable, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 1987.

3. DEFINICIONES

3.1 Aguas costeras: Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

3.2 Aguas nacionales: Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

3.3 Aguas residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.4 Aguas pluviales: Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

3.5 Bienes nacionales: Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

3.6 Carga contaminante: Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

3.7 Condiciones particulares de descarga: El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

3.8 Contaminantes básicos: Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno₅, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

3.9 Contaminantes patógenos y parasitarios: Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde

a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

3.10 Cuerpo receptor: Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

3.11 Descarga: Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.12 Embalse artificial: Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.13 Embalse natural: Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.14 Estuario: Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

3.15 Humedales naturales: Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos originadas por la descarga natural de acuíferos.

3.16 Límite máximo permisible: Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

3.17 Metales pesados y cianuros: Son aquellos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

3.18 Muestra compuesta: La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

TABLA 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

3.19 Muestra simple: La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t)$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

$Q_t = \sum Q_i$ hasta Q_n , litros por segundo

3.20 Parámetro: Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

3.21 Promedio diario (P.D.): Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

3.22 Promedio mensual (P.M.): Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario).

3.23 Riego no restringido: La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

3.24 Riego restringido: La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

3.25 Río: Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

3.26 Suelo: Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

3.27 Tratamiento convencional: Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

3.28 Uso en riego agrícola: La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

3.29 Uso público urbano: La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

TABLA 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	au sen te	au sen te	Au sen te	Au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te	au sen te
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspensos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual:

N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

TABLA 3

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARÁMETROS (*) (miligramos por litro)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuros	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total.

P.D. = Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

4.4. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno₅ (DBO₅) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

TABLA 4

DESCARGAS MUNICIPALES	
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 2000	mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2005	de 20,001 a 50,000 habitantes
1 de enero de 2010	de 2,501 a 20,000 habitantes

TABLA 5

DESCARGAS NO MUNICIPALES		
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	CARGA CONTAMINANTE	
	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)
1 de enero de 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1 de enero de 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1 de enero de 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

4.6 Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

4.7. Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo

no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen los límites máximos permisibles de esta norma, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en las fechas establecidas en las Tablas 6 y 7.

Lo anterior, sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de Derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.

TABLA 6

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACIÓN	FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

TABLA 7

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES
--

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ Y/O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un período de tres años posteriores a su realización.

TABLA 8

RANGO DE POBLACIÓN	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	SEMESTRAL

de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	ANUAL

TABLA 9

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 3.0	mayor de 3.0	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
menor de 1.2	menor de 1.2	SEMESTRAL	ANUAL

4.9 El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

4.10 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal excedente. El responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua el caudal derivado.

4.12 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

5. MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados

en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares.

Para la determinación de huevos de helminto se deberán aplicar las técnicas de análisis y muestreo que se presentan en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

6. VERIFICACIÓN

La Comisión Nacional del Agua llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica o aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana.

7. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

7.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1 APHA, AWWA, WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. USA. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales. 19ª Edición. E.U.A.).

8.2 Code of Federal Regulations. Title 40. Parts 100 to 149; 400 to 424; and 425 to 629. Protection of Environment 1992. USA. (Código de Normas Federales. Título 40. Partes 100 a 149; 400 a 424; y 425 a 629. Protección al Ambiente. E.U.A.)

8.3 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Geyer, Limusa, México.

8.4 Industrial Water Pollution Control, 1989. 2nd Edition. USA. (Control de la contaminación industrial del agua Eckenfelder W.W. Jr. 2ª Edición Mcgraw-Hill International Editions. E.U.A.)

- 8.5 Manual de Agua para Usos Industriales, 1988. Sheppard T. Powell. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1ª edición. Volúmenes 1 al 4. México.
- 8.6 Manual de Agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. Mcgraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.
- 8.7 U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines And New Source Performance Standard For The 1974 (Documento de Desarrollo de La U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).
- 8.8 Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991. (Tratamiento químico del agua. Una guía industrial) Flick, Ernest W. Noyes Publications. E.U.A.
- 8.9 Water Treatment Handbook, 1991. (Manual de tratamiento de agua. Degremont 6ª Edición Vol. I y II. E.U.A.)
- 8.10 Wastewater Engineering Treatment. Disposal, Reuse, 1991. 3rd Edition. USA. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reuso. Metcalf And Eddy. Mcgraw-Hill International Editions. 3ª Edición. E.U.A.)
- 8.11 Estudio de Factibilidad del Saneamiento del Valle de México. Informe Final. Dic. 1995. Comisión Nacional del Agua, Departamento del Distrito Federal, Estado de Hidalgo y Estado de México.
- 8.12 Guía Para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 8.13 Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 8.14 Impact of Wastewater Reuse on Groundwater In The Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico. Overseas Development Administration. Phase 1, Report - February 1995.
- 8.15 Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Noviembre de 1993.

- 8.16 Tratabilidad del Agua Residual Mediante el Proceso Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.
- 8.17 Estudio de la Desinfección del Efluente Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.
- 8.18 Formación y Migración de Compuestos Organoclorados a través de Columnas Empaquetadas con Suelo de la Zona de Tula-Mezquital-Actopan. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.19 Estudio de Calidad y Suministro del Agua para Consumo Doméstico del Valle del Mezquital. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.20 Estudio de Impacto Ambiental Asociado al Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.21 Proyecto de Normatividad Integral para Mejorar la Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.22 Estudio de Disponibilidad de Agua en México en Función del Uso, Calidad y Cantidad. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 8.23 Cost - Effective Water Pollution Control in The Northern Border of Mexico. Institute For Applied Environmental Economics (Tme), 1995.
- 8.24 XI Censo General de Población y Vivienda. INEGI / CONAPO 1990
- 8.25 Normas Oficiales Mexicanas para descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores: NOM-001-ECOL/1993 a NOM-033-ECOL/1993, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993; NOM-063-ECOL/1994 a NOM-065-ECOL/1994 publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1995; NOM-066- ECOL/1994 a NOM-068-ECOL-1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1995; NOM-069- ECOL/1994 y NOM-070- ECOL /1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1995; y NOM-071-ECOL-1994 a NOM-073-ECOL-1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1995.
- 8.26 Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. SEMARNAP. Instituto de Ecología. México, D.F.

