

Estrategias de mantenimiento en la industria láctea para la mejora continua de los procesos industriales a través del Business Process Management (BPM)*

Maintenance strategies in the dairy industry for continuous improvement of industrial processes through Business Process Management (BPM)

Recibido: enero 18 de 2025 - Evaluado: febrero 28 de 2025 - Aceptado: marzo 20 de 2025

Jessica Lucia Hernández-Bastidas**
Sandra Milena Castro-Escobar***

Para citar este artículo / To cite this Article

J. L. Hernández-Bastidas, S. M. Castro-Escobar, "Estrategias de mantenimiento en la industria láctea para la mejora continua de los procesos industriales a través del Business Process Management (BPM)" Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 8, no.1, pp.1-13, 2025.

Resumen

El presente artículo explora las estrategias de mantenimiento implementadas en la industria láctea como herramienta importante para fortalecer la mejora continua de los procesos industriales, la eficiencia operativa, la calidad del producto y el cumplimiento regulatorio legal, destacando el papel del Business Process Management (BPM) como enfoque integrador. Se analizan la clasificación que se tiene dentro del mantenimiento industrial, como lo son los mantenimientos correctivo, preventivo, predictivo, TPM, y cómo el BPM permite modelar, estandarizar y optimizar dichos procesos. Se realiza por medio de una revisión crítica de estudios de caso reales, literatura científica, normativas industriales alimenticias nacionales e internacionales, donde se proporciona un marco sinérgico entre mantenimiento y gestión de procesos. El artículo nos indica que adaptarse a la gestión por procesos mejor conocida como Business Process Management (BPM) no solo aumenta la disponibilidad y rendimiento de los equipos e instalaciones que están presentes en la planta, sino que también hace que sea más accesible la protección del medio ambiente al controlar sistemáticamente los desechos y recursos existentes. Los resultados obtenidos señalan que la implementación de estrategias de mantenimiento estructuradas teniendo su enfoque en base la BPM aporta de manera conveniente a la competitividad de las industrias que pertenecen al sector lácteo promoviendo sistemas de producción que sean más eficientes, seguros y sostenibles frente al mercado sus desafíos y demanda actual en su entorno. Además, se concluye que este enfoque es una herramienta versátil para desafíos como la digitalización, la gestión del conocimiento técnico y la adaptación continua a los nuevos estándares de calidad y seguridad de los alimentos para la necesidad. Por lo tanto, BPM se propone como una estrategia integral que puede repetirse y personalizarse en diferentes contextos en la industria alimentaria para lograr mayores niveles de rendimiento y sostenibilidad a largo plazo.

*Artículo inédito: "Estrategias de mantenimiento en la industria láctea para la mejora continua de los procesos industriales a través del Business Process Management (BPM)".

**Ingeniera Industrial, Universidad de Pamplona, <https://orcid.org/0009-0007-9773-8560>, jessica.hernandez@unipamplona.edu.co, Pamplona-Colombia.

***Magister en ingeniería industrial, Ingeniera Industrial, Grupo de Investigación INGPRO-GES, <https://orcid.org/0000-0003-1745-0019>, sandra.castro@unipamplona.edu.co, Pamplona-Colombia.

Palabras clave: Industria láctea, estrategias de mantenimiento, Business Process Management, eficiencia operativa, sostenibilidad, calidad del producto, gestión de procesos.

Abstract

This paper explores the maintenance strategies implemented in the dairy industry as an important tool to strengthen the continuous improvement of industrial processes, operational efficiency, product quality and legal regulatory compliance, highlighting the role of Business Process Management (BPM) as an integrative approach. The classification of industrial maintenance is analyzed, such as corrective, preventive, predictive and TPM maintenance, and how BPM allows modeling, standardizing and optimizing these processes. It is done through a critical review of real case studies, academic literature, national and international food industry regulations, where a synergic framework between maintenance and process management is provided. This paper indicates that adapting to the process management better known as Business Process Management (BPM) not only increases the availability and performance of the equipment and facilities that are present in the plant, but also makes it more accessible to protect the environment by systematically controlling waste and existing resources. The results obtained point out that the implementation of structured maintenance strategies having its approach based on GMP contributes in a convenient way to the competitiveness of industries belonging to the dairy sector promoting production systems that are more efficient, safe and sustainable in front of the market its challenges and current demand in its environment. In addition, it is concluded that this approach is a versatile tool for challenges such as digitalization, technical knowledge management and continuous adaptation to new standards of quality and food safety for the need. Therefore, BPM is proposed as a comprehensive strategy that can be replicated and customized in different contexts in the food industry to achieve higher levels of performance and long-term sustainability.

Keywords: Dairy industry, maintenance strategies, Business Process Management, operational efficiency, sustainability, product quality, process management.

