



Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento mediante principios de Lean Manufacturing y Business Intelligence para la empresa Arepas Irma.

Nombre de los estudiantes

Mónica García Bolívar - 100367377

Angie Marcela Roa Parra - 100292015

Nombre del tutor o tutores

WILSON BONILLA PABÓN

MAXIMILIANO DOMINGUEZ NARVAEZ

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Ingeniería Industrial

Bogotá D.C.,

Colombia

2026

Tabla de contenido

RESUMEN DEL PROYECTO	5
1. TÍTULO DE LA PROPUESTA:.....	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	7
3. OBJETIVOS	9
4. JUSTIFICACIÓN:	10
5. MARCO TEÓRICO	11
6. METODOLOGÍA	23
7. DESARROLLO	29
7.1. Identificar procesos, equipos e información para la gestión de mantenimiento en la empresa	29
7.1.1. Diagnóstico del proceso actual.....	29
7.1.2. Inventario equipos críticos.....	32
7.1.3. Mapa de necesidades de información.....	35
7.1.4. Listado preliminar de KPIs	38
7.2. Caracterización del proceso de mantenimiento a través de Lean Manufacturing ..	43
7.2.1. Mapa del proceso actual.....	43
7.2.2. Matriz de desperdicios	48
7.2.3. Hallazgos Lean Manufacturing y oportunidades de mejora.....	51
7.3. Diseño del proceso optimizado.....	56
7.3.1. Caracterización del proceso propuesto.....	56
7.3.2. Procedimiento de mantenimiento optimizado.....	58
7.3.3. Batería de KPIs priorizados	60
7.4. Propuesta de Modelo BI	63
7.5. Plan de implementación	63
8. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES	66
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen metodología	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Fases metodologicas del proyecto.....	26
Tabla 3. Matriz de inventario de equipos críticos	32
Tabla 4. Mapa de necesidades de información	36
Tabla 5. Listado Preliminar KPIs propuestos	39
Tabla 6. Tiempos durante el mantenimiento reactivo.....	45
Tabla 7. Registro de tiempos durante un mantenimiento.....	47
Tabla 8. Matriz de desperdicios Lean.....	49
Tabla 9. Hallazgos Lean	53
Tabla 10. Priorización de oportunidades de mejora	54
Tabla 11. Procedimiento de mantenimiento optimizado	58
Tabla 12. Actividades preventivas estandarizadas.....	59
Tabla 13. Bateria de KPIs.....	60
Tabla 14. Plan de implementación modelo BI	64

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso Productivo Arepas Irma	29
Ilustración 2. Proceso de atención a fallas.....	30
Ilustración 3. Mapa de flujo del mantenimiento correctivo	44
Ilustración 4. Composición estimada del tiempo por parada por evento.....	48
Ilustración 5. Pareto de desperdicios del proceso de mantenimiento	51
Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa para fallas repetitivas.....	52
Ilustración 7. Matriz impacto-facilidad de oportundiades Lean	55
Ilustración 8. Flujograma propuesto	56
Ilustración 9. Ruta de recomendaciones.....	67

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como propósito diseñar una propuesta de mejora enfocada en el proceso de mantenimiento para la microempresa productora de Arepas Irma, mediante la aplicación de principios de Lean Manufacturing y el apoyo de una herramienta de Business Intelligence desarrollada a través de Excel. A través del desarrollo del proyecto, se realizaron distintos análisis, el primero correspondiendo al diagnóstico de la situación actual, donde se llega a la conclusión de que la gestión del proceso predomina de manera reactiva, donde se realizan registros manuales y dispersos y no se cuentan con un control de mantenimientos preventivos, además de una dependencia de técnicos externos y una falta de gestión y control de indicadores para llevar el registro del desempeño de los equipos críticos.

Como equipos críticos se identificó; el horno industrial, los sistemas de refrigeración y los equipos auxiliares, para ello se caracterizó el flujo actual de mantenimiento mediante herramientas Lean, incluyendo un diagrama de flujo, una matriz de desperdicios, análisis de Pareto, diagrama de Ishikawa, y una matriz de priorización de oportunidades, a través de lo cual se identificó los altos tiempos de espera, las fallas repetitivas, los movimientos innecesarios y la falta de seguimiento y trazabilidad de las fallas presentadas.

En base a estos resultados se diseña y se propone un proceso de mantenimiento optimizado, el cual se enfoca e incorpora; inspecciones diarias, clasificación de criticidad, mantenimientos preventivos, puntos de control, cierre documental y seguimiento a la información mediante indicadores como; disponibilidad, MTTR, MTBF, cumplimientos preventivos, tiempos de respuestas, costos y fallas por equipo. Donde recopilando todo esto se diseña una herramienta de Business intelligence en Excel con base de datos, cálculos automatizados y un Dashboard de visualización.

Palabras Clave:

Gestión del Mantenimiento; Lean Manufacturing; Business Intelligence; Disponibilidad Operativa; Mantenimiento Preventivo.

ABSTRACT

The purpose of this project is to design an improvement proposal focused on the maintenance process for the Arepas Irma arepa producing micro-enterprise, through the application of Lean Manufacturing principles and the support of a Business Intelligence tool developed through Excel. Through the development of the project, different analyses were carried out, the first corresponding to the diagnosis of the current situation, where it is concluded that the management of the process predominates in a reactive way, where manual and dispersed records are made and there is no control of preventive maintenance, in addition to a dependence on external technicians and a lack of management and control of indicators to keep track of the performance of critical equipment. The following were identified as critical equipment; the industrial furnace, refrigeration systems, and auxiliary equipment, for this purpose, the current maintenance flow was characterized using Lean tools, including a flow chart, a waste matrix, Pareto analysis, Ishikawa diagram, and an opportunity prioritization matrix, through which high waiting times were identified, repetitive failures, unnecessary movements and the lack of monitoring and traceability of the failures presented. Based on these results, an optimized maintenance process is designed and proposed, which is focused and incorporated; daily inspections, criticality classification, preventive maintenance, control points, document closure and monitoring of information through indicators such as; availability, MTTR, MTBF, preventive compliance, response times, costs and failures by equipment. Where, compiling all this, a Business intelligence tool is designed in Excel with a database, automated calculations and a visualization Dashboard.

Keywords:

Maintenance Management; Lean Manufacturing; Business Intelligence; Operational Availability; Preventive Maintenance.

1. TÍTULO DE LA PROPUESTA:

Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento mediante principios de Lean Manufacturing y Business Intelligence para la empresa Arepas Irma.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Las Arepas de Irma es una microempresa que ofrece tanto un servicio (la venta de arepas rellenas) como un producto (la elaboración de arepas rellenas) a los habitantes de Medellín. Como señala Urrutia Guardia (2023), este negocio surgió de la experiencia personal de su fundadora tras su llegada a Medellín en diciembre de 2015. Posteriormente, se consolidó formalmente en la comunidad como vendedora de productos artesanales, con gran afluencia de residentes y comercios, además de escuelas, y se ha convertido en un elemento permanente y actualizado de la comunidad. Esta trayectoria demuestra que el negocio está estructurado operativamente y se ha posicionado en un entorno empresarial competitivo (Urrutia Guardia, 2023).

Las Arepas de Irma es un negocio que ofrece una amplia variedad de arepas rellenas, bebidas y productos complementarios. Los clientes pueden acceder a estos productos de diversas maneras, ya sea en persona en la tienda o digitalmente a través de servicios de entrega a domicilio. Según Urrutia Guardia (2023), la ubicación geográfica de la tienda facilita el acceso a diversos tipos de consumidores, ampliando así su alcance y reconocimiento en toda la zona. Otra estrategia que ha utilizado para fortalecer su marca es el uso de redes sociales para promocionar sus productos y mantener una relación bidireccional con los clientes, lo que le permitirá consolidarse como un negocio en Medellín y sus alrededores (Las Arepas de Irma, 2026).

Doña Irma tiene una capacidad de producción de aproximadamente 500 arepas diarias, generando unos ingresos por ventas de \$3.000.000 de pesos diarios.

Los equipos con los que trabaja la empresa y que son necesarios para la producción y conservación de arepas: hornos industriales, refrigeradores, licuadoras, etc. La capacidad de producción de la microempresa depende de lo siguiente: el correcto funcionamiento de los equipos (las fallas afectan directamente la capacidad de producción), el mantenimiento de las materias primas perecederas y el cumplimiento oportuno de los pedidos.

El líder operativo del sistema de mantenimiento en la empresa reporta que durante los últimos 6 meses han presentado fallas en los sistemas de refrigeración (dos veces) y se tiene un registro de que el horno industrial no alcanzó la temperatura óptima en cuatro ocasiones, afectando directamente la calidad y producción de las arepas, obligando a la empresa a detener su producción.

Validando esta información y según lo comunicado por el proceso de mantenimiento, la empresa gestiona estas adversidades de manera reactiva y manual. De igual manera se evidencia que no existe un método consistente, seguro y digital para registrar las fallas de los equipos que permita llevar un control preventivo sobre los mantenimientos de las máquinas/equipos (actualmente los registros se llevan en cuadernos o hojas de cálculo aisladas), ni una base de datos centralizada, ni un mantenimiento preventivo programado, ni una medición sistemática de los indicadores clave de rendimiento. Esto dificulta que la gerencia tome decisiones acertadas basadas en información precisa. Esto no sólo afecta, sino que también limita la capacidad para identificar patrones de desgaste, identificar fallas en los equipos y mantener organizado y priorizado el trabajo para aquellos equipos o activos que son más críticos durante el desarrollo productivo.

Cuando una empresa no monitorea ninguno de estos indicadores, pierde todo el control sobre sus operaciones y depende completamente de la respuesta a fallas, lo que en última instancia contribuye a tiempos de inactividad mayores de lo normal, medidas correctivas más costosas y pérdida de producción (Fractal, 2026). Para empresas como Las Arepas De Irma, la ausencia de monitoreo técnico resulta en paradas no planificadas debido a la pérdida de productos perecederos e interrupciones en el servicio al cliente, lo que afecta negativamente la eficiencia operativa de estas microempresas.

Además, el mantenimiento preventivo consiste en procesos de trabajo planificados previamente, diseñados para prevenir fallas antes de que ocurran, mantener la continuidad operativa y prolongar la vida útil de los equipos (IBM, 2021); sin embargo, no existe una estructura oficial para ello dentro de la empresa. El mantenimiento aún depende en gran medida de documentación informal y respuestas a problemas ya ocurridos, lo que indica

que la falta de procesos formales para recopilar y analizar datos de mantenimiento se debe más a la ausencia de un sistema que organice, consolide, analice y represente visualmente dicha información para futuras mejoras que a la existencia de daños físicos. Por lo tanto, el reto de Las Arepas de Irma es desarrollar una propuesta para fortalecer la organización de su sistema de mantenimiento mediante la creación de su estructura de información, el monitoreo de sus KPI y el apoyo a una mejor toma de decisiones. El problema de investigación también incluye la necesidad de un mecanismo analítico que permita comprender, evitar y gestionar mejor los problemas asociados con las fallas de los equipos dentro de la microempresa (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010; Proyecto Preliminar, 2026). Así pues, desde el punto de vista de una solución basada en inteligencia empresarial (soluciones BI), estas soluciones son relevantes porque pueden utilizarse como herramientas para recopilar, integrar y convertir datos operativos en información útil para la gestión dentro de una organización. (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010).

Pregunta problema

¿La implementación de un proceso de mantenimiento basado en principios Lean y con apoyo de Business Intelligence podría mejorar el proceso de mantenimiento en arepas Irma?

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Generar una propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento basado en Lean Manufacturing con apoyo de Business Intelligence (BI) para la microempresa Las Arepas de Irma.

Objetivos específicos

1. Identificar los procesos, equipos y necesidades de información relacionados con la gestión de mantenimiento en la microempresa.

2. Caracterizar el proceso de mantenimiento actual de la empresa y evaluarlo frente a principios de Lean Manufacturing para identificar oportunidades de mejora.
3. Diseñar y presentar un metodo optimizado de mantenimientos a través indicadores clave de desempeño más relevantes para su correcta operación
4. Diseñar una propuesta de Business Intelligence que permita organizar, consolidar y visualizar los datos de mantenimiento mediante indicadores, reportes y tableros de control orientados a la toma de decisiones.
5. Elaborar la propuesta de implementación del proceso mejorado de manera que la microempresa pueda prevenir fallas, optimizar recursos y mejorar la disponibilidad de sus equipos

4. JUSTIFICACIÓN:

Existe una gran variedad de microempresas relacionados con la alimentación que dependen de sus equipos para operar a diario, como Las Arepas de Irma. Si algún componente de sus equipos (como un horno, un refrigerador o una máquina de preparación de alimentos) deja de funcionar correctamente o se avería, esto afectaría de inmediato su capacidad para producir alimentos, brindar un servicio de calidad a los clientes y cumplir con sus pedidos. Por eso, utilizar una herramienta para medir y monitorear los indicadores clave de rendimiento relacionados con el mantenimiento les brindará a estos propietarios las herramientas necesarias para mejorar sus controles operativos y disminuir la probabilidad de experimentar períodos de inactividad imprevistos. (Ibro, 2024; Dordal, 2025).