8.27 Catálogo Oficial de Plaguicidas Control Intersectorial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. SARH, SEDESOL, SSA y SECOFI. México, D.F. 1994.

8.28 Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal 1990. CONAPO/CNA.

8.29 Bases para el Manejo Integral de la Cantidad y Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.

8.30 Manejando las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Reporte 1993. EUA. Comité Sobre el Manejo de las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Consejo de Ciencia y Tecnología sobre Agua. Comisión de Sistemas Técnicos e Ingeniería. Consejo Nacional de Investigación.

8.31 NMX-AA-087-1995-SCFI. Análisis de Agua. - Evaluación de Toxicidad Aguda con *Daphnia magna* Straus (Crustacea-Cladocera). - Método de Prueba).

8.32 NMX-AA-110-1995-SCFI. Análisis de Agua. - Evaluación de Toxicidad Aguda con *Artemia franciscana* Kellogs (Crustacea-Anostraca). - Método de Prueba.

8.33 NMX-AA-112-1995-SCFI. Análisis de Agua y Sedimento. - Evaluación de Toxicidad aguda con *Photobacterium phosphoreum*. - Método de Prueba.

9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

9.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

9.3 Se abrogan las normas oficiales mexicanas que a continuación se indican:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria productora de azúcar de caña.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio.

Norma Oficial Mexicana NOM-005-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos.

Norma Oficial Mexicana NOM-006-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de harinas.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la cerveza y de la malta.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción.

Norma Oficial Mexicana NOM-009-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria hulera.

Norma Oficial Mexicana NOM-013-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del hierro y del acero.

Norma Oficial Mexicana NOM-014-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria textil.

Norma Oficial Mexicana NOM-015-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la celulosa y el papel.

Norma Oficial Mexicana NOM-016-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.

Norma Oficial Mexicana NOM-017-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de acabados metálicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-018-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones.

Norma Oficial Mexicana NOM-019-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de matanza de animales y empaqueo de cárnicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de envasado de conservas alimenticias.

Norma Oficial Mexicana NOM-024-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de restaurantes o de hoteles.

Norma Oficial Mexicana NOM-027-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del beneficio del café.

Norma Oficial Mexicana NOM-028-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado.

Norma Oficial Mexicana NOM-029-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de hospitales.

Norma Oficial Mexicana NOM-030-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de jabones y detergentes.

Norma Oficial Mexicana NOM-032-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-033-ECOL-1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas. Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

La nomenclatura de las Normas Oficiales Mexicanas antes citadas está en términos del Acuerdo por el que se reforma la nomenclatura de 58 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Protección Ambiental, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1994.

Asimismo, se abrogan las siguientes normas oficiales mexicanas:

Norma Oficial Mexicana NOM-063-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria vinícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-064-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la destilería.

Norma Oficial Mexicana NOM-065-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de pigmentos y colorantes. Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-066-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la galvanoplastía.

Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

Norma Oficial Mexicana NOM-068-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-069-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-070-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-071-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-072-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de fertilizantes fosfatados, fosfatos, polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda.

Norma Oficial Mexicana NOM-073-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1995.

TRANSITORIO

ÚNICO. A partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, el responsable de la descarga de aguas residuales:

1) Que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales, está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

Puede optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, o los establecidos en sus condiciones particulares de descarga, previa notificación a la Comisión Nacional del Agua.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, debe presentar a la Comisión Nacional del Agua, en los plazos establecidos en las Tablas 6 y 7, su programa de acciones u obras a realizar para cumplir en las fechas establecidas en las Tablas 4 y 5, según le corresponda.

Los que no cumplan, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

En el caso de que el responsable de la descarga opte por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana y que descargue una mejor calidad de agua residual que la establecida en esta Norma, puede gozar de los beneficios e incentivos que para tal efecto establece la Ley Federal de Derechos.

- 2) Que se hubiere acogido a los Decretos Presidenciales que otorgan facilidades administrativas y fiscales a los usuarios de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos inherentes, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 1995, en la materia, quedará sujeto a lo dispuesto en los mismos y en lo conducente a la Ley Federal de Derechos.
- 3) No debe descargar concentraciones de contaminantes mayores a las que descargó durante los últimos tres años o menos, si empezó a descargar posteriormente, de acuerdo con sus registros y/o con los informes presentados ante la Comisión Nacional del Agua en ese período si su descarga tiene concentraciones mayores a las establecidas como límite máximo permisible en esta Norma. Los responsables que no cumplan con esta especificación, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.
- 4) Que establezca una nueva instalación industrial, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, no podrá acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para su descarga, 180 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.
- 5) Que incremente su capacidad o amplíe sus instalaciones productivas, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, éstas nuevas descargas no podrán acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para éstas, 180 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.
- 6) Que no se encuentre en alguno de los supuestos anteriores, deberá cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, sujeto a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos, en lo conducente.

México., Distrito Federal, a los once días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y seis. La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Julia Carabias Lillo.- Rúbrica.

6.6. Norma oficial mexicana NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso.

En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reúso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

2. Referencias

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales-Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas-Determinación de grasas y aceites-Método de extracción Solhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas-Determinación de materia flotante-Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas-Determinación de demanda bioquímica de oxígeno. - Método de incubación por diluciones, publicada en Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas-Determinación de sólidos en agua. - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-42 Aguas-Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-102-1987 Calidad del Agua-Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presuntiva. - Método de filtración en membrana, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 1987.

Norma Oficial Mexicana

NOM-001-ECOL-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997 y su aclaración, publicada en el citado órgano informativo el 30 de abril de 1997.

3. Definiciones

3.1 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.2 Aguas crudas

Son las aguas residuales sin tratamiento.

3.3 Aguas residuales tratadas

Son aquellas que mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reúso en servicios al público.

3.4 Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial

Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno₅ y sólidos suspendidos totales.

3.5 Contaminantes patógenos y parasitarios

Son los microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 ml (número más probable o unidades formadoras de colonias por cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro).

3.6 Entidad pública

Los gobiernos de los estados, del Distrito Federal, y de los municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua.

3.7 Lago artificial recreativo

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas con acceso al público para paseos en lancha, prácticas de remo y canotaje donde el usuario tenga contacto directo con el agua.

3.8 Lago artificial no recreativo

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas que sirve únicamente de ornato, como lagos en campos de golf y parques a los que no tiene acceso el público.

