



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa Único de Especializaciones de Ingeniería

ESPECIALIZACIÓN: AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

**Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en
la Industria Láctea en México**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA
EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA

PRESENTA:

NIUNI BUTRÓN ÁLVAREZ

DIRECTOR DE TESINA:

MTO. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES



Programa Único de
Especializaciones de Ingeniería

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, OCTUBRE DEL 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradecimientos

Quiero agradecer de forma muy especial a mi tutor, Augusto Sánchez Cifuentes, por ser un guía y un apoyo a lo largo de todos estos años, por enseñarme y considerarme siempre.

A Iván y Mariangela, por su disponibilidad, apoyo y conocimiento.

A mi familia, Cama, Prist, Chu, Nani y Wachas, por ser siempre un soporte y brindarme su apoyo incondicional. A mis sobrinos por ser motivo y razón de todo esfuerzo.

A mis amigas, por las porras y la inspiración constante.

Y a Fede, por ser ejemplo, por hacer equipo y por siempre estar para enseñarme, resolverme, apoyarme y aguantarme.

GRACIAS.

Resumen

La industria láctea es una de las más representativas dentro del ramo alimentario en México. Se prevé un crecimiento de la misma del 22% en los próximos años, por lo que es inminente prestar atención a sus procesos e impactos, pues es una de las industrias que más afecta el entorno donde se ubica.

La Eficiencia Energética es una de las vías para contribuir a la reducción de impactos; y los estudios de eficiencia parten, por lo general, de un análisis explicativo del uso y consumo de la energía en las Plantas: los diagnósticos energéticos.

Dado que la industria PyME en nuestro país cuenta con pocas herramientas y programas para implementar proyectos de eficiencia que contribuyan a la transición y descenso energéticos, este documento, presenta una hoja de ruta para ese primer levantamiento, en donde a través de la normativa vigente, recoge las mediciones mínimas a realizar para conocer, de forma general, el comportamiento de las Plantas, así como propone el planteamiento de algunos indicadores para encaminar a las empresas a la gestión de su energía a través de su monitoreo y finalmente presenta un acervo de buenas prácticas para consulta general.

Abstract

Dairy industry is one of the most representative industries of food in Mexico. It is expected to grow 22% in the coming years; so is imminent to pay attention on its processes and impacts, as it is one of the industries that most affects the environment where it is located.

Energy Efficiency, is a way to contribute to impacts reductions, and energy studies usually starts from an explanatory analysis of the use and consumption of energy in the Plants: Energy Diagnoses.

Given that SME industry in our country has few tools and programs to implement efficiency projects that can contribute to energy transition and energetic descent; this document presents a roadmap to apply this first survey through current normative and regulation in way to collect the minimum measurements required to know, in a general way, the energy behavior in the Plant. As well as proposes some examples of indicators to guide enterprises to manage their energy through its monitoring and finally presents a good practices collection that applies in the Sector.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Abstract.....	3
Introducción.....	8
Antecedentes	9
Eficiencia Energética: situación actual.....	9
Beneficios de la Eficiencia Energética	10
Diagnósticos Energéticos	10
Equipo de medición	12
Normativa	13
Marco contextual.....	14
Elaboración de quesos	16
Ejemplos de procesamiento de quesos	17
Equipos Eléctricos	19
Equipos Térmicos.....	20
Planteamiento del problema	21
Objetivo.....	21
Objetivos específicos	21
Alcances	22
Propuesta de análisis para la realización de Diagnósticos Energéticos.....	22
Ejemplo de aplicación	35
Información previa al levantamiento.....	35
Producción y facturación	37
Monitoreo de parámetros eléctricos.....	39
Uso de la energía	43
Equipos eléctricos	44
Sistema de refrigeración	45
Sistema de iluminación	48
Térmico	48
Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México	

Indicadores.....	49
Medidas de Ahorro de Energía	50
Baja inversión.....	50
Mediana inversión	51
Alta inversión	51
Conclusiones	52
Discusión	54
Bibliografía	55
Anexos.....	58
Anexo A: Buenas prácticas en la industria láctea	58
Generales	58
Específicas	69

Índice de Tablas

Tabla 1: Materiales necesarios para un levantamiento en la industria láctea	12
Tabla 2: Distribución de energía necesaria para la elaboración de queso. Fuente: Elaboración propia, basada en Brush, et. al. (2011)	15
Tabla 3: Consumo de energía en motores de inducción de hasta 300 [KW]	19
Tabla 4: Intensidad energética en industria láctea. Basada en Energy Star Report	20
Tabla 5: Formato levantamiento datos de placa equipos de fuerza	23
Tabla 6: Formato levantamiento parámetros eléctricos	23
Tabla 7: Formato levantamiento datos de placa sistema de refrigeración	23
Tabla 8: Formato levantamiento mediciones, sistema de refrigeración	24
Tabla 9: Formato levantamiento unidades condensadora y evaporadora.....	24
Tabla 10: Formato levantamiento mediciones eléctricas, sistema de refrigeración.....	25
Tabla 11: Formato levantamiento parámetros térmicos condensador.....	25
Tabla 12: Formato levantamiento datos de placa, iluminación	25
Tabla 13: Formato levantamiento evaluación sistema de iluminación	26
Tabla 14: Índice de área. Fuente: NOM-025-STPS-2008.....	26
Tabla 15: Formato levantamiento datos de placa, caldera	26
Tabla 16: Formato levantamiento parámetros térmicos caldera.....	26
Tabla 17: Formato levantamiento gases de combustión.....	27
Tabla 18: Formato levantamiento agua de alimentación.....	27
Tabla 19: Formato levantamiento sistema de distribución de vapor.....	27
Tabla 20: Formato levantamiento producción	28
Tabla 21: Formato levantamiento tarifas eléctricas	29
Tabla 22: Formato levantamiento consumo combustibles	30
Tabla 23: Formato levantamiento demanda	30
Tabla 24: Formato levantamiento tensión eléctrica.....	30
Tabla 25: Desbalance máximo en tensión permitido en punto de acometida. Fuente: CFE L-000045.....	30
Tabla 26: Formato levantamiento desbalance de corriente.....	31
Tabla 27: Desbalance máximo de corriente en punto de acometida. Fuente: CFE L-000045.....	31
Tabla 28: Distorsión armónica máxima permitida en corriente por componente individual. Fuente: CFE L-000045	31
Tabla 29: Niveles mínimos de iluminación permitida para áreas de trabajo. Elaborado con base a NOM-025-STPS-2008	33
Tabla 30: Formato de levantamiento consumos térmicos	33
Tabla 31: Formato de levantamiento gases de combustión.....	34
Tabla 32: Inventario de equipos empresa XXX	36
Tabla 33: Ejemplo producción anual.....	37
Tabla 34: Consumo anual de la Empresa.	38
Tabla 35: Demanda máxima, mínima y promedio monitoreadas	40
Tabla 36: Comparativa de consumos estimados y facturados en la Planta.....	41

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

Tabla 37: Valores máximos, mínimos y promedio de tensión	42
Tabla 38: Desbalance de corrientes	42
Tabla 39: Mediciones eléctricas equipos	45
Tabla 40: Parámetros medidos, unidad evaporadora	46
Tabla 41: Datos de placa unidad condensadora	46
Tabla 42: Parámetros medidos, unidad condensadora	47
Tabla 43: Mediciones gases de combustión caldera	48

Índice de Gráficas

Gráfica 1: Distribución de la producción mensual	37
Gráfica 2: Distribución de consumo anual	38
Gráfica 3: Monitoreo eléctrico, consumo total acumulado.....	39
Gráfica 4: Monitoreo eléctrico, consumo acumulado por día.....	39
Gráfica 5: Monitoreo eléctrico, distribución de Demanda diaria	40
Gráfica 6: Monitoreo eléctrico, distribución de Demanda	40
Gráfica 7: Monitoreo eléctrico, variaciones de voltaje.....	41
Gráfica 8: Monitoreo eléctrico, variaciones de corriente.....	42
Gráfica 9: Monitoreo eléctrico, factor de potencia	43
Gráfica 10: Usos de la energía	44
Gráfica 11: Distribución de demanda equipos de fuerza.....	44
Gráfica 12: Distribución del consumo de energía	45
Gráfica 13: Línea base	50

Índice de de Ilustraciones

Ilustración 1: Inversiones en Energía y Eficiencia Energética 2017-2021. Fuente: Barrios Castillo, et. al. (2022).....	9
Ilustración 2: Pasos generales de un Diagnóstico Energético.....	11
Ilustración 3: Consumos energéticos de productos derivados de la leche, sin incluir secado de lactosuero. Fuente: Sikirica et. Al (2003)	14
Ilustración 4: Proceso elaboración queso Oaxaca. Elaboración propia basado en Ramírez Nolla et. al. ...	16
Ilustración 5: Equipos de proceso. Elaboración propia.....	17
Ilustración 6: Proceso Queso Ranchero	35
Ilustración 7: Diagrama de vapor de la planta	49

Introducción

La industria láctea en México es una de las más relevantes del sector alimentario y tiene dos aspectos principales sobre los que poner atención: el aspecto económico y el aspecto ambiental. La Eficiencia Energética es una de las prácticas más importantes para reducir impactos en el sector industrial en la actualidad, a la vez que promueve el cuidado de los dos aspectos anteriores. Las inversiones en proyectos relacionados con ésta, están sólo por debajo de las inversiones en Energías Renovables a nivel global. Los proyectos de Eficiencia Energética evitaron una capacidad de 1,312.9 [MW] en los últimos años.

En México el 97.6% de las PyMEs concentran el 75.4% de los empleos y aportan el 52% al PIB anual del país. En el estado de Veracruz, el 50% de las empresas dedicadas a la producción de derivados de lácteos se encuentran laborando de manera informal. Se prevé un crecimiento de dicha industria del 22% en los próximos años, por lo que implementar acciones (en los 11 estados dedicados a ella, principalmente) que reduzcan impactos ambientales, económicos y sociales, debe ser primordial.

Para implementar Eficiencia Energética en la industria láctea en México, es necesario conocer el comportamiento de las empresas; la vía para lograrlo, es a través de la implementación de Diagnósticos Energéticos, los cuales permiten determinar cómo y dónde se usa la energía en las empresas por sistema específico y nos permiten obtener datos de las líneas de producción más representativas como lo es la elaboración de quesos.

En México se ha desarrollado normativa en materia de Eficiencia Energética desde hace más de 40 años y a nivel global existen muchas prácticas que pueden incorporarse a la industria y deben promoverse en el Sector.

Este documento presenta un análisis exhaustivo de los requerimientos energéticos de la industria láctea PyME en México, así como numera los pasos a seguir para elaborar un primer levantamiento energético a fin de implementar proyectos de eficiencia. Brinda un marco contextual general de la situación actual en el país y en particular en el estado de Veracruz, la normativa a considerar, así como presenta una serie de indicadores recomendados para ser monitoreados por las empresas.

La pertinencia de este estudio, se basa en la escasez de estudios, guías, manuales, etc., que permitan a los industriales lecheros mexicanos conocer los principales requerimientos energéticos de sus empresas, así como la normativa que deben cumplir. Se decidió abordar el tema debido a la notoria falta de estudios, capacitaciones y acompañamientos en materia de eficiencia energética, dentro de una industria tan importante a nivel nacional, con la finalidad de servir como un referente en el estudio e implementación de proyectos de eficiencia energética dentro del Sector.

Por último, se presenta un ejemplo de aplicación simplemente para ilustrar su implementación y servir como guía. La intención de este documento es promover la realización de Diagnósticos Energéticos en el Sector a fin de contribuir con la determinación del desempeño energético de las empresas y encaminarlas a la implementación de proyectos que favorezcan a la transición energética, a la vez que les permitan reducir sus impactos y costos económicos, ambientales y sociales, a través, igualmente, de la presentación de una serie de buenas prácticas basadas mayormente en lo elaborado por Energy Star sobre la materia.

En general, se lograron los objetivos y alcances del presente estudio, sin embargo, se observaron dificultades al realizar los levantamientos sobre algunos sistemas y, sobre todo, se observó carencia de

colaboración por parte de los industriales al brindar datos de producción o información de facturación de las empresas analizadas.

Antecedentes

Eficiencia Energética: situación actual

La energía es el precursor principal para el desarrollo de las naciones y el consumible más imprescindible de cualquier proceso de producción; siendo así uno de los aspectos más importantes sobre el que poner atención y cuidado, pues a pesar de todos sus beneficios, el uso ineficiente de la misma está asociado a importantes excesos de emisiones contaminantes, reducción del desempeño y confort, así como el deficiente manejo de recursos.

La eficiencia energética es una de las estrategias que está tomando mayor fuerza para tratar impactos asociados al uso de la energía; como se observa en la siguiente figura, para el año en curso, la implementación de proyectos de eficiencia se encuentra sólo por debajo de las inversiones anuales en energías renovables:

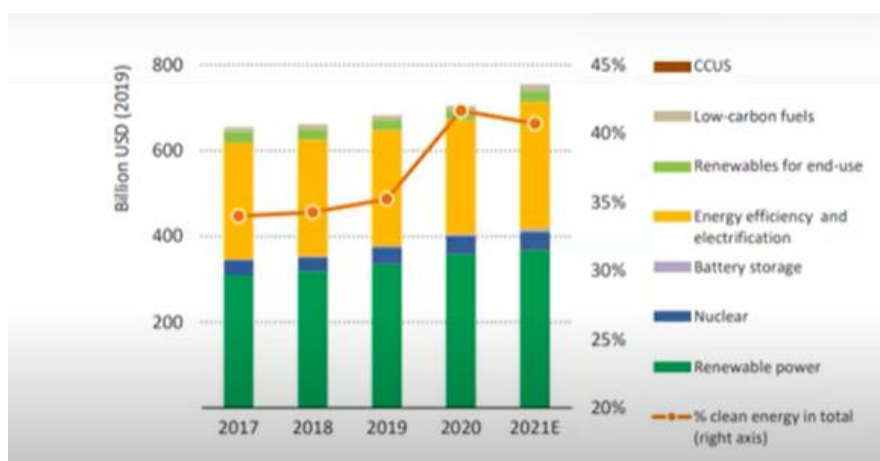


Ilustración 1: Inversiones en Energía y Eficiencia Energética 2017-2021. Fuente: Barrios Castillo, et. al. (2022).

Según la CONUEE, en su Plan Anual de Trabajo 2019, el uso eficiente y ahorro de la energía se logra mediante:

- Uso de equipos y sistemas más eficientes.
- Mejores prácticas y hábitos en relación con el uso de energía.
- Normalización de equipos y sistemas para controlar la calidad y desempeño de los equipos que entran al mercado, así como garantizar mayores niveles de eficiencia energética¹.
- Diseño e implantación de programas de apoyo técnico y financiero a los usuarios finales para promover la sustitución de equipos y sistemas de baja eficiencia.
- Diseño e implantación de programas de información y educación para mejorar hábitos y prácticas en el uso de la energía.

¹ Para dicha labor, el Gobierno Federal ha invertido más de 25 años (CONUEE. (2019)).

Según la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de la Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (INEGI. (2015)) "para el año 2015 se tuvieron registradas 4,048,543 de empresas, de las cuales el 97.6% son microempresas y concentran el 75.4% del personal ocupado total, con una aportación del 52% del PIB del país (CONDUCEF). El consumo eléctrico de las PyMEs es de alrededor del 37% del total nacional, en comparación con el 21.3% de la gran industria y de un total de 205,410 de usuarios". (Lara, et. al, 2018).

La industria en México, se clasifica con base en las actividades productivas desempeñadas, una de las más importantes es la industria alimentaria en donde se incluye la industria láctea, la cual es una de las industrias que se prevé tenga mayor crecimiento en los próximos años en países en vías de desarrollo principalmente. La importancia del consumo de energía lechera tiene dos aspectos importantes que cuidar:

- 1) Ambiental: el uso de combustibles fósiles, energía de la red y gas natural, tiene repercusiones ambientales importantes y altas emisiones de Gases de Efecto Invernadero asociadas, además la producción de leche, procesamiento y transporte, contribuyen con un 4% de las emisiones antropogénicas globales.
- 2) Económico: el costo de los consumibles está sujeto a incrementos, lo que aumenta las preocupaciones financieras para los productores; esto promueve el interés en la eficiencia energética y la incorporación de energías renovables para conseguir independencia energética y minimizar sus usos.

Dentro de esta industria, el consumo energético se distribuye principalmente entre equipos de fuerza, refrigeración, homogenización y limpieza, así como producción de vapor y agua caliente. Según Sikirica, et. Al (2003), la producción láctea y la energía usada para la elaboración de sus derivados, presenta intensidades energéticas bastante planas a lo largo del año, donde el reto principal está relacionado con la buena implementación de la eficiencia energética, ya que ésta implica la suma de todos los esfuerzos, lo que la convierte en una carrera global, así como requiere acceso a inversiones atractivas.

Beneficios de la Eficiencia Energética

Los principales beneficios de la implementación de estrategias que mejoren la eficiencia energética en la industria son:

- Establece una ruta efectiva y rápida para generar empleos locales y sostenibles
- Brinda resiliencia a la empresa que la implementa en torno a los recursos y actividades relacionados con el uso de la energía
- Mejora las condiciones de trabajo (seguridad, calidad de aire, producción, etc.)
- Contribuye con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sustentable
- Puede movilizarse rápidamente, tiene menores costos de inversión (a veces), fuerte alineación entre la creación de trabajos y la eficiencia energética
- Promueve inversiones

Diagnósticos Energéticos

Las estrategias de eficiencia energética se basan en la elaboración de diagnósticos energéticos para determinar sobre qué áreas trabajar. Un diagnóstico energético es un estudio que consiste en medir, evaluar y analizar los usos y consumos de la energía en un edificio a través del desempeño energético de

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

los equipos, sistemas y procesos. Tiene como objetivo determinar áreas de oportunidad de ahorro de energía.

Las mejoras derivadas de la realización de un diagnóstico energético, incrementan la rentabilidad y productividad de una empresa, ya que mediante ellas se busca optimizar el uso de los recursos y con ello disminuyen los costos de producción en general, modernizan los sistemas al promover el uso de tecnología eficiente y mejoran las condiciones laborales y los procesos para las personas involucradas en la planta.

Según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE) los pasos para realizarlo se engloban en 3 principales:

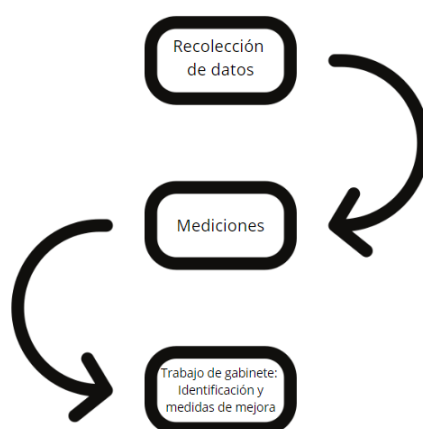


Ilustración 2: Pasos generales de un Diagnóstico Energético

Recolección de datos: implica el levantamiento de datos de placa de los diferentes equipos, cantidades, características físicas, antigüedades, tipos de conexión, distribución y diagramas de proceso en planta, parámetros eléctricos nominales, mantenimiento y operación. Además, implica la recolección de datos históricos de consumibles asociados a la energía.

Mediciones: se realizan sobre parámetros eléctricos generales y específicos de la instalación (en equipos y acometida).

Trabajo de gabinete: consiste en el análisis de información recabada en los dos puntos anteriores con la finalidad de identificar áreas de oportunidad de ahorro, proponer medidas de eficiencia y evaluarlas para determinar cómo pudiera llevarse a cabo su implementación.

Según el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), en su Taller para Promotores de Ahorro y Eficiencia Energética Eléctrica, la metodología para realizar un diagnóstico energético “no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes”

- a) Trabajos previos de gabinete
- b) Recopilación de la información de la instalación
- c) Evaluación del estado energético actual de la instalación
- d) Determinación del potencial de ahorro de energía
- e) Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- f) Evaluación económica
- g) Selección de las medidas ahorradoras a implementar
- h) Aplicación de acciones correctivas

Equipo de medición

Para la elaboración de un diagnóstico energético, es necesario contar con equipo específico de medición, así como con personal técnico capacitado para su uso e interpretación. Los equipos necesarios para realizar un estudio en industria láctea PyME en México son:

Tabla 1: Materiales para necesarios para un levantamiento en la industria láctea

Nombre	Descripción	Imagen	Parámetros de medición
Multímetro	Equipo usado para medir parámetros eléctricos instantáneos y de una sola fase		Corriente Voltaje Potencia
Analizador de redes	Equipo usado para medir parámetros eléctricos continuos y de todas las fases	 Fuente: CONUEE (2014)	Corriente Voltaje Factor de Potencia Potencia Armónicos Frecuencias Etc.
Distansiómetro	Equipo usado para obtener dimensiones de espacios y equipos		Distancias Dimensiones
Vernier	Equipo usado para medir dimensiones de pequeña escala y mayor precisión		Dimensiones
Anemómetro-Psicrómetro-Higrómetro	Equipo usado para medir características del aire y ambiente	 Fuente: VentSpot (2022)	Velocidad de viento Temperatura Humedad relativa Temperatura de punto de rocío
Medidor de flujo	Equipo usado para medir caudales	 Fuente: Cgoldenwall (2022)	Caudal
Analizador de gases de combustión	Equipo usado para conocer las características de los gases de escape de equipo de combustión	 Fuente: DirectIndustry (2022)	Gases de escape (O ₂ , CO ₂ , CO, NO _x , etc.) Temperatura Eficiencia de combustión
Luxómetro	Equipo usado para evaluar niveles de iluminación		Luxes
Cámara termográfica	Equipo usado para identificar visualmente la distribución de temperaturas y ganancias o pérdidas de calor	 Fuente: Grainger (2022)	Temperaturas

Normativa

Según el Balance 2018 de la CONUEE, la normalización en Eficiencia Energética consiguió un ahorro estimado de 6,531.8 [GWh], lo que logró evitar una capacidad de 1,312.9 [MW], por lo que es obligatorio e indispensable considerarla al momento de diseñar y desarrollar un diagnóstico energético.