La importancia de la ejecución de este proyecto está orientada a que las empresas actualmente gestionen sus actividades de mantenimiento de manera reactiva manual y sin seguimiento lo cual afecta su crecimiento técnico operativo interno que no les permite ser lo suficientemente competitivos y crecer frente a la competencia. Es por eso que una propuesta de un modelo inteligencia de negocio BI a través de una herramienta

automatizada le puede permitir a la empresa estructurar una organización mucho más eficiente y eficaz que le permitan no solo llevar el registro de la información, sino también controlarla monitorearla y hacer seguimiento continuo de ventajas y desventajas que se puedan presentar durante el sistema productivo, lo cual implica la identificación temprana de fallas la atención oportuna de las fallas de esos equipos y finalmente el levantamiento operacional de manera continua e identificando la lección es aprendidas.

Si bien el proyecto no contempla su implementación, proporciona una base sólida y práctica para que la empresa vaya paulatinamente adaptando esta herramienta y este modelo en sus procesos de tal manera que vayan familiarizando procesos de calidad dentro de la cultura organizacional y fortalecer la mejora continua. (Teknisa, 2026).

5. MARCO TEÓRICO

a. Teorías

Lean Manufacturing

Es una filosofía de gestión orientada a maximizar el valor para el cliente mediante la eliminación de actividades que no agregan valor dentro de los procesos organizacionales (Machine Metrics, 2016). Este enfoque identifica desperdicios como esperas, movimientos innecesarios, sobre procesos, inventarios excesivos, defectos y subutilización del talento, los cuales afectan la eficiencia y el desempeño operativo de las empresas (Machine Metrics, 2016). Aunque su origen está asociado a la manufactura, sus principios también pueden aplicarse a procesos de soporte como mantenimiento, ya que permiten estandarizar actividades, reducir pérdidas operativas y fortalecer la mejora continua (RAST Journal, 2025).

La primera persona en integrar realmente todo un proceso de producción fue Henry Ford. En Highland Park, MI, en 1913 combinó piezas consistentemente intercambiables con trabajo estándar y transporte móvil para crear lo que llamó producción en flujo. El público comprendió esto en la forma dramática de la línea de ensamblaje en movimiento, pero desde el punto de vista del ingeniero de manufactura, los avances realmente fueron

mucho más lejos. Ford alineó los pasos de fabricación en secuencia de proceso siempre que fue posible, usando máquinas especiales y medidores de uso/no uso para fabricar y ensamblar los componentes que entran al vehículo en pocos minutos, y entregar componentes perfectamente ajustados directamente al lado de la línea. Esto fue una ruptura verdaderamente revolucionaria con las prácticas de taller del Sistema Americano, que consistían en máquinas de uso general agrupadas por proceso, que producían piezas que eventualmente llegaban a los productos terminados después de varios ajustes (ajustes) en sub-ensamblaje y ensamblaje final. El problema con el sistema de Ford no era el flujo: podía entregar los inventarios de toda la empresa cada poco día. Más bien, era su incapacidad para ofrecer variedad. El Model T no se limitó solo a un color. También estaba limitado a una especificación, de modo que todos los chasis Modelo T eran esencialmente idénticos hasta el final de la producción en 1926. (El cliente sí podía elegir entre cuatro o cinco estilos de carrocería, una característica adicional de proveedores externos añadida al final de la línea de producción.) De hecho, parece que prácticamente todas las máquinas de la Ford Motor Company funcionaban con un solo número de pieza, y prácticamente no hubo cambios. Cuando el mundo quería variedad, incluyendo ciclos modelo más cortos que los 19 años del Modelo T, Ford parecía perderse. Otros fabricantes respondieron a la necesidad de muchos modelos, cada uno con muchas opciones, pero con sistemas de producción cuyos pasos de diseño y fabricación retrocedían hacia áreas de proceso con tiempos de procesamiento mucho más largos.

Con el tiempo, poblaron sus talleres de fabricación con máquinas cada vez más grandes que funcionaban cada vez más rápido, aparentemente reduciendo los costos por paso del proceso, pero aumentando continuamente los tiempos de procesamiento e inventarios, excepto en casos raros —como líneas de maquinado de motores— donde todos los pasos del proceso podían estar conectados y automatizados. Peor aún, los retrasos entre los pasos del proceso y los enrutamientos complejos de piezas requirieron sistemas de gestión de información cada vez más sofisticados, culminando en sistemas computarizados de Planificación de Requisitos de Materiales (MRP). Mientras Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y otros en Toyota analizaban esta situación en los años 30, y de manera más intensa justo después de la Segunda Guerra Mundial, se les ocurrió que una serie de innovaciones simples podría hacer más posible proporcionar continuidad en el flujo de procesos y una

amplia variedad en la oferta de productos. Por lo tanto, retomaron el pensamiento original de Ford e inventaron el Sistema de Producción Toyota. Este sistema, en esencia, desplazó el enfoque del ingeniero de manufactura de las máquinas individuales y su utilización, hacia el flujo del producto a lo largo de todo el proceso. Toyota concluyó que ajustando el tamaño correcto de las máquinas para el volumen real.

Ciclo de la Mejora Continua PHVA

El Ciclo PHVA es un proceso sistemático para adquirir aprendizaje y conocimiento valiosos para la mejora continua de un producto, proceso o servicio. También conocido como Ciclo Deming, este modelo integrado de mejora del aprendizaje fue presentado por primera vez al Dr. Deming por su mentor, Walter Shewhart, de los famosos Bell Laboratories en Nueva York. El ciclo comienza con el paso del Plan, que incluye establecer una meta o propósito, desarrollar una teoría, definir métricas de éxito y planear la acción. A esto le sigue el hacer, en el que se llevan a cabo los componentes del plan, como la fabricación de un producto. Luego se realiza el paso de verificar, en el que se evalúan los resultados para determinar el grado en que el plan ha tenido éxito en proporcionar señales de progreso y éxito o problemas y áreas de mejora. El ciclo se completa con el paso actuar, que incluye implementar el aprendizaje que ha surgido de todo el proceso; Esto puede usarse para cambiar la meta, modificar métodos, reformar completamente una teoría o ampliar el ciclo de aprendizaje y mejora de un experimento a pequeña escala a un Plan de Implementación más amplio. Estos cuatro pasos pueden repetirse una y otra vez como parte de un ciclo eterno de aprendizaje y mejora continua.

El método PHVA se origina en la industria y en la articulación de procesos iterativos por Walter Shewhart y Edward Deming, que eventualmente se conocieron como las cuatro etapas de PHVA. La terminología PDCA (plan–do–check–act) se desarrolló tras las primeras enseñanzas de Deming en Japón. Los términos PHVA y PDCA a menudo se usan indistintamente en referencia al método. Esta distinción rara vez se menciona en la literatura y para los fines de este artículo, consideramos PHVA y PDCA, pero en general nos referimos a las metodologías como ciclos PHVA, a menos que se indique lo contrario. Los usuarios del método PHVA siguen un enfoque de aprendizaje cíclico prescrito en cuatro etapas para adaptar los cambios orientados a la mejora. En la etapa de plan se

identifica un cambio orientado a la mejora, la etapa de hacer prueba este cambio, la etapa de estudio examina el éxito del cambio y la etapa de actuar identifica adaptaciones y siguientes pasos para informar un nuevo ciclo. El ciclo PHVA presenta un método científico pragmático para probar cambios en sistemas complejos. (Taylor et al., 2014)

Las cuatro etapas reflejan el método experimental científico de formular una hipótesis, recolectar datos para probar esta hipótesis, analizar e interpretar los resultados y hacer inferencias para iterar la hipótesis. Los principios pragmáticos de los ciclos PHVA promueven el uso de un enfoque iterativo a pequeña escala para probar intervenciones, ya que esto permite una evaluación rápida y brinda flexibilidad para adaptar el cambio según la retroalimentación y asegurar que se desarrollen soluciones adecuadas para su propósito. Comenzar con pruebas a pequeña escala brinda a los usuarios libertad para actuar y aprender; minimizar el riesgo para los clientes, la organización y los recursos requeridos, y brindar la oportunidad de construir evidencia para el cambio e involucrar a las partes interesadas a medida que aumenta la confianza en la intervención. De acuerdo con el método experimental científico, el ciclo PHVA promueve la predicción del resultado de una prueba de cambio y la posterior medición a lo largo del tiempo (cuantitativa o cualitativa) para evaluar el impacto de una intervención en el proceso o resultados de interés. Así, el aprendizaje se logra principalmente a través de experimentos intervencionistas diseñados para probar un cambio. En reconocimiento al trabajo en entornos complejos con variabilidad inherente, la medición de datos a lo largo del tiempo ayuda a entender la variación natural en un sistema, aumentar la conciencia sobre otros factores que influyen en procesos o resultados, y comprender el impacto de una intervención. Como con todos los métodos científicos, la documentación de cada etapa del ciclo PHVA es importante para apoyar la calidad científica, el aprendizaje local y la reflexión, y para asegurar que el conocimiento se capture y apoye la memoria organizacional y la transferibilidad del aprendizaje a otros entornos. Esta revisión examina la aplicación de los ciclos PHVA determinada por estas características principales del método PHVA descritas anteriormente. Reconocemos que varios factores contextuales relacionados con la salud y la investigación pueden afectar la aplicación del método, pero estos factores están fuera del alcance de esta revisión. La revisión busca mejorar la comprensión de si el método PHVA se está utilizando y reportando conforme a los criterios

informados por la literatura y, por lo tanto, informar la interpretación de estudios que han utilizado ciclos PHVA para facilitar el desarrollo iterativo de una intervención. (Taylor et al., 2014)

b. Marco conceptual:

Business Intelligence

La inteligencia empresarial (BI), que abarca todas las herramientas y tecnologías relacionadas con la recopilación, integración, análisis y visualización de datos, permite a las organizaciones tomar mejores decisiones basadas en el uso de datos para el apoyo a la toma de decisiones y la presentación de información. En el contexto del mantenimiento, la BI proporciona un medio para transformar registros dispares en datos útiles que pueden utilizarse para identificar patrones de fallas, evaluar resultados de rendimiento y realizar un seguimiento de la utilización de los equipos. La utilidad de la BI radica en su capacidad no solo para mostrar datos, sino también para convertirlos en información útil que optimice la operación y reduzca la incertidumbre en las actividades de gestión diarias.

Dado que la microempresa Las Arepas de Irma solo dispone de registros manuales de información de mantenimiento, es fundamental implementar un sistema de inteligencia empresarial (BI) para digitalizar esta información. Con la implementación de un sistema BI, la empresa podrá consolidar datos históricos sobre fallas de equipos, tiempos de reparación y disponibilidad de equipos, lo que permitirá una comprensión más clara de su nivel de desempeño operativo.

La inteligencia empresarial es la base tecnológica y analítica que permite pasar de un mantenimiento reactivo a una gestión más controlada, medible y orientada a la toma de decisiones.

Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento comprende la planificación, control y ejecución de acciones destinadas a conservar o restaurar el funcionamiento de equipos, activos e instalaciones. Su propósito principal es asegurar disponibilidad, confiabilidad y buen desempeño de los recursos productivos durante su ciclo de vida.

En el caso del proyecto, la microempresa presenta una gestión de mantenimiento manual y reactiva, lo que significa que las intervenciones se realizan cuando el equipo falla y no antes. Esta forma de operar incrementa el riesgo de paradas inesperadas, desperdicio de insumos y mayores costos de operación.

La gestión del mantenimiento es el procedimiento que debe ordenarse y fortalecerse para reducir fallas, mejorar la continuidad operativa y sostener la productividad de la microempresa.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se compone un conjunto de acciones no sólo técnicas operativas sino también administrativas, ya que este tipo de filosofías (si puede llamarse así) se construye a partir de una idea firme desde la alta dirección pasando por todos los trabajadores líderes y operativos donde se busca generar esa cultura de identificación oportuna y temprana de posibles fallas que se puedan presentar.

Es por esa razón que se considera que el mantenimiento preventivo es una herramienta de alto valor para Las Arepas de Irma, ya que tener un control total no sólo operativo productivo sino también preventivo sobre las fallas que puedan presentar sus principales equipos como lo son horno y refrigeradores, es fundamental para garantizar la continuidad del procedimiento productivo y ofrecer un producto general al cliente de alto valor y calidad. Además, un método preventivo puede apoyarse en datos históricos y tendencias para definir con mayor precisión cuándo intervenir cada activo.

El mantenimiento preventivo representa la alternativa más adecuada para pasar de la corrección de daños a la prevención de fallas, especialmente en procesos donde la continuidad operativa es crítica.

Indicadores de desempeño

A través de los indicadores de desempeño o KPIs se permite llevar a cabo la medición, Control y monitoreo de los distintos resultados que se puedan presentar durante

un proceso productivo, los indicadores de desempeño miden desde tiempos productivos servicios que realizan los operarios hasta la capacidad productiva de la empresa.

En el proyecto, los KPIs de mantenimiento son esenciales porque permiten observar si la microempresa está mejorando o no en términos de control de equipos y eficiencia operativa. Sin estos indicadores, la empresa seguiría tomando decisiones empíricas, sin una base objetiva que muestre el comportamiento de los activos y el impacto económico de las fallas. Por tanto, medir es el primer paso para gestionar con criterio técnico.

Los indicadores de desempeño convierten la operación diaria en información útil para controlar, comparar y mejorar el mantenimiento.

Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son métricas específicas que permiten evaluar la efectividad de las actividades de mantenimiento sobre los equipos y el proceso productivo. Entre los más relevantes están el tiempo promedio entre fallas, el tiempo promedio de reparación, la disponibilidad del equipo y el costo total de mantenimiento. Estos indicadores muestran tanto el comportamiento técnico de los activos como el impacto económico de su operación y de sus fallas.