3.9 Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, que no debe ser excedido por el responsable del suministro de agua residual tratada.

3.10 Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulta del promedio de los resultados de los análisis practicados a por lo menos dos muestras simples en un mes.

Para los coliformes fecales es la media geométrica; y para los huevos de helminto, demanda bioquímica de oxígeno₅, sólidos suspendidos totales, metales pesados y cianuros y grasas y aceites, es la media aritmética.

3.11 Reúso en servicios al público con contacto directo

Es el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reúsos: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.

3.12 Reúso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional

Es el que se destina a actividades donde el público en general esté expuesto indirectamente o en contacto físico incidental y que su acceso es restringido, ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reúsos: riego de jardines y camellones en autopistas, camellones en avenidas, fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones.

4. Especificaciones

4.1 Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

TABLA 1. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO ₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20

SERVICIOS PUBLICO CONTACTO INDIRECTO OCASIONAL	AL CON U	1,000	≤ 5	15	30	30
--	--------------------	-------	----------	----	----	----

4.2 La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.3 El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.

4.4 Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

5. Muestreo

Los responsables del tratamiento y reúso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. La periodicidad y número de muestras será:

5.1 Para los coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno₅, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites, al menos 4 (cuatro) muestras simples tomadas en días representativos mensualmente.

5.2 Para los huevos de helminto, al menos 2 (dos) muestras compuestas tomadas en días representativos mensualmente.

5.3 Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas en días representativos anualmente.

6. Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deben aplicar los métodos de prueba indicados en las normas mexicanas a que se refiere el punto 2 de esta Norma. Para coliformes fecales, el responsable del tratamiento y reúso del agua residual, podrá realizar los análisis de laboratorio de acuerdo con la NMX-AA-102-1987, siempre y cuando demuestre a la autoridad competente que los resultados de las pruebas guardan una estrecha correlación o son equivalentes a los obtenidos mediante el método de tubos múltiples que se establece en la NMX-AA-42-1987. El responsable del tratamiento y reúso del agua residual, puede solicitar a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, éstos pueden ser aplicados por otros responsables en situaciones similares. Para la determinación de huevos de helminto se deben aplicar las técnicas de análisis que se señalan en el anexo 1 de esta Norma.

7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración

7.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente; tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

8. Bibliografía

8.1 APHA, AWWA, WPCF, 1994. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th Edition. U.S.A. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales 19a. Edición. E.U.A.).

8.2 Code of Federal Regulations 40. Protection of Environmental 1992. (Código de Normas Federales 40. Protección al Ambiente) E.U.A.

8.3 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Gerey, Limusa, México.

8.4 Manual de agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. McGraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.

8.5 Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standard for the 1974. (Documento de desarrollo de la U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).

8.6 Water Treatment Handbook, 1991. Degremont 6th Edition Vol. I y II. U.S.A. (Manual de tratamiento de agua 1991) 6a. Edición Vols. I y II. E.U.A.

8.7 Wastewater Engineering Treatment. Disposal and Reuse, 1991. 3rd. Edition. U.S.A. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reuso) Metcalf and Eddy. McGraw-Hill International Editions. 3a. Edición. E.U.A.

8.8 Municipal Wastewater Reuse-Selected Readings on Water Reuse-United States Environmental Protection Agency-EPA 430/09-91-022 September, 1991. (Reuso de aguas residuales municipales-lecturas selectivas sobre el reuso del agua-Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América-EPA 430/09-91-022 septiembre 1991).

9. Observancia de esta Norma

9.1 La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Las plantas de tratamiento de aguas residuales referidas en esta Norma que antes de su entrada en vigor ya estuvieran en servicio y que no cumplan con los límites máximos permisibles de

contaminantes establecidos en ella, tendrán un plazo de un año para cumplir con los lineamientos establecidos en la presente Norma.

México, Distrito Federal, a los diecisiete días del mes de julio de mil novecientos noventa y ocho. - La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Julia Carabias Lillo. - Rúbrica.

6.7. Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental- lodos y biosolidos-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final

0. Introducción

En las actividades de desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, así como en las correspondientes a la operación de las plantas potabilizadoras y de plantas de tratamiento de aguas residuales se generan volúmenes de lodos, que en caso de no darles una disposición final adecuada, contribuyen de manera importante a la contaminación de la atmósfera, de las aguas nacionales y de los suelos, afectando los ecosistemas del área donde se depositen. Se ha considerado que los lodos por sus características propias o por las adquiridas después de un proceso de estabilización pueden ser susceptibles de aprovechamiento siempre y cuando cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana o, en su caso, se dispongan en forma definitiva como residuos no peligrosos; para atenuar sus efectos contaminantes para el medio ambiente y proteger a la población en general.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas

residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana.

1.2 Campo de aplicación

Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

2. Referencias

Constancia de no peligrosidad de residuos, anteriormente trámite INE-04-007 modificada su homoclave el 29 de mayo de 2003, mediante el acuerdo por el que se dan a conocer todos los trámites y servicios inscritos en el Registro Federal de Trámites y Servicios que aplica la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ahora procedimiento SEMARNAT-07-007.

NMX-B-231-1990, Cribas para la clasificación de materiales granulares, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de diciembre de 1990.

3. Definiciones

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.2 Almacenamiento

Acción de mantener en un sitio los lodos y biosólidos, hasta su aprovechamiento o disposición final.

3.3 Aprovechamiento

Es el uso de los biosólidos como mejoradores o acondicionadores de los suelos por su contenido de materia orgánica y nutrientes, o en cualquier actividad que represente un beneficio.

3.4 Atracción de vectores

Es la característica de los lodos y biosólidos para atraer vectores como roedores, moscas, mosquitos u otros organismos capaces de transportar agentes infecciosos.

3.5 Biosólidos

Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, puedan ser susceptibles de aprovechamiento.

3.6 Coliformes fecales

Bacterias patógenas presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Bacilos cortos Gram negativos no esporulados, también conocidos como coliformes termotolerantes. Pueden identificarse por su tolerancia a temperaturas de 44°C-45°C. Tienen la capacidad de fermentar la lactosa a temperatura de 44.5°C. Incluyen al género *Escherichia* y algunas especies de *Klebsiella*.

3.7 Desazolve

La acción de extraer sólidos provenientes de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no incluye los provenientes de las presas o vasos de regulación.