La Normativa vigente relacionada con Eficiencia Energética para el usuario de la industria láctea es la siguiente:

- **NOM-007-ENER-2014**: Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- **NOM-009-ENER-2014**: Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales.
- **NOM-011-ENER-2006**: Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-012-ENER-2019**: Eficiencia energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-013-ENER-2013**: Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.
- **NOM-014-ENER-2004**: Eficiencia energética de motores de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 a 1,500 [KW]. Límites, método de prueba y marcado.
- **NOM-015-ENER-2018**: Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-016-ENER-2016**: Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 [KW] a 373 [KW]. Límites, métodos de prueba y marcado.
- **NOM-021-ENER/SCFI-2017**: Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-023-ENER-2018**: Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-026-ENER-2015**: Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-027-ENER/SCFI-2018**: Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-032-ENER-2013**: Límites máximos de potencia eléctrica para equipos y aparatos que demandan energía en espera. Métodos de prueba y etiquetado.
- **NOM-033-ENER-2019**: Eficiencia energética de motores de corriente alterna, enfriados con aire, en potencia nominal mayor o igual que 1 [W] y menor que 180 [W]. Límites, método de prueba y marcado.

Otras Normas que se deben considerara a pesar de no ser de Eficiencia Energética son

- **NOM-001-SEDE-2012**: Instalaciones Eléctricas (utilización).
- **NOM-025-STPS-2008**: Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- **LGEEPA:** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en sus Artículos 3, 15 y 28.
- **NOM-085-SEMARNAT-2011:** Contaminación atmosférica. Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- **NOM-020-STPS-2011:** Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.

La aplicación de estas Normas, ha contribuido a que México sea más eficiente, competitivo y responsable con el entorno y las generaciones actuales y futuras, al promover el cuidado y conservación de los recursos energéticos no renovables y el desarrollo tecnológico nacional. El 90% del consumo energético en los sectores doméstico e industrial se realiza a través de equipos con NOM-ENER. Algunos ejemplos de ahorros obtenidos mediante la implementación de medidas y equipos eficientes son:

- Eficiencia Energética en Edificaciones: 11,940 [MWh] anuales, 6,949 [ton de CO₂] evitadas.
- Eficiencia Energética en Iluminación: 3,003,700 [MWh] anuales, 1,748,147 [ton de CO₂] evitadas
- Eficiencia Energética en Sector Industrial y Comercial: 987,534 [MWh] anuales, 574,745 [ton de CO₂] evitadas.

Marco contextual

La industria láctea es una de las industrias de la rama alimentaria más importantes a nivel global, la demanda de productos lácteos aumenta año con año, principalmente en países en vías de desarrollo, y se prevé un crecimiento de dicha demanda del 46%, por lo que, de igual forma, se pronostica un crecimiento de la industria del 22% (2018-2027). (Shine, et. al (2020)).

Dentro del proceso de elaboración de productos lácteos (queso, mantequilla, yogurt, helado, lactosuero, etc.), es necesario el uso tanto de energía eléctrica, como térmica, la distribución de consumos de algunos de estos productos es la siguiente:

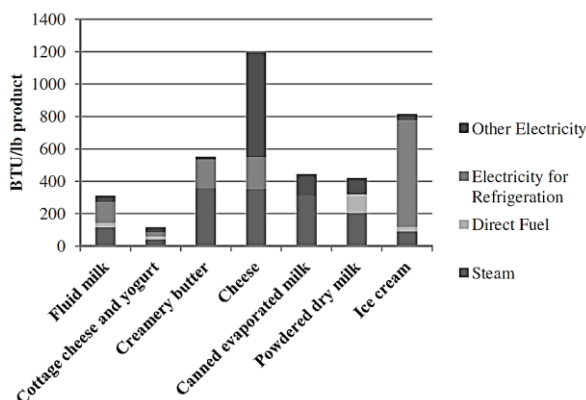


Ilustración 3: Consumos energéticos de productos derivados de la leche, sin incluir secado de lactosuero. Fuente: Sikirica et. Al (2003)

Como se observa en la Ilustración 3, la elaboración de queso supone un consumo energético mayor al resto de los derivados lácteos. Según información de Brush et. al (2011), es su guía Energy Star, la distribución de consumos por kilogramo producido (ver Tabla 2), presenta los mayores consumos en el uso de energía eléctrica para proceso, seguido por los requerimientos de vapor por unidad producida; con un total de 2.8 [MJ/Kg] de queso. Sin embargo, los gastos en energía eléctrica se han incrementado en un

46%, mientras que los gastos en energía térmica, principalmente gas natural, se han incrementado en 171%.

Tabla 2: Distribución de energía necesaria para la elaboración de queso. Fuente: Elaboración propia, basada en Brush, et. al. (2011)

Queso	Vapor [KJ/Kg]	Refrigeración [KJ/Kg]	Electricidad [KJ/Kg]	Total [KJ/Kg]
Proceso	828.06	448.92	1507.25	2784.22

México es uno de los 16 productores más grandes de lácteos en el mundo, según datos de la FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), la industria láctea en México es una de las más significativas en la rama alimentaria, su producción se concentra mayormente en los estados de Jalisco, Coahuila, Guanajuato, Estado de México, Chiapas, Aguascalientes, Durango, Chihuahua y Veracruz.

El estado de Veracruz tiene una participación importante a nivel Nacional, siendo el sexto productor de quesos y lácteos y según datos del INEGI 2019, fue el quinto contribuyente del PIB Nacional. La industria en Veracruz consume un total de 1,566.7 [PJ], que implica el 32% del consumo total del estado (BM-SENER. (2017)). Veracruz, es además uno de los estados con mayores problemas ambientales, por lo que realizar intervenciones que beneficien a la comunidad, la industria y el ambiente deber ser una labor prioritaria.

Miahuatlán, Municipio del Estado, se localiza a 19°42" latitud norte y 96°52" longitud oeste, se encuentra a 1800 metros de altura sobre el nivel del mar y cuenta con 13 localidades y 5,526 habitantes. Dentro del Municipio, las actividades productivas más representativas son la agricultura y la ganadería, las cuales se relacionan directamente con la industria lechera y por tanto existe una cantidad considerable de empresas dedicadas a la elaboración de productos lácteos, específicamente 24 empresas queseras en donde el 50% trabaja de manera formal y el 50% de manera informal. "El total de producción de queso para el primer grupo es aproximadamente de 500 [kg] diarios y 1000 [kg] para el segundo grupo" (Torres. (2019)).

Por otro lado, además de los altos consumos energéticos que tiene esta industria, diariamente se procesan miles de litros de leche de los cuales tan sólo el 25% se convierte en producto, el resto se descarga al drenaje el cual desemboca en el río Naolinco. La mayor parte de las empresas de la región cuentan con procesos artesanales, cuyas actividades poco controladas afectan de manera sustancial al equilibrio ecológico de la región y a las comunidades que viven aguas abajo, principalmente en el municipio que también lleva por nombre Naolinco.

La forma inadecuada en que estas PyMES operan muchas veces se debe a la falta de información, seguimiento y cumplimiento de normativa, así como a la falta de evaluaciones, industrialización, programas de mantenimiento y monitoreo de parámetros energéticos que permitan evaluar el comportamiento de las instalaciones y equipos.

Por lo anterior, es de suma importancia que este tipo de industria comience a trabajar de forma distinta, a fin de disminuir las emisiones contaminantes, así como los impactos ecológicos y sociales; para con ello mejorar la competitividad económica. Una de las formas de lograrlo es a través del mejoramiento en el desempeño energético, lo cual además puede ser atractivo para los industriales porque la eficiencia está normalmente ligada con la reducción de consumos y por tanto del pago de facturas por consumibles.

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

Elaboración de quesos

Dentro de la industria láctea analizada, existen distintos productos derivados, tales como Queso Oaxaca, Queso Manchego, Queso Crema, Queso Gouda, Queso Provolone, Yogurt, etc.

Los quesos cuentan con un alto valor nutrimental debido a las proteínas y grasas que contienen. Según la NOM-243-SSAI-2010, los quesos son “productos elaborados de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior, por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales”, donde además se clasifican en 3 grupos: frescos, madurados y procesados.

- Quesos frescos: tienen un alto contenido de humedad, no llevan corteza
- Quesos madurados: su maduración se logra mediante condiciones ambientales controladas y la adición de microorganismos, pueden o no llevar corteza y algunos no requieren refrigeración.
- Quesos procesados: son resultado de la mezcla de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes.

Con base en lo anterior, este estudio, se concentra en el contexto de la industria PyME mexicana para la elaboración de quesos y fundamentalmente los procesos semi artesanales producidos en el estado de Veracruz.

El proceso general de elaboración de quesos frescos en México consiste básicamente en lo siguiente:



Ilustración 4: Proceso elaboración queso Oaxaca. Elaboración propia basado en Ramírez Nolla et. al.

- Recepción: Se recibe la leche y se filtra.
- Estandarización: Se analiza la calidad de la misma (contenido de grasas y proteínas).
- Pasteurización: Se le da un tratamiento térmico a la leche con la finalidad de eliminar patógenos.
- Acidificación: Se añaden bacterias lácticas o ácidos para desmineralizar la leche.
- Coagulación: Se realiza el descremado de la leche y se adición de bióxido de titanio, se mezcla con grasas vegetales y se homogeniza, se calienta y posteriormente se le agrega calcio para finalmente dejarla reposar y agregar el cuajo.

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Corte, desuerado y moldeado: Se realiza el corte con lira y se deja reposar, se desuera y se realiza nuevamente el corte con lira. Se da un último molido manual y se realiza el moldeo mediante prensado.
- Moldeado: se agrega sal, dióxido de cloro y se realiza el moldeo y la prensa del producto.
- Empaquetamiento y almacenamiento: Se empaqa el queso y se coloca en la cámara de refrigeración.

Para el caso del Queso Oaxaca, después del corte se realizan los siguientes pasos:

- Malaxado: Se alinean y orientan las proteínas y grasa, se sumerge el queso en suero y se le aplica trabajo mecánico hasta obtener una consistencia elástica.
- Estiramiento, salado y enrollado: Sustituye al moldeado, se forman hilos mediante el estiramiento del queso, se enfría, se le agrega sal y se enrollan las hebras en forma de bola.

Por otro lado, el proceso industrial de la producción de quesos, involucra varios equipos térmicos y de fuerza que contribuyen directamente al desempeño de la industria misma (dependiendo el tipo de producto se usan los equipos de proceso mostrados). A continuación, se presenta un diagrama básico de cómo se involucran los mismos en el proceso.

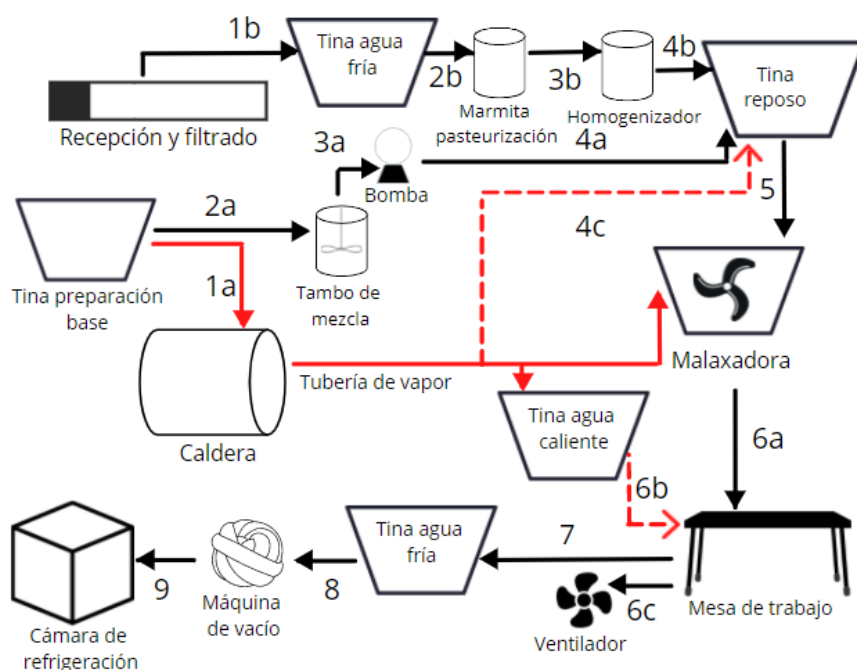


Ilustración 5: Equipos de proceso. Elaboración propia

Ejemplos de procesamiento de quesos

Proceso Queso Fresco:

Se realiza una preparación de bases previa a la llegada de la leche, para ello se calienta agua a 32 [°C] en una tina (1a-2a) y se mezcla con la base en polvo (2a-3a). Por otro lado, se recibe la leche bronca, se filtra y se coloca en una tina de pre enfriado (1b-2b), se pasteuriza (en caso de aplicar) para eliminar patógenos, donde se eleva la temperatura a 65 [°C] y posteriormente se enfría hasta 32 [°C] (2a-3b). A continuación,

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

se revisan los parámetros químicos, se bombea la base (3a-4a), se mezclan y se dejan en reposo por una hora controlando PH y temperatura. En caso de requerirse, se inyecta vapor para mantener los 32 [°C]. Una vez alcanzadas las condiciones ideales para la cuajada, se agrega dióxido de titanio, grasas vegetales y se homogeniza (en caso de aplicar) para romper las cadenas grasa y dispersarla mejor en el componente soluble, con la finalidad de evitar la separación del producto en capas (3b-4b), se mezcla y se calienta a 35 [°C], se le adiciona calcio y se reposa, se le agrega la cuajada, se reposa y se corta con lira en cuadritos (4a-4b-4c-5), los cuales se desueran y se arrecia con rastrillo por 10 minutos. Finalmente, se agrega sal, se moldea y prensa para después de empaquetado, llevarlo a la cámara de refrigeración.

Proceso Queso Oaxaca:

Se realiza una preparación de bases previa a la llegada de la leche, para ello se calienta agua a 32 [°C] en una tina (1a-2a) y se mezcla con la base en polvo (2a-3a). Por otro lado, se recibe la leche bronca y se coloca en una tina de pre enfriado (1b-2b), se pasteuriza (en caso de aplicar) para eliminar patógenos, donde se eleva la temperatura a 65 [°C] y posteriormente se enfría hasta 32 [°C] (2a-3b) y se homogeniza (en caso de aplicar) para romper las cadenas grasa y dispersarla mejor en el componente soluble, con la finalidad de evitar la separación del producto en capas (3b-4b). Posteriormente, se revisan los parámetros químicos, se bombea la base (3a-4a), se mezclan y se dejan en reposo por una hora controlando PH y temperatura. En caso de requerirse, se inyecta vapor para mantener los 32 [°C]. Una vez alcanzadas las condiciones ideales para la cuajada, se agrega dióxido de titanio, grasas vegetales, calcio y cuajo, reposa y se corta en cuadritos (4a-4b-4c-5), los cuales se desueran y son llevados manualmente a la malaxadora donde mediante adición de calor (>80 [°C]) se alinean las proteínas, se revuelve hasta que la mezcla adquiere una consistencia chiclosa (5-6a), se lleva a unas mesas de trabajo en porciones, donde se elaboran las hebras mientras se enfrían con la acción de un ventilador y si es necesario se les agrega agua a 80 [°C] (6a-6b-6c-7) para conservar su consistencia. Una vez elaboradas las hebras, se vierten en tinas de agua fría a 10 [°C] (7-8), se salan, enrollan, y empacan manualmente o mediante una empacadora al vacío (8-9). Finalmente se llevan los paquetes a la cámara de refrigeración.

Proceso Queso Crema:

Se realiza una preparación de bases previa a la llegada de la leche, para ello se calienta agua a 32 [°C] en una tina (1a-2a) y se mezcla con la base en polvo, goma, grasa vegetal y crema butírica (2a-3a). Por otro lado, se recibe la leche bronca, se filtra y se coloca en una tina de pre enfriado (1b-2b), se pasteuriza (en caso de aplicar) para eliminar patógenos, donde se eleva la temperatura a 50 [°C] y se homogeniza (en caso de aplicar) para romper las cadenas grasa y dispersarla mejor en el componente soluble, con la finalidad de evitar la separación del producto en capas (3b-4b). Posteriormente, se le agrega calcio y dióxido de cloro, así como cuajo, se mezclan y se dejan en reposo por 10 min, se corta con lira y se arrecia, se desuera, sala y moldea (4a-4b-4c-5). Se llevan los paquetes a la cámara de refrigeración por 24 horas, se moldea y nuevamente se refrigera para su venta.

Como se observó en las descripciones anteriores, existen varios equipos involucrados en el proceso de la elaboración de quesos, a cuyo desempeño energético se atribuyen parte de los impactos ambientales, económicos y sociales de las plantas. Como se mencionó anteriormente, la inadecuada operación y desempeño de dichos equipos muchas veces se debe a la falta de información, seguimiento y cumplimiento de normativa, así como a la falta de evaluaciones, programas de mantenimiento y monitoreo de parámetros que permitan determinar su comportamiento y eficiencia.

El consumo específico de energía depende de factores como la antigüedad, dimensionamiento, operación y mantenimiento de los equipos, por lo que se debe poner atención a todos estos factores (en conjunto con el tipo de tecnología) para poder evaluar efectivamente la eficiencia de los sistemas con miras a mejorarlos, para ello la caracterización de todos los equipos involucrados, es necesaria.

Según el ámbito internacional, se registra un Consumo Específico de Energía primaria de 0.444 [GJ/ton] en las plantas con mejor desempeño en el Reino Unido (Carbon Trust, 2010), con consumos de energía según la UNEP (2000) de 7.27 [MJ/ton] procesada de queso y lactosuero, por su parte, el Banco Mundial (2007) reporta un Consumo Específicos de energía para la producción de queso de 0.79 [GJ/ton], lo cual depende de variables tales como la tecnificación de los procesos, el dimensionamiento de los sistemas, la antigüedad de los equipos, etc.

El consumo energético de las plantas puede englobarse en 2 grupos principales, energía térmica y energía eléctrica.

Equipos Eléctricos

Los equipos de proceso que consumen energía eléctrica son equipos de fuerza, los cuales comparten como parte sistemática al motor, cuyo desempeño determina en gran proporción la operación de los mismos. Los motores eléctricos (equipos electromotrices) son responsables de aproximadamente el 80% del consumo eléctrico en la industria de nuestro país, siendo los motores de inducción tipo jaula de ardilla los más comunes.

Según datos del Energy Efficiency Enquiries Bureau ETSU, los motores de hasta 300 [KW] son responsables de los siguientes porcentajes de consumo según el equipo de fuerza utilizado:

Tabla 3: Consumo de energía en motores de inducción de hasta 300 [KW]

Tipo de carga	Porcentaje de energía
Bombas	32%
Ventiladores	23%
Bandas transportadoras	15%
Compresores diversos (no aire)	14%
Compresores de aire	8%
Otros tipos de carga	8%

En la Tabla 3, se observa que el mayor consumo de energía eléctrica es debido al bombeo, seguido del consumo de energía por uso de ventiladores. Algunos de los parámetros eléctricos que determinan el desempeño de los equipos de fuerza son tensión, corriente y factor de potencia, donde el último de ellos se refiere a la relación existente entre la potencia aparente y la potencia activa, lo que puede traducirse en el trabajo útil de un motor, mientras más cercano a 1 sea este valor, menor será la potencia reactiva y mejor será el desempeño del mismo. Este parámetro tiene un papel muy importante ya que habla de la eficiencia del uso de la energía y tiene consecuencias fundamentales en la facturación eléctrica, pues afecta la operación de la red.

Equipos Térmicos

Los equipos de proceso relacionados con la energía térmica, son principalmente tinas y malaxadoras, las cuales tienen una demanda de vapor y están alimentadas por una caldera. La operación y desempeño de estos equipos en conjunto con las líneas de vapor, es fundamental en la planta.