En Las Arepas de Irma, estos indicadores son especialmente pertinentes porque la empresa ya ha identificado problemas como fallas frecuentes, registros dispersos y pérdidas asociadas al tiempo muerto.

c. Estado del arte

La investigación realizada se concentra en investigaciones y desarrollos previos relacionados con la transformación de datos operativos en información útil para la toma de decisiones, así como en la evolución del mantenimiento desde modelos reactivos hacia esquemas preventivos, predictivos y analíticos (Rosado Gómez & Rico Bautista, 2010; IBM, 2021; Revista de Marina, 2025).

Business Intelligence como soporte para la toma de decisiones

La inteligencia empresarial engloba diversas técnicas, sistemas y herramientas que se utilizan para recopilar los datos brutos disponibles en una organización, formatearlos, darles forma y extraer información de ellos cuando sea necesario (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010). Desde esta perspectiva, la inteligencia empresarial es una herramienta que permite a las organizaciones transformar los datos operativos en conocimiento valioso para identificar problemas, analizar oportunidades o mejorar la forma en que llevan a cabo sus operaciones (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010; Scientia et Technica, sin fecha).

Los estudios analizados indican que la inteligencia empresarial (BI) no se limita a las grandes empresas. También puede implementarse en diversos tipos de organizaciones, siempre que exista la necesidad de integrar datos dispersos y brindar asistencia en el análisis de procesos. En el área de producción, la BI se ha asociado con el control de las actividades operativas, la reducción de los tiempos de recuperación de información y la mejora de las estrategias generales para iniciativas de optimización empresarial; por lo tanto, constituye una valiosa herramienta para respaldar propuestas de mejora del mantenimiento (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010).

Considerando la información de antecedentes anterior, se puede concluir que la BI tiene una base metodológica legítima para este proyecto, ya que proporciona una solución alternativa que va más allá del simple almacenamiento de datos; también ayuda a organizar y presentar esos datos visualmente para ayudar en la toma de decisiones con respecto a fallas, disponibilidad y rendimiento de los equipos (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010; Scientia et Technica, s.f.).

Lean Manufacturing aplicado a la mejora del mantenimiento

La literatura reciente evidencia que Lean Manufacturing ha sido utilizado como enfoque de mejora en empresas manufactureras y del sector alimentos para reducir desperdicios, optimizar recursos y elevar la productividad de los procesos (LACCEI, 2024; IntechOpen, 2025).

Una revisión sistemática sobre Lean Manufacturing en la industria alimentaria reporta impactos positivos en eficiencia operativa, reducción de movimientos innecesarios, disminución de tiempos de preparación y mejora del control del proceso cuando se aplican herramientas como 5S, Kaizen y Kanban (LACCEI, 2024).

Estos hallazgos son relevantes para el presente proyecto porque muestran que el enfoque lean también puede generar mejoras en entornos productivos de pequeña escala donde existen pérdidas por desorganización, tiempos de espera y fallas repetitivas.

De manera complementaria, los estudios recientes sobre estrategias de mantenimiento en manufactura inteligente señalan que la integración de Lean Maintenance, mantenimiento preventivo, TPM y herramientas digitales produce mejores resultados en disponibilidad de activos, reducción de paradas no programadas y toma de decisiones basada en datos (RAST Journal, 2025).

Esta línea de investigación muestra que el mantenimiento ya no se entiende únicamente como reparación de fallas, sino como un proceso que debe eliminar desperdicios, estandarizar rutinas y apoyarse en información confiable para sostener la continuidad operativa (RAST Journal, 2025).

Además, en empresas del sector alimentos se han documentado mejoras en la respuesta de mantenimiento y en la confiabilidad de los equipos cuando se aplican enfoques lean al manejo de repuestos, la priorización de componentes críticos y la organización visual de la información técnica (SCILTP, 2026).

Evolución del mantenimiento hacia enfoques analíticos

El desarrollo del mantenimiento ha evolucionado desde métodos correctivos hasta modelos preventivos, predictivos e incluso prescriptivos. El mantenimiento preventivo comprende actividades programadas regularmente con el objetivo de reducir la incidencia de anomalías o eventos imprevistos antes de que se produzca una falla en el equipo, lo que reduce el tiempo de inactividad no planificado y protege la continuidad operativa (IBM, 2021).

Existen numerosos estudios y artículos recientes que demuestran cómo el mantenimiento moderno de instalaciones basado en datos utiliza la recopilación y validación de datos, el análisis de criticidad de los sistemas de componentes de las instalaciones y la disponibilidad de software de Business Intelligence (BI) que emplea representaciones gráficas del estado de los activos físicos como herramientas clave para determinar si se debe o no realizar el mantenimiento de las instalaciones. En su edición de 2025 de la revista de marina, citan que "la información recopilada durante el

mantenimiento de los activos físicos puede servir de base para establecer indicadores y alertas que mejoren la puntualidad en la toma de decisiones y optimicen el rendimiento de los equipos".

Este fundamento teórico demuestra que la mejora de la gestión de activos no solo se relaciona con la reparación de los orígenes de la infraestructura, sino también con el desarrollo de información técnica sobre la misma para reducir las fallas y proporcionar análisis. El concepto de desarrollar un procedimiento centrado en el uso de BI para el monitoreo de KPI coincide con la tendencia actual del desarrollo del mantenimiento en toda la industria y es particularmente fuerte entre las empresas que utilizan únicamente registros manuales y metodologías reactivas. (IBM, 2021, Revista de Marina, 2025)

Indicadores clave de desempeño en mantenimiento

Los KPI de mantenimiento, que miden la eficacia de las actividades de mantenimiento, nos ayudan a evaluar la calidad de la productividad de los responsables de mantenimiento diario. Algunos ejemplos de KPI útiles para evaluar la eficacia general del mantenimiento diario incluyen:

- Tiempo medio de reparación (MTTR)
- Tiempo medio entre fallos del sistema (MTBF)
- Nivel de disponibilidad
- Cumplimiento del mantenimiento preventivo programado
- Coste por hora de productividad perdida
- Porcentaje de mantenimiento correctivo frente a preventivo

(Fractal, 2026)

También es importante reconocer que los KPI no tienen valor por sí mismos. Su impacto dependerá de las decisiones que se tomen en función de su uso y de la priorización de las acciones necesarias para mejorar el negocio. Por ejemplo, si el MTBF (tiempo medio entre fallos) aumenta, significa que el equipo funciona mejor y, por lo tanto, requiere menos mantenimiento; sin embargo, si el porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo es bajo, esto indica una disciplina operativa deficiente en relación con el proceso de mantenimiento (Fractal, 2025; Fractal, 2026).

Los KPI se han consolidado como un componente esencial de la gestión eficaz del mantenimiento, gracias a su capacidad para identificar tendencias a lo largo del tiempo, justificar la necesidad de intervenciones y vincular los aspectos técnicos y económicos del negocio. Esta perspectiva sobre los KPI constituye la base de todo el proyecto, ya que identifica aquellos que pueden contribuir a mejorar el control de los equipos en una microempresa de procesamiento de alimentos (Fractal, 2026).

Relación entre mantenimiento preventivo y análisis de datos

Los hallazgos más recientes indican que los datos históricos y las métricas confiables contribuyen a los programas de mantenimiento preventivo. En un ejemplo de IBM (2023), el mantenimiento preventivo utiliza intervalos regulares y promedios históricos, incluyendo el tiempo medio entre fallas (MTBF), para desarrollar un cronograma de actividades programadas que minimice la probabilidad de fallas en los equipos. Fractal (2026) también destaca la necesidad de mantener registros adecuados y/o técnicas de monitoreo que ayuden a mejorar el rendimiento de los activos.

En este contexto de evolución de la gestión de activos, la combinación del análisis de datos con el mantenimiento preventivo se considera una característica esencial de cómo las organizaciones valoran sus activos. Las organizaciones necesitan aprovechar los datos históricos para analizar los patrones de uso de los equipos y priorizar los requisitos de mantenimiento de sus activos críticos, así como para distribuir eficazmente los recursos de mantenimiento disponibles (IBM, 2023).

Esta metodología resulta especialmente útil para las microempresas debido a sus recursos limitados y al hecho de que el tiempo de inactividad de los equipos puede tener un impacto directo en la producción. Por lo tanto, la literatura revisada respalda el desarrollo de soluciones sencillas pero analíticas que consideran los datos relacionados con las fallas y pueden ayudar a crear un entorno que permita prevenir fallas y mejorar los procesos (IBM, 2021; Fractal, 2026).

BI y visualización para el control del mantenimiento

Otro hallazgo relevante en relación con el estado del arte es la necesidad de una visualización clara de los datos para gestionar mejor el rendimiento del sistema de mantenimiento. Rosado Gómez y Rico Bautista (2010) señalan cómo la inteligencia empresarial (BI) puede ayudar a las organizaciones a recopilar datos rápidamente, abstraerlos para que los usuarios puedan acceder a ellos fácilmente en pantallas, presentar esta información visualmente y en un formato adecuado para su distribución. Los últimos avances también han mostrado la incorporación de módulos de BI en las plataformas de mantenimiento, lo que permite a los usuarios consultar los indicadores clave de rendimiento (KPI) dentro de un período de tiempo específico y realizar un seguimiento continuo de su desempeño (Rosado Gómez y Rico Bautista, 2010; Fracttal, s.f.).

Al utilizar diversos recursos de panel de control para lograr una mayor visibilidad mediante la visualización de tendencias y la actividad de los equipos, se permite a los responsables de estos procesos visualizar los datos de forma más coherente, en lugar de tener múltiples datos dispersos en un formato que dificulte su comprensión. Por lo tanto, el uso del panel de control no debe considerarse únicamente como una herramienta gráfica, sino como parte de una estrategia de gestión que permita un control de mantenimiento sostenido (Rosado Gómez y Rico Bautista).

Este caso demuestra el uso de tecnologías de visualización para mejorar los procesos de mantenimiento, proporcionando herramientas para analizar y tomar decisiones sin necesidad de una automatización avanzada y compleja previa al inicio. Además, se ajusta a la realidad de una microempresa, donde lo que se propone debe ser factible e incremental, haciendo hincapié en el uso práctico de la información. (Marina, 2025; Fracttal, s.f.)

6. METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo se orienta a formular una propuesta de mejora del proceso de mantenimiento mediante el análisis de la información existente en la microempresa Las Arepas de Irma.

Naturaleza de la investigación

La investigación se plantea como de naturaleza mixta, porque integra elementos cualitativos y cuantitativos. Hernández Sampieri y Mendoza explican que el enfoque mixto combina la recolección y análisis de datos numéricos con información descriptiva, lo que permite comprender mejor un problema desde diferentes perspectivas. En este proyecto, la parte cualitativa se aplica al identificar procesos, prácticas de mantenimiento y percepciones sobre las fallas; mientras que la parte cuantitativa se relaciona con la medición de indicadores como frecuencia de fallas, tiempos de reparación, disponibilidad y costos asociados.

Diseño de la investigación

El diseño es no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables ni se altera el funcionamiento natural del proceso de mantenimiento. Hernández Sampieri señala que en la investigación no experimental se observan los fenómenos tal como ocurren en su contexto real, sin intervención directa sobre las variables. En este caso, el estudio se limita a analizar cómo se está llevando actualmente el mantenimiento en la microempresa, con base en registros, observación y revisión de información disponible.

Población

La población de estudio corresponde al conjunto total de elementos accesibles del universo que serán considerados dentro de la investigación. Para este proyecto, la población se estructura en tres componentes:

- Población documental: todos los registros de mantenimiento, fallas, revisiones, reparaciones, controles manuales, anotaciones en cuadernos, hojas de cálculo u otros soportes disponibles en la microempresa durante el periodo de análisis definido para el estudio.
- Población técnica u operativa: la totalidad de los equipos críticos vinculados al proceso productivo y de conservación de alimentos, tales como hornos, refrigeradores, licuadoras y demás activos cuya falla afecte la continuidad operativa del negocio.
- Población humana: las personas que participan directamente en la operación, supervisión, registro o toma de decisiones sobre mantenimiento, como propietaria, administradora, operario responsable o personal que intervenga sobre los equipos.

Desde la lógica metodológica, la población debe definirse con precisión para evitar ambigüedades sobre qué se estudia y sobre quiénes o qué unidades recaerá la observación. En este caso, la delimitación responde al objetivo general del proyecto, que busca diseñar y proponer un sistema de Business Intelligence para el monitoreo y análisis de KPI de mantenimiento, por lo cual resulta necesario abarcar tanto las fuentes humanas como las evidencias documentales y técnicas del proceso actual .

Muestra

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), una muestra es un subconjunto de la población del cual se recopilan datos y que se espera que represente, en la medida de lo posible, la totalidad de la población o que sea relevante para el propósito del estudio. En proyectos de investigación aplicada con poblaciones pequeñas y accesibles, los investigadores pueden utilizar un censo o una muestra no probabilística intencional si el objetivo es seleccionar casos clave en función de su relevancia, en lugar de para fines de inferencia estadística (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, la muestra aplicada para arepas Irma serán todos los equipos implicados dentro del proceso productivo y que a partir del diagnóstico inicial serán depurando, identificando cuáles son los más críticos y los de mayor impacto.

Justificación de la muestra

La elección de una muestra no probabilística intencional se justifica porque el propósito del estudio no es realizar generalizaciones estadísticas hacia una población amplia, sino caracterizar una situación específica y formular una propuesta contextualizada de mejora para una microempresa concreta. En estudios descriptivos y aplicados, este tipo de muestreo es válido cuando los casos se eligen por accesibilidad, conocimiento del fenómeno y capacidad para aportar información relevante.