1. Introducción

La industria láctea es un foco visual ya que es una de las industrias que está considerada uno de los sectores agroindustriales más importantes y estratégicos principalmente en el ámbito económico de muchos países, entre los cuales está presente Colombia, no solo por su aporte al desarrollo agroindustrial, sino también porque es caracterizada por su dinamismo y las altas exigencias que deben ser atendidas en cuanto a seguridad alimentaria, calidad en sus productos finales y eficiencia productiva [1], [2].

Es de gran importancia destacar que este sector se define por el nivel de responsabilidad que se tiene en el interior de cada fase de los procesos productivos, esto sucede ya que este sector es uno de los más delicados dada la naturaleza perecedera que tiene la leche y sus derivados, por ser tan delicado tiene exigencias sanitarias elevadas para su cumplimiento en la normativa internacional, por lo que necesita de un sistema operativo que sea eficiente, con procesos que estén cuidadosamente controlados, estas exigencias requieren de una gestión rigurosa de mantenimiento de los equipos, maquinaria e instalaciones que garantizan la preservación de la inocuidad, trazabilidad y calidad del producto que va a ser dirigido al cliente, ya que cualquier interrupción o contaminación que se pueda presentar mediante proceso productivo

puede comprometer de manera irreversible la continuidad operativa o la misma calidad del producto [3].

Aparte de los retos propios que están presentes en las fases de producción, es muy importante conocer que la industria láctea enfrenta problemáticas de manera continua en sus actividades entre las cuales están principalmente las paradas no programadas, desperdicios de materia prima, ineficiencias en su sistema operativo y fallas repetidas en el mantenimiento de los equipos e instalaciones, lo cual afecta abiertamente la productividad y sostenibilidad de las operaciones [4], [5].

Estas problemáticas exponen cual es la necesidad que se tiene en las empresas de las industrias en especial las del sector lácteo de implementar un enfoque de manera ordenada, metódica e integral que este orientado a la mejora continua, con el fin de que este sea capaz de garantizar no solo la capacidad de que la organización logre maximizar su producción y minimizar sus costos, manteniendo o mejorando la calidad de sus productos o servicios. y la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas en un entorno industrial competitivo que se presenta en los mercados, sino también que se mantenga el cumplimiento de la normativa.

Aquí es donde aparece la gestión de procesos como una metodología de vital importancia que permite visualizar, modelar, optimizar y controlar los procesos críticos de la industria, las fallas en el mantenimiento, las paradas inesperadas, las deficiencias en el control sanitario y todo desperdicio de insumos representa que se tiene una gestión fragmentada la cual requiere de una nueva intervención por medio de una transformación profunda en la forma que se presenta en la metodología BPM, siendo aquí el punto donde esta se muestra como la gestión fundamental, asegurando la alineación entre los objetivos estratégicos y las actividades operativas cotidianas [6], [7], [8].

La implementación de la gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM) permite que se creen flujos de trabajo más eficientes, identificar con tiempo prudente cuellos de botella, mejorar la capacidad de rastrear todos los procesos que se realizan en operaciones y dar respuesta rápida y ágil a los cambios que pueden estar presentes en el entorno, esto tiene un alto grado de importancia en las industrias en gran medida reguladas como la láctea.

De tal forma que el BPM puede integrarse con más herramientas como el mantenimiento predictivo basado en el machine learning o también conocido como el aprendizaje automático, con el fin de anticipar las fallas y optimizar la vida útil de equipos e instalaciones, de tal forma que las acciones correctivas se puedan plantear antes de tiempo [9], reforzando así la eficiencia técnica que se necesita en los procesos. Por su parte, enfoques como el Lean Manufacturing aplicados desde un enfoque lógico de gestión por procesos, permitiendo que sean eliminados los desperdicios, minimizar tiempos muertos y generar valor para el cliente, de esta manera se considera que el enfoque que tiene el BPM es una gran herramienta que no solo facilita el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura como se desea dentro de las instalaciones de la industria láctea que es evidente a la calidad y al cumplimiento sanitario, sino que también ayuda a que la cultura organizacional que está orientada a la excelencia operativa y la mejora continua sean potenciados de manera que se logre alcanzar altos niveles en la competitividad que se tiene en el sector [10].

El objetivo que tiene este artículo es revisar las estrategias de mantenimiento industrial que son aplicadas en la industria del sector lácteo y analizar su integración directa con el enfoque Business Process Management (BPM) como camino para ayudar a fortalecer de manera evidente la mejora continua al igual que mantener la competitividad en un grado alto de confianza. Por medio de esta unión se busca garantizar un mayor control sobre los procesos productivos, disminuir los riesgos dentro de las operaciones y responder de manera activa a las exigencias del mercado, principalmente a lo que este sector demanda frente a estándares de higiene, inocuidad alimentaria, trazabilidad y sostenibilidad [11], [8], [12].