Los sistemas de vapor son los mayores consumidores de energía en la industria láctea. El 80% del consumo a lo largo del proceso es térmico, ya que se requiere de calentamiento y vapor en algunas partes del mismo (Masanet, et. al. (2014)).

Como se observa en la Tabla 4, la mayor intensidad energética en la elaboración de productos lácteos, se debe al uso de vapor y a la refrigeración. Además, en la producción de quesos, los motores en proceso son igualmente muy representativos.

Tabla 4: Intensidad energética en industria láctea. Basada en Energy Star Report

Producto	Intensidad energética [KJ/Kg de producto]				
	Vapor	Combustible	Electricidad en refrigeración	Otro tipo de electricidad	Total
Leche	272.14	65.13	300	86.1	723.37
Almacenamiento final			41.9		41.9
Empaque		34.89			34.89
Almacenamiento previo			20.9		20.9
Deodorización	58.15				58.15
Enfriamiento			197.7		197.7
Homogenización				23.26	23.26
Pasteurización	213.99				213.99
Separación				41.9	41.9
Clasificación/Estandarización				20.9	20.9
Recepción/Almacenamiento		30.24	41.9		72.14
Crema y mantequilla	835	0	407	41.9	1283.9
Pasteurización	835				835
Potencia mecánica				41.9	41.9
Refrigeración			407		407
Queso	825.7	0	448.9	1507.25	2781.85
Cocción y pasteurización	213.9				213.9
Enjuague final	18.6				18.6
Tinas	414				414
Arrancadores	13.9				13.9
Pasteurización	167.5				167.5
Bombas y motores			448.9	648	1096.9

El uso racional y eficiente de la energía, dependen en general del mejoramiento en la calidad de la misma, el correcto dimensionamiento, el tipo de tecnología (tipos de eficiencia), el uso de controles de velocidad, el mantenimiento y la calidad en las reparaciones.

Según Energy Star (2010), las mayores oportunidades de ahorro se encuentran en los sistemas de mayor consumo: sistema de refrigeración y sistema de vapor.

En México, la producción de quesos en la industria PyME, es aún bastante artesanal, lo que implica que muchos de los procesos se desarrollan aún de forma manual o sin ningún tipo de control integrado, sin embargo, es importante determinar el desempeño de equipos térmicos y eléctricos con base en dos parámetros importantes: diseño y operación. Este documento presenta una guía para la aplicación de una

Auditoría Energética en la Industria láctea, con la finalidad de servir como base para la realización de dichos estudios e implementar buenas prácticas.

Planteamiento del problema

La industria láctea en México es una de las más representativas dentro del sector alimentario. Se prevé un crecimiento en la demanda de sus productos del 22% durante los próximos años.

Uno de los estados con mayor producción en el país es Veracruz; algunos de sus municipios, como el de Miahuatlán, se dedican prácticamente por completo a la industria láctea y sus derivados. En Miahuatlán, existen 24 empresas queseras en donde el 50% trabaja de manera formal y el 50% de manera informal, y de los miles de litros de leche que se procesan al día, tan solo el 25% es aprovechada, el resto es descargado al drenaje en forma de lactosuero, lo que pone en total riesgo a la comunidad y su entorno.

La predominación de procesos artesanales en la elaboración de los derivados lácteos en esta región, afecta de manera sustancial al equilibrio ecológico, al no contar con procesos controlados durante las actividades de producción, se presentan ineficiencias que conllevan impactos importantes en toda la cadena productiva, la sociedad, el ambiente y la economía de los industriales; situación que se replica en muchos municipios del país con características similares.

La falta de atención y acompañamiento por parte de las autoridades mexicanas con los industriales lecheros del país, promueve que la industria se comporte de forma desordenada, se violen normativas y se descuiden los procesos, con todo lo que esto conlleva. La escasez de proyectos, fondos, promociones y capacitaciones para la implementación de proyectos de eficiencia energética, así como la falta de información y asesoría en toda la cadena productiva relacionada con el sector, pone en desventaja a la industria, permitiendo que existan situaciones que atentan contra el equilibrio ecológico, la salud y bienestar de todos los habitantes de la región, así como contra la eficiencia y economía de las empresas.

Este documento, pretende identificar los requerimientos energéticos principales de esta industria, con la finalidad de servir como una guía para la implementación de un diagnóstico energético con el que los industriales puedan comenzar a familiarizarse con los sistemas de mayores consumos en sus empresas, puedan evaluarlos e implementar buenas prácticas que promuevan la eficiencia energética, así como dé pie a la implementación de proyectos que mejoren el desempeño energético de las mismas y con ello se puedan reducir impactos directos y externalidades relacionadas con la producción de derivados lácteos.

Objetivo

Diseñar un procedimiento para la implementación de un Diagnóstico Energético en PyMEs de la industria láctea en México.

Objetivos específicos

Identificar las herramientas necesarias para la elaboración de un diagnóstico energético.

Determinar los parámetros principales a considerar para evaluar el desempeño de los equipos y sistemas en la industria láctea.

Identificar buenas prácticas para el uso eficiente de la energía en la industria láctea.

Alcances

- Realizar un análisis exhaustivo de los requerimientos energéticos en la industria láctea en México, tomando como referente la industria veracruzana.
- Realizar diagnósticos energéticos en Miahuatlán, Veracruz para, con base en ellos, diseñar la metodología del levantamiento y delimitar los sistemas de estudio.
- Determinar los sistemas energéticos más representativos dentro de la industria láctea y realizar una guía para la implementación de un levantamiento, así como la ruta para la evaluación del desempeño de dichos sistemas y la determinación de indicadores de interés para los industriales.

Propuesta de análisis para la realización de Diagnósticos Energéticos

Información necesaria previa al levantamiento²:

- **Información de contacto**
 - o Nombre de la empresa
 - o Dirección (Calle, Número, Entidad Federativa, Municipio, Código Postal)
 - o Datos de contacto (Nombre, Teléfono, Correo)
- **Información de la empresa**
 - o Años de operación de la empresa
 - o Número de empleados
 - o Horarios de operación
 - o Días de operación
 - o Área
 - o Estudios o proyectos previos relacionados con el uso de la energía
- **Información de la operación**
 - o Diagramas unifilares
 - o Layout de la planta
 - o Diagrama de procesos (por tipo de producto)
 - o Diagrama de vapor
 - o Inventario de equipos
 - o Facturación eléctrica (12 meses)
 - o Facturación térmica (12 meses)³
 - o Datos de producción (por tipo de producto)
- Realización de una visita previa con la finalidad de detectar necesidades de recursos (equipos de medición, personal, tiempos, puntos para realizar mediciones, sistemas principales, accesibilidades y operación).

Una vez obtenida la información previa y realizado el recorrido de inspección, es importante determinar el material y los recursos (tiempos-equipos-personas) que se destinarán a cada actividad y sistema.

² Existe la posibilidad de que la planta no cuente con toda la información solicitada, en dicho caso se debe ajustar el trabajo previo a la información con la que se cuente y se obtendrá el resto, en medida de lo posible, durante el levantamiento.

³ La facturación térmica se refiere a todos los combustibles usados en los procesos relacionados con la elaboración de los derivados lácteos.

Es importante reportar Marca y Modelo de los equipos utilizados para realizar las mediciones.

Los sistemas detectados durante las visitas en las plantas podemos dividirlos entre térmicos y eléctricos, donde los más representativos son el sistema de vapor y el sistema de refrigeración, respectivamente. El **levantamiento de datos** propuesto según lo observado en campo es:

- **Monitoreo Eléctrico:**
 - Conectar el analizador de redes a la acometida por al menos una semana o un ciclo de trabajo completo.
 - Programar el equipo para realizar mediciones de los parámetros cada 5 minutos.
- **Equipos de Fuerza** (bombas, extractores, homogeneizadores, malaxadoras, agitadores, etc.):
 - Realizar un censo de los equipos de fuerza instalados
 - Datos de placa

Tabla 5: Formato levantamiento datos de placa equipos de fuerza

Equipo	Marca	Modelo	Capacidad [HP]	Capacidad [KW]	RPM	Voltaje [V]	Corriente [A]	Eficiencia %	FP
Motor 1									
Motor 2									
Motor 3									
.									
.									
.									

- Mediciones de parámetros eléctricos

Tabla 6: Formato levantamiento parámetros eléctricos

Equipo	Potencia [KW]	Voltaje [V]	Corriente [A]	FP	Número de Rebobinados	Horas uso [h/año]	Antigüedad	RPM
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
.								
.								
.								

- Tomar nota de los equipos de control y arranque que pueda tener el equipo
- Tomar nota de la operación y mantenimiento del motor (horarios de arranque, limpieza, protecciones, conductores, etc.)

- **Sistema de refrigeración:**
 - Equipos de agua helada
 - Datos de placa

Tabla 7: Formato levantamiento datos de placa sistema de refrigeración

Equipo	Capacidad [kW]	Marca	Modelo
Tina de enfriamiento 1			
Tina de enfriamiento 2			
.			
.			
.			

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Mediciones

Tabla 8: Formato levantamiento mediciones, sistema de refrigeración

Equipo	Potencia [kW]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Horas de uso [h/año]	Antigüedad
Tina de enfriamiento 1					
Tina de enfriamiento 2					
.					
.					
.					

- Cuartos fríos

- Es importante registrar el tipo de equipos que están operando. Los datos a levantar son:

Tabla 9: Formato levantamiento unidades condensadora y evaporadora

UNIDAD CONDENSADORA		UNIDAD EVAPORADORA	
Marca		Marca	
Modelo		Modelo	
Potencia eléctrica en frío [KW]		Potencia eléctrica en frío [KW]	
Potencia frigorífica [BTU/h]		Capacidad frigorífica [BTU/h]	
Potencia [W]		Potencia	
Voltaje [V]		Voltaje [V]	
Corriente [A]		Corriente [A]	
Fases		Tipo	
Tipo		Antigüedad	
Refrigerante		Horas de operación [h/año]	
EER			
Antigüedad			
Horas de operación [h/año]			

- Mediciones

- Dimensiones
 - Largo
 - Alto
 - Ancho
- Porcentaje de ocupación
- Tipo de producto almacenado
- Estado de los aislamientos
 - Tipo de aislamientos y características
 - Análisis termográfico. Es importante registrar las condiciones y posibles ganancias de calor al interior de la cámara a causa de un mal estado de aislamientos, empaques, etc.
- Mediciones eléctricas. Es recomendable realizar al menos 3 mediciones en distintos horarios de operación y registrarlo.⁴

⁴ En caso de ser 3 fases, agregar una columna para cada fase en las mediciones.

Tabla 10: Formato levantamiento mediciones eléctricas, sistema de refrigeración

Hora	Corriente [A]	Voltaje [V]	Potencia [V]	Consumo [kWh]	FP
1					
2					
3					

- Registrar potencia de equipos auxiliares, en caso de aplicar.
- Mediciones térmicas. Es recomendable realizar al menos 3 mediciones en distintos horarios de operación y registrarlos.

Tabla 11: Formato levantamiento parámetros térmicos condensador

Medición	Condensador				
	T entrada [°C]	T salida [°C]	Vel. Aire [m/s]	Humedad rel. entrada [%]	Humedad rel. salida [%]
1					
2					
3					

- Tomar nota sobre la iluminación, equipo externo que esté dentro del área del cuarto, flujo de personas, posibles pérdidas de energía, etc.

- Iluminación

- Datos de placa

Tabla 12: Formato levantamiento datos de placa, iluminación

Tipo de lámpara	Marca	Modelo	Potencia [W]	Cantidad
Fluorescente				
LED				
Halogenuros metálicos				
.				
.				
.				

- Mediciones
 - Área
 - Largo (l)
 - Ancho (a)
 - Alto (h)
 - Altura del plano de trabajo (h_{pt})

Tabla 13: Formato levantamiento evaluación sistema de iluminación

Nombre	Área 1					
Tipo de lámpara	Potencia [W]	Cantidad	Potencia instalada [kW]	Área [m ²]	DPEA [W/m ²]	Niveles de iluminación [lux]
Fluorescente						
LED						
Halogenuros metálicos						
.						
.						
.						

- Criterio de selección de mediciones para evaluar niveles de iluminación: seguir el procedimiento de índice de área presentado en la NOM-025-STPS-2008, Apéndice A, para determinar el número de mediciones requeridas:

$$IC = \frac{(l)(a)}{h_{pt}(a + l)}$$

Tabla 14: Índice de área. Fuente: NOM-025-STPS-2008

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

- Incluir un croquis con la localización de los puntos de medición

- **Sistema de vapor:**

- Caldera
 - Datos de placa

Tabla 15: Formato levantamiento datos de placa, caldera

CALDERA	
Marca	
Modelo	
Capacidad nominal [cc]	
Combustible	
Tipo de operación	
Antigüedad	

- Mediciones. Realizar al menor 3 mediciones en distintos horarios y registrarlas.

Tabla 16: Formato levantamiento parámetros térmicos caldera

Medición	Presión operación [kPa]	T ambiente [°C]	T gases escape [°C]	Vel. Inyección [m/s]
1				
2				
3				

- Dimensiones
 - Largo
 - Ancho
- Registrar si existe algún tipo de control para inyección de agua
- Sistema de precalentamiento de agua de alimentación (en caso de aplicar)
- Tipos de tratamiento (en caso de aplicar)
- Realizar análisis termográfico de la envolvente para determinar estado de aislamiento
- Mediciones con analizador de gases de combustión
 - Realizar al menos 5 mediciones en intervalos de 10 minutos

Tabla 17: Formato levantamiento gases de combustión

Gases	Composición				
	1	2	3	4	5
CO ₂ (%)					
O ₂ (%)					
CO					
NO _x					
SO _x					
Eficiencia					

- Registro de color de flama
- Material aislante

Tabla 18: Formato levantamiento agua de alimentación

Agua de alimentación	
Caudal [l/s]	
Presión [KPa]	
Temperatura [°C]	

- Identificar si cuenta con retorno de condensados
 - Líneas de vapor (agregar todas las columnas de accesorios necesarias)

Tabla 19: Formato levantamiento sistema de distribución de vapor

Material							
Línea de vapor	Longitud [m]	Diámetro [m]	Codos	Tee	Válvula	Reducción	Observaciones
1							
2							
3							
.							
.							
.							

- Pasteurizadora
 - Datos de placa
 - Marca

- Modelo
- Capacidad nominal
- Mediciones
 - Temperatura de operación [°C]
 - Volumen [m³]
 - Flujo de vapor [l/s]

Es importante realizar anotaciones y llevar un reporte fotográfico sobre todas las observaciones que se tengan en el proceso: estado de equipos, estado de aislamientos, limpieza, etc., así como de los hábitos de operación que se tienen en la planta. Escuchar a los operadores puede dar mucha claridad al momento de analizar la información, toda la información es relevante.

Es importante elaborar diagramas de proceso, en caso de que no hayan sido brindados por el cliente.

Trabajo de gabinete

Se debe analizar la información recolectada y medida con la finalidad de determinar oportunidades de ahorro y con ello realizar el análisis de las Medidas de Ahorro de Energía que pudieran implementarse.

- Procesos: Realizar una descripción de los procesos localizados en la planta, preferentemente realizar un diagrama.
- Producción: Presentar en formato tabla y gráfica la producción mensual por tipo de producto.

Tabla 20: Formato levantamiento producción

Mes	Producción Queso Tipo 1 [Kg]	Producción Queso Tipo 2 [Kg]
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
.		
.		
.		

- Históricos de consumo: Analizar el comportamiento histórico de consumos de los distintos combustibles utilizados en los procesos de la planta.
 - Eléctrico
 - Realizar una descripción de las características de la acometida y el tipo de Tarifa que se encuentra contratada
 - Identificar el costo por [KWh]

Ejemplos⁵:

Tabla 21: Formato levantamiento tarifas eléctricas

Tarifa		GDMTH										
Mes	Consumo [KWh]				Demanda [KW]				FP	FC	Costos [\$]	
	Intermedio	Base	Punta	Total	Intermedio	Base	Punta	Facturable				
Enero												
Febrero												
Marzo												
.												
.												
.												

Tarifa		GDMTO		
Mes	Consumo [KWh]	Demanda [KW]	FP	Costos [\$]
Enero				
Febrero				
Marzo				
.				
.				
.				

Tarifa		PDBT	
Mes	Consumo [KWh]	Costo por KWh [\$/KWh]	Costos [\$]
Enero			
Febrero			
Marzo			
.			
.			
.			

$$\text{Precio medio KWh} = \frac{\$ \text{ Subtotal antes de IVA}}{\text{KWh totales del mes}}$$

- Incluir gráficas de consumos y demanda (en caso de aplicar)
- Obtener el costo anual por consumo
- Obtener el costo anual por demanda
- Verificar la bonificación/penalización por Factor de Potencia (FP): se aplica una bonificación cuando el FP > 0.9 y se aplica una penalización cuando el FP < 0.9

$$\text{Bonificación} = \frac{1}{4} \left[1 - \frac{90}{FP} \right] \times 100, \text{ con porcentaje máximo aplicable de 2.5\%}$$

$$\text{Penalización} = \frac{3}{5} \left[\frac{90}{FP} - 1 \right] \times 100, \text{ con porcentaje máximo aplicable de 120\%}$$

- Térmico

⁵ En caso de contar con una tarifa contratada en Media Tensión, es necesario agregar a los cálculos los cargos por capacidad, factor de carga y distribución.

Tabla 22: Formato levantamiento consumo combustibles

Mes	Combustible 1			Combustible 1		
	Consumo [l]	Consumo [MJ]	Costo [\$]	Consumo [l]	Consumo [MJ]	Costo [\$]
Enero						
Febrero						
Marzo						
.						
.						

- Incluir gráficas de consumo
- Monitoreo de parámetros eléctricos⁶
 - Graficar y analizar el consumo registrado al finalizar de la medición
 - Graficar y analizar el comportamiento de la demanda al finalizar la medición
 - Determinar valores máximos, mínimos y promedio y analizar el comportamiento

Tabla 23: Formato levantamiento demanda

Demanda	[KW]	[KVA]
Máxima		
Mínima		
Promedio		

- Comparar consumos estimados mediante el monitoreo y facturados por CFE en la planta.
- Graficar y analizar los valores máximos, mínimos y promedio de la tensión. Corroborar que las variaciones estén conforme a lo establecido por el “Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica” (+- 10% con respecto al voltaje nominal).

Tabla 24: Formato levantamiento tensión eléctrica

Fase	A [V]	B [V]	C [V]
Máximo			
Mínimo			
Promedio			

- Graficar y analizar el desbalance de Tensión máximo permitido en punto de acometida, con base en la Especificación L-000045 de CFE.

Tabla 25: Desbalance máximo en tensión permitido en punto de acometida. Fuente: CFE L-000045

Tensión kV	Desbalance %
Menor de 1	3
Mayor o igual de 1	2

⁶ Realizar los análisis que apliquen de acuerdo al número de fases con que se cuente en la instalación

- Analizar desbalances de corriente máximo y mínimo por fase. Corroborar que las variaciones estén conforme a la Especificación CFE L0000-45.