Además, tratándose de una organización pequeña, la inclusión de los equipos críticos, de los registros disponibles y de los informantes clave ofrece suficiente profundidad para construir un diagnóstico útil y técnicamente sustentado. Esta decisión fortalece la pertinencia práctica del proyecto, porque centra la recolección de datos en las fuentes que realmente inciden en la gestión del mantenimiento y en la futura estructuración de indicadores y tableros de control.

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

En los estudios de métodos mixtos, se utilizan diferentes métodos para recopilar y compilar información de diversas fuentes. Por ejemplo, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) mencionan que estos diferentes tipos de datos pueden incluir cantidades o datos numéricos e información que proporciona contexto o descripción sobre el tema investigado. Para analizar la combinación y el enriquecimiento de datos cualitativos y cuantitativos en este proyecto, se utilizarán diversas técnicas.

La recolección de la información se llevó a cabo mediante la solicitud y revisión documentación o registros sobre mantenimiento, fallas, reparaciones, tiempo de inactividad, frecuencia de daños, costos asociados con el mantenimiento o cualquier otro registro almacenado electrónica o físicamente.

Alcance de la investigación

El alcance del estudio es descriptivo, porque busca caracterizar el proceso de mantenimiento, identificar sus principales fallas, reconocer los equipos críticos y describir la manera en que se registran y gestionan los eventos de mantenimiento. Hernández Sampieri plantea que los estudios descriptivos especifican propiedades, características y perfiles de personas, procesos o fenómenos, sin entrar necesariamente a establecer relaciones causales.

Este alcance es el más pertinente ya que el proyecto está enfocado en presentar de manera ordenada cómo funciona actualmente el proceso y cuáles son los aspectos que deben mejorarse. A partir de esa descripción, la propuesta de Business Intelligence puede estructurarse con mayor fundamento técnico.

Fases metodológicas

La metodología del proyecto se desarrollará en cinco fases articuladas con los objetivos específicos definidos.

Primero, se realizará el diagnóstico del proceso actual de mantenimiento; segundo, se caracterizará dicho proceso mediante principios de Lean Manufacturing para identificar desperdicios y oportunidades de mejora; tercero, se diseñará un proceso optimizado soportado en KPI; cuarto, se estructurará la propuesta de Business Intelligence; y quinto, se definirán lineamientos de implementación y seguimiento para fortalecer la prevención de fallas y la disponibilidad de los equipos

Tabla 1. Fases metodológicas del proyecto

Fase	Objetivo específico	Actividades	Metodología	Resultados / entregables
1. Diagnóstico del proceso actual	Identificar los procesos, equipos y necesidades de información relacionados con	Revisar registros actuales; identificar equipos críticos; levantar información sobre fallas, rutinas y	Revisión documental, observación directa, y análisis descriptivo.	Diagnóstico del proceso actual, inventario de equipos críticos, mapa de necesidades de información y

	la gestión de mantenimiento en la empresa.	necesidades de información.		listado preliminar de KPI.
2.	Caracteriz	Mapear el	Mapeo	Mapa del
Caracterización Lean del mantenimiento	ar el proceso de mantenimiento actual de la empresa a través de principios de Lean Manufacturing para identificar oportunidades de mejora.	flujo actual del mantenimiento; identificar desperdicios, tiempos de espera, reprocesos, movimientos innecesarios y fallas repetitivas; priorizar oportunidades de mejora.	de flujo de valor, análisis de desperdicios, observación del proceso y análisis causa-raíz.	proceso actual, matriz de desperdicios, hallazgos Lean y oportunidades de mejora priorizadas.
3. Diseño del proceso optimizado	Diseñar y presentar un proceso optimizado de mantenimientos a través de indicadores clave de desempeño más relevantes para su correcta operación.	Rediseñar el flujo del proceso; definir actividades estandarizadas; establecer puntos de control; seleccionar KPI de mantenimiento.	Diseño de procesos, estandarización operativa y análisis de indicadores.	Flujograma propuesto, procedimiento de mantenimiento optimizado y batería de KPI priorizados.
4.	Diseñar	Clasificar y	Organiz	Estructura
Propuesta de Business Intelligence	una propuesta de Business Intelligence que	depurar datos; definir variables; estructurar modelo	ación y depuración de datos, diseño	propuesta de BI, estructura para la base de datos,

permita organizar, consolidar y visualizar los datos de mantenimiento mediante indicadores, reportes y tableros de control orientados a la toma de decisiones.	lógico de información; diseñar reportes y tablero de control.	conceptual BI y modelado de indicadores.	dashboard conceptual.
---	--	--	--------------------------

5.	Definir la	Establecer	Formul	Plan de
Lineamientos de implementación	propuesta de implementación del proceso mejorado de manera que la microempresa pueda prevenir fallas, optimizar recursos y mejorar la disponibilidad de sus equipos.	responsables, periodicidad de seguimiento, criterios de revisión, acciones preventivas y ruta gradual de implementación.	acción de lineamientos técnicos, enfoque de mejora continua y validación de consistencia de la propuesta.	implementación, lineamientos de seguimiento, recomendaciones finales y propuesta de mejora integral.

7. DESARROLLO

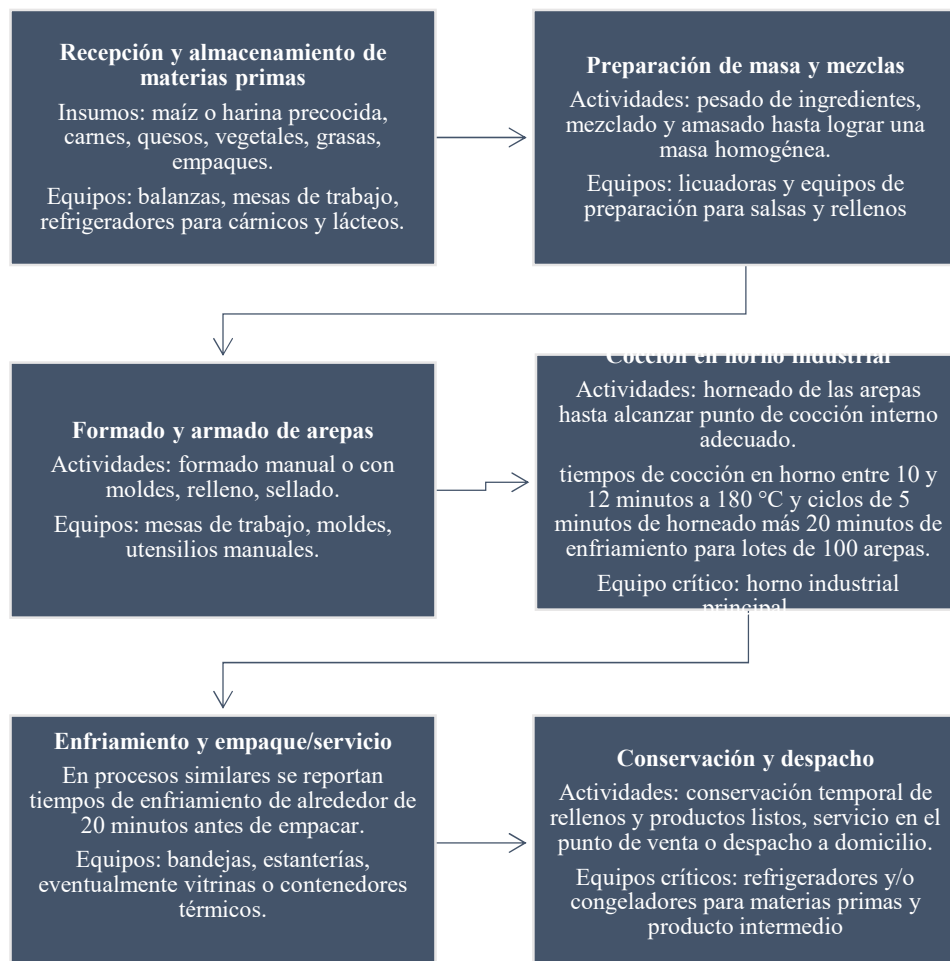
7.1. Identificar procesos, equipos e información para la gestión de mantenimiento en la empresa

7.1.1. Diagnóstico del proceso actual

Inicialmente se ha identificado el proceso el proceso productivo general el cual parte desde la recepción y pesaje de materias primas, preparación de la masa, formado de las arepas, cocción en horno, enfriamiento, relleno y servicio o empaque.

Al tratarse de un producto de consumo inmediato y de materias primas perecederas, la continuidad del proceso depende fuertemente del correcto funcionamiento del horno industrial y de los sistemas de refrigeración.

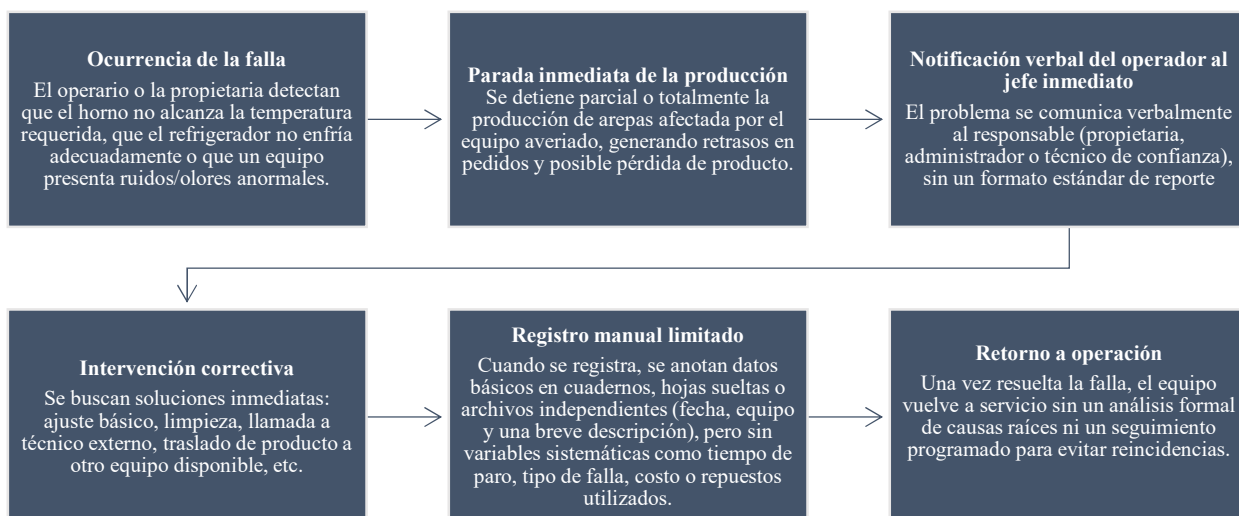
Ilustración 1. Proceso Productivo Arepas Irma



Al identificarse el proceso productivo, y los equipos relacionados a cada proceso, presentar un alto nivel de criticidad por su exposición a daños, por alguna razón la empresa no ha determinado un plan de mantenimientos que le permita de manera preventiva intervenir fallas, sino que la gestión de mantenimientos actual se caracteriza por ser 100% reactiva (Mantenimiento Correctivo No Planificado). Al ser una empresa en crecimiento, no se cuenta con un departamento de mantenimiento propio ni con personal técnico interno.

El flujo de operación del mantenimiento actual funciona bajo el siguiente esquema de “apagar incendios”:

Ilustración 2. Proceso de atención a fallas



Este proceso de intervención de fallas claramente evidencia falencias en:

- Ausencia de procedimientos estandarizados sobre mantenimientos
- Poca o nula planificación preventiva de mantenimientos
- No se evidencia sistema integrado de gestión para el registro y

seguimiento de indicadores

De tal manera que, con registro escritos, se evidencian reportes de fallas por parte del operario líder durante el último semestre

- 2 fallas en sistemas de refrigeración

- 4 eventos en los que el horno industrial no alcanzó la temperatura óptima, obligando a detener la producción.

Las fallas afectan tanto la capacidad de producción de arepas como la conservación de materias primas perecederas, con impacto en calidad, desperdicio y satisfacción del cliente.

7.1.2. Inventario equipos críticos

Una vez identificados las fallas reportadas durante el último semestre y los equipos involucrados es necesario conocer que equipos tienen mayor impacto sobre la continuidad del proceso productivo y sobre la conservación de materias primas en Las Arepas de Irma.

Para ello se ha diseñado una matriz con información técnica básica, el historial de fallas y las posibles consecuencias de parada, para que la empresa pueda orientar su plan preventivo y sus indicadores hacia los equipos que realmente condicionan la operación.