En este contexto, la adopción de manera oportuna y correcta de estrategias de mantenimiento predictivo permite estar anticipados a fallas mediante el uso de tecnologías digitales, poniendo como punto vital la continuidad operativa y así evitar paros no programados que puedan comprometer de manera irreversible la calidad del producto y la imagen de la organización [13], [9]. De tal forma que es claro que la implementación de sistemas BPM permite contribuir en la estandarización de los procesos en estado crítico, facilitando la toma de decisiones que estén basadas en datos y promoviendo la mejora continua [14].

La acuerdo o pacto entre el enfoque Business Process Management (BPM) y las Buenas Prácticas de Manufactura llevan consigo a oportunidades no solo para cumplir con los requisitos regulatorios del mercado, sino también ayuda a estandarizar los procedimientos, gestionar de manera correcta los recursos y aumentar la capacidad de respuesta ante situaciones imprevistas. La dimensión técnica e higiénicas que tienen las Buenas Prácticas de Manufactura comparten bases para la calidad e inocuidad, mientras que el Business Process Management en su aporte como metodología de gestión, proporciona la estructura necesaria para diseñar, ejecutar y optimizar los procesos de forma continua, eficiente y sostenible [1], [15], [16], [6].

Esta sinergia resulta particularmente ser valiosa en las industrias del sector lácteo, ya que su contribución está dirigida a la estandarización de procesos productivos y la trazabilidad, siendo estas las columnas básicas de la industria. La implementación de la gestión de procesos ha demostrado ser efectiva en cooperativas lácteas multinacionales, optimizando la planificación y programación global mediante herramientas como SAP APO y modelos de procesos bien definidos [14].

Según el Codex Alimentarius, el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura permite establecer condiciones higiénicas adecuadas en todas las etapas de producción. Así mismo, el mantenimiento y la mejora continua de sistemas integrados como HACCP y BPM fortalecen de forma notoria la confiabilidad de los sistemas de procesos y ayudan a prevenir desviaciones críticas. También es importante tener en cuenta que en este desarrollo de estrategias y mejoras es importante no dejar por fuera la capacitación de manera continua de las personas, porque este es quien juega un papel clave dentro de los sistemas de producción y operativos, ya que se promueve una conducta organizacional que esté enfocada en la calidad, seguridad alimentaria y la mejora continua [17], [18], [19].

Dentro del nicho de producción que está presente en Colombia, se resalta que hay las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES) que son pertenecientes al sector lácteo representando un porcentaje considerable. Entonces la aplicación del método BPM llega a ser transformadora en su espacio productivo y dando paso a una excelente idea de crecimiento dentro de estas empresas. Diversos estudios muestran que la adopción de

manuales de estrategias de mantenimiento implementados a estas organizaciones (MiPymes), no solo respaldan el cumplimiento normativo, sino que también permite el acceso a la estandarización de procesos y a la mejora continua [5], [20], [15].

También es importante resaltar uno de los ejemplos exitosos como el de la microempresa "Productos Lácteos El Belén" en este caso de estudio se demuestran que la implementación del BPM en estas organizaciones posibilita la optimización de los procesos productivos, la disminución de pérdidas debido a la contaminación y la mejora de la seguridad del producto final [21].

En sectores con altas exigencias normativas como se presentan en las industrias alimentarias por su gran nivel de higiene y cuidados sanitarios que deben tener, herramientas como Business Process Model and Notation (BPMN) están siendo nombradas al igual que utilizadas ya que han demostrado ser eficaces no solo para representar gráficamente los flujos de trabajo, sino también para identificar oportunidades concretas de mejora, facilitando la integración efectiva de los procesos productivos y fortaleciendo la calidad de la toma de decisiones tanto a nivel estratégico como operativo [22]. A su vez, las tecnologías limpias aplicadas a la limpieza y desinfección respaldan la inocuidad sin afectar la salud del producto ni del personal [23].

En síntesis, una gestión eficiente en la industria láctea no puede apoyarse únicamente del cumplimiento normativo, sino que esta requiere de la implementación oportuna y correcta de un enfoque metodológico robusto como el Business Process Management (BPM), que facilite la articulación de manera coherente entre mantenimiento industrial, buenas prácticas sanitarias y los principios de mejora continua. Esta sinergia no solo asegura la calidad e inocuidad de los productos, sino que impulsa la sostenibilidad y la competitividad del sector en su conjunto, enfrentando de manera firme los desafíos que se presentan en el entorno industrial actual.

2. Materiales y Métodos

El presente artículo se desarrolla mediante una revisión narrativa estructural, el cual cuenta con un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo-analítico, está orientado principalmente al análisis crítico, lo que quiere decir que se realiza la revisión, interpretación y evaluación de literatura científica, técnica e institucional que está relacionada con la integración que se encuentra entre la Gestión por Procesos (Business Process Management, BPM) y las estrategias de mantenimiento aplicadas en la industria alimentaria, con el fin de comprender y evaluar argumentos de manera clara y presentar resultados planteados en diferentes contextos.