Tabla 26: Formato levantamiento desbalance de corriente

Fase	A [A]	B [A]	C [A]
Máximo			
Minimo			
Promedio			

Evaluar mediante:

$$I_L = \frac{\text{Potencia transformador [VA]}}{\sqrt{3}(\text{Voltaje})[V]}$$

$$I_{cc} = \frac{I_L}{Z}$$

$$Z_{rel} = \frac{I_{cc}}{I_L}$$

I_L : Corriente máxima del sistema

I_{cc} : Corriente de corto circuito

Z: Impedancia del transformador

Z_{rel} : Impedancia relativa

Tabla 27: Desbalance máximo de corriente en punto de acometida. Fuente: CFE L-000045

Impedancia relativa (I_{cc} / I_L)	Desbalance %		
	Menor a 1 kV	De 1 kV a 35 kV	Mayor a 35 kV
$(I_{cc} / I_L) < 20$	5	2,5	2,5
$20 \leq (I_{cc} / I_L) < 50$	8	4	3
$50 \leq (I_{cc} / I_L) < 100$	12	6	3,75
$100 \leq (I_{cc} / I_L) < 1000$	15	7,5	4
$(I_{cc} / I_L) \geq 1000$	20	10	5

- Evaluar la Distorsión Armónica máxima permitida en la instalación por componente individual en sus primeros 11 componentes y evaluarlo con base a la especificación L-000045 de CFE:

Tabla 28: Distorsión armónica máxima permitida en corriente por componente individual. Fuente: CFE L-000045

Impedancia relativa (I_{cc} / I_L)	Componente armónico individual máximo de corriente, para armónicas impares (CAIMC) %					Distorsión armónica total de demanda (DATD) %
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$	
$(I_{cc} / I_L) < 20$	4	2	1,5	0,6	0,3	5
$20 \leq (I_{cc} / I_L) < 50$	7	3,5	2,5	1	0,5	8
$50 \leq (I_{cc} / I_L) < 100$	10	4,5	4	1,5	0,7	12
$100 \leq (I_{cc} / I_L) < 1000$	12	5,5	5	2	1	15
$(I_{cc} / I_L) \geq 1000$	15	7	6	2,5	1,4	20

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Analizar el desbalance de frecuencia, que con base en el “Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica”, la frecuencia debe ser de 60 [Hz] con tolerancia de +/- 0.8%.
- Analizar el comportamiento del Factor de Potencia durante el monitoreo eléctrico.
- Censo de equipos eléctricos
 - Tabular valores de Potencia y Consumo por equipo o área de operación (dependiendo el tamaño de la planta).
 - Graficar la distribución de cargas instalada en la planta o por área de operación, para determinar los equipos más representativos.
 - Graficar la distribución de consumos de los equipos instalados por área o en general en planta, con la finalidad de determinar cuáles son los más representativos.
- Sistema de refrigeración
 - Analizar potencias y consumos de el o los cuartos de refrigeración.
 - En caso de tener información de la unidad evaporadora, determinar la energía absorbida por la misma: $Q_{\text{evap}} = \dot{m}(h_{\text{sal}} - h_{\text{ent}})$. En caso de no contar con información a la entrada y salida de la evaporadora, se puede usar la ecuación:

$$\frac{Q_c}{\dot{m}} = Cp(T_{sc} - T_{ec}) + \omega_1 h_{v1} - \omega_2 h_{v2}$$

$$\dot{m} = \rho v A$$

$$Q_L = Q_c - W_c - W_{aux}$$

ω : humedades relativas a la entrada y salida del condensador

T_{sc} : temperatura a la salida del condensador

T_{ec} : temperatura a la entrada del condensador

\dot{m} : flujo másico

h : se refiere a las entalpías a la entrada y salida del condensador

W_c : potencia del compresor

W_{aux} : potencia de los equipos auxiliares

- Evaluar el rendimiento del sistema y verificar su valor con el dato del fabricante y la Normativa vigente (que aplique al tipo de sistema de refrigeración instalado o que pueda tomarse como referencia).

$$EER = \frac{\text{Potencia de refrigeración } \left[\frac{BTU}{h} \right]}{\text{Potencia eléctrica consumida } [W]} = \frac{Q_L}{W_c + W_{aux}}$$

En caso de que los componentes del sistema del cuarto frío, sean menores a 8.8 [KW], puede tomarse como referencia la NOM-011-ENER-2006, “Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.” Que tiene como objetivo establecer el nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE) que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo central de entre 8.8 y 19.05 [KW], el cual es de 3.81 [W_t/W_e]

- Sistema de iluminación
 - o Con base en la información obtenida del levantamiento, evaluar el cumplimiento de la Normativa relacionada
 - NOM-007-ENER-2014: Densidad de potencia máxima permitida

$$DPEA = \frac{\text{Potencia total instalada}}{\text{Área}} = \frac{D}{m^2}$$

- NOM-025-STPS-2008: Niveles mínimos de iluminación permitidos en áreas de trabajo, la cual indica lo siguiente:

Tabla 29: Niveles mínimos de iluminación permitida para áreas de trabajo. Elaborado con base a NOM-025-STPS-2008

Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación [luxes]
Almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, iluminación de emergencia	50
Patios y estacionamientos	20
Áreas de circulación, almacenes, plataformas, cuartos de calderas	100
Almacenaje rudo, casetas de vigilancia, recepción y despacho	200
Área de empaque	300
Laboratorio	500

- o Térmico
 - Realizar una descripción del sistema
 - Reportar en tabla y gráfico el histórico de consumos y costos

Tabla 30: Formato de levantamiento consumos térmicos

Mes	Cantidad [l]	Consumo [MJ]	Costos [\$]
Enero			
Febrero			
Marzo			
.			
.			
.			

- Identificar los usos de energía térmica en las instalaciones y graficarlo
- Calderas
 - Analizar el color de flama
 - o Azul: combustión completa
 - o Amarillo: combustión incompleta
 - Análisis de los gases de combustión presentes y la eficiencia del equipo

Tabla 31: Formato de levantamiento gases de combustión

Medición	% O2	ppm CO	% CO2	% EFF	% EA	T GC	T aire	ppm Nox	ppm SO2	ppm NO
1										
2										
3										
.										
.										
.										

- Indicar si el agua de alimentación es tratada y si tiene algún tipo de precalentamiento
- Análisis de eficiencia de la caldera. Levantar los siguientes datos
 - Flujo de agua de alimentación
 - Presión de trabajo
 - Temperatura de agua de alimentación
 - Combustible consumido

$$\eta = \frac{\dot{m}_{aa}(h_2 - h_1)}{\dot{m}_c PCS}$$

Donde:

\dot{m}_{aa} : Flujo del agua de alimentación

h_2 : Entalpía del agua de alimentación a la presión de trabajo con calidad de 100%

h_1 : Entalpía del agua de alimentación a la temperatura de entrada

\dot{m}_c : Flujo de combustible

PCS: Poder calorífico superior del combustible

- Indicadores: con base en la información anterior, es recomendable plantear algunos indicadores de seguimiento para el comportamiento de los sistemas en la planta, así como su línea base. Algunos de ellos pueden ser:
 - Eléctricos
 - KWh/año-m²
 - EER / COP
 - DPEA
 - Térmicos
 - $I_{combustible}/kg$ producto
 - Ambientales
 - Kg_{CO2eq}/KWh
 - Económicos
 - $\$_{energético}/kg$ producto
 - Desempeño
 - $MJ/año-kg$ producto
- Elaboración de línea base: se realiza un gráfico en donde se relacionan consumos energéticos totales (eléctricos + térmicos en [MJ]) contra producción mensual, se obtiene la ecuación de la curva y se elabora el indicador sobre el que se pueden analizar predicciones y desempeños.

- Medidas de Ahorro de Energía (MAEs): se diseñan con base en los resultados obtenidos durante el análisis de los datos, su objetivo es plantear una estrategia para mejorar el desempeño energético de la planta.
- Buenas prácticas: se establecen con base en la operación de la planta y según apliquen. En el Anexo A: Buenas prácticas en la industria láctea, se encuentra un listado general de algunas de ellas.

Ejemplo de aplicación

A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación de la metodología anteriormente planteada para industria PyME dedicada a la elaboración de productos lácteos en Miahuatlán, Veracruz. Se consideró este ejemplo por el tamaño de la empresa, ya que la mayor parte de productores en la región cuentan con características similares en volumen y procesos.

Información previa al levantamiento

- Información de contacto⁷: XXXX
- Información de la empresa
 - o Años de operación de la empresa: 15 años
 - o Número de empleados: 12
 - o Horarios de operación: 8:00 a 13:00 y de 16:00 a 17:00
 - o Días de operación: lunes a domingo
 - o Área: 750 m² aprox.
 - o Estudios o proyectos previos relacionados con el uso de la energía: No
- Información de la operación
 - o Diagrama de vapor: Este documento fue entregado por la empresa, pero se elaboró con la información levantada durante la visita y se muestra más adelante.
 - o Diagrama de proceso (ejemplo elaboración de Queso Ranchero)



Ilustración 6: Proceso Queso Ranchero

- o Inventario de equipos

⁷ Los datos de la empresa y contactos se omitirán para resguardar la identidad y seguridad de la misma.

Tabla 32: Inventario de equipos empresa XXX

Equipo	Cantidad
Tina de agua helada	2
Bomba de leche	1
Homogeneizador	1
Extractores	3
Agitador	1
Malaxadora	1
Caldera	2
Cuarto frío	1

- Producción: se procesan diariamente entre 5,300 y 5,800 [l] de leche para la elaboración de productos como: queso de hebra, requesón, queso ranchero, queso fresco, yogurt, etc.
- Observaciones previas:
 - Fecha de la visita: octubre de 2021.
 - El proceso para la elaboración de los diferentes tipos de quesos, a manera general, consiste en los siguientes pasos: Recepción de leche → Coagulación → Corte y desuerado → Modelado y prensado → Salado → Secado → Maduración y almacenamiento. Dicho proceso se efectúa gracias a la operación de diversos sistemas (vapor, bombeo, refrigeración, etc.), los cuales involucran diversos equipos de proceso.
 - Se observaron distintos equipos de fuerza dentro del proceso y en los diferentes sistemas, tales como malaxadoras, homogeneizadores, extractores, agitadores, propelas, bombas y lo correspondiente al sistema de agua helada y refrigeración (cuarto frío).
 - Los equipos existentes en planta cuentan con muchos años de antigüedad y en su mayoría fueron adquiridos sin ningún criterio o estudio técnico de dimensionamiento previo, por lo que se presume que varios de ellos se encuentran sobredimensionados.
 - No se cuentan con programas de mantenimiento, monitoreo de parámetros ni bitácoras de operación, por lo que los empleados de la planta no llevan un control sobre el desempeño de ningún equipo, ni sobre los insumos en el proceso, más allá de lo que el departamento de compras y contabilidad pudieran tener al respecto.
 - Se detectó la necesidad de la mejora de los procesos artesanales de producción de quesos y el acercamiento con la comunidad nos permitió observar las áreas de oportunidad ambientales y sociales relacionadas con dichos procesos.
 - La planta descarga cerca de un millón de litros de lactosuero al año de los cuales no trata ningún porcentaje, la generación de dicho residuo se ve exacerbada por la ineficiencia en los procesos industriales, así como por la falta de control y monitoreo de los mismos, lo cual se traduce en problemas de productividad de las empresas.
 - Se detectó falta de capacitación técnica del personal respecto a la operación de los sistemas, así como algunas malas prácticas que afectan el desempeño de los mismos.
 - La comunidad está muy interesada en que las empresas trabajen de manera más amistosa con el entorno, mejoren su desempeño y disminuyan las descargas.

Para este ejemplo de aplicación, se pasará directo al trabajo de gabinete, la información de los datos levantados puede apreciarse en los procedimientos de cálculo que durante el análisis de la información se presentan.

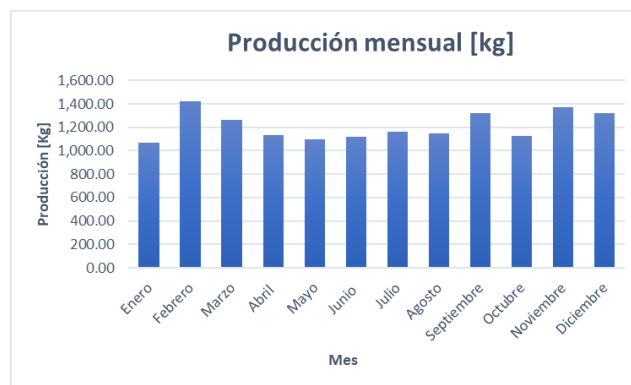
Producción y facturación

- Producción⁸

Tabla 33: Ejemplo producción anual

Mes	Producción [kg]
Enero	1,066.03
Febrero	1,421.30
Marzo	1,263.01
Abril	1,131.25
Mayo	1,098.96
Junio	1,117.11
Julio	1,159.82
Agosto	1,149.84
Septiembre	1,322.22
Octubre	1,123.91
Noviembre	1,370.16
Diciembre	1,319.57

Basados en lo anterior, el año analizado tuvo una producción general de 14,543 [Kg] de toda la variedad de productos que maneja la planta, con un promedio de 66,300 [l] de leche procesada, por lo que se observa que tan solo el 21.9% de la materia prima que ingresa a la planta, es aprovechada. La distribución de producción es la siguiente:



Gráfica 1: Distribución de la producción mensual

Se observa que los meses de otoño-invierno (salvo por enero) son los de mayor producción, mientras los meses de primavera-verano los de menor, siendo febrero el mes más representativo (1,421.3 [Kg]) y enero el menos representativo (1,066.03 [Kg]).

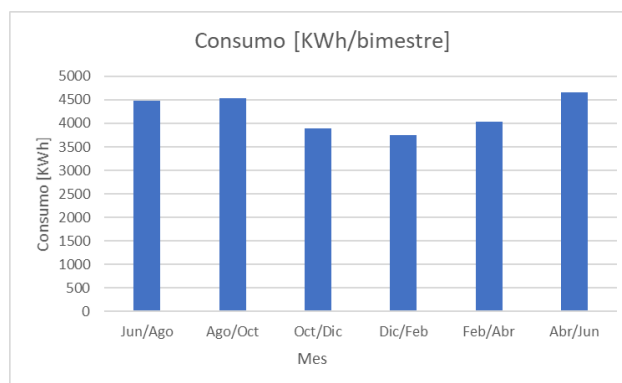
⁸ La empresa en cuestión no entregó información sobre la producción en su planta, sin embargo, se tomaron datos como referencia de otra planta similar a fin de cumplir con el objetivo de la ejemplificación de la metodología.

- Análisis de facturación
 - o Facturación eléctrica:
 - Tipo de tarifa contratada: PDBT

Tabla 34: Consumo anual de la Empresa.

Periodo	Consumo [KWh]	Precio [\$/KWh]	Costo consumo [\$/]
Jun/Ago	4489	3.35	\$ 15,038.15
Ago/Oct	4537	3.3	\$ 14,972.10
Oct/Dic	3897	3.3	\$ 12,860.10
Dic/Feb	3750	3.4	\$ 12,750.00
Feb/Abr	4039	3.48	\$ 14,055.72
Abr/Jun	4659	3.56	\$ 16,586.04
Promedio	4228.5	3.40	\$ 14,377.02
Total	25371		\$ 86,262.11

La Gráfica 2 muestra la distribución de dicho consumo. Como se observa, el consumo promedio durante el periodo 2020-2021, fue de 4,229 [KWh], donde el bimestre de mayor consumo fue abril/junio con 4,659 [KWh] (10.2% por encima de la media) y el de menor consumo diciembre/febrero con 3,750 [KWh] (11.3% por debajo de la media). El costo promedio por [KWh] según la facturación en el año fue de \$3.4.



Gráfica 2: Distribución de consumo anual

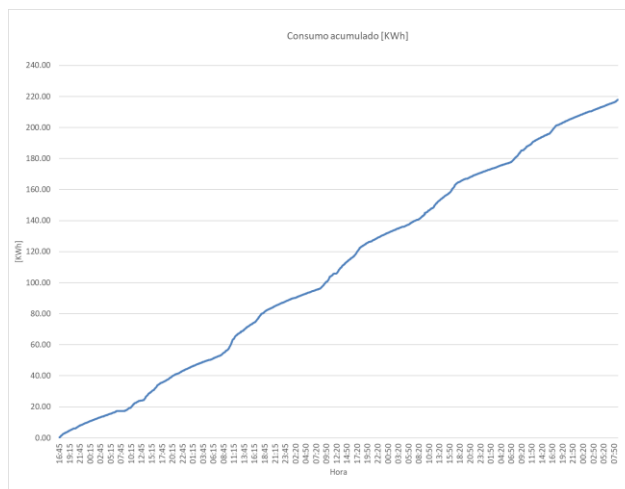
- o Facturación térmica
 - Tipo de combustible: Gas LP

La empresa analizada usa gas LP para generar el vapor necesario para el proceso productivo. Desafortunadamente no se cuenta con los datos históricos de este consumo, sin embargo, se realizaron estimaciones basadas en entrevistas con el personal administrativo de la empresa, el cual indicó que recargan gas semanalmente a un 80% del tanque y que para el final de la semana cuenta con un 50%, por lo que se estima un consumo de 963 litros de gas LP por semana, ó 50,076 [l/año]. Considerando un costo medio por litro de gas, antes de impuestos de \$12.04, se tiene un costo mensual por consumo de gas de \$11,591.82 y un costo anual de \$139,101.8.

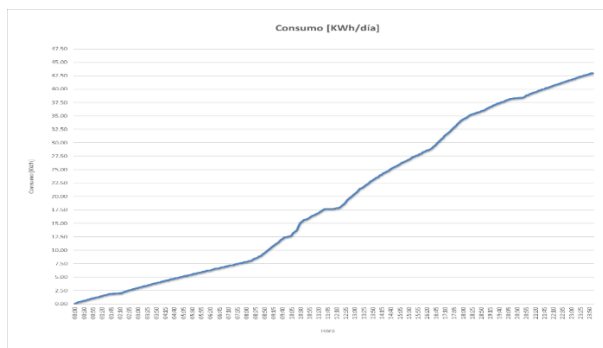
Monitoreo de parámetros eléctricos

Se realizó un monitoreo de parámetros eléctricos para verificar los consumos reales de energía durante al menos un ciclo completo de trabajo. Se conectó un analizador de redes AMEC, modelo 8336 por 6 días, en el que se programaron mediciones cada 5 minutos.

- Consumo registrado al finalizar de la medición



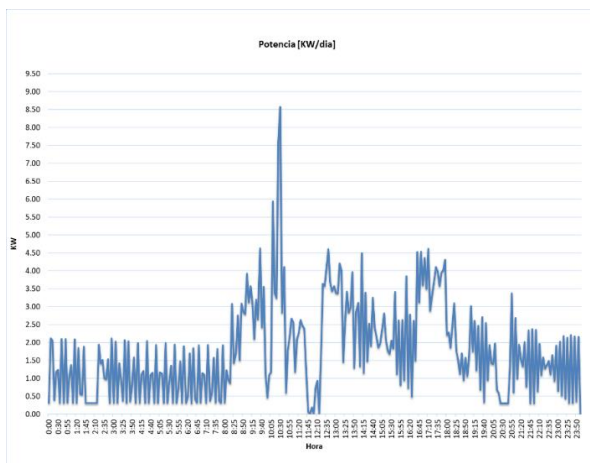
Gráfica 3: Monitoreo eléctrico, consumo total acumulado



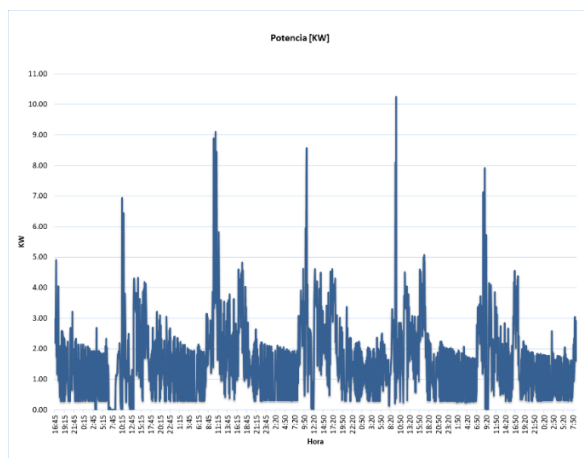
Gráfica 4: Monitoreo eléctrico, consumo acumulado por día

Se observa que el consumo acumulado fue de 218 [KWh] durante los 6 días de monitoreo (Gráfica 3), mientras que el consumo acumulado en un día fue de 43 [KWh] (Gráfica 4). Dado que las pendientes en las gráficas se mantienen bastante uniformes, podemos asumir que las actividades se mantienen prácticamente constantes.

- Comportamiento de la demanda al finalizar la medición



Gráfica 5: Monitoreo eléctrico, distribución de Demanda diaria



Gráfica 6: Monitoreo eléctrico, distribución de Demanda

Como puede observarse en las dos gráficas anteriores, el comportamiento de la potencia está en función de las actividades diarias en la Planta.

En la Gráfica 5 se observa que diariamente la demanda oscila entre 1.6 y 2 [KW] durante el día, con valores máximos, por periodos cortos, de hasta 10.3 [KW]. Se observan caídas de demanda 11:45 y 20:30, lo cual puede asociarse con el horario de almuerzo y algún cese de actividades en la Planta.

- Valores máximos, mínimos y promedio y analizar el comportamiento

Tabla 35: Demanda máxima, mínima y promedio monitoreadas

Demanda	[KW]	[KVA]
Máxima	10.3	13.1
Mínima	0.0	0.2
Promedio	1.6	2.2

La Tabla 35 muestra los valores máximos, mínimos y medios registrados durante el monitoreo eléctrico. Sus variaciones dependen de las actividades realizadas. Puede observarse que hay una diferencia importante entre la demanda promedio y la demanda máxima registrada, y a pesar de que la demanda máxima no ocasiona un cargo en la tarifa que tiene contratada la empresa, debe tenerse presente en caso de que se vaya a tener un cambio de contrato o bien una expansión de la empresa, pues es un valor bastante representativo con respecto a la media.

Con base en lo observado durante la operación, los picos de demanda parecen coincidir con el encendido de los equipos de agua helada en la planta.

- Consumos estimados mediante el monitoreo y facturados por CFE en la planta.

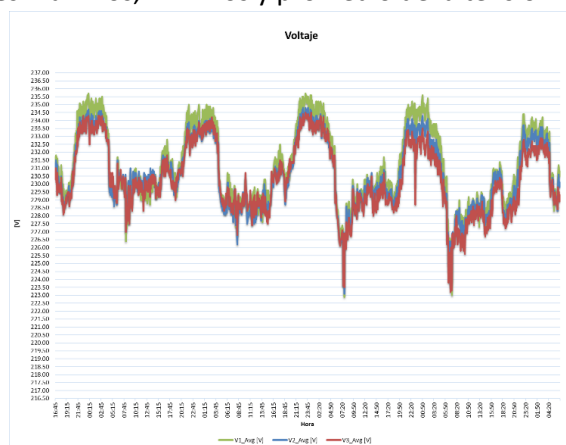
A continuación, se presenta la comparación de los consumos estimados mediante la medición y lo facturado por, tomando en cuenta que se tiene un consumo acumulado registrado de 41 [KWh] y un consumo promedio diario de 69.5 [KWh].