Tabla 2. Matriz de inventario de equipos críticos

Equipo	Proceso donde interviene	Función principal	Historial de fallas (últimos 6 meses)	MTBF aproximado*	Impacto de la falla	Ni vel de criticidad
Horno industrial principal	Cocción de arepas rellenas	Realizar la cocción de las arepas hasta alcanzar el punto adecuado de textura y seguridad para el consumo	4 eventos en los que el horno no alcanzó la temperatura óptima, obligando a detener la producción	≈ 1,5 meses entre fallas (6 meses / 4 fallas)	Detiene la producción principal, genera retrasos en pedidos y afecta la calidad del producto terminado	A (Alta)

Sistema de refrigeración 1 (cárnicos y lácteos)	Almacén y conservación de materias primas perecederas	Mantener la temperatura adecuada de carnes, quesos y otros insumos para evitar deterioro	2 eventos de falla en refrigeración en los últimos 6 meses	≈ 3 meses entre fallas (6 meses / 2 fallas)	Riesgo de pérdida de materia prima perecedera, posible contaminación y retrasos en producción	A (Alta)
Licuada / equipo de preparación	Preparación de mezclas y rellenos	Procesar salsas y rellenos para las arepas	Sin fallas formales registradas en el planteamiento, pero con riesgo de afectación de la velocidad de preparación	No determinado (se requiere levantamiento de datos).	Afecta el ritmo de preparación, pero puede existir alternativa temporal manual, sin detener completamente la producción	B (Media)
Refrigerador 2 (apoyo) o vitrina refrigerada	Conservación de producto intermedio o bebidas	Apoyo en conservación de producto listo o complementario	No se registran fallas explícitas en el diagnóstico inicial; su impacto dependerá de la	No determinado.	Puede causar pérdida parcial de inventario o impacto en oferta al cliente, pero no siempre	B (Media)

			cantidad de producto almacenado		detiene toda la producción	
Equipos	Apoyo	Realizar	No se	No	Su falla	C
auxiliares	en pesaje,	operaciones	reportan fallas	determinado.	genera retrasos o	(Baja)
menores	mezclado y	auxiliares de apoyo	críticas en el		necesidad de	
(balanzas,	manipulación	al proceso	periodo analizado		reemplazo por	
mezcladoras					equipos manuales,	
manuales,					con menor impacto	
utensilios)					que el horno o la	
					refrigeración	

* El MTBF (Mean Time Between Failures) aquí calculado se basa en el horizonte de 6 meses de observación y en el número de fallas reportadas para cada equipo, por lo que debe refinarse cuando se disponga de registros más precisos.

Los criterios de criticidad fueron:

- Impacto en la producción; ¿la falla detiene totalmente la producción?
- Impacto en calidad del producto: ¿La falla genera perdida, daño, o riesgos sanitarios del producto?
- Frecuencia de falla: ¿Con que frecuencia falla el equipo?

- Dificultad/tiempo de reparación: ¿Se requiere técnico especializado para arreglar la falla?
- Consecuencias económicas: ¿la falla ocasionó pérdida de ventas?

En el anexo 1. Se diseñó la herramienta analítica donde se propone que para cada equipo crítico se registren de forma sistemática las variables con lo identificado en el diagnóstico inicial.

7.1.3. Mapa de necesidades de información

El mapa debería ayudar a vincular las decisiones del propietario, el gerente de operaciones y los técnicos con la información que realmente necesitan sobre fallas, equipos críticos y rendimiento del mantenimiento. Actualmente, esta información se registra manualmente y de forma dispersa; por lo tanto, el mapa debería indicar qué datos deben centralizarse para calcular indicadores como la frecuencia de fallas, el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR), la disponibilidad y los costos de mantenimiento.

Este mapa se deriva metodológicamente de una revisión del problema, la identificación de equipos críticos y la literatura sobre indicadores clave de rendimiento (KPI) en mantenimiento que proponen medir la disponibilidad, el tiempo medio entre fallos, el tiempo de reparación, el porcentaje de mantenimiento preventivo y los costos asociados.

El mapa de necesidades de información permitirá la transición de registros manuales y dispersos a una base de datos estructurada que facilitará el diseño de indicadores de mantenimiento y la posterior implementación de un sistema de inteligencia empresarial. De esta forma, la microempresa podrá acceder a información clara y oportuna para priorizar equipos críticos, programar actividades preventivas y evaluar el impacto económico de las fallas.

Tabla 3. Mapa de necesidades de información

Nivel de decisión	Rol principal	Decisiones que toma	Necesidad de información	Variables/datos específicos	Fuente de datos	Frecuencia requerida
Estratégico	Propietaria / Gerencia	Invertir o no en renovación de equipos y servicios técnicos externos	Evaluar impacto económico de las fallas y del mantenimiento	Costo total de mantenimiento por equipo, valor de producto perdido por fallas, tiempo total de paro por mes	Registros de fallas, facturas de reparación, registros de desperdicio	Mensual / trimestral
		Definir prioridad de inversión en equipos críticos	Conocer criticidad y desempeño de cada equipo	Número de fallas por equipo, MTBF, tiempo total de paro, criticidad A/B/C	Inventario de equipos críticos, historial de fallas	Trimestral
Táctico	Responsable de mantenimiento / operativo	Planear mantenimiento preventivo	Definir qué equipos intervenir, con qué frecuencia y qué tareas realizar	Calendario de actividades preventivas, cumplimiento del plan (%), historial de intervenciones por equipo	Plan de mantenimiento, órdenes de trabajo, bitácora	Semanal / mensual

Táctico	Responsable de producción	Ajustar programación diaria de producción	Estimar disponibilidad de equipos y riesgos de paro	Disponibilidad diaria de horno y refrigeración, número de fallas recientes, duración promedio de reparaciones	Registro de uso del equipo, historial de fallas	Diario / semanal
Operativo	Operario de línea	Reportar fallas oportunamente	Registrar eventos de falla con información mínima estándar	Fecha y hora de falla, equipo, síntoma, tiempo desde detección hasta reporte, acción inmediata tomada	Formato de reporte de falla (físico/digital)	En cada evento
Operativo	Técnico / proveedor externo	Ejecutar reparación eficiente	Contar con historial del equipo y de fallas similares	Historial de fallas del equipo, reparaciones previas, repuestos utilizados, recomendaciones anteriores	Base de datos de mantenimiento, informes previos	En cada intervención

7.1.4. Listado preliminar de KPIs

La lista preliminar de KPI propuesta para Las Arepas de Irma tiene como objetivo ayudar a la microempresa a lograr la transición del mantenimiento reactivo a un mantenimiento gestionado y verificable, respaldado por datos que se mostrarán posteriormente en el sistema de Business Intelligence del proyecto. Se han seleccionado indicadores inteligentes sencillos y eficaces recomendados en la literatura sobre mantenimiento (MTBF, MTTR, disponibilidad, porcentaje de mantenimiento preventivo, etc.) y se han adaptado a la realidad de la pequeña empresa de procesamiento de alimentos.

Alineación con el problema identificado: fallas recurrentes en hornos y sistemas de refrigeración, gestión reactiva y registros exhaustivos.

Facilidad de medición mediante los datos definidos en el mapa de necesidades de información: fechas de falla, tiempo de inactividad, costos y tipo de intervención.

Apoyo de la literatura como indicadores fundamentales de gestión del mantenimiento: MTBF, MTTR, disponibilidad, porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, porcentaje de mantenimiento correctivo y costo de mantenimiento.

Según estos criterios, se sugiere comenzar con un conjunto más reducido de indicadores clave de rendimiento (KPI) denominados "esenciales", que se pueden aumentar cuando la empresa tenga mejores resultados.

Tabla 4. Listado Preliminar KPIs propuestos

Código	KPI	Objetivo en la empresa	Definición y fórmula (texto)	Fuente de datos	Uso en el BI
KPI-01	Número de fallas por equipo y mes	Medir la frecuencia de fallas en equipos críticos (horno, refrigeración) para identificar cuáles generan más interrupciones	Conteo de fallas registradas por equipo en cada mes. Fórmula: $N.^{\circ} \text{ fallas} = \sum \text{eventos de falla en el periodo.}$	Registro de incidentes, reporte de fallas	Gráficos de barras por equipo y mes; permite ver tendencias y priorizar equipos críticos.
KPI-02	MTBF – Tiempo medio entre fallas	Evaluar la confiabilidad de cada equipo crítico, midiendo cuánto tiempo operan sin fallar	Tiempo promedio de operación entre una falla y la siguiente. Fórmula: $MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{número de fallas}}$.	Horas de operación estimadas y número de fallas por equipo.	Gráfico de columnas comparando MTBF de horno y refrigeración; ayuda a verificar si las acciones preventivas mejoran la confiabilidad.
KPI-03	MTTR – Tiempo	Medir la rapidez con la que se atienden y	Promedio del tiempo que toma reparar un equipo desde el	Registro de inicio y fin de	Tarjetas de MTTR por equipo

	medio de reparación	resuelven las fallas para reducir el tiempo de paro	inicio de la intervención hasta su puesta en marcha. Fórmula: MTTR = $\frac{\text{tiempo total de reparación}}{\text{número de intervenciones}}$	cada reparación, órdenes de trabajo.	y por periodo; permite plantear metas de reducción de tiempos de reparación.
KPI-04	Disponibilidad operativa del equipo	Conocer qué porcentaje del tiempo el horno y los sistemas de refrigeración están realmente disponibles para producir	Porcentaje de tiempo en que el equipo estuvo operativo respecto al tiempo planificado. Fórmula: Disponibilidad = $\frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo operativo} + \text{tiempo de paro}} \times 100\%$	Registros de horas de operación y horas de paro por falla o mantenimiento.	Indicador global en el dashboard (semáforo) para horno y refrigeración; se puede relacionar con producción diaria y pérdidas por paradas.
KPI-05	Cumplimiento del mantenimiento preventivo (%)	Evaluar la disciplina con la que se ejecutan las actividades preventivas programadas	Relación entre las tareas preventivas programadas y las efectivamente realizadas en el periodo. Fórmula: Cumplimiento = $\frac{\text{OT preventivas ejecutadas}}{\text{OT preventivas programadas}} \times 100\%$	Plan de mantenimiento, órdenes de trabajo preventivas.	Gráfico de barras o línea de cumplimiento por mes; debe tender a valores cercanos a

					90–95% según buenas prácticas.
KPI-06	Porcentaje de mantenimiento correctivo vs. preventivo	Controlar qué tanto del trabajo de mantenimiento sigue siendo reactivo frente al preventivo planificado	Proporción de horas o número de órdenes de trabajo correctivas respecto al total de horas/OT de mantenimiento. Fórmula típica: % Correctivo = $\frac{\text{horas correctivo}}{\text{horas totales de mantenimiento}} \times 100\%$.	Registro de horas por tipo de actividad (preventivo o correctivo).	Gráfico de pastel o barras apiladas; objetivo: disminuir gradualmente el porcentaje de correctivo a medida que se implementa el plan preventivo.
KPI-07	Tiempo de inactividad por fallas (horas/mes)	Cuantificar el tiempo perdido de producción debido a fallas de los equipos	Suma de las horas en que los equipos estuvieron detenidos por fallas no planificadas en un mes. Fórmula: Inactividad = $\sum \text{horas de paro por fallas en el period}$	Registros de tiempo de paro en cada evento de falla.	Gráficos de columna por mes; permite relacionar tiempo de inactividad con producción afectada y costo de producto perdido.

KPI-08	Costo de mantenimiento por equipo	Medir el impacto económico del mantenimiento (correctivo y preventivo) en cada equipo crítico	Suma de los costos de mano de obra, repuestos y servicios externos asociados al equipo en un periodo. Fórmula: Costo mantenimiento equipo = $\sum(\text{repuestos} + \text{mano de obra} + \text{servicios})$.	Facturas, registros contables y órdenes de trabajo.	Gráfico de barras comparando costo por equipo; ayuda a decidir si conviene reparar, renovar equipo o ajustar el plan preventivo.
KPI-09	Costo de producto perdido por fallas	Traducir las fallas técnicas en un impacto económico visible en términos de producto desperdiciado	Valor monetario de las materias primas y/o productos terminados que se pierden debido a fallas de horno o refrigeración en un periodo.	Registro de mermas, cantidad de producto descartado, precios de venta o costo unitario.	Relacionar en el dashboard fallas vs. dinero perdido; refuerza la importancia del mantenimiento preventivo ante la gerencia.

7.2. Caracterización del proceso de mantenimiento a través de Lean Manufacturing

Para llevar a cabo el desarrollo de la caracterización del proceso de mantenimiento a través de Lean Manufacturing, se tuvo en cuenta el punto de partida predominante de la empresa, el cual es claro y es que no se cuenta con personal técnico idóneo interno, el cual comunica las fallas que se pueden presentar diariamente de forma verbal, lo registra de manera manual en una libreta que muchas veces no se presenta la información completa, y además dependen de los proveedores o técnicos externos para recuperar o reanudar el funcionamiento correcto de los equipos críticos. El análisis fundamental se concentra en el horno industrial y el sistema de refrigeración principal, dado que son los equipos que al momento de fallar interrumpen inmediatamente el proceso productivo, y los cuales comprometen las materias primas con las que se llega al producto final y afecta directamente el cumplimiento de los pedidos y la satisfacción del cliente.

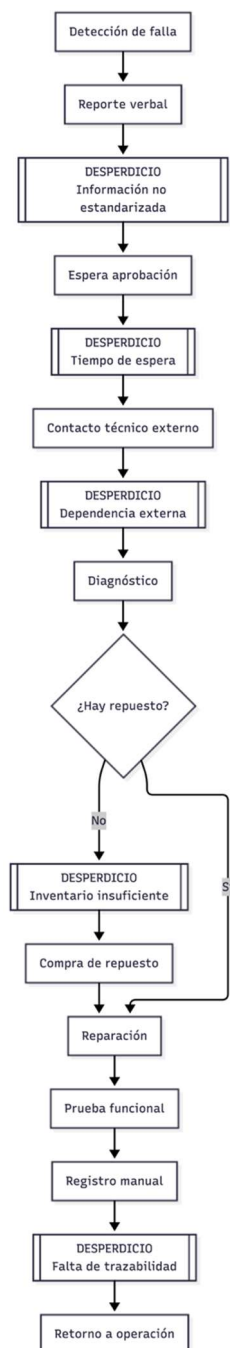
7.2.1. Mapa del proceso actual

El flujo del proceso de mantenimiento inicia cuando el operario identifica que el horno no alcanza la temperatura adecuada o que el refrigerador pierde su capacidad de frío, en este caso la producción se detiene o se busca la manera de reducirla para no afectar toda la producción, y se comunica verbalmente a la propietaria o administradora de turno, para que posteriormente se haga una inspección de qué tan grave es la situación y si se puede ejecutar de manera interna e inmediata o si en definitiva es necesario comunicarse con el proveedor o técnico externo.