3.8 Digestión aerobia

Es la transformación bioquímica de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en bióxido de carbono y agua por los microorganismos en presencia de oxígeno.

3.9 Digestión anaerobia

Es la transformación bioquímica de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en gas metano y bióxido de carbono y agua por los microorganismos en ausencia de oxígeno disuelto y combinado.

3.10 Disposición final

La acción de depositar de manera permanente lodos y biosólidos en sitios autorizados.

3.11 Estabilización

Son los procesos físicos, químicos o biológicos a los que se someten los lodos para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final para evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

3.12 Estabilización alcalina

Es el proceso mediante el cual se añade suficiente cal viva (óxido de calcio CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio Ca(OH)_2) o equivalentes, a la masa de lodos y biosólidos para elevar el pH.

3.13 Helminto

Término designado a un amplio grupo de gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales), de vida libre, con forma y tamaños variados. Poseen órganos diferenciados, y sus ciclos vitales comprenden la producción de huevos o larvas, infecciosas o no.

3.14 Huevos de helmintos viables

Huevos de helmintos susceptibles de desarrollarse e infectar.

3.15 La Secretaría

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

3.16 Límite máximo permisible

Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido por los lodos y biosólidos para que puedan ser dispuestos o aprovechados.

3.17 Lixiviado

Líquido proveniente de los lodos y biosólidos, el cual se forma por reacción o percolación y que contiene contaminantes disueltos o en suspensión.

3.18 Lodos

Son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización.

3.19 Mejoramiento de suelos

Es la aplicación de los biosólidos en terrenos para mejorar sus características físicas, químicas o microbiológicas.

3.20 Muestra

Parte representativa de un universo o población finita, obtenida para conocer sus características.

3.21 Parásito

Organismo animal o vegetal que vive sobre o dentro de un individuo de otra especie.

3.22 Patógeno

Microorganismo capaz de causar enfermedades, si está presente en cantidad suficiente y condiciones favorables.

3.23 *Salmonella spp.*

Bacilos móviles por sus flagelos peritricos, que fermentan de manera característica glucosa y manosa sin producir gas, pero no fermentan lactosa ni sacarosa. La mayoría produce sulfuro de hidrógeno (H_2S). A menudo, son patógenos para el hombre y los animales cuando se ingieren, ocasionando fiebre tifoidea y enterocolitis (conocida también como gastroenteritis).

3.24 Sistema de alcantarillado urbano o municipal

Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

3.25 Sólidos Totales (ST)

Son los materiales residuales que permanecen en los lodos y biosólidos, que han sido deshidratados entre $103^{\circ}C$ a $105^{\circ}C$, hasta alcanzar un peso constante y son equivalentes en base a peso seco.

3.26 Sólidos Volátiles (SV)

Son sólidos orgánicos totales presentes en los lodos y biosólidos, que se volatilizan cuando éstos se queman a $550^{\circ}C$ en presencia de aire por un tiempo determinado.

3.27 Tasa Específica de Absorción de Oxígeno (TEAO)

Es la masa de oxígeno consumida por unidad de tiempo y por unidad de masa en peso seco de los sólidos totales de los lodos y biosólidos.

3.28 Terrenos con fines agrícolas

Son las superficies sobre las cuales se pueden cultivar productos agrícolas para consumo humano y animal, incluyendo los pastizales.

4. Especificaciones

4.1 Las personas físicas o morales interesadas en llevar a cabo el aprovechamiento o disposición final de los lodos y biosólidos a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, deberá de recabar la “constancia de no peligrosidad de los mismos” en términos del trámite SEMARNAT-07-007.

4.1.1 En el caso del proceso de estabilización alcalina, las muestras de lodos deben ser tomadas antes de ser sometidas a este proceso.

4.2 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la especificación 4.1, pueden ser manejados como residuos no peligrosos para su aprovechamiento o disposición final como se establece en la presente Norma Oficial Mexicana.

4.3 Para que los biosólidos puedan ser aprovechados, deben cumplir con la especificación 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8; y lo establecido en las tablas 1, 2 y 3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

4.4 Los generadores de biosólidos deben controlar la atracción de vectores, demostrando su efectividad. Para lo cual se pueden aplicar cualquiera de las opciones descritas, de manera enunciativa pero no limitativa, en el Anexo 1 u otras que el responsable demuestre que son útiles para ello. Se deben conservar los registros del control por lo menos durante los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su generación.

4.5 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos.

4.6 Los límites máximos permisibles de metales pesados se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS EN BIOSOLIDOS

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

4.7 Los límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen en la tabla 2.

TABLA 2. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION	PATOGENOS	PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

NMP número más probable

4.8 El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 3 y su contenido de humedad hasta el 85%.

TABLA 3. APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase B y C
EXCELENTE O BUENO	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
EXCELENTE O BUENO	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

4.9 La aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia.

4.10 Para la disposición final de los lodos y biosólidos, éstos deben cumplir con la especificación 4.1 y con los límites máximos permisibles para el contenido del indicador de contaminación, patógenos y parásitos especificados en la tabla 2, para clase C.

4.11 Los sitios para la disposición final de lodos y biosólidos, serán los que autorice la autoridad competente, conforme a la normatividad vigente en la materia.

4.12 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana, pueden ser almacenados hasta por un periodo de dos años. El predio en el que se almacenen debe ser habilitado para que no existan infiltraciones al subsuelo y contar con un sistema de recolección de lixiviados.

4.13 Se permite la mezcla de dos o más lotes de lodos o biosólidos, siempre y cuando ninguno de ellos esté clasificado como residuo peligroso y su mezcla resultante cumpla con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana.

4.14 Muestreo y análisis de lodos y biosólidos

El generador de lodos y biosólidos por medio de laboratorios acreditados debe realizar los muestreos y análisis correspondientes para demostrar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana y deberá conservar los registros por lo menos los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su realización.

4.15 La frecuencia de muestreo y análisis para los lodos y biosólidos se realizará en función del volumen de lodos generados como se establece en la tabla 4.