Tabla 36: Comparativa de consumos estimados y facturados en la Planta

Periodo	Consumo CFE [KWh]	Consumo estimado [KWh]
Jun/Ago	4489	2496
Ago/Oct	4537	2496
Oct/Dic	3897	2496
Dic/Feb	3750	2414
Feb/Abr	4039	2496
Abr/Jun	4659	2496
Promedio	4229	2482
Total	25371	14891

Se observa que el consumo registrado está 41% por debajo de lo facturado, lo que nos puede indicar que probablemente no se tuvo la misma actividad/producción en la Planta durante la semana monitoreada.

- Valores máximos, mínimos y promedio de la tensión.



Gráfica 7: Monitoreo eléctrico, variaciones de voltaje

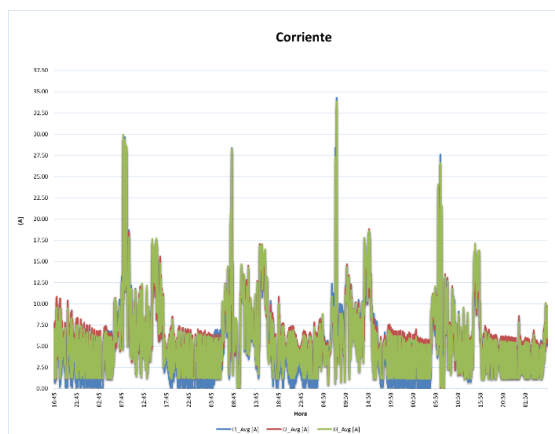
Tabla 37: Valores máximos, mínimos y promedio de tensión

Fase	A [V]	B [V]	C [V]
Máximo	235.7	234.8	234.5
Mínimo	222.9	223.1	223.2
Promedio	231.1	230.7	230.4

Con base en los valores mostrados en la Tabla 37 y la Gráfica 7, se corrobora que las variaciones están conforme a lo establecido por el “Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica” (+/- 10% con respecto al voltaje nominal).

- Desbalances de corriente máximo y mínimo por fase. Corroborar que las variaciones estén conforme a la Especificación CFE L0000-45.

La gráfica de corrientes es la siguiente:



Gráfica 8: Monitoreo eléctrico, variaciones de corriente

Se cuenta con un transformador tipo pedestal Viakon de 75 [KVA] de 23,000 – 440/220 [V] y 6.4% de impedancia. Se tiene que la corriente máxima del sistema es $I_L = \frac{75,000 [VA]}{\sqrt{3}(220)[V]} = 196.8 [A]$ y la corriente de corto circuito es $I_{CC} = \frac{196.8 [A]}{6.4\%} = 3.075 [KA]$, con una corriente máxima de línea de

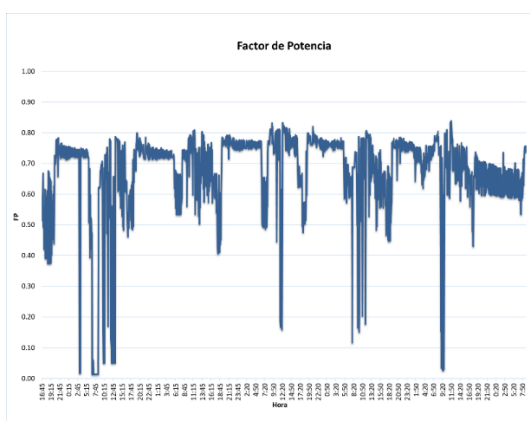
$Z_{rel} = \frac{3075 [A]}{196.8 [A]} = 15.6$, con base en la Tabla de la Especificación L0000-45, el desbalance máximo permitido para $I_{CC}/I_L < 20\%$ para instalaciones menores a 1 [KV], es de 5%. Se tiene entonces:

Tabla 38: Desbalance de corrientes

Fase	A [A]	B [A]	C [A]
Máximo	34.3	33.23	33.86
Minimo	0.06	0	0
Promedio	5.4	5.5	5.4
Desbalance	2.51%	0.56%	2.00%

Como se observa, las corrientes se encuentran por debajo del valor máximo (5%) de desbalance permitido por la Especificación L0000-45.

- Distorsión Armónica máxima permitida: con base en la Tabla de distorsión máxima permitida en componentes individuales de la especificación L0000-45 de CFE, se tiene que para $I_{CC}/I_L < 20\%$, el valor máximo permitido de distorsión por componente impar es del 4%. Para el caso específico de este reporte, el analizador no registró dichos componentes, por lo que no puede realizarse el análisis.
- Factor de Potencia durante el monitoreo eléctrico.



Gráfica 9: Monitoreo eléctrico, factor de potencia

En la Gráfica 9 se observa que el factor de potencia se encuentra todo el tiempo por debajo de los valores mínimos establecidos por CFE. Por la tarifa en la que se encuentra la empresa, esta situación no tiene repercusiones económicas, pero sin duda es una variable que se tiene que considerar y controlar; dicho factor se ve afectado por la presencia de cargas inductivas como motores eléctricos, iluminación, transformadores, etc. Un bajo factor de potencia se traduce en aumentos en el consumo de corriente, sobrecargas, caídas de voltaje y pérdidas en conductores.

Uso de la energía

- Energía Térmica

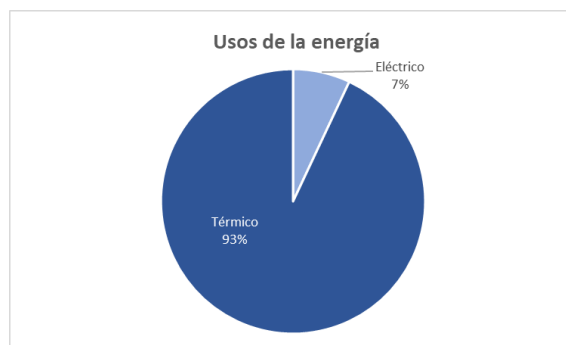
Se realizó una estimación de los consumos de energía térmica, es importante considerar que con los datos proporcionados la estimación puede ser poco certera, es necesario que la empresa entregue su facturación para tener datos concretos de consumo.

La energía térmica usada en la empresa, se debe principalmente a la generación de vapor para equipos de proceso. El generador de vapor localizado en la empresa es de 40 caballos caldera [CC], y se estima que anualmente se consumen 1,298.93 [GJ].

- Energía eléctrica

La energía eléctrica, según datos de facturación, presenta un consumo anual de 91.33 [GJ] en tarifa PDBT.

De lo anterior, se tiene que la empresa consume 1,390 [GJ] anuales, donde el 93% se deben al consumo de Gas LP y el 7% al consumo de energía eléctrica, como se muestra en la Gráfica 10.

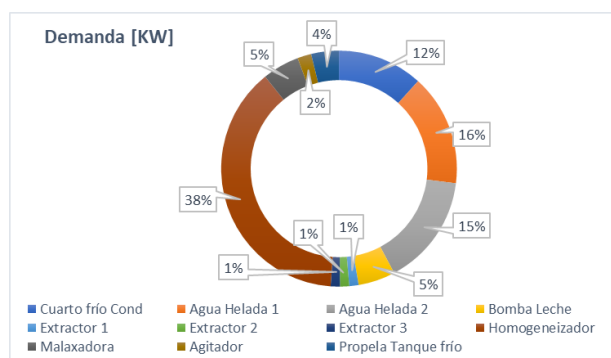


Gráfica 10: Usos de la energía

Equipos eléctricos

- Censo de equipos eléctricos

Como se mencionó en las observaciones previas, en la planta se encuentran instalados varios equipos de proceso con muchos años de antigüedad, por lo que muchos de ellos no cuentan con datos de placa o las placas ya no son legibles. Los equipos localizados fueron los siguientes:



Gráfica 11: Distribución de demanda equipos de fuerza

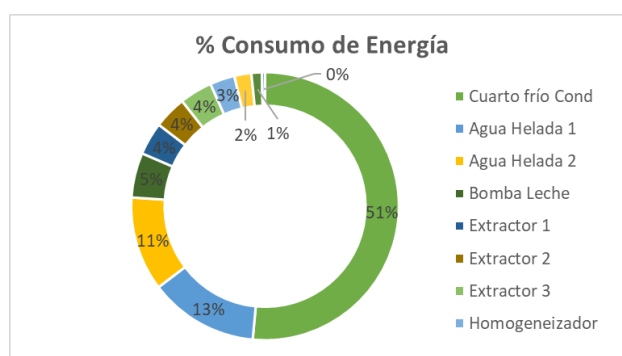
Como se muestra en la Gráfica 11, el equipo más representativo de la planta es el Homogeneizador (38%), seguido por los equipos de Agua Helada 1 y 2 (16% y 15%, respectivamente). La carga total instalada en la planta es de 29.4 [KW].

- Mediciones

Con base en las mediciones realizadas durante el levantamiento, se obtuvieron datos de Factor de Potencia y consumos estimados (mediante información otorgada por el personal sobre horas de operación), se obtuvo que:

Tabla 39: Mediciones eléctricas equipos

Equipo	Capacidad Hp	Capacidad kW	kW medido	F.P. medido	kWh/año	F.C.	% Energía
Cuarto frío Cond		3.4	3.15	0.79	10,636	92%	51%
Agua Helada 1		4.5	3.73	0.81	2,725	83%	13%
Agua Helada 2		4.5	3.22	0.74	2,352	72%	11%
Bomba Leche	2.00	1.5	1.53	0.89	1,117	103%	5%
Extractor 1	0.50	0.4	0.37	0.80	817	100%	4%
Extractor 2	0.50	0.4	0.37	0.80	817	100%	4%
Extractor 3	0.50	0.4	0.37	0.80	817	100%	4%
Homogeneizador	15.00	11.2	8.48	0.77	619	76%	3%
Malaxadora	2.00	1.5	1.12	0.80	423	75%	2%
Agitador	0.75	0.6	0.42	0.84	261	75%	1%
Propela Tanque frío	1.50	1.1	0.11	0.28	78	10%	0%
Totales	22.75	29.39	22.88	0.78	20,661	78%	



Gráfica 12: Distribución del consumo de energía

Con base en los datos anteriores, se puede observar que el 51% de los consumos de energía eléctrica en planta, se deben a la operación del Cuarto Frío, seguido por los equipos de Agua Helada 1 y 2 (13% y 11%) respectivamente.

Sistema de refrigeración

- Equipos de agua helada

El 24% de los consumos en la Planta, se deben a los equipos de Agua Helada que consumen 5,077 [KWh/año], lo que representa un costo de operación de \$17,261.4 MXN. Dichos equipos se encuentran operando al 80% de su capacidad y operan únicamente 2 horas al día, por lo que, al evaluar la sustitución por equipos más eficientes, se logra un ahorro de tan sólo 5% de energía al año (254 [KWh]), que equivale a \$898 MXN anuales, lo que implica un retorno de inversión a demasiados años.

Se recomienda poner atención es el estado de los aislamientos del sistema a fin de evitar pérdidas, así como contar con instrumental adecuado para el correcto seguimiento del sistema.

- Cuarto Frío

En la planta se encuentra ubicado un cuarto frío dividido en dos cámaras para mantener el producto en condiciones adecuadas. La primera cámara cuenta con un volumen de 46.19 [m³], la cual tiene como función almacenar yogurt y reducir las pérdidas de la cámara posterior, la cual cuenta con un volumen de

48.9 [m³], en ella se almacenan quesos y durante los días de levantamiento se encontró llena al 35% de su capacidad.

El Cuarto Frío se encuentra bien cerrado, cuenta con cortina hawaiana entre ambas cámaras y está diseñado con aislante de unicel de 10 [cm] y block pesado.

Según datos levantados en planta, el Cuarto Frío tiene una capacidad instalada de 3.4 [KW], y representa el 51% del consumo de energía eléctrica total en la planta, con 10,636 [KWh/año] estimados, equivalentes a 38,289.6 [MJ/año], lo cual tiene costo estimado de \$36,268.76 MXN anuales.

- Estado de los aislamientos

El Cuarto Frío está hecho de unicel (10 [cm]) y block pesado, cuenta con cortinas hawaianas entre cámaras y puerta acero hermética a la salida. El aislamiento se encuentra en buenas condiciones.

Se realizó un monitoreo de parámetros eléctricos en el sistema mediante un analizador de redes eléctrico VEGA78; HT Instruments. Las mediciones de temperatura, humedad y velocidades de aire, se realizaron mediante un anemómetro Modelo 45160; EXTECH Instruments.

Se localizó una unidad evaporadora Marca Hussmann Coil, Krack de 4 celdas donde se realizaron las siguientes mediciones:

Tabla 40: Parámetros medidos, unidad evaporadora

Parámetro	Cantidad
Velocidad promedio [m/s]	6.97
Huemedad relativa	45%
T salida [°C]	2.9
T entrada [°C]	3.4

La unidad condensadora es marca Copelland, Modelo CR38K6 TF5-525, con uso de refrigerante R-22, la cual trabaja a 60 [Hz] en 3 fases y 220 [V]; el diámetro del ventilador es de 0.6 [m]. Los datos según ficha técnica son los siguientes:

Tabla 41: Datos de placa unidad condensadora

Evaporador T [°C]	7.22	7.22
T condensación [°C]	54.4	37.78
T gas de retorno [°C]	18.3	18.3
T líquido [°C]	46.11	29.44
Capacidad [kW]	11.1	14.52
Potencia [W]	3440	2740
Corriente [A]	10.5	9
EER [Btu/h/W]	11	18.1
Flujo de masa [kg/s]	0.07	0.08
Potencia de sonido [dB]	76 prom	81 max
Mils vibración [pico pico]	3.6 prom	4.6 max

Se realizaron las siguientes mediciones:

Tabla 42: Parámetros medidos, unidad condensadora

T ambiente	24.5	[°C]
T entrada condensador	23.9	[°C]
T salida condensador	25.5	[°C]
Vel. Aire	3.9	[m/s]
Área condensador	0.909	[m ²]

La potencia medida en el compresor fue de $\dot{W}_C = 3.15$ [KW].

Se tiene una temperatura de entrada del aire al condensador de 23.9 [°C] y una salida de 25.5 [°C].

$$h_{3@23.9^\circ\text{C}} = 297.07 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \text{ y } h_{2@25.5^\circ\text{C}} = 298.68 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$$

La presión atmosférica en Miahuatlán es de 101.6 [KPa]. Suponiendo una humedad relativa a la entrada de 43% y a la salida de 37% (basado en datos del tiempo en el Municipio de Naolinco), se tienen las siguientes humedades específicas:

$$\omega_1 = 7.9 \text{ [g}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{aire}}] \text{ y } \omega_2 = 7.46 \text{ [g}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{aire}}]$$

Además, se tiene que la densidad del aire a la temperatura ambiente es de 1.192 [Kg/m³], la velocidad del aire es de 3.9 [m/s] y que el área del condensador es de 0.909 [m²], por tanto, la masa de aire es de:

$$\dot{m}_a = \rho v A = 1.192 * 3.9 * 0.909 = 4.22 \text{ [Kg/s]}$$

Y la energía en rechazada por el condensador es:

$$\frac{Q_H}{\dot{m}} = C_p(T_s - T_e) + \omega_1 h_1 - \omega_2 h_2$$

$$Q_H = (1.0052 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right] (25.5 - 23.9) [^\circ\text{C}] + 0.0079 (297.07 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]) - 0.00746 (298.68 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right])) * 4.22 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right].$$

$$Q_H = 7.29 \text{ [KW]}$$

El calor absorbido por la unidad evaporadora es entonces:

$$Q_L = Q_H - W_c$$

$$Q_L = 7.29 - 3.15 = 4.75 \text{ [KW]}$$

Por tanto, el coeficiente de desempeño es:

$$EER = \frac{\text{Capacidad frigorífica [BTU/h]}}{\text{Potencia del compresor [W]}} = \frac{16207.7 \text{ [Btu/h]}}{3148 \text{ [W]}} = 5.1 \left[\frac{\text{Btu/h}}{\text{W}} \right]$$

$$COP = \frac{4.75 \text{ [KWt]}}{3.15 \text{ [KWel]}} = 1.5$$

El resultado obtenido implica que el cuarto elimina 5 unidades de energía térmica del espacio refrigerado por unidad de energía eléctrica consumida, sin embargo, la relación de eficiencia energética (EER) según el fabricante es de 11 [Btu/h-W], y la NOM-011-ENER-2006 indica que el coeficiente de eficiencia

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

energética para cuartos fríos debe ser mayor a 11.5 [Btu/h-W] y el COP mayor a 3.81 [W_t/W_e], por lo que el recinto en cuestión está trabajando por debajo de ambas Relaciones de Eficiencia Energética.

Sistema de iluminación

No se realizó ningún levantamiento sobre el sistema de iluminación de la planta en cuestión. Sin embargo, es un aspecto importante que debe analizarse. Un ejemplo de su desempeño es el realizado en otra planta de lácteos localizada en el Municipio de Colón, Querétaro, en donde los consumos por este concepto representaban el 22.5% respecto a la facturación eléctrica total. La tecnología más usada en dicha planta fue tipo LED y T12 y el valor de la densidad de potencia obtenido fue de:

$$DPEA = 4.11 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Por lo que la planta cumplía de forma general con lo establecido por la NOM-007-ENER-2014, la cual indica que debe ser menor de 10.66 [W/m^2].

Térmico

▪ Descripción del sistema

El sistema de vapor opera a 55.3% de humedad relativa y una altura de 1763 [msnm]. Se cuenta con 2 calderas, una para la operación y otra de respaldo. La caldera de operación es marca Cleaver Brooks tipo monitor, pirotubular a 2 pasos, Modelo M.100.40. Funciona con Gas LP y tiene una capacidad de 40 [CC].

Antigüedad de la caldera: 20 años.

La presión de operación de dicho equipo es entre 4.2 y 6 [bar]. El control de la inyección es automático por paro y arranque. Se tiene un sistema de precalentamiento solar localizado en la azotea (el cual está mal orientado) y entrega agua a 29.15 [°C]. El agua de alimentación es cruda (no cuenta con tratamiento alguno). Las purgas en la caldera son realizadas de forma manual.

La caldera de respaldo sólo entra en funcionamiento cuando se da mantenimiento a la anterior, no cuenta con datos de placa, pero es significativamente más grande que la de operación.

Durante la visita se observó que los sellos del equipo se encuentran desgastados, en algunos puntos de la superficie, se llega hasta 120 [°C].

- Análisis de los gases de combustión presentes y eficiencia del equipo

Durante el levantamiento, se realizaron 6 mediciones de la combustión en intervalos de 10 minutos. Se utilizó un equipo Bacharach PCA3 275 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 43: Mediciones gases de combustión caldera

Medición	% O2	ppm CO	% CO2	% EFF	% EA	T GC	T aire	ppm NOx	ppm SO2	ppm NO
1	11.7	8	6.1	80	115.6	195	24	102	0	97
2	11.7	4	6.1	79.9	114.7	196	24	102	0	97
3	11.7	8	6.1	79.7	115.2	199	24	103	0	98
4	11.7	7	6.1	79.7	114.8	200	24.1	105	0	100
5	11.7	6	6	79.9	116.7	196	25.8	102	0	97
6	11.9	9	6	79.8	119.8	194	23.8	76	0	73

Los datos para el cálculo de la eficiencia del equipo son:

$$h_{1@29.15^{\circ}C} = 122.65 \left[\frac{KJ}{Kg} \right] \text{ y } h_{2sat@500KPa,x=100\%} = 2,748.1 \left[\frac{KJ}{Kg} \right], \dot{m}_{aa} = 0.00469 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

El flujo de agua de alimentación se obtuvo mediante la medición de un medidor de flujo que se instaló en la tubería del agua de entrada.

Se tiene un horario de operación de la caldera de 45 horas por semana, con un consumo de 27.5 [l/h], se tiene una $\dot{m}_c=0.027$ [m³/h], por otro lado, el PCS del Gas LP es de 97.23 [KJ/m³], por tanto:

$$\eta = \frac{\dot{m}_{aa}(h_2 - h_1)}{\dot{m}_c PCS} = \frac{0.00469 \left[\frac{Kg}{s} \right] * \left(2,748.1 \left[\frac{KJ}{Kg} \right] - 122.65 \left[\frac{KJ}{Kg} \right] \right)}{0.0076 \left[\frac{m^3}{s} \right] * 97.260 \left[\frac{KJ}{m^3} \right] * 0.7} = \frac{0.1232 \left[\frac{KJ}{s} \right]}{0.5172 \left[\frac{KJ}{s} \right]} = 23.8\%$$

Se considera un factor del 70% de uso del gas debido a que no existe un registro específico de consumo y sólo un estimado de llenado del tanque al 80% cada semana.