Los principales tiempos muertos se identifican en la franja previa a la reparación, donde se debe esperar a la autorización, localización del proveedor, desplazamiento del proveedor, un diagnóstico sin historial disponible, y la compra reactiva de los repuestos. Una vez se realiza el mantenimiento se revisa que el equipo funcione correctamente, y se

procede a reiniciar la producción, aquí se identifica que eso se realiza sin llevar a cabo un análisis de causa raíz, sin una orden de trabajo cerrada y sin una programación preventiva.

Ilustración 3. Caracterización del mantenimiento correctivo



Fuente: propio, mediate, Visio

En la siguiente tabla se caracterizan los tiempos promedio que dura el proceso de mantenimiento correctivo;

Tabla 5. Tiempos durante el mantenimiento reactivo

Etapas del flujo	Tiempo promedio (min).	Tipo de actividad
Detección y contención	12	NNVA
Comunicación verbal	18	NVA
Autorización / decisión	42	NVA
Búsqueda y llegada de técnico	175	NVA
Diagnóstico	55	VA
Espera de repuesto o insumo	210	NVA
Reparación / ajuste	120	VA
Prueba y liberación	30	VA
Registro y cierre	8	NNVA

En la siguiente tabla se caracterizan los tiempos promedio que dura el proceso de mantenimiento correctivo;

Donde;

- VA, son actividades que transforman el equipo o producto y por las cuales el cliente estaría dispuesto a pagar.
- NNVA, Actividades que no agregan valor directamente, pero actualmente son necesarias por requisitos operativos, legales o técnicos.
- NVA, Actividades que no agregan valor y deberían eliminarse porque son desperdicio puro.

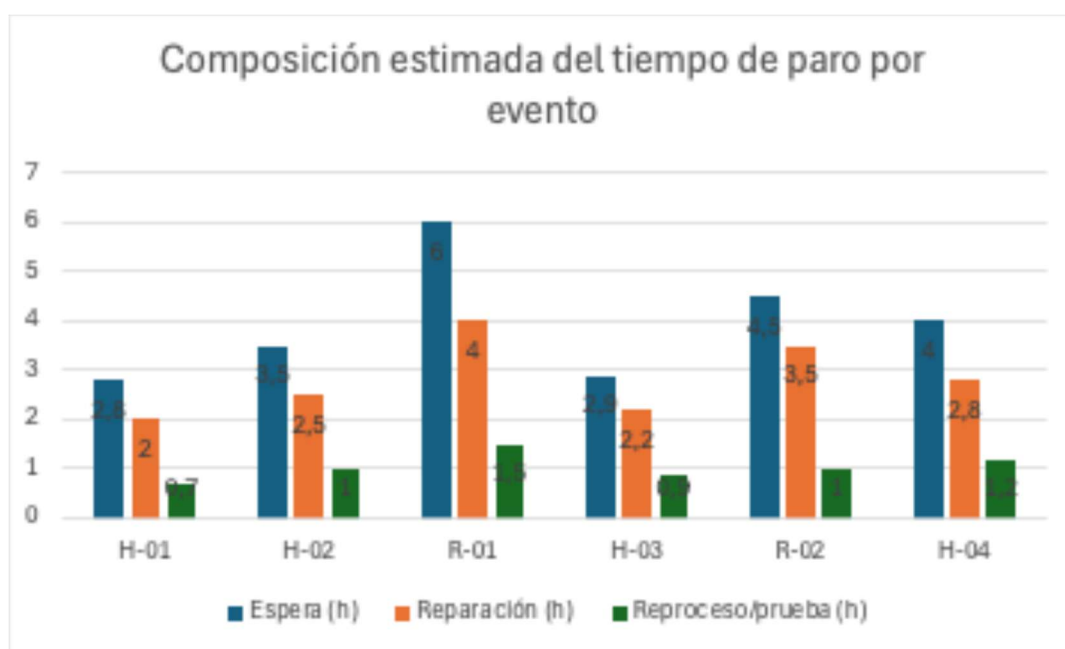
De esa manera se estima un Lead Time total de 670 minutos lo que también equivale a 11,2 horas, se destaca que 205 minutos se concentran en la etapa de diagnóstico, reparación y prueba lo que genera una eficiencia del ciclo del proceso del 30,6%. Por otro lado, el 69,4% de los tiempos corresponden a esperas o actividades que no transforman directamente la condición del equipo. El cuello de botella no es únicamente el proceso de reparación sino la falta de preparación organizacional preventiva para atender cualquier falla que se pueda presentar.

Tabla 6. Registro de tiempos durante un mantenimiento

Evento	Equipo	Modo de falla	Paro (h)	Espera (h)	Reparación (h)	Reproceso/ prueba (h)	Costo estimado	Arepas afectadas	Espera del paro
H-01	Horno	No alcanza temperatura	5.5	2.8	2.0	0.7	\$420,000	120	50.9%
H-02	Horno	Variación de temperatura	7.0	3.5	2.5	1.0	\$610,000	170	50.0%
R-01	Refrigerador 1	Pérdida de capacidad de frío	13.0	6.0	4.0	1.5	\$1,180,000	250	46.2%
H-03	Horno	No alcanza temperatura	6.0	2.9	2.2	0.9	\$525,000	145	48.3%
R-02	Refrigerador 1	Formación de hielo / baja transferencia	10.5	4.5	3.5	1.0	\$950,000	210	42.9%
H-04	Horno	Variación de temperatura	8.0	4.0	2.8	1.2	\$690,000	190	50.0%

Con los registros y tiempo recopilados del archivo de la empresa de los seis eventos se acumulan 50 horas en detención o parada productiva de las cuales 23,7 horas corresponden a esperas antes o durante el proceso de mantenimiento lo cual equivale al 47,4% en términos de costos estas paradas ascienden a \$4.375.000 y la producción afecta equivale aproximadamente a 1085 arepas esas cifras muestran que la pérdida no se limita el valor de reparación únicamente sino que también incluye la capacidad de producción no utilizada los retrasos y el riesgo al daño de insumos perecederos equipos y la imagen de la empresa a través de la insatisfacción del cliente.

Ilustración 4. Composición estimada del tiempo por parada por evento



7.2.2. Matriz de desperdicios

El propósito de la matriz de desperdicios LEAN es identificar y clasificar aquellas actividades dentro del proceso de mantenimiento de la empresa que no generan valor por sí mismos, pero que si consumen recursos como tiempo y disponibilidad de los equipos críticos. El desarrollo se basa en el diagnóstico previo realizado en el proceso de mantenimiento reactivo, partiendo de la detección de la falla hasta el retorno del equipo en

operación, pasando por los ocho desperdicios propuestos por Lean Manufacturing los cuales son;

- Esperas
- Defectos
- Movimientos innecesarios
- Transporte
- Inventarios
- Sobre procesamiento
- Talento humano no utilizado
- Sobreproducción.

Posterior cada uno de estos desperdicios fue evaluado según la frecuencia de ocurrencia a partir de los datos obtenidos del proceso de mantenimiento, su impacto en la operación y el nivel de control que se tiene, permitiendo establecer un índice de prioridad y elaborar así el gráfico a través de la herramienta de PARETO y determinar cuál es el 80% más representativo en función de las pérdidas para la empresa.

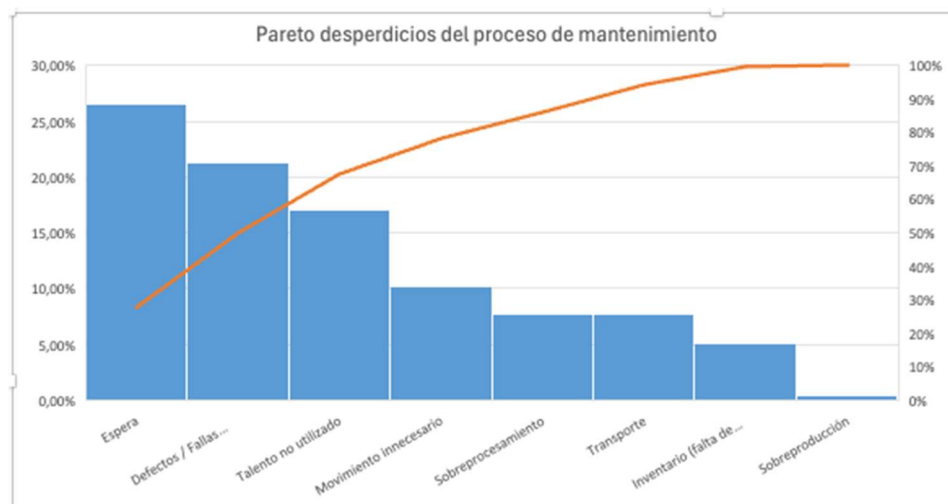
Tabla 7. Matriz de desperdicios Lean

Desperdicio	Manifestación actual	Nivel	Efecto	Contramedida preliminar
Espera	Tiempo sin intervención por autorización, búsqueda del técnico, desplazamiento y compra de repuestos.	Muy alta	Aumenta el paro y el incumplimiento de pedidos.	Acuerdo de servicio, repuestos críticos, protocolo de escalamiento.
Defectos / fallas repetitivas	Reincidencia del horno por temperatura y del refrigerador por pérdida de capacidad.	Alta	Reparaciones repetidas, riesgo de calidad e inocuidad.	RCA, plan preventivo y verificación posterior.

Movimiento	Desplazamientos para localizar herramientas, manuales, facturas, datos y contactos.	Alta	Prolonga diagnóstica y genera interrupciones.	5S físico y digital; ubicación visual.
Sobre procesamiento	Repetición de llamadas, explicación del problema y búsqueda de información ya conocida.	Media	Uso innecesario de tiempo administrativo.	Formato estándar e historial por equipo.
Transporte	Traslado de producto a equipos alternos o fuera del área durante una falla.	Media	Riesgo de manipulación y deterioro.	Plan de contingencia y capacidad de respaldo.
Inventario	Ausencia de repuestos críticos, combinada con compras urgentes; no existe nivel mínimo.	Media	Espera, sobre costo y mayor tiempo fuera de servicio.	Kanban mínimo para piezas de alta rotación.
Talento no utilizado	Operarios detectan señales, pero no participan en inspección autónoma ni análisis.	Alta	Se desaprovecha conocimiento del proceso.	Checklist diario, capacitación y reuniones cortas.
Sobreprroducción	Riesgo de preparar rellenos o masa sin confirmar disponibilidad del horno o frío.	Baja/ocasional	Producto en proceso expuesto a pérdida.	Confirmación de estado antes de liberar lotes.

Con esto los resultados nos indican las principales oportunidades de mejora las cuales se concentran principalmente en la reducción de tiempos de espera para atender las fallas que se presentan seguido de la eliminación de reincidencias en el horno y los sistemas de refrigeración para ello la organización de herramientas e información técnica y el fortalecimiento de prácticas de mantenimiento preventivo y autónomo.

Ilustración 5. Pareto de desperdicios del proceso de mantenimiento



El diagrama Pareto claramente nos muestra que los desperdicios asociados a esperas, fallas repetitivas y talento no utilizado, representa aproximadamente el 65% del impacto total identificado en el proceso de mantenimiento, ahora si incluimos también movimientos innecesarios se alcanza un 75% de las pérdidas acumuladas. De esta manera pues podemos establecer el principio 80/20 de Pareto, el cual indica que la empresa debería concentrar inicialmente sus esfuerzos de mejora en estos cuatro factores, ya que son los que mayor impacto negativo están teniendo sobre los equipos, los tiempos de respuesta y la continuidad de la producción. Lo ideal es que al reducir esos desperdicios se permite obtener mejoras significativas en la eficiencia del proceso de mantenimiento sin necesidad de realizar grandes inversiones en infraestructura gestión y tecnología

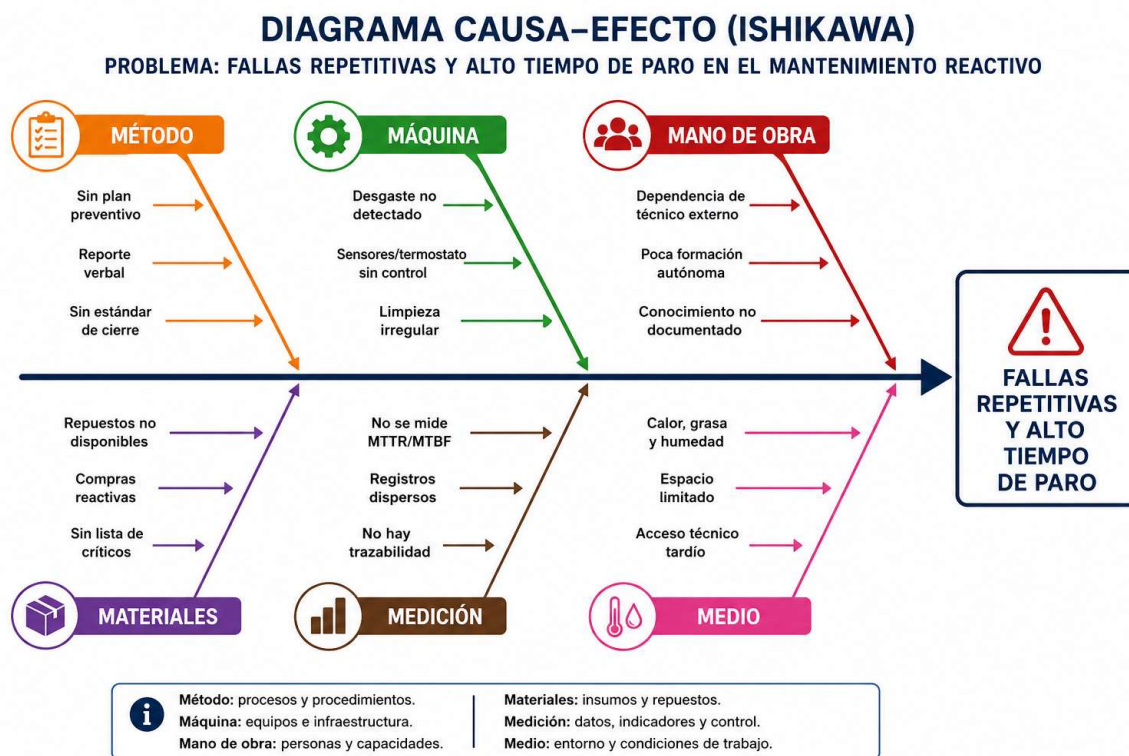
7.2.3. Hallazgos Lean Manufacturing y oportunidades de mejora