Se utilizó el enfoque cualitativo ya que en este artículo no se manipula variables ni se realizó la recolección de algún tipo de dato numérico, sino todo lo contrario está encaminado a la identificación, organización y análisis de información proveniente de fuentes reales, relevantes y verificables, también es importante reconocer que no se hace uso directamente de los fenómenos de estudio, sino, en lugar de querer intervenir en dichos casos, se discutieron los fenómenos en su contexto natural a través de revisión de documentos que expresan estudios de casos reales que se presentaron en plantas existentes de industrias

procesadoras de lácteos en Latinoamérica. Este enfoque permitió realizar un análisis de información documental que ayuda a la comprensión de como dichas estrategias en compañía de la Gestión por Procesos se deben implementar dentro de las industrias alimenticias, en especial dentro del sector lácteo, ya que estas son las que influyen en la eficiencia, la calidad del producto final y la sostenibilidad en el sistema productivo.

Entre las fuentes de información que se tuvieron en cuenta para la construcción de este artículo se realizó la revisión de información que se obtuvo de fuentes académicas, técnicas e institucionales de nivel investigativo y científico. Se consultaron en diversas bases de datos reconocidas internacionalmente como Scopus, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar, siendo la vía principal para acceder información de manera gratuita, pero llegar a artículos de investigación reciente, revisiones sistemáticas y estudios de caso aplicables al sector lácteo e industrias alimentarias y de igual manera a los enfoques de mejora continua.

Además, se consideraron documentos institucionales emitidos por organizaciones como la FAO, el Codex Alimentarius y la International Dairy Federation. También se tuvieron en cuenta documentos técnicos, normativas como la ISO 9001:2015 e ISO 55000, estudios de caso, tesis académicas y reportes técnicos emitidos por consultoras, entidades regulatorias y organizaciones del sector lácteo, y directrices sobre BPM y HACCP, que resultan fundamentales para el aseguramiento de la calidad e inocuidad alimentaria. También se integraron referencias actualizadas de documentos que fueron estudios de caso donde hablan de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo, aplicaciones del Business Process Management (BPM), al igual que herramientas adicionales como BPMN y nuevas tecnologías que están siendo una de las entradas a el mejoramiento de procesos productivos y sanitarios en las industrias.

Criterios de inclusión

Siendo que se encuentran muchos documentos que hablan del tema a tratar, es importante recurrir a los que garantizaron la relevancia y actualidad de la información, por lo que se establecieron los siguientes criterios de inclusión, con el fin coincidir con los objetivos de la investigación:

- Publicaciones entre los años 2018 y 2024.
- Documentos que se encontraban redactados en idiomas español e inglés.
- Estudios de caso con aplicación a la industria alimentaria.
- Investigaciones con enfoque en las estrategias de mantenimiento industrial y sus tipos de mantenimientos existentes, el BPM, el BPMN y estudios que muestran sobre mejora continua.
- Fuentes técnicas, académicas o institucionales con relación y evidencias basadas en la experiencia, la observación y la práctica, sin la necesidad de recurrir a teorías o de comprobación científica.

Criterios de exclusión

Durante el proceso de revisión y análisis de los documentos, se excluyeron las publicaciones que presentaban una o más de las siguientes características:

- No se evidenciaba aportes relevantes para contribuir al objetivo de esta investigación, al no tener relación o centrarse directamente con las estrategias de mantenimiento aplicadas al sector lácteo o a los enfoques de gestión de procesos (BPM, por sus siglas en inglés).
- Documentación duplicada, sin acceso al texto completo, o carente de revisión por pares (salvo informes técnicos de organismos reconocidos).
- No presentaron relación directa con la mejora continua de procesos industriales.
- Trabajos excesivamente teóricos, sin aplicación práctica o contextualización en entornos industriales reales.

La estrategia de búsqueda bibliográfica se diseñó para sustentar rigurosamente la introducción del artículo y estuvo orientada a identificar literatura científica y técnica relevante sobre el mantenimiento industrial, la gestión por procesos y su integración en la industria láctea. La cual se basó en el uso de operadores booleanos y combinaciones estratégicas de palabras clave tanto en español como en inglés. Las combinaciones incluyeron: "mantenimiento industrial" AND "industria láctea", "gestión de procesos" AND "mejora continua", "TPM" OR "mantenimiento preventivo" AND "eficiencia operativa", entre otras. La investigación presentó ciertas limitaciones, entre las cuales se encuentran la escasa disponibilidad de casos de estudios integrados en el tema de mantenimiento industrial y BPM dentro de las industrias del sector lácteo, principalmente en el contexto latinoamericano. Dado a estas limitaciones se da la necesidad de recurrir a literatura que esté relacionada a industrias alimentarias que pueden ayudar, especialmente afines con alimentos procesados o farmacéuticos. Estas limitaciones subrayan la necesidad de futuros estudios que profundicen en la integración del mantenimiento industrial y BPM específicamente en la industria láctea, especialmente dentro del contexto latinoamericano, para fortalecer el conocimiento y promover prácticas de mejora continua más efectivas y contextualizadas.