- Red de vapor

La red de distribución de vapor está hecha de tubería de acero galvanizado de 2 pulgadas de diámetro promedio. Su recorrido es por la parte superior de las paredes y cuenta con poco aislamiento térmico en malas condiciones, por donde hay pérdidas de energía a lo largo de la misma. Se realizó un diagrama de distribución del sistema de vapor en la Planta.

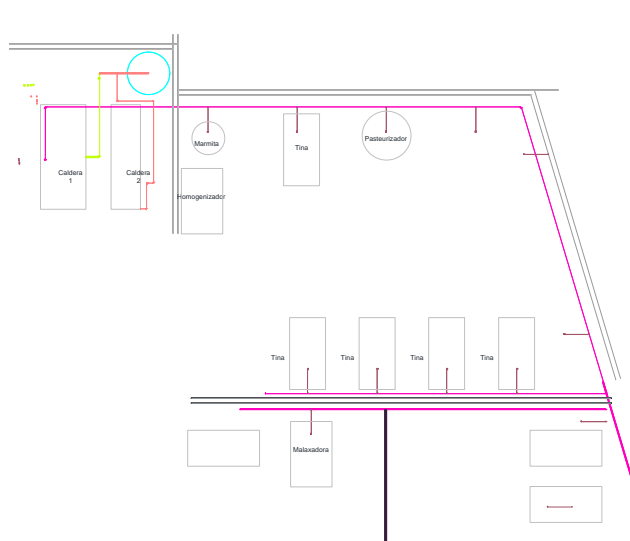


Ilustración 7: Diagrama de vapor de la planta

Indicadores

Con base en la información que se obtuvo del levantamiento se pueden plantear algunos indicadores como:

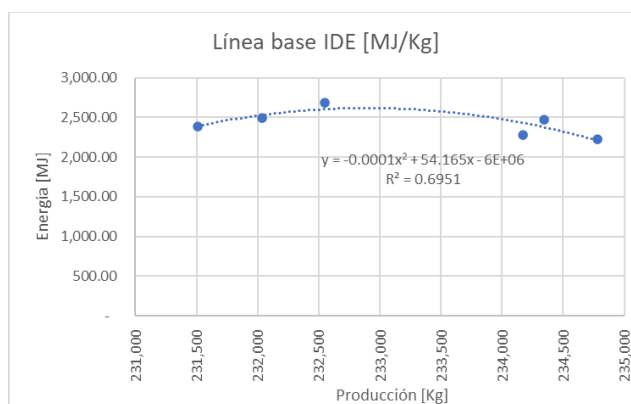
- Eléctricos

- kWh/año-m²: $\frac{25,371 \left[\frac{KWh}{año} \right]}{750 \left[m^2 \right]} = 33.8 \left[\frac{KWh}{m^2-año} \right]$

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- $EER = \frac{16207.7 \left[\frac{Btu}{h} \right]}{3148 [W]} = 5.1 \left[\frac{Btu}{h} \right] \left[\frac{1}{W} \right]$
- $DPEA = 4.11 \left[\frac{W}{m^2} \right]$
- Térmicos
 - $\frac{l_{combustible}}{kg_{producido}} \frac{50,076 \left[\frac{l}{año} \right]}{14,543 [kg]} = 3.44 \left[\frac{l}{kg-año} \right]$
- Ambientales
 - Huella de carbono = $3888,750 \left[\frac{KWh}{año} \right] * (0.423 \left[\frac{Kg_{CO2}}{KWh} \right]) = 164.4 \left[\frac{ton_{CO2}}{año} \right]$
- Económicos
 - $\frac{\$energético}{kg\ producto} = \frac{225,363.8 \left[\frac{\$}{año} \right]}{14,543 \left[\frac{kg}{año} \right]} = 15.49 \left[\frac{\$}{kg} \right]$
- Desempeño
 - $IDE_n = \frac{1,399,398 \left[\frac{MJ}{año} \right]}{14,543 \left[\frac{kg}{año} \right]} = 96.22 \left[\frac{MJ}{kg} \right]$

La línea base de desempeño es⁹:



Gráfica 13: Línea base

Medidas de Ahorro de Energía

Baja inversión

- Bitácoras de operación y mantenimiento: contar con bitácoras de operación y mantenimiento permiten llevar un registro histórico de las variables de operación del sistema, lo que permite un mayor control y conocimiento sobre el mismo. El manejo adecuado de dichas bitácoras, permite al jefe de mantenimiento poder confrontar el estricto cumplimiento de operación del sistema, así como programar paros y arranques para su mantenimiento.
- Sistema de tratamiento químico al agua de alimentación de la caldera: el tratamiento químico en el agua de alimentación de la caldera, permite un mayor aprovechamiento del calor producido en la combustión y alarga la vida útil del equipo, ya que la ausencia de tratamientos puede causar

⁹ Es importante recordar que la línea base retoma los datos de producción de la Planta localizada en Colón, es posible que la correlación es baja. El ejercicio se realizó con la finalidad únicamente de ser ilustrativo.

incrustaciones que pueden actuar como aislantes que dificulten la transferencia de calor y provoquen esfuerzos térmicos en la caldera que lleguen a generar rupturas; este problema puede además, extenderse a toda la red del sistema. La selección del tratamiento, dependerá de las características químicas del agua de alimentación.

- Medidor de consumo: se recomienda instalar un medidor de consumo de gas que permita monitorear y conocer el comportamiento en el consumo de dicho combustible. Esto permitirá conocer efectivamente los costos de operación por consumo de gas, así como variaciones por fallas o desgaste en el sistema, además de permitir comparar los datos con el proveedor del consumible.

Mediana inversión

- Control de cargas en Cuarto Frío: el sellado hermético de las puertas de acceso al Cuarto Frío es importante, se recomienda cambiarlo a fin de contar con un cierre adecuado en el que no haya ganancias de calor al interior del mismo. Además, es importante procurar que el aislamiento de la tubería del compresor al evaporador tenga las condiciones adecuadas, así como procurar que la distancia entre ellos sea mínima.
- Instalación de válvula de paso en tubería de caldera: se observó que a pesar de que la caldera de repuesto se encuentra apagada y sin operación, algunos de sus accesorios goteaban y presentaban puntos calientes, esto se debe a que parte del vapor generado en la caldera de proceso está entrando a dicho equipo, lo que provoca pérdidas de vapor en el sistema, al tiempo que la presencia de vapor en la caldera sin servicio deteriora sus piezas y provoca presiones en dicho equipo. Por lo anterior, la instalación de una válvula de paso entre dichos sistemas es necesaria, para evitar el flujo de vapor hacia el equipo auxiliar y sus componentes.

Alta inversión

- Aislamiento térmico en red de distribución de vapor: la colocación de aislamiento térmico en la red de distribución, disminuye pérdidas de calor, así como condensación de vapor en tuberías, lo que previene problemas de corrosión y evita problemas de golpe de ariete. El aislamiento térmico, además, promueve la integridad física de los trabajadores en contacto con el sistema.
- Dimensionamiento adecuado de cámara de refrigeración: el sobredimensionamiento de la cámara de refrigeración conlleva un consumo excesivo de energía, la cámara en Planta, opera a un 35% de su capacidad, por lo que existe mucho espacio enfriado que no se utiliza. Una opción para tratar estas pérdidas, es cerrar la cámara anterior y dejar sólo en uso la posterior para disminuir la demanda de energía en el sistema,
- Es conveniente contar con equipo de medición e instrumentación para llevar una bitácora de parámetros en el sistema

Buenas prácticas: se establecen con base en la operación de la planta y según apliquen. En el Anexo A: Buenas prácticas en la industria láctea, se encuentra un listado general de algunas de ellas.

Conclusiones

El procesamiento y generación de productos lácteos es una de las actividades energéticamente más representativas de la industria alimentaria en nuestro país, además de estar relacionada con grandes impactos ambientales debido a sus ineficiencias en operación y a la generación de residuos asociados.

La implementación de estrategias que promuevan la eficiencia energética de los sistemas industriales es imprescindible, principalmente en una sociedad en donde, además, el descenso energético es inminente.

Este documento presenta un procedimiento (y un ejemplo de su aplicación), para la implementación de Diagnósticos Energéticos en industria láctea PyME en México. Como se observó a lo largo del mismo, dentro de la industria láctea el sistema de vapor es el principal consumidor de energía (93%), existe una alta demanda de vapor en procesos de calentamiento y pasteurización, así como en procesos específicos como el malaxado para el caso del queso Oaxaca. Los grandes consumos térmicos en relación con los eléctricos, se deben a que gran parte del proceso continúa realizándose de manera artesanal. Los consumos eléctricos, por su parte, son debidos mayormente a los sistemas de refrigeración (51%) y producción de agua helada (24%), por lo que dichos sistemas deben tener especial atención en la toma de decisiones y diseño de dichas plantas.

Los principales problemas que presenta la industria láctea PyME en nuestro país se deben a la demanda variable de la misma, lo que provoca un crecimiento poco planeado y desordenado, en donde existen equipos de mucha antigüedad instalados, los cuales son adquiridos sin ningún acompañamiento técnico para su dimensionamiento, tienen muchas veces una operación inadecuada y sobre todo, no cuentan con ningún programa de mantenimiento y/o monitoreo sobre parámetros de operación y consumo.

La industria láctea mexicana, en particular, transforma únicamente el 21.9% de la materia prima que ingresa, en derivados lácteos y el resto, que queda como residuo, no tiene en general ningún tratamiento o disposición, por lo que los impactos ambientales asociados a esta industria son muy importantes.

La implementación de proyectos de eficiencia energética trae muchos y diversos beneficios a las empresas, además de reducir los consumos energéticos y con ello reducir los impactos ambientales, disminuye el pago por facturaciones energéticas y de algunos consumibles asociados, contribuye con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, promueve la inversión, permite el crecimiento y desarrollo de las empresas, mejora la competitividad y la imagen al tiempo que les brinda resiliencia y mejora las condiciones de trabajo y la seguridad de los empleados.

Los consumos en esta industria, como se observó con el ejemplo de aplicación, son bastante planos a lo largo del año, por lo que las medidas de eficiencia que pudieran implementarse, tendrían un impacto constante.

Con base en el documento anterior, podemos observar también, que es inminente realizar el monitoreo periódico de parámetros eléctricos e implementar programas de mantenimiento que permitan dar un correcto seguimiento y garanticen la operación adecuada de los equipos, así como el cumplimiento de la normativa y requerimientos de parámetros eléctricos mínimos establecidos aun cuando no se reflejen directamente en sus cargos por facturación, como son el caso de la demanda y el factor de potencia, que como se observa en el ejemplo, son parámetros que se descuidan y que tienen repercusiones en las instalaciones y equipos, situación que se repite en muchas de las empresas del tipo en el Sector.

Otro aspecto importante que las empresas deben cuidar, es el sobredimensionamiento de equipos y cuartos fríos. Es importante contar con un acompañamiento técnico para su selección, ya que esto implica consumos de energía innecesarios. En los cuartos fríos, por su parte, es necesario conocer las demandas específicas de enfriamiento de los productos, a fin de poder darles el tratamiento y mantenimiento adecuado y procurar mantener las puertas abiertas sólo lo necesario, ya que no hacerlo, es una práctica muy común en las empresas PyME de lácteos en México y repercute en los consumo e impactos.

Finalmente, contar con indicadores de desempeño e implementar buenas prácticas y programas de capacitación es crucial para que las empresas puedan conocer sus costos, impactos y comportamientos, así como para que definan el tipo de inversiones que se pueden comenzar a hacer a fin de mejorar el desempeño de las empresas.

La industria láctea en México es una de las ramas más importantes del ramo alimenticio, se prevé que su demanda continúe creciendo año con año y por ello es necesario realizar un esfuerzo por parte de los privados, las Instituciones y las autoridades para mejorar su desempeño y disminuir sus impactos. La incorporación de buenas prácticas tales como programas de mantenimiento y monitoreo de parámetros son inminentes para poder llevar un control sobre las mismas; es necesario comenzar a actuar, sobre todo ahora que el descenso energético es inminente.

Discusión

Algunas de las líneas de investigación que serían interesantes analizar en adelante son:

- Si existiera un programa de monitoreo semestral por parte de las autoridades en que los parámetros eléctricos que no cuentan con un adecuado control dentro de las empresas lácteas (tales como la demanda, el factor de potencia, los desbalances de corriente y tensión, etc.), en las que el mal desempeño fuera penalizado ¿cambiaría el comportamiento de las mismas? ¿sería una forma de impulsar la implementación de eficiencia energética en el Sector?
- A lo largo de la aplicación de auditorías en empresas del Sector, se observó que las autoridades se encuentran completamente deslindadas de las prácticas ambientales, sociales y de descargas e impactos. Situación que tiene en riesgo, en el caso de Miahuatlán, a toda la cuenca del río Naolinco. ¿Cómo lograr que éstas se involucren más? ¿Cómo obligar a los industriales a que se responsabilicen de sus impactos y se comprometan con su entorno y sociedad?
- La implementación de energías renovables en la industria láctea, principalmente el calentamiento solar para el precalentamiento y la demanda de agua caliente y vapor, así como la cogeneración y trigeneración son muy factibles dentro de la industria. ¿Cómo podrían implementarse programas de transición energética que involucren una capacitación de los beneficios, usos y adquisiciones entre los industriales? ¿Qué tipo de créditos o incentivos podrían desarrollarse para lograr su promoción e implementación?
- El 50% de las empresas dedicadas a la producción de lácteos en el estado de Veracruz se encuentran operando dentro del sector informal, esto conlleva impactos negativos de todo tipo para el Sector. ¿Cuánto repercute o aleja esta situación a las empresas de la transición energética y de la implementación de prácticas que promuevan la Eficiencia Energética?

Bibliografía

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2014). Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos. Primera Edición. Chile.
- Aghajanzadeh, Arian; McKane, Aimee, Wray, Craig; Therkelsen, Peter. (2015). 2066-2015 Resarch Summary of Demand Response Potential on California Industry, Agruiculture, and Water Sectors. Lawrence Berkley National Laboratory. CA, USA.
- Barrios Castillo, H., Motherway, B. (2022). Energy Efficiency and Economic Recovery after COVID-19 - Event - IEA. SENER, IEA. Wabinar.
- BM-SENER. (2017). Evaluación rápida del uso de la energía, Veracruz, Veracruz de Ignacio de la Llave, México, retomado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170907/32__Veracruz.pdf el 14/10/2021
- Briam, Remy; Walker, Micahel; Masanet, Eric. (2015). A comparison of product-based energy intensity metrics for cheese and whey processing. Elsevier. Journal of Food Engineering 151, 25-33.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2005). Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica. Especificación CFE L0000-45. México.
- Comisión Federal de Mejora Regulatoria. (SF). ¿Qué es la mejora regulatoria? Recuperado de: <https://www.conamer.gob.mx/contenido.aspx?contenido=90>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. (2016). Herramienta para el ajuste del factor de potencia. Recuperado de: Herramienta para el ajuste del factor de potencia | Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. (2016). Herramienta para el ajuste la Factor de Potencia. Recuperado de: Herramienta para el ajuste del factor de potencia | Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2019). Plan Anual de Trabajo. Secretaría de Energía. México
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2018). Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética. Balance 2018.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2022). Lista de Combustibles y sus Poderes Caloríficos 2022. Que se utilizarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles de petróleo. Secretaría de Energía. Recuperado de: [lista_de_combustibles_y_poderes_calorificos_2022.pdf](#) (www.gob.mx)
- Comisión Nacional para Uso Eficiente de Energía (CONUEE)-Agencia de Cooperación Alemana (GIZ). (2014). Guía para realizar diagnósticos energéticos y evaluar medidas de ahorro en equipos de bombeo de agua de organismos operadores de agua potable. SENER. México.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE). (2021). Precios Máximos Vigentes del Gas LP. Gobierno de México. México.
- Comisión Reguladora de Energía. (2012). Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Diario Oficial de la Federación. México.
- Comisión Reguladora de Energía. (2016). Informes trimestrales. Recuperado de: [Micrositio de Gas LP \(cre.gob.mx\)](#)

- Diario Oficial de la Federación. (2006). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Secretaría de Energía. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2006). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Diario Oficial. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSAI-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Secretaría de Salud. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Densidad de potencia máxima permitida para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Secretaría de Energía. México.
- Diario Oficial de la Federación. (2018). Ley Federal Sobre Metrología y Normalización. México. 64 pp.
- Diario Oficial de la Federación. (2018). NORMA Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018, Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y los calentadores de agua con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas LP o gas natural, métodos de prueba y etiquetado. Secretaría de Energía. México.
- Energy Efficiency Enquiries Bureau ETSU. (1998). Energy savings with electric motors and drives. Oxfordshire. U.K.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE). (2010). Curso Taller: Promotores de Ahorro y Eficiencia Energética Eléctrica. Módulo I: Diagnósticos Energéticos. Guatemala.
- Flores, G. V., Montes, M. M., & Sánchez, C. A. (2018), Comparativo internacional potencial de eficiencia energética a partir de la estimación del consumo específico de energía en la industria láctea mexicana. SOMIM 2018.
- Gas Technology Institute. (2017). *Research Collaboration Program Food Processing Technology Project, Phase 1*. Des Plaines, Illinois. Report GRI-03/0075.
- Gobierno de México. (SF). Competitividad y Normatividad/Normalización. Retomado de: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>
- Gobierno de México. (SF). Prospectiva Gas Natural y Gas LP 2015-2029. Recuperado de: Factores_de_Conversi_n-Gas_LP.pdf (www.gob.mx)
- H. Ayuntamiento de Miahuatlán. (2017). Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017. 32-52.
- Industrial Assessment Centers (IAC) (2011). Industrial Assessment Centers Database. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey. <http://iac.rutgers.edu/database/>
- INEGI. (2019). PIB Nacional. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/economia/pib.aspx?tema=me&e=30> el 17/10/2021
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2016). Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE). México.

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Lara Andrade V. A., López Aguilar, G. R., Vázquez Juparez, P. (2018). *Los sistemas de información para las Microempresas en México*. Horizontes de la Contaduría de las Ciencias Sociales. Año 5. No. 9. México
- Loera, J., Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Rev. investig. Itoandin*. vol.19 no.4 Puno oct./dic 2017
- Masanet, Eric; Brush, Adrian; Worrell, Ernest. (2015). Energy Efficiency Opportunities in the US Dairy Processing Industry. *Energy Engineering*, 111:5, 7-34.
- OQUEÑA, E. C. Q. (2003). Una visión integral para el uso racional de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción. *El hombre y la máquina*, (20-21), 52-59.
- Secretaría de Economía. (2016). Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas. Recuperado de: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/normalizacion#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20la%20normalizaci%C3%B3n%20se,de%20los%20Organismos%20Nacionales%20de>
- Secretaría de Economía. (SF). Comisión Federal de Mejora Regulatoria. Recuperado de: https://www.economia.gob.mx/files/conoce_la_se/cc01800/opcion2/fichas_sector_coordinado/2.6.2_COFEMER.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional. Recuperado de: [aviso_fesen_2021.pdf](http://www.gob.mx/aviso_fesen_2021.pdf) (www.gob.mx)
- Shine, P., Upton, J., Sefeedpari, P., Murphy, Micahel D. (2020). Energy Consumption on Dairy Farms: A review of Monitoring, Prediction Modelling and Analyses. *Energies*, Vol 13, 1288.
- Sikirica, S.J., J. Chen, J. Bluestein, A. Elson, J. McGervey, and D. Caughey (2003). *Topical Report: Research Collaboration Program Food Processing Technology Project, Phase 1*. Gas Technology Institute, Des Plaines, Illinois. Report GRI-03/0075.
- Tengfang, Xu; Flapper, Joris. (2009). Energy Use an Implications for Efficiency Strategies in Global Fluid-Milk Processing Industry. Elsevier. *Energy Policy* 37, 5334-5341.
- Torres, M. Q. (2019). Evaluación de estrategias para el manejo de residuos de lactosuero en el localidad de Miahuatlán, Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Economía, 101.
- United States Department of Energy (DOE) (2006b). Manufacturing Consumption of Energy 2006 Data Tables. Energy Information Administration, Washington, D.C. <http://www.eia.doe.gov/emeu/mecs/>

Anexos

Anexo A: Buenas prácticas en la industria láctea

Generales

A continuación, se resume un listado de buenas prácticas generales y específicas en la industria láctea para mejorar el desempeño y reducir impactos y consumos. Esta información está basada en el reporte de “Mejora de la eficiencia energética y oportunidades de ahorro para la Industria de Procesamiento de Lácteos”, publicado como una guía de ENERGY STAR, desarrollado por el Berkley National Laboratory, traducción propia.

- Medidas de eficiencia energética en calderas:

Los sistemas de vapor: representan una de las oportunidades más importantes de ahorro de energía en la industria láctea, además de ser una estrategia para el control de los costos energéticos.