7.2.3.1. Análisis Causa-Raíz

A través del diagrama de Ishikawa se puede identificar que la causa raíz organizacional de la empresa está principalmente orientada hacia la ausencia de un sistema básico de gestión del mantenimiento, el horno y el refrigerador pueden fallar por cuestiones

técnicas o por usos, como el desgaste, suciedad, conexiones, termostatos, sensores, sellos o componentes eléctricos, sin embargo la repetitividad y la duración de las paradas de producción aumentan porque no existen inspecciones preventivas, que permitan realizar diagnósticos, tener inventario de repuestos y llevar a cabo una trazabilidad sobre la efectividad de las reparaciones, por lo tanto reemplazar o realizar un mantenimiento sin cambiar el método de gestión haría que la empresa mantenga una probabilidad alta de reincidencia

Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa para fallas repetitivas



Fuente: Propia, mejorado con IA

7.2.3.2. Hallazgos Lean

A través de la matriz de hallazgos Lean, se presentan lo que se considera las oportunidades de mejora más importantes asociadas principalmente a la gestión reactiva de las fallas y la ausencia de herramientas de control. Durante el proceso diagnóstico y la

implementación de herramientas Lean, se identificó que la mayoría de los mantenimientos se realizan únicamente cuando ya el daño está hecho o la máquina ha fallado, lo que demuestra que la empresa tiene una baja capacidad de prevención y planificación en mantenimiento, de tal manera que el análisis revela que los tiempos de espera representan el principal desperdicio del proceso representando alrededor del 45% durante cada parada productiva, lo cual afecta directamente la disposición de los equipos y la continuidad del proceso productivo. Por otro lado, también se identifica que la información se encuentra totalmente dispersa sin un archivo seguro ni custodia de la información y mucha trazabilidad, lo cual permita tener un histórico de fallas para realizar un diagnóstico preventivo y ayudar la toma de decisiones. Además, es importante destacar que no existe un mantenimiento propio por parte de los operarios ni sistemas de gestión ya sean de evidencia visual o indicadores que permitan monitorear el desempeño de los equipos mediante métricas MTTR, MTBF o de disponibilidad.

Tabla 8. Hallazgos Lean

Código	Hallazgo	Evidencia	Severidad
H1	El proceso es predominantemente reactivo.	100% de los seis eventos críticos se atienden después de la falla.	Alto
H2	El mayor desperdicio es la espera.	La espera representa cerca del 45% del paro modelado.	Crítico
H3	El flujo de información es discontinuo.	Reporte verbal, registros aislados y falta de historial por equipo.	Crítico
H4	La reparación no termina con aprendizaje.	No hay RCA, verificación de reincidencia ni actualización de estándares.	Alto
H5	No existe mantenimiento autónomo.	El operario detecta, pero no ejecuta inspecciones estructuradas.	Alto

H6	No existe gestión visual ni métricas.	No se monitorean MTTR, MTBF, disponibilidad, costo o cumplimiento preventivo.	Crítico
H7	La dependencia externa no está gestionada.	No hay niveles de servicio, proveedor alternativo ni inventario crítico.	Alto
H8	Existe riesgo de pérdida alimentaria.	Las fallas afectan insumos perecederos y producto en proceso.	Crítico

7.2.3.3. Oportunidades de mejora

En la tabla 10 se define la priorización de oportunidades de mejora propuestas para la empresa de acuerdo con los hallazgos obtenidos

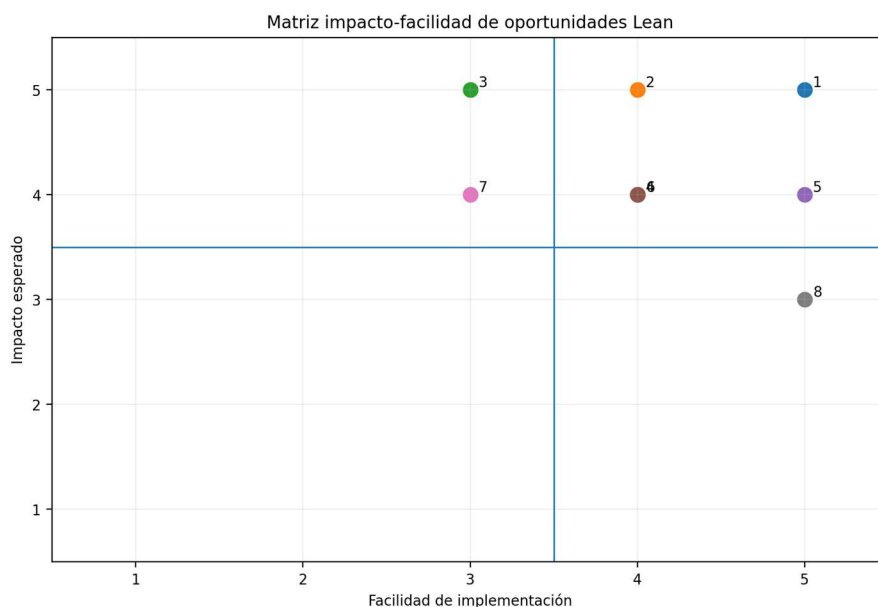
Tabla 9. Priorización de oportunidades de mejora

N.º	Oportunidad	Impacto	Facilidad	Urgencia	Puntaje ponderado
1	Formato único digital para reporte y cierre de fallas	5	5	5	5.00
2	Tablero visual de fallas, MTTR, MTBF y disponibilidad	5	4	5	4.75
3	Plan preventivo básico para horno y refrigeración	5	3	5	4.50
4	Directorio y acuerdo de respuesta con técnico externo	4	4	5	4.30
5	Checklist autónomo diario de limpieza e inspección	4	5	4	4.25
6	Estandarizar diagnóstico, prueba y liberación	4	4	4	4.00

7	Kit mínimo de repuestos críticos y consumibles	4	3	4	3.75
8	Aplicar 5S al punto de herramientas y documentación	3	5	3	3.50

A través de la matriz de priorización de oportunidades de mejora se diseña el gráfico de matriz de impacto-facilidad de oportunidades Lean, con las cuales visualmente se puede identificar cuál de estas son las más importantes y prioritarias para implementar.

Ilustración 7. Matriz impacto-facilidad de oportunidades Lean



A través del diagrama de matriz impacto facilidad se pone en claro que las principales iniciativas que se deben desarrollar en la empresa Arepas Irma son aquellas que están en el cuadrante alto impacto y de alta facilidad, lo cual significa que le puede generar grandes beneficios a la empresa al corto plazo sin requerir altas inversiones económicas ni cambios estructurales, como puede serlo la estandarización de reporte de fallas, implementación de un plan básico de mantenimiento preventivo, capacitación de personal y aplicación de metodología 5S, así como también la creación de tableros Dashboard o visuales de control. Ahora, una de las implementaciones de mayor impacto que pueden tomarse al mediano y largo plazo, puede ser la automatización mediante software

especializado en mantenimiento ya que estas son alternativas que tienen también un alto impacto, pero también se consideran de alto costo.

7.3. Diseño del proceso optimizado

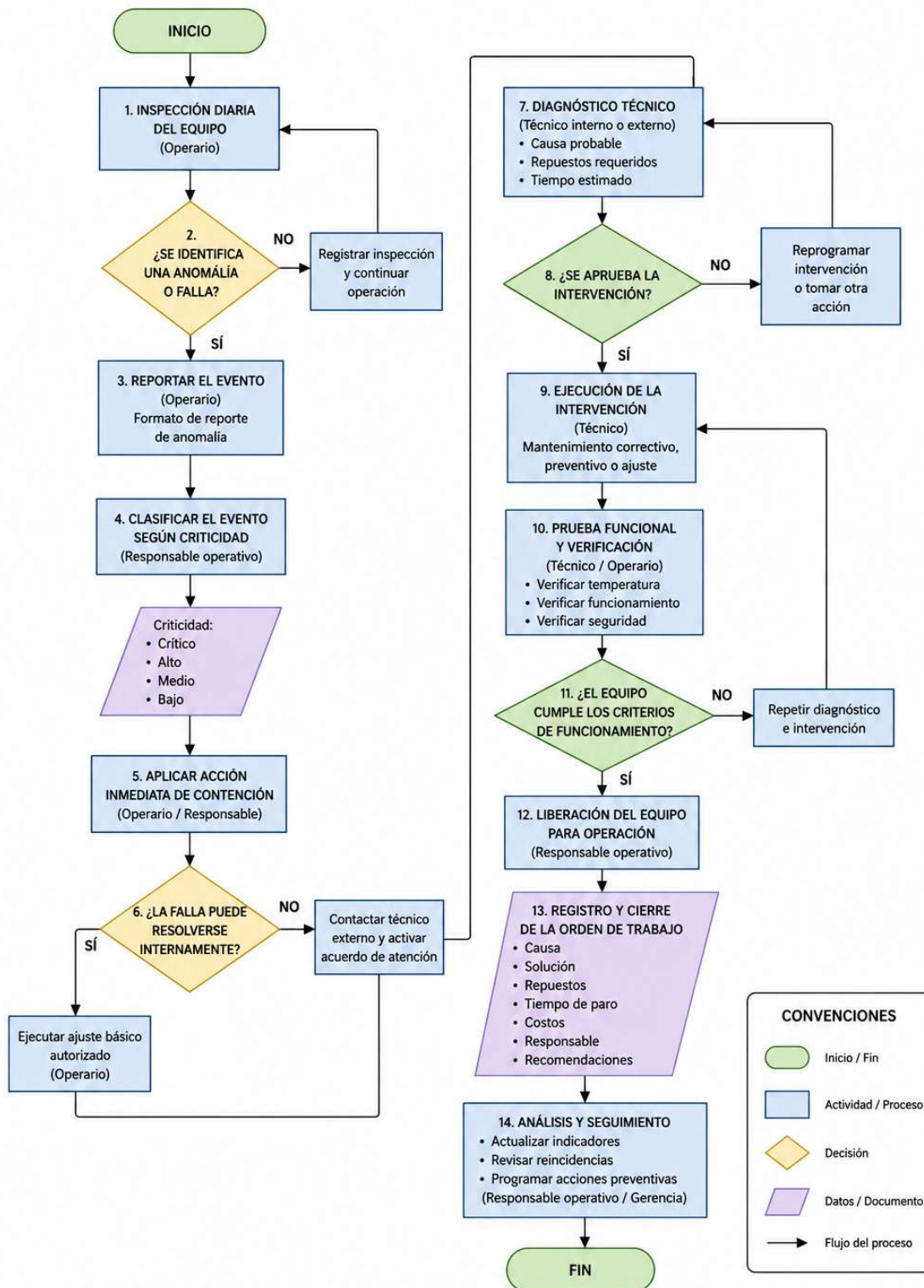
La optimización para el proceso de mantenimiento de arepas Irma tiene como propósito sustituir la cultura reactiva frente a las adversidades técnicas/operativas ya vistas, en un proceso de mantenimiento funcional sencillo estandarizado y medible y que se ajuste a las necesidades de la empresa.

7.3.1. Caracterización del proceso propuesto

A través del siguiente programa propuesto lo que se busca reducir los tiempos de espera evitar falla repetitiva mejora la disponibilidad tanto del horno como los de sistemas de refrigeración y prevenir las fallas de estos y además generar información confiable para la toma de decisiones.

Ilustración 8. Flujograma propuesto

FLUJOGRAMA PROPUESTO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO AREPAS IRMA



Fuente: propia, mediante Visio

7.3.2. Procedimiento de mantenimiento optimizado

En la tabla 11 se presenta el procedimiento de mantenimiento optimizado para Arepas Irma donde se proponen diez etapas cada una con su respectiva actividad estandarizada, responsable, registro requerido y un punto de control, los cuales van a prevenir que las actividades se ejecuten de manera informal.