3. Resultados

Como resultados de anterior revisión documental realizada se encontró información importante que permitió identificar y clasificar lo que son los diferentes tipos de estrategias de mantenimiento existentes y que son importantes ser aplicadas en la industria láctea, así como también se encontró enfoques metodológicos y tecnológicos relacionados con el Business Process Management (BPM) que están orientados a la mejora continua. Los resultados identificados se agrupan en tres ejes temáticos principales:

1. Estrategias de mantenimiento industrial.
2. Aplicaciones de BPM en entornos productivos.
3. Sinergia entre mantenimiento y BPM en la industria láctea.

1. Estrategias de mantenimiento en la industria láctea

En esta sección es importante recordar que la industria láctea, es la industria que tiene una alta exigencia en condiciones sanitarias y una alta automatización, este sector ha adoptado de manera progresiva estrategias de mantenimiento más avanzados para así poder garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones. Entre las estrategias que se identificaron se incluyen:

- Mantenimiento preventivo: Es aun la estrategia predominante dentro de este sector, especialmente en plantas medianas, debido a por su simplicidad y capacidad de reducir paradas imprevistas, este mantenimiento se realiza de forma periódica, reemplazando piezas, utensilios o comprobando parámetros para evitar desperfectos durante el funcionamiento de los equipos o deterioro de la estructura. Sin embargo, su aplicación frecuentemente puede estar limitada por falta de conocimientos, poca capacitación del personal en esta área o sistematización y monitoreo de los indicadores clave como la medida del tiempo promedio entre fallas consecutivas de un sistema o componente reparable MTBF (Mean Time Between Failures).
- Mantenimiento predictivo: Es una técnica que utiliza herramientas, con una adopción creciente permite identificar anomalías y posibles defectos en equipos y procesos antes de que ocurran fallo. Su objetivo principal es evitar que se presenten paros imprevistos y tiempos muertos, abriendo caminos a maximizar la eficiencia y a reducir el tiempo de producción. Dentro de las industrias se anticipa a fallas mediante tecnologías de monitoreo (vibración, temperatura, ultrasonido). En el sector lácteo es común que en sus sistemas productivos se presenten procesos que son críticos como lo son pasteurización, envasado y refrigeración, la implementación adecuando de este mantenimiento es esencial para estos procesos.
- TPM (Total Productive Maintenance): Es una estrategia emergente, la implementación de un programa de TPM crea una responsabilidad compartida para el equipo que fomenta una mayor participación de los trabajadores de la planta. El TPM enfatiza el mantenimiento proactivo y preventivo para maximizar la eficiencia operativa de los equipos. En el entorno adecuado, esto puede ser muy eficaz para mejorar la productividad (aumentando el tiempo de actividad, reduciendo los tiempos muertos y eliminando defectos) promoviendo una cultura de mantenimiento autónomo.
- RCM (Reliability-Centered Maintenance): Este tipo de mantenimiento esta aplicado principalmente a grandes plantas exportadoras. El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es un proceso en el que las organizaciones identifican los activos físicos (por ejemplo, máquinas o herramientas) necesarios para producir sus productos y crear una estrategia integral para mantenerlos en línea y operando a un nivel óptimo. Enfocándose en el nivel crítico que tienen los equipos y este promueve la confiabilidad a través de su análisis enfocado en la identificación de riesgos y trazabilidad.

Tabla I. Cuadro comparativo de estrategias de mantenimiento

Estrategia	Ventajas	Limitaciones
Mantenimiento Preventivo	Disminuye fallas inesperadas, mayor control del estatus de los equipos, bajo costo inicial	Requiere cronogramas, poco flexible
Mantenimiento Predictivo	Anticipa fallas, mayor confiabilidad, ahorro en costos de repuestos, menores costos de mantenimiento	Requiere una alta inversión inicial, requiere de personal calificado, necesita sensores y análisis de datos
TPM	Empodera al personal, mejora OEE, mayor eficiencia, concentración en otras tareas	Requiere cambio cultural y capacitación, resistencia al cambio, implementación abrumadora
RCM	Alta trazabilidad, enfoque en riesgo, maquinas más duraderas, mayor eficiencia	Alto costo de implementación, elección del enfoque

2. Aplicaciones de BPM en entornos productivos.

El BPM, aunque es un enfoque que ha sido usado ampliamente en sectores como la manufactura y la parte de servicios, la implementación apropiada en la industria del sector lácteo es una de las más recientes y esta de manera gradual.

La aplicación estratégica del BPM en la industria láctea ha permitido una entrada directa y clara a avances tecnológicos, la digitalización, control de procesos y cumplimiento normativo, siendo esto una introducción de gran calibre a una mayor competitividad en los desafíos presentes en el sector. Sin embargo, su implementación no es del todo bien utilizada, particularmente dentro de las MiPyMes, ya que requieren de apoyo institucional, formación en el campo de manera especializada y una transición progresiva hacia la gestión de procesos (Business Process Management BPM). El BPM en esta industria del sector lácteo ha comenzado a consolidarse como una de las estrategias alcanzable y factible para la mejora continua, la mejora en la eficiencia operativa, en mantener la trazabilidad y permite el cumplimiento de la normativa vigente.