- Control de proceso de calderas: los monitores de flujo, mantienen la flama a una temperatura óptima y monitorean el monóxido de carbono, oxígeno y humo. Típicamente es una medida económicamente atractiva para calderas grandes, las calderas pequeñas pueden tener problemas con el costo de inversión inicial.
- Reducción de la cantidad de flujo de gas: comúnmente el flujo excesivo de gas se traduce en pérdidas para la caldera, ya que implica una reducción del calor transferido y un incremento del trabajo de la bomba.
- Reducción de exceso de aire: cuando el exceso de aire es muy alto, existen pérdidas energéticas por transferencia de calor excedente al aire y no al vapor.
- Dimensionamiento adecuado de caldera: es importante diseñar el tamaño de la caldera adecuadamente, con la finalidad de que opere a la presión de vapor adecuada y así no tenga pérdidas energéticas, además de reducir pérdidas por radiación en tuberías y pérdidas en trampas de vapor.
- Mejorar el aislamiento: es recomendable usar materiales nuevos como fibras cerámicas, las cuales son buenos aislantes y tienen una menor capacidad calorífica, lo que permite una mayor velocidad de calentamiento del vapor; además es importante brindarles mantenimiento a los aislamientos a fin de evitar pérdidas.
- Mantenimiento: Un programa simple de mantenimiento preventivo de todos los componentes de la caldera, puede significar ahorros sustanciales en el sistema.
- Recuperación del flujo de calor de gases de combustión: esta acción es comúnmente la mejor oportunidad de recuperación de calor en los sistemas de vapor. Dicho calor puede usarse para precalentamiento del agua de alimentación a la caldera mediante un economizador.
- Recuperación de purgas: el agua a alta presión a menudo produce grandes cantidades de vapor de baja calidad, el cual puede usarse para precalentamiento del agua de alimentación o bien para brindar calefacción a otros espacios, esto puede reducir el uso de combustible cerca de 1%.
- Sustitución de caldera: la sustitución de calderas viejas por nuevas de alta eficiencia, mejora la eficiencia y reduce las emisiones contaminantes, sin embargo, la inversión puede ser poco atractiva según el tamaño de la empresa y las condiciones de uso.

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Medidas de eficiencia en líneas de distribución de vapor:
 - Mejorar el aislamiento de las líneas de distribución: usar mejores materiales para aislar las líneas de vapor puede ahorrar energía; los aspectos más importantes para la selección de dichos materiales son, la baja conductividad térmica, la estabilidad dimensional bajo cambios de temperatura, resistencias a la absorción y resistencia a la combustión.
 - Mantenimiento del aislamiento: es importante revisar las líneas de vapor y brindar mantenimiento a su aislamiento, ya que es una de las causas más comunes de pérdidas de energía en sistemas de vapor.
 - Mejoramiento de la trampa de vapor: usar trampas termostáticas puede reducir el uso de energía mientras mejora su confiabilidad.
 - Mantenimiento de trampas de vapor: un programa de revisión periódica, puede asegurar el correcto funcionamiento de las trampas y ahorrar cantidades importantes de energía en el sistema.
 - Reparación de pérdidas: es común que en las líneas de vapor existan pérdidas que muchas veces no son detectadas. Un programa de inspección regular puede resolverlo.
 - Recuperación de vapor flash: cuando las trampas de vapor condensan purgas de la presión de vapor al ambiente, el vapor flash es producido, dicho vapor puede ser recuperado para ser usado en alguna aplicación secundaria.
- Medidas de eficiencia energética en proceso:
 - Integración de proceso: se refiere a la explotación del potencial sinérgico que puede existir en el sistema, que implica múltiples componentes trabajando simultáneamente. En instalaciones que cuentan con múltiples demandas de calor y enfriamiento, la eficiencia puede mejorarse significativamente mediante la integración de las líneas de calor y enfriamiento, por ejemplo, se puede aprovechar el calor residual de una instalación de enfriamiento para un proceso de calentamiento.
 - Análisis punto pinch: fue desarrollado en respuesta la “crisis energética” con el fin de reducir la demanda de vapor y el consumo de combustible en refinerías y plantas químicas mediante la optimización del diseño de redes de intercambiadores de calor; para ellos se desarrollaron “curvas compuestas” de calentamiento y refrigeración que representan la demanda y disponibilidad energética; el cruce de dichas curvas en un diagrama T-h, revelan la ubicación de dicho punto pinch, el cual implica los requisitos termodinámicos mínimos de operación.
- Medidas de eficiencia energética en motores:
 - Enfoque de sistemas: es importante adoptar un enfoque de sistemas para optimizar la eficiencia energética de los sistemas de motores completos (motores, drivers, ventiladores, bombas, compresores y controladores), no sólo de motores como componentes individuales. Para ellos en primer lugar se deben identificar todas las aplicaciones de los motores y posteriormente se deben establecer las condiciones y especificaciones de cada motor, elaborarse un inventario e identificar las necesidades y usos reales que se tienen, con el fin de dimensionarlos y evaluar si son del tamaño adecuado y si satisfacen las necesidades de su equipo accionado. Finalmente, se deben realizar reportes sobre posibles reparaciones y actualizaciones del sistema.

- Plan de gestión de motores: este plan es parte esencial de la estrategia de gestión, puede ayudar a las empresas a vislumbrar ahorros a largo plazo en el sistema de motores y garantiza que las fallas puedan ser atendidas de forma rápida y rentable.
 - Selección estratégica de motores: muchos factores son determinantes en la selección de un motor, tales como, velocidad, potencia, tipo de cerramiento, rangos de temperatura, eficiencia y calidad de la fuente de alimentación. Algunas organizaciones como NEMA, han creado compañías para ayudar a los industriales y empresarios a evaluar reparaciones y sustitución necesarias. Como regla general, cuando el costo de rebobinado excede el 60% del costo del motor nuevo, la sustitución resulta una mejor opción.
 - Mantenimiento: el mantenimiento adecuado en motores, tiene como objetivo alargar la vida útil del mismo, así como prevenir fallas; dicha labor debe ser tanto preventiva, como predictiva.
 - Dimensionamiento adecuado: los motores mal dimensionados son muy comunes en la industria, estos resultan en pérdidas energéticas innecesarias. Cuando la carga pico en los equipos puede ser reducida, el tamaño del motor, también puede reducirse; el uso de variadores de velocidad optimiza el uso de la energía.
 - Minimizar desbalances de voltaje: los desbalances de voltaje degradan el rendimiento y acortan la vida útil de los motores; dichos desbalances provocan desbalances de corriente, lo que resulta en pulsaciones de torque, vibraciones y estrés mecánico que incrementan las pérdidas y provocan sobrecalentamientos en los equipos.
- Medidas de eficiencia energética en sistemas de bombeo:
- Mantenimiento: el costo inicial de un equipo de bombeo, es normalmente una pequeña fracción del costo del equipo durante su vida útil; el mantenimiento inadecuado de los mismos, puede disminuir su eficiencia, aumenta su desgaste e incrementa los costos energéticos.
 - Monitoreo: puede usarse en conjunto con un programa adecuado de mantenimiento para detectar problemas en el sistema antes de escalar a problemas importantes de rendimiento y/o reparaciones.
 - Reducción de demanda: un componente importante del enfoque del sistema es la minimización de la demanda mediante una correcta relación de los requerimientos del equipo y las cargas de uso final. Dos estrategias efectivas para reducir la demanda son el uso de tanques de retención y la eliminación de bypass de derivación. Los primeros funcionan para igualar flujos en ciclos de producción, lo que permite una operación más eficiente a velocidades reducidas, con ahorros de 10-20%, además de reducir la necesidad del aumento de capacidad. La eliminación de bypass de derivación incrementa la eficiencia del sistema. Otra estrategia para reducir la demanda es incluir bajas presiones estáticas en el proceso.
 - Controles: pueden incrementar la eficiencia mediante el encendido y parado automático de los equipos con base en la demanda.
 - Bombas de alta eficiencia: si se considera que la eficiencia de las bombas puede degradarse entre un 10% y un 20% a lo largo de su vida útil, la sustitución de dichos equipos puede traducirse en importantes ahorros de energía. La instalación de equipos

nuevos y más eficientes conduce a ahorros entre 2% y 10% de energía. La elección adecuada de un equipo de bombeo, ahorra costos operativos.

- Dimensionamiento adecuado: el sobredimensionamiento conlleva a sobreconsumos de energía; la sustitución de equipos de bombeo sobredimensionados, en general implica ahorros entre el 15% y 25%.
 - Uso de múltiples equipos para cargas variables: el uso de varios equipos instalados en paralelo, puede ser una solución económica y energéticamente adecuada, ya que estos arreglos ofrecen redundancia y aumentan la fiabilidad del sistema, además de reducir costos de consumo eléctrico entre un 10% y un 50% para cargas altamente variables.
 - Recorte del impulsor: reducir el diámetro del impulsor reduce la energía que se inyecta al fluido. Según el US DOE (2006), esto puede realizarse cuando; existen muchas válvulas bypass abiertas en el sistema (lo que indica que el exceso de flujo está disponible), se requiere una regulación excesiva para el control de flujo en el proceso, existen altos niveles de ruido y/o vibraciones que indican un flujo excesivo y si la bomba opera lejos de su punto de diseño. El recorte del impulsor puede ser menos efectivo que comprar uno más pequeño, pero funciona cuando el tamaño estándar siguiente es insuficiente para la carga. Los ahorros que esta acción puede tener dependerán del tamaño de la bomba, el flujo y la cabeza del sistema, además conllevan una disminución en costos de operación y mantenimiento del equipo de bombeo.
 - Evitar el uso de válvulas de estrangulamiento: las válvulas de estrangulamiento y los bypass de derivación son indicadores de sobredimensionamiento e inadaptabilidad a variaciones de carga en un sistema de bombeo, por lo que siempre deben evitarse. Los sistemas de control, ajustes del impulsor y las estrategias de múltiples equipos, antes descritos, son estrategias mucho más eficientes energéticamente que el uso de dichas válvulas.
 - Dimensionamiento adecuado de tuberías: las tuberías demasiado pequeñas para las velocidades de flujo requeridas, pueden aumentar la cantidad de demanda de energía, por lo que se debe balancear en la medida de lo posible el dimensionamiento de diámetros de tuberías con los costos de instalación del sistema.
 - Variadores de velocidad: las bombas que experimentan altas variaciones de demanda, son buenas candidatas para la instalación de variadores de velocidad, con lo que se ahorraría energía que de otro modo se perdería en la instalación de válvulas de estrangulamiento o bypass.
- Medidas de eficiencia energética en sistemas de refrigeración:
- Refrigerante: gran parte de los sistemas de refrigeración en la industria láctea usan amoníaco como refrigerante, debido a su elevado calor latente de vaporización, su clasificación como sustancia no agresiva con la capa de ozono, que no es corrosivo al hierro y acero y porque sus fugas se detectan fácilmente mediante el olfato.
 - Algunos pasos simples que puede realizar el personal para ayudar al sistema de refrigeración a operar adecuada y eficientemente tales como:
 - Reportar y reparar tuberías que presenten vibraciones
 - Asegurarse que los instrumentos de control en el sistema sean fácilmente identificables e interpretables para su ajuste

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

- Mantener las puertas del almacenamiento cerradas, en medida de lo posible
 - Asegurarse que los productos no se apilen directamente debajo o enfrente de las evaporadoras
 - Minimizar cargas térmicas provenientes de otras fuentes, tales como iluminación o montacargas
 - Apagar sistemas de bobeo y ventilación cuando no se requieran
 - Reportar y reparar daños en el aislamiento de tuberías, paredes y empaques de puertas
 - Revisar con regularidad niveles de aceite del compresor para asegurar una lubricación adecuada
 - Reportar y reparar cualquier pérdida de refrigeración
- Monitoreo del desempeño del sistema: los sistemas de monitoreo pueden ayudar a detectar problemas de desempeño antes de que se sean mayores; esta acción implica la instalación de sensores en puntos clave del sistema de refrigeración.
 - Asegurar una carga adecuada de refrigerante: las bajas cargas de refrigerante afectan en a través de pequeñas expansiones directas al sistema, pueden significar importantes deterioros del desempeño y afectar la eficiencia energética en el tiempo; por otro lado, altas cargas de refrigerante afectan igualmente la eficiencia energética del sistema.
 - Sistemas de control: pueden ayudar a mejorar la eficiencia energética al asegurar una óptima demanda de refrigeración en relación a las cargas requeridas por los componentes. Deben evitarse algunas estrategias de control, a menos que sean necesarias, tales como válvulas de descarga en compresores de tornillo sobredimensionados, uso de bypass de gas caliente en compresores, uso de válvulas de estrangulamiento entre evaporadoras y compresores, controlar evaporadoras mediante suministro de refrigerante, descaches frecuentes y uso de controladores de presión en condensador.
 - Revisión de contaminación del refrigerante: se debe revisar el refrigerante de forma periódica para identificar contaminación en él, tal como aceite, agua y/o basura que pueden ser indicadores de problemas en operación o mantenimiento del sistema.
 - Diseño eficiente de tuberías: la interconexión de tuberías debe diseñarse y dimensionarse con el fin de reducir fricciones y caídas de presiones, y con ello pérdidas en eficiencia.
 - Almacenamiento térmico para operación en horas base: es una forma de almacenar energía de refrigeración para ser usada en diversos horarios. Esto minimiza la necesidad de hacer funcionar el sistema de refrigeración en formas menos eficientes o de menor carga. Otra estrategia es hacer funcionar el sistema de refrigeración por completo en horas base y almacenar la energía excedente para ser usada en horas pico.
 - Segregación de distintos requerimientos de temperatura: cuando hay distintos requerimientos de temperatura de enfriamiento para los productos almacenados, puede resultar beneficioso contar con múltiples sistemas de refrigeración que brinden servicio, esto permite pasar de un sistema a baja temperatura menos eficiente a uno de alta temperatura más eficiente.

- Medidas de eficiencia energética en la reducción de carga de enfriamiento:
 - Aislamiento en tuberías: las tuberías que contienen refrigerante frío, deben estar aisladas adecuadamente para minimizar infiltraciones de calor.
 - Minimizar fuentes de calor en áreas de almacenamiento frías: las cargas térmicas externas al sistema, tales como iluminación, montacargas, motores y personal, deben minimizarse debido a que el sistema debe retirar el calor adicional que éstas producen.
 - Reducir infiltraciones de áreas de almacenamiento: las infiltraciones de aire exterior reducen el óptimo funcionamiento del sistema, éstas pueden reducirse mediante el manejo adecuado de puertas y el uso de puertas con cierre hermético.
 - Reducir cargas térmicas en el edificio: el desempeño de los compresores en áreas pobremente ventiladas se ve afectado, ya que, al estar rodeado de aire caliente, estos se calientan más y disminuyen su fiabilidad y eficiencia. Las áreas del compresor deben estar adecuadamente ventiladas, al igual que las áreas de los condensadores enfriados por aire, pues estos requieren un suministro de aire frío para mantener bajas temperaturas. Algunas estrategias para mejorar la eficiencia pueden dirigirse a la estructura del edificio, como el uso adecuado de aislamientos y materiales reflectores en techos.
 - Enfriamiento libre: hacer uso de aire exterior para procesos y enfriamiento del edificio, cuando las condiciones exteriores son apropiadas, puede reducir las cargas en el sistema de refrigeración.
 - Dimensionamiento adecuado de motores: los motores sobredimensionados en bombas y ventiladores del sistema de refrigeración, pueden resultar en pérdidas innecesarias de energía.
 - Enfriamiento geotérmico: este sistema toma ventaja de las temperaturas del subsuelo, que permanecen frías y constantes a lo largo del año. Dichos sistemas circulan agua bajo la tierra en una serie de tuberías, la cual es enfriada por la tierra circundante y posteriormente bombeada de vuelta a la superficie, esto puede significar ahorros importantes en los sistemas, siempre que exista factibilidad de instalación.
 - Mezcla de productos en tanques de almacenamiento: en ocasiones la leche bronca y la leche pasteurizada se almacenan en tanques que cuentan con un agitador. Mantener la leche bien mezclada en los tanques de almacenamiento, reduce gradientes de temperatura y promueve la transferencia de calor eficiente, además, reduce separaciones físicas y asegura una mezcla homogénea.
 - Optimización de flujos de aire: en áreas frías de almacenamiento y unidades de aire comprimido, el aire de flujo muchas veces no es optimizado, lo que genera gradientes de temperatura, zonas muertas y patrones de flujo que reducen la transferencia de energía.
 - Torres de enfriamiento: usar agua de torres de enfriamientos, en lugar de agua enfriada, puede generar importantes ahorros de energía, con periodos de recuperación menores a 4 meses (IAC, 2011). En las torres de enfriamiento el agua caliente entra en contacto con el aire de circulación, el cual evapora una parte del agua. El calor perdido en la evaporación enfría el agua restante la cual puede recircularse como medio de enfriamiento.
- Medidas de eficiencia energética en compresores:

- Sistemas de control y planeación: el compresor es el motor principal del sistema de refrigeración, por lo que frecuentemente el controlar la carga de dicho equipo conforme a la demanda es una estrategia de eficiencia energética bastante efectiva.
 - Control de carga de presión flotante: controlar esta carga permite al compresor fluctuaciones hacia arriba y debajo de las presiones con variaciones en la temperatura de bulbo húmedo.
 - Enfriamiento indirecto de compresores: la inyección directa de refrigerante, es un método ineficiente para el enfriamiento de los compresores tipo tornillo, ya que puede disminuir su eficiencia. Un sistema indirecto, es una mejor opción en las que se usan intercambiadores de presión y torres de enfriamiento.
 - Sistema para elevar la presión de succión: en los compresores de 2 pasos, una forma simple de ahorrar energía, es elevar la presión y temperatura de la etapa de baja presión con el decremento de la temperatura.
 - Variadores de velocidad: se utilizan en conjunto con sistemas de control con la finalidad adaptar mejor las cargas del compresor a los requerimientos del sistema.
 - Recuperación de calor: cuando es rentable, el calor rechazado por el compresor puede usarse en otras aplicaciones de la planta.
 - Dedicar un compresor a descongelamiento: es conveniente tener un compresor exclusivo para descongelar, se ha observado que su instalación se justifica con los ahorros de energía en el resto de los compresores dedicados que trabajan a menor presión.
 - Instalación de economizador de una etapa en compresores de baja temperatura: el uso de un compresor de dos etapas es lo que más optimiza el funcionamiento del sistema de baja temperatura, sin embargo, en caso de tenerse una sola etapa, la instalación de un economizador mejora mucho la eficiencia.
- Medidas de eficiencia energética en condensadores y evaporadores:
- Limpieza de condensador: la transferencia de calor se ve afectada por suciedad, escarcha y obstrucciones, por lo que se debe procurar mantener limpio el condensador para evitar mayores temperaturas de condensación y con ello ineficiencias.
 - Purga automática del condensador: la purga periódica de condensadores evaporativos, es necesaria para remover gases no condensables, como el aire, lo que puede mejorar la eficiencia del sistema al aumentar la presión e impedir transferencia del calor de condensación.
 - Reducir uso de ventiladores del condensador: en ocasiones los ventiladores de los condensadores operan de forma continua, aun cuando el compresor no está funcionando, lo que consume energía, es importante asegurarse de que los ventiladores operen únicamente cuando se les requiere.
 - Reducir presión de condensación: con la finalidad de reducir la energía necesaria para comprimir el refrigerante, es necesario bajar la presión y temperatura de condensación lo más posible, esto puede realizarse a través de controles.
 - Uso de ventiladores axiales en el condensador: los condensadores enfriados por aire y los condensadores evaporativos, por lo general no requieren altas presiones de aire y pueden usar ventiladores axiales para reducir el consumo de energía en dichos equipos.

- Variadores de velocidad en ventiladores de condensador: para sistemas de refrigeración con grandes diferencias de capacidades de operación y tamaños de condensadores, el uso de variadores de velocidad es recomendable y puede generar ahorros de energía significativos.
 - Ciclos de ventiladores del evaporador de cámara de refrigeración: en ocasiones es posible mantener la temperatura de refrigeración adecuada en las cámaras sin necesidad de echar a andar los ventiladores del evaporador constantemente, cuando esto sucede, usar variadores o timers en dichos equipos (con precaución de no provocar estratificación), puede representar un ahorro de energía.
 - Demanda de descongelamiento: Las unidades evaporadoras deben descongelarse únicamente cuando es necesario, no se requiere programar dichas operaciones. Lo ideal es basarse en las lecturas de presión del serpentín, el cual indica la presencia de escarcha.
 - Descongelamiento con agua: descongelar con agua es más eficiente que descongelar con gas caliente. El agua se rocía manualmente sobre los serpentines del evaporador para remover la escarcha.
- Medidas de eficiencia energética en sistemas de aire comprimido:
- Mejoramientos en el sistema: los sistemas de aire comprimido comúnmente presentan grandes ineficiencias, en ocasiones sólo se aprovecha el 10% de lo que se genera. La integración de nuevos equipos al sistema debe realizarse únicamente después de una evaluación completa del mismo, ya que usualmente con una reconfiguración adecuada es suficiente para tener una operación eficiente sin necesidad de adicionar equipos.
 - Mantenimiento: el mantenimiento inadecuado en sistemas de compresión disminuye su eficiencia e incrementa las pérdidas, la variación en la presión, incrementa temperaturas de operación, disminuye el control de humedad y aumenta la contaminación. Algunas medidas que pueden implementarse para reducir estos efectos son:
 - Inspección y mantenimiento continuo de filtros: los filtros bloqueados incrementan las caídas de presión y con ello las pérdidas de energía, el mantenimiento adecuado puede evitar humedad excesiva, contaminación y desgaste.
 - Mantener motores lubricados y limpios: La falta de enfriamiento en motores puede aumentar la temperatura y la resistencia del devanado, además de acortar la vida útil y aumentar consumos de energía.
 - Inspección de ventiladores y bombas de agua: con la finalidad de obtener el máximo rendimiento.
 - Inspección de las trampas de drenado: es importante verificar que las trampas no estén tapadas en ninguna de sus posiciones y mantenerlas limpias.
 - Mantenimiento en los enfriadores del compresor: con la finalidad de asegurar que el secado se realiza a la menor temperatura posible.
 - Inspección de correa del compresor: se deben revisar periódicamente con la finalidad de mantenerlas ajustadas, es recomendable revisarlas después de 400 horas de trabajo.