TABLA 4. FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANALISIS PARA LODOS Y BIOSOLIDOS

Volumen generado por año (Ton/Año) en base seca	Frecuencia de muestreo y análisis	Parámetros a determinar
Hasta 1,500	Una vez al año	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 1,500 hasta 15,000	Una vez por semestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 15,000	Una vez por trimestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos

4.16 El generador podrá quedar exento de realizar el muestreo y análisis de alguno o varios de los parámetros establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, siempre y cuando la detección de éstos sea en cantidades menores que los límites máximos establecidos, o cuando por la procedencia de los lodos y biosólidos éstos no contengan los contaminantes regulados en la presente Norma Oficial Mexicana, en ambos casos, deberá manifestarlo ante la Secretaría por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad se reserva el derecho de verificar dicha información.

4.17 El generador deberá contar con una bitácora de control de lodos y biosólidos, de acuerdo a lo establecido en el Anexo VII.

5. Muestreo y métodos de prueba

Para el muestreo y determinación de los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma, se deberán aplicar los métodos de prueba establecidos en los anexos II, III, IV, V y VI de la presente Norma Oficial Mexicana.

6. Evaluación de la conformidad

La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se realizará a petición de parte, de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

El procedimiento de verificación se realizará por la PROFEPA o por las unidades de verificación y laboratorios acreditados y aprobados para llevar a cabo la verificación. En caso de que existan unidades de verificación acreditadas para la presente Norma, la verificación se realizará exclusivamente a través de las mismas.

7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma o lineamiento internacional, tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

8. Bibliografía

8.1 A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule. EPA 832-B-93-005.

Environmental Protection Agency USA. September 1995. (Guía para la evaluación de riesgos en los biosólidos por la EPA. Parte 503, Reglamento EPA 832-B-93-005.- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1995).

8.2 A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule. EPA/832/R-93/003. Environmental Protection Agency USA. September 1994. (Guía sencilla de la EPA. Parte 503 Biosólidos Reglamento EPA/832/R-93/003.- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1994).

8.3 APHA, AWWA, WPCF. 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Ed. American Public Health Association. Washington, D.C. (Métodos establecidos para el análisis de agua y agua residual. 18ava. Edición. Asociación Americana de Salud Pública. Washington, D.C.).

8.4 Biosolids Treatment and Management. Processes for Beneficial Use. Marcel Dekker, Inc. 1996. (Tratamiento y Manejo de los Biosólidos.- Procesos para Uso Benéfico.- Marcel Dekker, Inc. 1996).

8.5 Campos, R., Maya, C. y Jiménez, B. "Estabilización Térmica Alcalina de Lodos Químicos con un Alto Contenido de Microorganismos Patógenos". XIX Encuentro Nacional AMIDIQ, Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química, A.C. Memorias pp. 365-366, Ixtapa- Zihuatanejo, Gro., del 13 al 15 de mayo de 1998.

8.6 Environmental Regulations and Technology. Use And Disposal Of Municipal Wastewater Sludge. EPA 625/10-84-003. Environmental Protection Agency USA. September 1984. (Tecnologías y Regulaciones Ambientales.- Uso y disposición de lodos de aguas municipales. EPA 625/10-84-003. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1984).

8.7 Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens in Municipal Wastewater Sludge. EPA/625/10-89/006. Environmental Protection Agency USA. September 1989. (Tecnologías y Regulaciones Ambientales.- Control de Patógenos en lodos de aguas municipales. EPA/625/10-89/006. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1989).

8.8 Fundamento técnico para la elaboración de la Norma Oficial Mexicana en materia de estabilización, manejo y aprovechamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas municipales e industriales. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1997.

8.9 Geochemistry, Groundwater and Pollution. C.A.J. Appelo y D. Postma.- A.A. Balkema/Rotterdam/ Brookfield/1996. (Geoquímica, aguas subterráneas y contaminación. C.A.J. Appelo y D. Postma.- A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield/ 1996).

- 8.10 Goepfert, J., Olson, N. and Marth, E., 1968. Behavior of *Salmonella typhimurium* During Manufacture and Curing of Cheddar Cheese. Applied Microbiology. 16: 862-866. (Comportamiento de la *Salmonella typhimurium* durante el procesamiento y curado del queso Cheddar. Microbiología aplicada 16: 862-866.
- 8.11 Ground Water, Quality Protection. Larry W. Canter, Robert C. Knox y Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers, Inc. 198 (Aguas subterráneas, características de protección.- Larry W. Canter, Robert C. Knox y Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers, Inc. 1987).
- 8.12 Guía para el manejo, tratamiento y aprovechamiento de lodos residuales de plantas de tratamiento municipales. Comisión Nacional del Agua. SGIHUI. 1994.
- 8.13 Guía para el manejo, estabilización y disposición de lodos químicos. Tema Potabilización. Comisión Nacional del Agua. SGIHUI. 1994.
- 8.14 Jawetz, E., Melnick, J. y Adelberg, E., 1995. Microbiología Médica. Ed. Manual Moderno. México. pp. 803.
- 8.15 Jiménez B., Barrios, J.A. and Maya, C. 1999. Class B Biosolids Production from Wastewater Sludge with High Pathogenic Content Generated in an Advanced Primary Treatment. Disposal and Utilisation of Sewage Sludge: Treatment Methods and Application Modalities. Water Resources, Hydraulics and Maritime Engineering NTUA. Athens, Greece 13-15 October 1999 (Producción de biosólidos clase "B" de los lodos de aguas residuales con alto contenido patógeno generados en un tratamiento primario avanzado. Disposición y utilización de lodos residuales. Métodos de tratamiento y técnicas de aplicación. Recursos de agua, ingeniería marítima e hidráulica NTUA. Atenas, Grecia, 13-15 octubre 1999).
- 8.16 Jiménez C.B., Muñoz C.A. M. y Barrios Pérez, J. A., 1997. Fundamento Técnico para la Elaboración de la Norma Oficial Mexicana en Materia de Estabilización, Manejo y Aprovechamiento de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Municipales e Industriales. Elaborado para la Comisión Nacional del Agua (CNA) por el Instituto de Ingeniería, UNAM. Proyecto 8313, pp. 107 (diciembre, 1997).