- Estandarización y trazabilidad de procesos operativos: El uso de herramientas como BPMN (Business Process Model and Notation), ya que este modelo les permitirá a las empresas encontrar un camino para mantener y si es el caso mejorar la capacidad de entender y comprender de manera clara y estructurada los procesos críticos de producción que se les pueden estar presentando, la calidad y mantenimiento en una notación gráfica, este modelo les dará a las organizaciones la capacidad de comunicar estos procedimientos de manera estandarizada. De manera que esto les ha facilitado ajustar las características en el producto, la documentación formal y la trazabilidad a lo largo de las fases del flujo operativo. Esta Implementación da paso a mejoras significativas para la identificación de cuellos de botella, evitar tareas innecesarias, favorece a la aplicación de auditorías internas y externas y promueve oportunidades

de mejora en tiempo real.

- Automatización y digitalización con CMMS: Se evidenció que en diferentes industrias ya han implementado el BPM por medio de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS), la digitalización con el Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado, ofrece múltiples beneficios, tales como: ahorro de costos, cumplimiento de reglamentación, mejora en la toma de decisiones, eficiencia operativa y la adopción de un mantenimiento preventivo. Reduciendo de tal manera la carga administrativa y mejorando en manera significativa el tiempo de respuesta.
- Fortalecimiento de la mejora continua: La aplicación del ciclo de vida del BPM induce a la mejora continua, permitiendo ajustes constantes sobre los procesos de producción y de ajuste. Tiene la capacidad de retroalimentar de manera útil en especial en las líneas más sensibles presentes en la industria, como son en este caso la pasteurización, esterilización y empaquetado, ya que aquí los tiempos de parada afectan directamente a la calidad e inocuidad del producto final.
- Alineación con estándares internacionales: Se evidencio que la implementación efectiva del BPM en las industrias permite positivamente el cumplimiento de normas regulatorias obligatorias como son ISO 9001:2015, HACCP y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). La gestión por procesos impulsa a la reducción de costos, ayudando a identificar y eliminar ineficiencias, mayor productividad y agilidad, ya que facilita la adaptación a nuevos requerimientos, mejora en la retención de clientes, debido a que esta permite optimizar la experiencia del cliente, estandarización de procesos, asegura consistencia en la calidad del servicio, colaboración entre departamentos, por esta razón fomenta el trabajo en equipo y la comunicación.

El completar la revisión de dichos documentos permitió reconocer resultados significativos entre los cuales se tiene en cuenta que a pesar de todos los beneficios que se pueden brindar si se implementa el Business Process Management (BPM), también se encontró que aún hay limitaciones en la industria láctea, principalmente en las micro y medianas empresas (MiPyMes), ya que son de las empresas que aún tienen algunas barreras por falta de conocimiento del tema y del funcionamiento de las herramientas, falta de formación en el uso de estas estrategias y enfoques y también por tener sus recursos limitados, lo que hace que la adopción integral no sea efectiva en su totalidad. Pero no quiere decir que se va a dejar del todo la oportunidad de adoptar de manera progresiva la sinergia entre mantenimiento y Business Process Management (BPM) en la industria láctea ya que las barreras se pueden tumbar si se lleva a cabo a partir de informarse y formarse en el campo.

Es importante también aclarar y resaltar que la sinergia entre mantenimiento y Business Process Management (BPM) es eficiente por diferentes aspectos que resultan ser base sólida entre las cuales se traducen en mejoras operativas, estratégicas y de calidad para la industria láctea (y otras industrias alimentarias en general), entre los aspectos están los siguientes:

- Optimización de procesos: El BPM permite modelar, analizar y mejorar continuamente los procesos. Pero cuando se aplica mantenimiento de manera correcta y controlada, ayuda a identificar de manera más efectiva los cuellos de botella, tareas

redundantes o innecesarias y plantea flujos de trabajo más agiles y efectivo, lo que permite que se reduzcan significativamente la reducción de tiempos muertos y que los recursos utilizados se pierdan menos.

- Mayor control y trazabilidad: Esto se da gracias a que se implementa la digitalización y estandarización de tareas de mantenimiento mediante el BPM permitiendo que el control sea más riguroso sobre lo que se hace, cuando y como se hace. Haciendo el seguimiento en tiempo real, lo que da paso al aumento en la confiabilidad del sistema y que las auditorias sean más precisas.
- Mejora en la toma de decisiones: Se resalta que el uso de indicadores clave como son el OEE, MTBF, MTTR, ya que son los indicadores que miden la eficiencia de la operatividad, tiempo promedio entre fallas y el tiempo medio de reparación para optimizar procesos industriales. Dentro del enfoque Business Process Management (BPM) la participación de estos proporciona datos de manera precisa y en tiempo real. Siendo un avance para la toma de decisiones, anticipar fallos y optimizar la eficiencia en los equipos y su disponibilidad.
- Reducción de costos y tiempos de inactividad: La identificación temprana de fallos es importante ya que menos fallos equivale a menos costos operativos en la industria. La automatización de mantenimiento dentro de los procesos, como órdenes de trabajo, alertas tempranas de fallos o la programación de manera preventiva, reduce significativamente el tiempo que se puede demorar en respuestas y en los paros inesperados.