- Revisión de parámetros en sistemas de enfriamiento por agua: revisar pH, calidad del agua, flujo y temperatura en dichos sistemas en filtros e intercambiadores de calor.
 - Minimización de pérdidas en el sistema de aire comprimido.
 - Revisión de presión excesiva, tiempos y volúmenes de compresión: es importante regular las demandas de actividades específicas que no requieren la presión máxima de trabajo, ya sea mediante el seccionamiento de la línea de producción o mediante reguladores de presión en el compresor, ya que el hacer uso de las condiciones máximas del equipo sin ser necesario, además de desperdiciar energía, reduce la vida útil del mismo y resulta en mayores costos de mantenimiento.
- Monitoreo: además del mantenimiento, el monitoreo continuo puede resultar en ahorros importantes de energía, así como en la reducción de costos de operación.
 - Colocación de instrumentación en ramales:
 - Manómetros en las líneas principales del sistema con la finalidad de monitorear las presiones de trabajo.
 - Termómetros en el compresor y su sistema de enfriamiento a fin de detectar incrustaciones y/o bloqueos, así como para medir temperaturas de rocío en los secadores de aire para evaluar su efectividad.
 - Medidores de flujo para medir el caudal de aire utilizado.
 - Medidores de demanda y consumo para llevar un control de la operación, paradas, etc.
 - Revisión de sistemas de distribución para controlar flujos adecuados a líneas específicas: Como regla, cada aumento de presión en 13.8 [KPa], aumenta un 1% de los consumos de energía. En general, las mayores caídas de presión se dan por el mal dimensionamiento o por presencia de accesorios, mangueras, separadores de aire y humedad, secadores y filtros.
 - Verificación el uso de aire en horarios ajenos a la producción.
- Manejo de cargas: se deben evitar las cargas parciales de operación.
- Minimización de caídas de presión: las caídas excesivas de presión pueden resultar en un bajo desempeño del sistema y en un alto consumo de energía. Las obstrucciones de las líneas, por ejemplo, se traducen en altas caídas de presión. Minimizar dichas caídas requiere un adecuado diseño y mantenimiento del sistema.
- Reducción de temperatura del aire de entrada: reducir la temperatura del aire de entrada, disminuye los consumos de energía en el compresor, esto puede lograrse, por ejemplo, ingresando aire del exterior del edificio.
- Controles: el principal objetivo del control en compresores es el encendido y apagado del mismo para usarlo sólo cuando es requerido. Un control adecuado en estos sistemas puede ahorrar hasta un 12% de energía anual.

- Dimensionamiento adecuado de tuberías: incrementar el diámetro al valor económicamente más factible, reduce las pérdidas de presión al disminuir las presiones operativas del sistema, lo que genera ahorros de energía en aproximadamente un 3%.
 - Recuperación de calor: el 90% de la energía consumida por un compresor es convertida en calor, por lo que su recuperación para uso en otras partes de la instalación puede ser una medida efectiva de eficiencia energética.
 - Compresores accionados por motores de gas natural: sus ventajas y desventajas son que, a pesar de ser más costosos tanto en su adquisición como en mantenimiento, pueden tener costos de operación más bajos que los eléctricos, pueden trabajar con velocidades variables y tienen alta eficiencia, sin embargo, tienen una vida útil menor y requieren más mantenimiento.
 - Usar tanque de compensación para regular ciclos de trabajo: los compresores viejos tienden a ser ineficientes al regular su ciclo de trabajo, por lo que la adquisición de un tanque de compensación puede ser una inversión inteligente.
- Medidas de eficiencia energética en el edificio:
- Diseño de sistemas de refrigeración: el dimensionamiento adecuado de los equipos y la incorporación de medidas de eficiencia energética en nuevas instalaciones en la industria láctea, minimizan los consumos de energía y los costos de operación de los sistemas de enfriamiento desde el inicio.
 - Puesta en marcha de los sistemas de refrigeración: implica la verificación del rendimiento previsto en los sistemas de refrigeración cuando se pone en marcha el sistema, lo cual debe reportarse al equipo de gestión a través de un informe detallado del desempeño y mantenimiento de los equipos existentes, información que se compara con lo previsto en el diseño. Mediante dicha práctica se identifican problemáticas o acciones que pueden obstaculizar el desempeño energético del edificio.
 - Sistemas de control y monitoreo de energía: los sistemas de control y monitoreo en refrigeración de edificios contribuyen con la operación eficiente del sistema mediante el monitoreo, control y seguimiento de los consumos.
 - Reparación de pérdidas en ductos: las fugas en tubería pueden representar pérdidas importantes en los sistemas de refrigeración, algunas medidas para controlarlas pueden ser, colocar aislamiento y realizar acciones de inspección y mantenimiento.
 - Sistemas de volumen de aire variable: estos sistemas se ajustan al flujo específico de las distintas áreas y por tanto ajustan las cargas a la demanda de enfriamiento y/o calentamiento, con lo que se reducen consumos de energía.
 - Variadores de velocidad: pueden ser instalados tanto en manejadoras de aire, como en ventiladores de refrigeración para controlar los requerimientos de flujo de aire.
 - Sistemas de recuperación de calor: pueden reducir la demanda energética para enfriar o calentar las instalaciones mediante el aprovechamiento de la energía del aire de escape.
 - Modificación de ventiladores: cambiar el tamaño o la forma de las aspas puede optimizar la eficiencia y el flujo de aire además de reducir los consumos energéticos.
 - Mejorar la eficiencia de ventiladores de escape: los ventiladores de escape son componentes estándar en los sistemas de refrigeración, los impulsores de flujo ofrecen

una alternativa más eficiente (normalmente del 25%) frente a los ventiladores de extracción centrífugos.

- Uso de ventiladores: los ventiladores instalados en techos pueden ayudar a satisfacer las necesidades de confort en áreas de trabajo, al tiempo que permiten la recirculación del aire.
 - Calentamiento solar: los sistemas de calefacción solar absorben la radiación y calientan el aire que pasa por el absorbedor, el cual es distribuido por los ventiladores. Es una medida que puede reducir significativamente los consumos energéticos del edificio.
 - Reflexión del edificio: el uso de un recubrimiento reflejante en techos, en climas cálidos, puede reflejarse en los costos por acondicionamiento. Del mismo modo, la instalación de jardines en los techos, mejora el aislamiento térmico y la transferencia de calor en invierno y verano.
 - Asilamiento del edificio: agregar aislamiento al edificio, siempre resulta en una reducción de los consumibles del mismo.
 - Ventanas con baja emitaancia: mejoran el aislamiento al reducir la transferencia de calor tanto al interior como al exterior del edificio.
 - Usar cortinas de aire entre ambientes y áreas de temperaturas controladas: en general, las plantas en la industria láctea, cuentan con áreas de temperatura controlada, el usar cortinas de aire y otras barreras como puertas corredizas, etc., se reducen infiltraciones y con ellos las cargas de enfriamiento.
 - Calentamiento infrarrojo: el uso de calentamiento infrarrojo puede ser una inversión adecuada para áreas abiertas, en lugar del uso de calentamiento convencional.
- Medidas de eficiencia energética en sistemas de iluminación:
- Controles de luminarias: el uso de control automático en iluminación, permite el encendido y apagado de luces únicamente cuando se requiere. Los sensores de presencia pueden ahorrar entre 10% y 20% de energía.
 - Lámparas eficientes: es importante sustituir tecnología obsoleta y analiza cuál de la tecnología actual se acopla mejor a las necesidades de la empresa.
 - Balastros electrónicos: los balastros regulan la cantidad de energía requerida para arrancar un equipo de iluminación, así como para mantener sus condiciones de salida. Los balastros electrónicos ocupan entre un 12 y un 30% menos de energía que los magnéticos.
 - Iluminación natural: el uso de iluminación natural minimiza los consumos en el sistema de iluminación. Incrementar la ganancia solar puede disminuir hasta en un 70% las cargas del sistema.
 - Autogeneración: puede ser una opción atractiva para reducir la intensidad energética en las instalaciones.
 - Ciclo combinado: para industrias como la láctea, que tienen demandas simultáneas de en procesos de calor, vapor y electricidad, el uso de sistemas que combinan calor y potencia (CHP, por sus siglas en inglés), puede reducir el consumo de energía, así como las emisiones. Las plantas de ciclo combinado tienen estándares de eficiencia más altos que las plantas estándar ya que

aprovechan el calor rechazado. Los ciclos combinados (de turbinas de gas con turbina de vapor de contrapresión) ofrecen flexibilidad para la potencia y producción de vapor en empresas de cualquier tamaño, aunque en ocasiones son poco atractivas para empresas pequeñas por los costos elevados de la turbina de gas.

- Trigeneración: muchos sistemas de cogeneración, ofrecen la opción de trigeneración, la cual ofrece enfriamiento además de potencia y calor. El enfriamiento puede realizarse usando tecnologías de absorción o adsorción, donde ambas tecnologías operan mediante el calor recuperado del proceso de cogeneración. Dadas las demandas energéticas de la industria láctea, se debería de poner especial atención en la trigeneración.
- Turbinas de contrapresión: En muchas instalaciones, el vapor es producido a presiones mayores de la requerida. Usualmente, la presión es reducida mediante válvulas de alivio, lo que representa un desperdicio de energía. Las turbinas de contrapresión, pueden reducir dicha presión mientras convierte la energía rechazada en energía eléctrica, para el uso en otras áreas del sistema.
- Paneles fotovoltaicos: los paneles fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad de forma directa, son una fuente confiable y renovable de energía. Existen programas, subsidios y financiamientos para su adquisición.
- Precalentamiento solar: el precalentamiento solar implica la instalación de paneles solares, los cuales, en lugar de generar electricidad, absorben calor y se lo transfieren al agua de alimentación de procesos específicos, lo que reduce la demanda energética en dichos sistemas.

Específicas

- Medidas de eficiencia energética específicas del proceso de pasteurización, esterilización y otros tratamientos con calor similares:
 - Recuperación de calor: es una técnica muy usada en la que se usa la energía extraída para el enfriamiento de la leche pasteurizada, en el calentamiento de la leche cruda de entrada. Dicha recuperación puede ser superior al 95%, disminuyendo las demandas energéticas de enfriamiento y calentamiento sustancialmente. La implementación de un sistema de recuperación conlleva ahorros significativos.
 - Intercambiadores de calor de tubos de inmersión compactos: consisten en un tubo como intercambiador de calor y una cámara de combustión ubicados dentro de un reservorio de agua, donde los gases de escape de la cámara de combustión, la cual ocupa gas natural, es circulado por los tubos sumergidos que transfieren el calor al agua del depósito. Dicha agua es luego enviada a otro intercambiador de calor para ser usada en los procesos de pasteurización y esterilización. Este sistema usa 35% menos energía que los sistemas centralizados de calentamiento de agua.
 - Intercambiadores de calor helicoidales: a pesar de que en la industria láctea, los intercambiadores más usados son los de placas, este tipo de intercambiador ofrece mayores tasas de transferencia de calor, reduce incrustaciones y costos de mantenimiento.

- Calentamiento de líquidos por inducción: un calentador de inducción trabaja disipando la energía generada, cuando el devanado secundario de un transformador se cortocircuita, transfiere instantáneamente calor al líquido circundante. Esta aplicación en la industria láctea en procesos continuos de pasteurización y esterilización, suponen ahorros de hasta el 17% en comparación con los métodos de calentamiento convencionales.
- Técnicas de mejora del intercambiador de calor: hay muchas formas de mejorar la eficiencia de transferencia de un intercambiador, por ejemplo, se pueden agregar rugosidades a las placas de un intercambiador de placas, lo que aumentaría la turbulencia en el fluido, o geometrías que induzcan el flujo del fluido, lo que aumentaría la transferencia de calor y por tanto la eficiencia. Una de las formas más efectivas de mejorar el desempeño es mediante la eliminación de incrustaciones por presencia de compuestos en la leche, esto puede reducir hasta en un 8% los consumos de energía.
- Medidas de eficiencia energética en la evaporación:
 - Mantenimiento: las pérdidas de calor en evaporadores comúnmente se deben a una ventilación excesiva, pérdidas por radiación y convección, bajo desempeño del sistema de vacío, pérdidas de aire y agua, incrustaciones y poca eficiencia en el separador. Un programa de mantenimiento puede ayudar a evitar muchas de estas situaciones; dicho programa debe contemplar:
 - Inspección y prevención de pérdidas de aire en el evaporador para minimizar las tasas de ventilación
 - Limpieza de superficies, con el fin de promover la transferencia
 - Limpieza de vasos de separación para mantener los perfiles de presión y rendimiento
 - Inspección y prevención de pérdidas de agua para evitar diluir las corrientes de producto
 - Mantener un perfil óptimo de presión en el evaporador, bajo las especificaciones del fabricante.
 - Evaporadoras de efecto múltiple: en general, el uso de evaporadoras de efecto múltiple en lugar de evaporadores de efecto simple, resulta en ganancias importantes de energía. En las evaporadoras de efecto múltiple, el vapor caliente que sale de uno de los evaporadoras (o efectos) se usa como el medio de calentamiento de otra unidad evaporadora operado a menor temperatura.
 - Re-compresión de vapor: para eficiencias mayores a las obtenidas por evaporadores de efecto múltiple, puede hacerse uso de sistemas de re-compresión en los que se comprime el vapor de las evaporadoras y se reintroduce en las mismas como medio de calentamiento. Hay dos sistemas de re-compresión disponibles TVR (por sus siglas en inglés) o sistemas de re-compresión térmica y MVR (por sus siglas en inglés) o sistemas de re-compresión mecánica.
 - Concentración mediante uso de membranas de filtración: debido a que las membranas de filtración no requieren fases de cambio (en contraste con la evaporación), son una opción más eficiente para la eliminación de agua. Son sistemas aplicados de forma exitosa en la industria láctea, el cual reemplaza la evaporación de efecto simple en la

estandarización de yogurt y otros productos, así como para la preconcentración de productos previos a la evaporación.

- Medidas de eficiencia energética en el secado:
 - Uso de evaporación y otras técnicas de concentración previo al secado: el secado de productos lácteos sin un proceso de concentración previo, es una práctica poco recomendada.
 - Optimización de la temperatura para el secado por pulverización: para lograr un mejor desempeño de los secadores por pulverización, la temperatura del aire de secado de entrada debe ser lo más alta posible, así como la temperatura de salida debe ser lo más baja posible; estos límites se basan en los atributos del producto terminado; una temperatura demasiado alta desnaturaliza el producto, mientras que una muy baja deja mucha humedad en el mismo y por tanto adquiere una consistencia pegajosa. Es importante conocer el porqué de los límites del secador (si fueron fijados de forma arbitraria, si se determinaron para un producto específico, etc.), con la finalidad de revisarlos. Una temperatura de entrada elevada de 160°C a 240°C, reduce los consumos de vapor en un 29% y los sobre consumos en un 50%.
 - Ubicación estratégica del aire de entrada: la calidad del aire de entrada para secado, tiene efectos importantes en la eficiencia del secador por pulverización; obviamente aire caliente de entrada es mejor que frío, ya que se consume menos energía para calentarlo, pero el contenido de humedad del aire juega un rol importante. No solo el aire seco mejora la eficiencia de secado, también requiere menos energía para incrementar la temperatura de operación. Es por esto que es mejor que el aire de entrada provenga de un área seca y tibia, por ejemplo, cerca del techo y lejos de procesos donde se usen agua y vapor.
 - Monitoreo del aire de entrada: en ocasiones la temperatura y humedad del aire de entrada varían, pero los parámetros de operación del secador por pulverizado continúan relativamente constantes; por esta razón los parámetros de la secadora a menudo no se encuentran configurados óptimamente durante la operación. La instalación de instrumentos de medición (temperatura y humedad), pueden ayudar a controlar dichos parámetros, permitiendo que los operadores puedan ajustar los requerimientos de operación para lograr el desempeño adecuado.
 - Secado de múltiples etapas: actualmente el secado de 2 o 3 etapas se ha popularizado mucho en los procesos industriales, ya que permite que el producto en polvo que sale de la cámara de secado con contenidos de humedad mayores al especificado para el producto terminado, pase por una cámara de lecho fluidizado, donde a diferencia de los secadores por pulverización, que usan un alto exceso de aire, se usa una cantidad relativamente menor de aire en relación con el polvo a secar. A pesar de que los secadores de lecho fluidizado son mucho más eficientes que los secadores por pulverización, estos sólo operan bajo ciertas condiciones de humedad para evitar la formación de grumos, por lo que sólo son aplicables a la última etapa de secado. El secado de múltiples etapas puede reducir los consumos de vapor hasta en un 10%.
 - Uso de proceso de cristalización en producción de polvo de lactosuero: la pulverización de lactosuero, es una actividad con un consumo de energía extremadamente intensivo. Hay pocas formas de producirlo, la forma más directa es simple, consiste en someter el líquido a evaporación hasta aproximadamente lograr un contenido de humedad del 45%,

Hoja de Ruta para la Implementación de Diagnósticos Energéticos en la Industria Láctea en México

seguido de un secado por pulverización. Sin embargo, esto puede cristalizar la lactosa contenida en el suero, lo que reduce las propiedades higroscópicas del mismo. Este proceso, también llamado de alta concentración, permite remover más agua del lactosuero mediante la evaporación previa al secado, sin embargo, la inclusión del paso de cristalización alarga de 4 a 24 horas el proceso y reduce la intensidad de vapor en proceso de 6.5 [kg de vapor/kg de producto] a 5.5 [kg de vapor/kg de producto], comparado con sólo secar el lactosuero y la inclusión de múltiples etapas de secado la reduce aún más (5 [kg de vapor/kg de producto]), lo que implica una reducción del 24% de la intensidad de vapor, en comparación con el secado de una etapa sin cristalización. Adicionalmente, el lactosuero con lactosa cristalizada es considerado de mejor calidad y mayor resistencia al apelmazamiento.

- Recuperación del calor de escape: en ocasiones, hasta un 30% del calor de escape del secador puede ser recuperado para ser usado en otras partes del proceso.
- Medidas de eficiencia energética en procesos misceláneos:
 - Mezclado adecuado en tanques de cocción para queso, yogurt y otros productos: para los productos que requieren procesos de cocción, el mezclarlo adecuado puede brindar muchos beneficios, además de resultar en un producto más homogéneo y un mejor control de la calidad del mismo. El mezclado adecuado reduce los gradientes de temperatura e incrementa la eficiencia en la transferencia de calor al producto.
 - Madurado de queso en sótanos mediante bombas de calor: se puede tomar ventajas de sótanos o almacenamientos subterráneos que mantienen constante la temperatura de enfriamiento por la tierra.
 - Uso de lactosuero para alimentar biodigestores para generación de biogás: las empresas que utilizan procesos de ultrafiltración para concentrar el lactosuero, pueden mezclar éste producto con aguas residuales y alimentar un biodigestor anaerobio para la creación de biogás, el cual puede después ser usado como combustible en la planta para las calderas.
 - Producir lactosuero con concentraciones del 80% de proteína (WPC80) en lugar de polvo de lactosuero seco: el WPC80 es un producto que puede ser manufacturado usando ultrafiltración y evaporación, eliminando el uso intensivo de energía para su secado, además tiene una alta demanda como alimento y materia prima para producción.
- El monitoreo es una herramienta clave en la administración de energía. Los sistemas de control en el proceso pueden reducir el tiempo requerido para realizar tareas complejas, de vez en cuando permiten mejorar el producto, la calidad de la información y su consistencia y puede optimizar las operaciones en los procesos; permiten la reducción de tiempos muertos, disminuyen costos de mantenimiento y tiempos de proceso e incrementa la eficiencia de recursos y energía, así como controla las emisiones.