- 8.17 Jiménez, B., Chávez, A., Barrios, J.A., Maya, C. y Salgado, G., 1998. Manual "Curso: Determinación y Cuantificación de Huevos de Helminto Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI/992". Grupo Tratamiento y Reuso, Instituto de Ingeniería UNAM. pp. 160,
- 8.18 Jiménez, B., Maya, C. y Pulido, M., 1996. Evaluación de las Diversas Técnicas para la Detección de los Huevos de Helminto, y Selección de una para Conformar la NMX Correspondiente. Instituto de Ingeniería, UNAM. México. pp. 52.
- 8.19 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1996.
- 8.20 Manual of good practice for utilization of sewage sludge in agriculture. 2nd. Revision october 1991. Anglian Water. (Manual de buenas prácticas para la utilización de lodos residuales en la Agricultura.- 2a. Revisión octubre 1991. Agua).
- 8.21 Miller, V. And Banwart, G., 1965. Effect of Various Concentration of Brilliant Green and Bile Salts on Salmonellae and Other Microorganisms. Applied Microbiology. 13: 77-80. (Efecto de varias concentraciones de sales de verde brillante y biliares en la *Salmonella* y otros microorganismos. Microbiología aplicada. 13: 77-80).
- 8.22 Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL/1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (Diario Oficial de la Federación 6 de enero de 1997).
- 8.23 Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI/1993, Sistema General de Unidades de Medida. (Diario Oficial de la Federación 14 de octubre de 1993).
- 8.24 Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo-Environmental Protection-Soil Pollution-Municipal Solid Residues-Sampling-Quarter Method (Diario Oficial de la Federación 18 de marzo de 1985).
- 8.25 Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI/1999, Análisis de Agua.- Determinación de Huevos de Helminto. Método de Prueba. (Diario Oficial de la Federación 5 de agosto de 1999).

- 8.26 Reglamento de lodos de clarificación. Alemania. 15 de abril de 1992.
- 8.27 Reglamentación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (U.S.E.P.A.) para el Uso o Aplicación de Lodos de Drenaje, Parte 503 del 40 CFR, publicada en el Federal Registry el 19 de febrero de 1993.
- 8.28 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos. (Diario Oficial de la Federación 25 de noviembre de 1988).
- 8.29 Santos Mendoza, Salvador. "Estabilización con Cal de Lodos de la Planta Piloto del Tratamiento Primario Avanzado". Ingeniería Ambiental, DEPFI- UNAM. 15 de junio de 1998. Tesis de Maestría.
- 8.30 Santos M., S., Campos M., R. y Jiménez C., B. "Una Opción de Manejo para el Lodo Generado al Tratar el Agua Residual del Gran Canal de la Ciudad de México. 1er. Simposio Latinoamericano de Tratamiento y Reuso del Agua y Residuos Industriales. Memorias Tomo I, pp. 28-1-28-10, del 25 al 29 de mayo de 1998, México, D.F.
- 8.31 Satchwell, G.M., 1986. An Adaptation of Concentration Techniques for the Enumeration of Parasitic Helminth Eggs from Sewage Sludge (Adaptación de la Técnica de Concentración para la Enumeración de Huevos de Helmintos Parásitos Provenientes de Lodos Residuales). *Water Res.* 20: 813-816.
- 8.32 Schaffner, C., Mosbach K., Bibit V. and Watson C., 1967. Coconut and *Salmonella* Infection. *Applied Microbiology.* 15: 471-475. (Infección de la *Salmonella* y coco. *Microbiología aplicada.* 15: 471-475).
- 8.33 Shiflett M., Lee J. and Sinnhuber, R., 1967. Effect of Food Additives and Irradiation on Survival of *Salmonella* in Oysters. *Applied Microbiology.* 15: 476-479. (Efecto de aditivos alimenticios e irradiación en la supervivencia de la *Salmonella* en ostras. *Microbiología aplicada.* 15: 476-479).
- 8.34 Silliker, J. Deibel, R. and Chiu, J., 1964. Occurrence of Gram-Positive Organisms Possessing Characteristics Similar to Those of *Salmonella* and the Practical Problem of Rapid and Definitive *Salmonella* Identification. *Applied Microbiology.* 12: 395-399. (Aparición de organismos Gram positivos, poseyendo características

similares a la *Salmonella*, y el problema práctico de identificación rápida y definitiva de *Salmonella*. Microbiología aplicada. 12: 395-399).

8.35 Silliker, J., Deibel, R. and Fagan, P., 1964. Isolation of *Salmonella* from Food Samples: VI Comparison of Methods for the Isolation of *Salmonella* from Egg Products. Applied Microbiology. 12: 224- 228. (Aislamiento de la *Salmonella* de muestras alimenticias: VI. Comparación de métodos para el aislamiento de la *Salmonella* desde productos de huevo. Microbiología aplicada. 12: 224-228.

8.36 Sludge Management & Disposal. For The Practicing Engineer. P.A. Vesilind, G.C., Hartman y E.T., Skene. Lewis Publishers, Inc. 1986. (Manejo y disposición de lodos. Para Ingenieros Profesionales. P.A. Vesilind, G.C. Hartman y E.T., Skene. Lewis Publishers, Inc. 1986).

8.37 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th. Edition. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. 1995. (Métodos Estándar para la examinación del agua y aguas residuales, 19th. Edición Asociación Americana de salud pública. Asociación Americana de aguas tratadas. Federación Ambiental del Agua 1995).

8.38 Sludge Stabilization. Manual of Practice FD-9. Facilities Development. Water Environment Federation 1993. (Estabilización de lodos. Manual de prácticas FD-9. Facilidades de Desarrollo. Federación Ambiental del Agua 1993).

8.39 Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge; Final Rules. 40 CFR Parts 257, 403 and 503. Environmental Protection Agency. USA. Federal Register Friday February 19, 1993. (Estándares para el Uso o Disposición de lodos residuales, Reglamento 40 CFR Parte 257, 403 y 503. Agencia de Protección Ambiental de EUA. Registro Federal 19 de febrero de 1993).

8.40 Sludge Conditioning. Manual of Practice FD-14. Water Pollution Control Federation. 1988. Alexandria, VA. (Manual de prácticas de acondicionamiento de lodos FD-14. Federación para el control de la contaminación en el agua. 1988.) y Alejandría, V. A.

8.41 Stuart, P. and Pivnick, H., 1965. Isolation of *Salmonellae* by Selective Motility Systems Applied Microbiology 13: 365-372 (Aislamiento de la *Salmonella* por selectos sistemas de motilidad. Microbiología aplicada 13: 365-372).