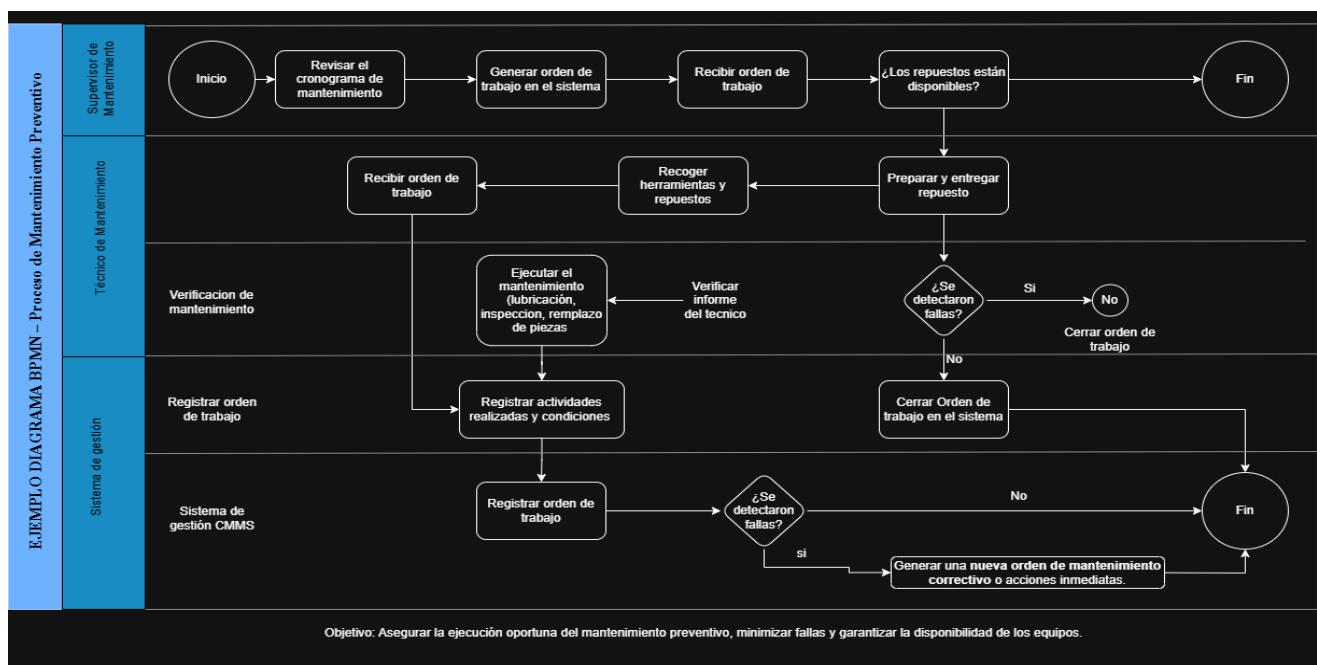


Figura 1. Ejemplo Diagrama BPMN – Proceso de Mantenimiento Preventivo
Creación propia a base de <https://diagramaweb.com/bpmn/>

Conclusiones

Es importante resaltar que esto se logró gracias a la revisión documental ya que esto permitió reconocer que la integración entre las estrategias de mantenimiento industrial y la Gestión por Procesos (Business Process Management - BPM) se destacan como una herramienta de gran aporte para fortalecer significativamente la mejora continua, mantener la sostenibilidad y aumentar la eficiencia operativa para el sector lácteo. La implementación de esta integración se llega a convertir en una base sólida y de gran impacto para lograr el cumplimiento de los objetivos que se plantean dentro de las empresas para conseguir la mejora continua, manejo de los procesos críticos de manera más accesible y el cumplimiento de las normas sanitarias para mantener la calidad y condiciones que se requieren en este entorno para mantener en alto los niveles de confiabilidad de los clientes en cuanto a el producto que se quiere entregar.

Así mismo, la implementación del BPM permite la alineación entre los objetivos estratégicos y las operaciones cotidianas, junto a este enfoque es una gran idea de desarrollo y crecimiento en las empresas complementar con la realización de mantenimiento preventivo y predictivo son uno de los pilares con mayor importancia en las plantas de producción láctea, permitiendo que se puedan evitar costos extras dentro de las plantas por imprevistos o actividades redundantes. Esta integración cobra mayor valor dentro de las micro y medianas empresas (MiPyMES) en Latinoamérica, ya que da paso a una transformación operativa, reducción de perdidas en sus procesos y a abriendo la mente a oportunidades con accesos a estándares internacionales.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. J. M. BARAJAS, Impacto y beneficios de la implementación de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en la industria láctea., Bogotá: Fundación Universidad de América, 2021.
- [2] Instituto Nicaragüense de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (INPYME), Manual de Procesamiento para la Industria Láctea, INPYME.
- [3] J. E. O. P. J. A. R. P. A. C. A. C. L. A. Vasquez Caceres, Gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos en diferentes sectores agroindustriales: Revisión sistemática, vol. 8, Revista Alfa, 2024, p. 559–575.
- [4] R. W. F. H. M. F. Lamprecht, Reinforcement Learning based Condition-oriented Maintenance Scheduling for Flow Line Systems, arXiv, 2021.
- [5] M. C. Vásquez Rodríguez, Desarrollo de un Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para la microempresa H-Vida, ubicada en la parroquia Pilaló del cantón Pujilí, Ambato: Trabajo académico, Universidad Técnica de Ambato., 2024.
- [6] J. B.-T. M. M.-P. L. O.-H. C. G.-P. M. Ortiz-Fernandez, Gestión por procesos en las empresas. Una revisión sistémica, vol. 4, Gestionar Revista de Empresa y Gobierno., 2024, p. 7–22.
- [7] A. G. R. C. R. H. A. F. S. Sánchez, Factores críticos de éxito para la implementación de Business

Process Management (BPM): estudio de caso para la cadena de suministro de una empresa del sector florícola, vol. 25, Revista de Investigación y Desarrollo, 2018, p. 96–110.

[8] D. S. S. I. Cordero Guzman, Marco de trabajo para Gestión de Procesos de Negocio (BPM). Caso de una empresa de servicios, vol. 7, Revista Científica Y Tecnológica UPSE., 2020, pp. 43-53.

[9] A. P. K. A. S. K. A. N. N. S. S. J. P. P. Kane, Predictive Maintenance using Machine Learning, arXiv, 2022.

[10] S. P. b. Leansis, La importancia del Lean Manufacturing en la industria láctea, Leansis Productividad., 2023.

[11] I. D. M. L. R. M. M. F. T. I. Verenich, Survey and cross-benchmark comparison of remaining time prediction methods in business process monitoring, arXiv, 2018.

[12] M. L. A. Szelągowski, Business Process Management Systems: Evolution and Development Trends, vol. 31, Informatica, 2020, pp. 579-595.

[13] T. R. Y. Z. X. W. Y. Zhu, A Survey of Predictive Maintenance: Systems, Purposes and Approaches, arXiv, 2019.

[14] L. Consulting, Multinational Dairy Co-operative BPM Case Study, Leonardo Consulting, s.f.

[15] J. F. Gómez, Diseño de un modelo de evaluación de procesos clave de negocio para la implementación de BPM (Business Process Management) en las Mipymes colombianas, Repositorio Universidad Militar Nueva Granada, 2019.

[16] Y. E. Z. C. I. C. P. C. R. L. J. R. A. Cruz, Adopción de tecnologías de gestión de procesos de negocio: una revisión sistemática, vol. 28, Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 2020, p. 41–55.

[17] C. Alimentarius, General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969, FAO/WHO, s.f.

[18] I. C. América, Mantenimiento y Mejora continua del Sistema HACCP y BPM, ICA Consultores América, s.f.

[19] T. Caribe, Beneficios de la capacitación continua en la industria láctea, Tauber Caribe., s.f.

[20] M. & J. M. Barajas, Impacto y beneficios de la implementación de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en la industria láctea, Fundación Universidad de América, 2021.

[21] C. R. Buenaño Moreira, Propuesta para la aplicación del sistema de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la microempresa “Productos Lácteos El Belén”, Universidad Politécnica Salesiana., 2024.

[22] A. & F. J. Jiménez, El BPMN como herramienta para la optimización de los procesos en entidades del sector público, Universidad Militar Nueva Granada., 2019.

[23] M. S. Moore Peña, Uso de agua electrolizada como nueva tecnología para optimizar los procesos de limpieza y desinfección, permitiendo asegurar la calidad e inocuidad de equipos en la industria láctea, Fundación Universidad de América, 2024.

[24] C. J. Medina-Barahona, G.A. Mora, C. Cavache-Pabón, J. A. Salazar-Castro, H. A. Mora-Paz, & D. Mayorca-Torres, "Propuesta de arquitectura IOT orientada a la creación de prototipos para su aplicación en plataformas educativas y de investigación". Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, No. 39, pp. 118–125, 2022.

[25] M. B. Morejón, F. G. Reina, J. J. C. Eras, & V. S. Santos, "Caracterización energética del funcionamiento de un equipo de aire acondicionado en un local dado". Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA),2(32), 86-91, 2018.