8.42 Taylor, W., Betty, C. and Muriel, E., 1964. Comparison of Two Methods for Isolation of *Salmonella* from Imported Foods. Applied Microbiology 12: 53-56. (Comparación de dos métodos para el aislamiento de *Salmonella* de alimentos importados. Microbiología aplicada. 12: 53-56).

8.43 US EPA 1994, Land Application of Sewage Sludge: A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use of Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503. Water Environment Federation. USA. pp. 62. (Aplicación de lodos residuales al suelo: una Guía para aplicadores al suelo en los requerimientos de las normas federales para el uso y disposición de lodos residuales, 40 CFR Parte 503. Federación Ambiental del Agua. EUA. pp. 62).

8.44 US EPA/625/R92/013 1992, Environmental Regulation and Technology, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge pp. 152. (Tecnología y Regulación Ambiental. Control de patógenos y atracción de vectores en lodos residuales).

9. Observancia de esta Norma

9.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como a los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sus reglamentos y demás ordenamientos jurídicos aplicables. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de su respectiva competencia, llevarán a cabo de manera periódica o aleatoria los muestreos y análisis de los lodos y biosólidos, con objeto de verificar

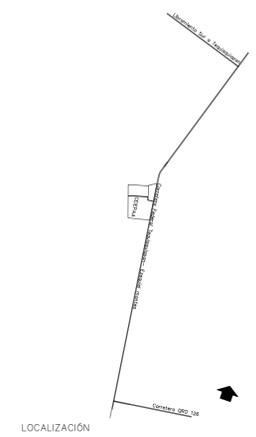
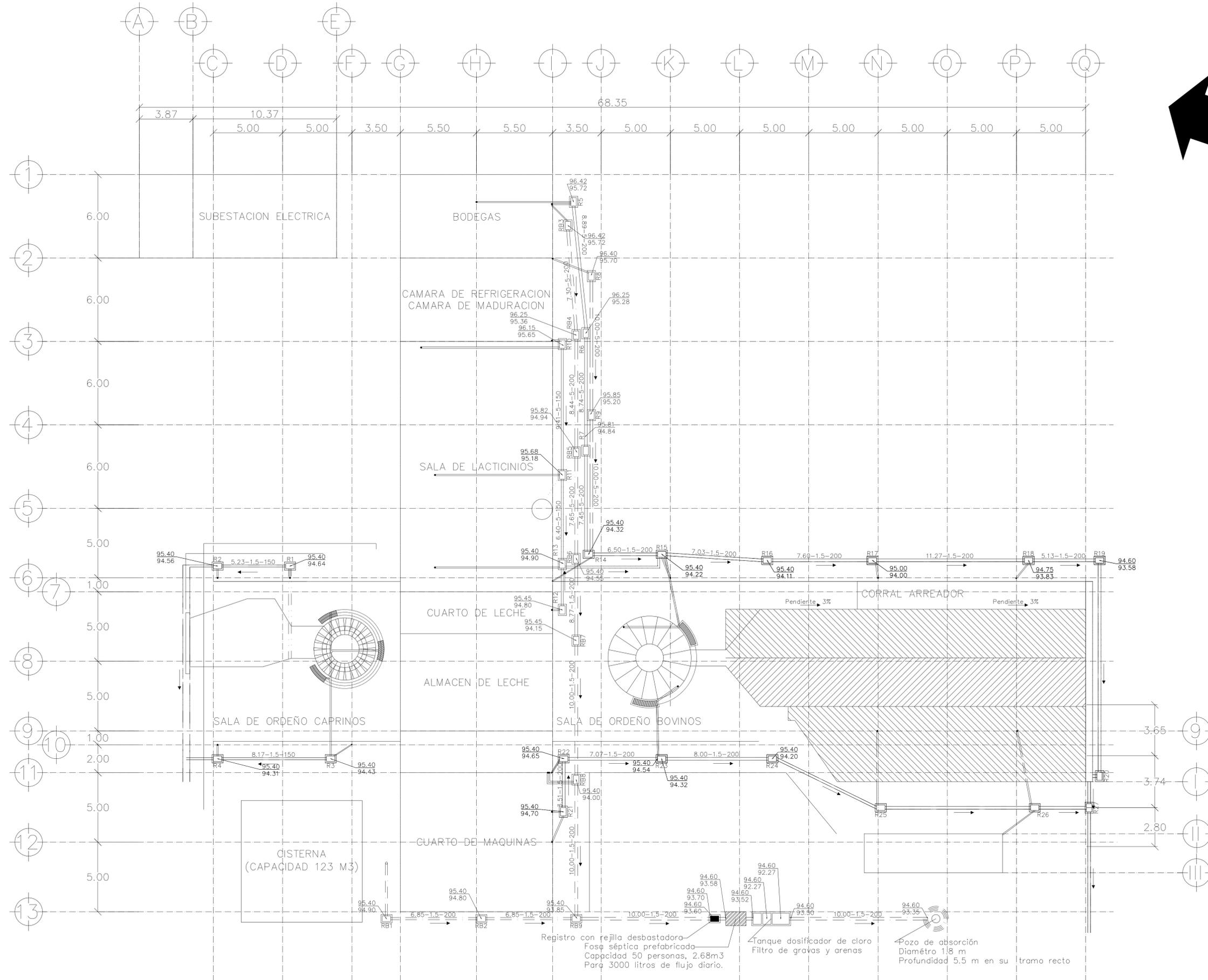
el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días posteriores al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, provéase la publicación de este proyecto en el Diario Oficial de la Federación.

México, Distrito Federal, a los quince días del mes de abril de dos mil tres.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cassio Luiselli Fernández.- Rúbrica.



SIMBOLOGÍA:

- RED DE DRENAJE DE AGUA DOMESTICA (BAÑOS)
 - RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
 - - - RED DE DRENAJE DE AGUA NEGRA
 - RED DE DRENAJE DE AGUA PLUVIAL
 - RED DE DRENAJE DE SUERO
 - ▶ INDICA SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- 100-1.5-200
LONGITUD EN m-PENDIENTE EN %-DIAMETRO EN mm

DATOS			
TRAMO	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)
R1-R2	150	1.50	5.23
R3-R4	150	1.50	8.17
R5-R6	200	5.00	8.89
R6-R7	200	5.00	8.74
R7-R14	200	5.00	7.45
R8-R9	200	5.00	10.00
R9-R14	200	5.00	10.00
R10-R11	150	5.00	9.41
R11-R13	150	5.00	6.40
R12-R13			
R13-R14			
R14-R15	200	1.50	6.50
R15-R16	200	1.50	7.03
R16-R17	200	1.50	7.60
R17-R18	200	1.50	11.27
R18-R19	200	1.50	5.13
R19-R20			
R20-R27			
R21-R22	200	1.50	3.51
R22-R23	200	1.50	7.07
R23-R24	200	1.50	8.00
R24-R25			
R25-R26			
R26-R27			
RB1-RB2	200	1.50	6.85
RB2-RB9	200	1.50	6.85
RB3-RB4	200	1.50	7.30
RB4-RB5	200	1.50	8.44
RB5-RB6	200	1.50	7.65
RB6-RB7	200	1.50	8.77
RB7-RB8	200	1.50	10.00
RB8-RB9	200	1.50	10.00

Notas:

1. TODOS LOS DIAMETROS DE TUBERIA ESTAN INDICADOS EN MILIMETROS
2. ESTE PLANO SE UTILIZARA UNICAMENTE PARA INSTALACIONES
3. LA POSICIÓN DE SALIDAS, MUEBLES, COLADERAS Y BAJADAS EN ESTE PLANO ES REPRESENTATIVA POR LO QUE SE DEBERA SUPERVISAR EN CAMPO
4. LOS DESAGÜES EN EL ÁREA DE LACTINIOS SE HICIERON CON TUBERIA DE PVC HIDRAULICO CED 40

PROYECTO: Salas de ordeño caprino y bovino y Sala de lactinios	
UBICACIÓN: Rancho de Tequisquiapan, Querétaro	
DIBUJO: Laura Xochitl Hernández Gómez	
CONTENIDO: Planta baja de instalaciones sanitarias	
ACOTACIONES: metros	ESCALA: 1:100
	FECHA: Noviembre 2017

Registro con rejilla desbastadora
Fosa séptica prefabricada
Capacidad 50 personas, 2.68m³
Para 3000 litros de flujo diario.

Tanque dosificador de cloro
Filtro de gravas y arenas

Pozo de absorción
Diámetro 1.8 m
Profundidad 5.5 m en su tramo recto

BIBLIOGRAFÍA

- Bulgheroni, E & Landaeta, Y. 2017. Caracterización físico-química del suero de leche de cabra y su utilización en la elaboración de un queso ricota. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/48221302_Caracterizacion_fisico-quimica_del_suero_de_leche_de_cabra_y_su_utilizacion_en_la_elaboracion_de_un_queso_ricotta
- Callejas, J., Prieto, F., Reyes, V, Marmolejo, Y y Méndez, M. 2012. Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fosforo. Acta Universitaria.
- CAR/PL. 2002. Plan de Acción para el Mediterráneo. Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia; UNEP; MAP; Ministro del Medio Ambiente; Generalitat de Cataluña, Departamento del Medio Ambiental.
- CGG-SAGARPA. (2010). Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. Coordinación General de Ganadería; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México
- Dairy Sustainability Framework. 2014. Dairy Sustainability Framework. Bruselas, Bélgica: Dairy Sustainability Framework. <https://dairysustainabilityframework.org/>. Visitado 29 de agosto de 2017
- Dalzell, H., Biddlestone, A., Gray, K., Thurairajan, T. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos FAO (56). Italia.
- DGIB-SE. 2012. Análisis del sector lácteo en México. Secretaría de Economía, Dirección General de Industrias Básicas. México. Disponible en línea http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf

- DOF. 2008. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 18 de mayo de 2008.
- DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 23 de abril de 2003.
- Escalante,R, & Catalán, H. 2008. Situación actual del sector agropecuario en México: perspectiva y retos. Facultad de Economía, UNAM. México. Disponible en línea: <<http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/350/01escalante.pdf>>
- Escuela Organización Industrial. 2008. Master Profesional en Ingeniería y Gestión del Medio Ambiente. Contaminación de las aguas. Sector Lácteo. Escuela Organización Industrial. España
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2017. CEIEPAA. Ciudad de México, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiepaa/acerca.html> Visitado 1 de setiembre de 2017
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2017. CEIEPAA. Ciudad de México, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <http://www.fmvz.unam.mx/zootecnia/ceiepaa.html>. Visitado 1 de setiembre de 2017
- FAO. 2017. Composición de la leche. FAO. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.WazKN8jyIU>. Visitado el día 3 de setiembre de 2017
- Federación Nacional de la Industria Láctea. 2017. Federación Nacional de la Industria Láctea. España: Federación Nacional de la Industria Láctea. <http://fenil.org/>. Visitado 29 de agosto de 2017

- INTA, R. 1996. Tabla de composición química de alimentos. Mundo Lácteo-Super Campo. Argentina
- Labrador, J. 1997. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio Agricultura y Pesca, Mundi-Prensqa. España.
- Lozano, N. 2012. Diseño de biodigestores para las familias caprinocultoras de la Cuenca Baja del Río Chillón (III Diplomado de Saneamiento Sostenible). Universidad Agraria La Molina. Perú.
- Martinez, C. 1996. Potencial de la lombricultura. Texcoco. México
- Martinez, C., OechsnerII, H., Bruléll, M., Marañon, E. 2014. Estudio de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de residuos orgánicos a utilizar en la producción de biogás en Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Cuba.
- Perez-Gavilán, P., Viniegra, G. 1976. Potencial del uso de estiércol en la alimentación de los Bovinos. Ciencia veterinaria. Volumen I. Facultad de Veterinaria, UNAM. México
- Sasse, L. 1988. Biogas plants. A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE in: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Alemania.
- SFA-SAGARPA. 2011. Escenario base 09-18. Proyecciones para el sector agropecuario de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios; Agriculture and Food Policy Center, Texas A&M University; Food and Agricultural Policy Research Institute, University of Missouri.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P. and Zurbrügg, C., 2014. Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Suiza.
- Vázquez, L. 2010. Situación del tratamiento de aguas residuales en los establos lecheros de Tijuana y los factores limitantes en su tecnificación (Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente). El Colegio de la Frontera Norte, A.C. México.