Tabla 10. Procedimiento de mantenimientos optimizado

Etapas	Actividad estandarizada	Responsable	Registro requerido	Punto de control
1. Inspección	Revisar diariamente el estado del horno, refrigeradores y equipos auxiliares.	Operario	Lista de chequeo diaria	Verificar que la inspección se realice antes de iniciar producción.
2. Detección	Identificar síntomas, anomalías o pérdida de desempeño.	Operario	Reporte de anomalía	Registrar fecha, hora, equipo y síntoma observado.
3. Clasificación	Determinar la criticidad y prioridad de la intervención.	Responsable operativo	Clasificación del evento	Confirmar si la falla detiene producción o genera riesgo alimentario.
4. Contención	Detener el equipo, proteger insumos y evitar daños mayores.	Operario y responsable operativo	Registro de acción inmediata	Verificar que el producto quede protegido.
5. Diagnóstico	Establecer la causa probable y las acciones necesarias.	Técnico interno autorizado o	Orden de trabajo	Registrar causa, repuestos y tiempo estimado.

proveedor externo				
6. Intervención	Ejecutar reparación, ajuste, limpieza o mantenimiento preventivo.	Técnico	Orden de trabajo	Controlar el tiempo de inicio y finalización.
7. Prueba	Comprobar el funcionamiento del equipo.	Técnico y operario	Formato de prueba	Verificar temperatura, estabilidad y seguridad.
8. Liberación	Autorizar el retorno del equipo a producción.	Responsable operativo	Aprobación de liberación	El equipo debe cumplir los criterios definidos.
9. Cierre	Registrar causa, solución, costo, repuestos y recomendaciones.	Responsable de mantenimiento o	Orden de trabajo cerrada	No cerrar la intervención con información incompleta.
10. Seguimiento	Revisar indicadores y programar acciones preventivas.	Propietaria o responsable operativo	Tablero de control	Analizar resultados semanal y mensualmente.

Para evitar que el proceso continúe dependiendo de ciertas acciones o reparaciones reactivas, se propone en la tabla 12 las siguientes rutinas básicas de mantenimiento preventivo para el proceso y que sean tomadas por líder del proceso de mantenimiento

Tabla 11. Actividades preventivas estandarizadas

Equipo	Actividad preventiva	Frecuencia	Responsable
Horno industrial	Limpieza interna y externa, revisión de conexiones y estado de controles.	Diaria	Operario
Horno industrial	Verificación de temperatura real frente a temperatura programada.	Semanal	Operario

Horno industrial	Revisión de termostato, sensores, resistencias o quemadores.	Mensual	Técnico
Refrigerador principal	Verificación y registro de temperatura.	Diaria	Operario
Refrigerador principal	Limpieza de sellos, bandejas y superficies.	Semanal	Operario
Refrigerador principal	Revisión de condensador, ventilación y sistema de frío.	Mensual	Técnico
Licadoras y equipos auxiliares	Limpieza, inspección de cableado y funcionamiento.	Semanal	Operario
Todos los equipos	Revisión general y actualización del historial.	Mensual	Responsable operativo

7.3.3. Batería de KPIs priorizados

La estrategia establecida para la batería de KPIs priorizados, es que la empresa tenga una tasa de adherencia y aceptación de la información propuesta y las alternativas de mejora alta, de tal manera que en la tabla 13, se han diseñado los prioritarios y accesibles para que sea implementados, evitando que el sistema de mantenimiento se vuelva muy robusto en corto tiempos, y se pueda presentar cualquier rechazo operativo por parte de la empresa

Tabla 12. Batería de KPIs

Prioridad	Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta inicial propuesta	Finalidad
1	Disponibilidad operativa	$(\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo de paro}) / \text{Tiempo programado} \times 100$	Semanal y mensual	$\geq 95\%$	Medir el tiempo real en que el equipo está disponible para producir.
2	MTTR – Tiempo medio de reparación	$\text{Tiempo total de reparación} / \text{Número de reparaciones}$	Mensual	≤ 4 horas	Evaluar la rapidez con que se recuperan los equipos.
3	MTBF – Tiempo medio entre fallas	$\text{Tiempo total de operación} / \text{Número de fallas}$	Mensual	Incremento progresivo del 10%	Medir la confiabilidad del horno y la refrigeración.
4	Cumplimiento del mantenimiento preventivo	$\text{Actividades realizadas} / \text{Actividades programadas} \times 100$	Mensual	$\geq 90\%$	Verificar la ejecución del plan preventivo.
5	Número de fallas repetitivas	Número de fallas con la misma causa por equipo	Mensual	Reducción del 30% en seis meses	Controlar la reincidencia de problemas.
6	Tiempo de espera para atención	$\text{Hora de inicio de intervención} - \text{Hora de reporte}$	Por evento y mensual	≤ 2 horas en fallas críticas	Reducir el principal desperdicio Lean identificado.

7	Porcentaje de mantenimiento correctivo	$OT \text{ correctivas} / \text{Total de OT} \times 100$	Mensual	$\leq 50\%$ al sexto mes	Medir la transición de mantenimiento reactivo a preventivo.
8	Costo de mantenimiento por equipo	Costos de mano de obra + repuestos + servicios	Mensual	Seguimiento y reducción progresiva	Identificar los equipos que generan mayor gasto.
9	Producción afectada por fallas	Unidades no producidas o deterioradas por evento	Mensual	Reducción del 20%	Relacionar mantenimiento con productividad.
10	Tasa de cierre completo de órdenes	$OT \text{ cerradas con información completa} / \text{Total de OT} \times 100$	Mensual	100%	Garantizar trazabilidad y calidad de los registros.

7.4. Propuesta de Modelo BI

La propuesta del modelo BI (Anexo 2. Modelo BI Arepas IRMA) que se ha elaborado para la empresa Arepas Irma se diseña como una herramienta de apoyo a la gestión del proceso de mantenimiento permitiendo registrar información operativa diaria y poderla transformar en registros e información útil para la toma de decisiones. El modelo BI ha sido desarrollado a través de la herramienta de Excel, ya que se considera que es una herramienta de facilidad uso, bajo costo de implementación y accesibilidad para el caso de Arepas Irma que representa las microempresas en Colombia, integrando bases de datos centralizadas, cálculos automáticos de indicadores clave desempeño y un Dashboard visual que le permite el seguimiento del estado de los equipos críticos.

A través de esa herramienta la empresa se permitirá realizar registros de cada intervención de mantenimientos que se realicen de controlar los tiempos de respuesta y reparación monitorear la disponibilidad de los equipos evaluar el cumplimiento de mantenimiento preventivo e identificar las fallas recurrentes y analizar finalmente los costos asociados a estas paradas de producción.

Se espera que la empresa lo implemente para gestionar de manera reactiva y basada en la experiencia del sistema de gestión, soportado en datos que le permitan anticipar problemas, reducir tiempos de paradas de producción, disminuir pérdidas de producción y fortalecer la mejora continua del proceso de mantenimiento.

7.5. Plan de implementación

El plan de implementación que se propone para la empresa busca ejecutarse en un horizonte inicial de tres meses permitiendo así que la empresa pueda adaptarse gradualmente a las nuevas prácticas de mantenimiento y puntualmente al sistema Business intelligence sin que se llega a afectar su operación rutinaria.

Ese plan de mantenimiento pueda apreciarse en la tabla 14

Tabla 13. Plan de implementación modelo BI

Fase	Actividad	Objetivo	Responsable	Tiempo estimado	Entregable	Seguimiento
1. Preparación	Socializar la propuesta de mantenimiento y BI con la gerencia y personal operativo.	Generar compromiso y comprensión de la metodología.	Gerencia / Responsable operativo	Semana 1	Acta de socialización	Verificar asistencia y aprobación de la propuesta.
2. Estandarización	Implementar formatos de inspección, reporte de anomalías y orden de trabajo.	Estandarizar la captura de información.	Responsable operativo	Semana 1	Formatos implementados	Revisar que el 100% de las intervenciones queden registradas.
3. Capacitación	Capacitar al personal en inspecciones diarias y mantenimiento autónomo básico.	Fortalecer la detección temprana de fallas.	Responsable operativo	Semana 2	Registro de capacitación	Evaluar aplicación práctica mediante inspecciones supervisadas.
4. Base de datos	Poner en funcionamiento la base de datos del BI y registrar la información histórica disponible.	Centralizar la información de mantenimiento.	Responsable operativo	Semana 2	Base de datos alimentada	Validar integridad y consistencia de los registros.

5. Implementación preventiva	Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para horno, refrigeración y equipos auxiliares.	Reducir la ocurrencia de fallas correctivas.	Operario y técnico externo	Semanas 3 y 4	Cronograma preventivo ejecutado	Medir cumplimiento mensual del plan preventivo.
6. Puesta en marcha del Dashboard	Activar el tablero de indicadores y verificar el funcionamiento de las fórmulas y gráficos.	Automatizar el seguimiento de la gestión de mantenimiento.	Responsable operativo	Semana 4	Dashboard operativo	Comparar resultados con registros físicos.
7. Monitoreo inicial	Realizar seguimiento semanal de indicadores y eventos de mantenimiento.	Detectar desviaciones y oportunidades de mejora.	Gerencia / Responsable operativo	Mes 2	Informes de seguimiento	Reuniones semanales de revisión.
8. Evaluación de resultados	Analizar tendencias de disponibilidad, MTTR, MTBF y cumplimiento preventivo.	Verificar la efectividad del sistema implementado.	Gerencia	Mes 3	Informe de desempeño	Comparar resultados frente a las metas establecidas.
9. Mejora continua	Ajustar frecuencias, actividades preventivas e indicadores según resultados obtenidos.	Mantener actualizado el sistema de mantenimiento.	Gerencia y responsable operativo	Permanente	Plan de mejora continua	Revisión trimestral del desempeño del sistema.

8. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los resultados del proyecto han puesto en evidencia que el principal problema del proceso de mantenimiento en la microempresa arepas Irma no corresponde únicamente a una ocurrencia aleatoria de fallas, sino a la forma reactiva, informal y poco estructurado en las que estas son atendidas. El no tener una planificación preventiva registro de estandarizados indicadores y análisis de causas genera tiempos de espera elevados, que las fallas se presentan repetitivamente que hayan afectaciones directas sobre la producción y que sobre todo esto se vea reflejado en altos costos de producción y de daños por materia prima sin usar dadas las paradas de producción que se presentan.

A través de la caracterización Lean, se permitió identificar que las principales pérdidas de la empresa se concentran en la espera del técnico para abordar los daños que se puedan presentar en los equipos de manera imprevista, sumado a las faltas de insumos o repuestos disponibles movimientos innecesarios para buscar información y la reiteración de fallas que no son analizadas de manera formal y que se presentan de manera repetitiva. Eso confirma que una gran parte del tiempo de las paradas de producción no se relaciona directamente con la reparación sino con las deficiencias organizacionales y de control.

Llegando al proceso optimizado que se ha propuesto a través de este proyecto de investigación, se responden estas necesidades de manera acertada mediante la estandarización del reporte de fallas, la clasificación de criticidad, la ejecución de inspecciones periódicas preventivas, la asignación de responsables a las distintas labores, pruebas funcionales, y el cierre documentado de las intervenciones mediante el registro de datos e indicadores. Este modelo permite que la empresa gestione sus mantenimientos a través de un proceso trazable, medible y orientado a la prevención.

La propuesta realizada del Business intelligence en Excel complementa esta reestructuración del proceso de mantenimiento al centralizar los datos y convertirlos en indicadores que sean medibles, palpables y analizables MTTR, MTBF, cumplimiento preventivo costos y fallas por equipo. Su uso resulta pertinente para la empresa porque frente una solución de bajo costo sencilla de operar y ajustar las capacidades tecnológicas y operativas de la empresa.

De manera en conjunta, la propuesta desarrollada es totalmente viable para arepas Irma desde el punto de vista de ingeniería industrial siempre que se exista esa rigurosidad en el registro de información, en el cumplimiento de las rutinas preventivas, en la revisión periódica de los indicadores, y para ello se requiere la asignación de un responsable en esa información ya que es claro que de por sí sólo la herramienta no garantiza la mejora sino que esto depende del compromiso que tengan los trabajadores de la empresa.

Ilustración 9. Ruta de recomendaciones



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alma Grario. (2025, 11 de mayo). *Gestión de inventarios para PYMES en Colombia: Claves del éxito*. <https://almagrario.com/blog/gestion-de-inventarios-para-pymes-en-colombia-claves-del-exito/>

Emergent Cold Latam. (2025, 18 de mayo). *Del caos a la precisión: Importancia del control de inventario*. <https://emergentcoldlatam.com/casos-de-exito/control-de-inventario-con-peso/>

Fractal. (2025). *Indicadores de mantenimiento: cómo medir la eficiencia de los activos*. <https://www.fractal.com/>

Fractal. (2026, 7 de abril). *Los cinco indicadores clave en el departamento de mantenimiento*. <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/indicadores-de-mantenimiento>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

IBM. (2021, 4 de agosto). *¿Qué es el mantenimiento preventivo?*
<https://www.ibm.com/es-es/think/topics/what-is-preventive-maintenance>

IBM. (2023, 30 de mayo). *Mantenimiento preventivo vs. mantenimiento predictivo*.
<https://www.ibm.com/es-es/think/topics/predictive-vs-preventive-maintenance>

Invest in Colombia. (2023, 31 de julio). *Alimentos procesados*.
<https://investincolombia.com.co/es/sectores/agroindustria-y-produccion-de-alimentos/alimentos-procesados>

LACCEI. (2024). *Systematic review on lean manufacturing in the productivity of the food industry*. [https://laccei.org/LEIRD2024-](https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/papers/Contribution_325_a.pdf)

[VirtualEdition/papers/Contribution_325_a.pdf](https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/papers/Contribution_325_a.pdf)

Las Arepas de Irma. (2026). *Página oficial de Facebook*.
<https://www.facebook.com/>

MachineMetrics. (2016, 24 de enero). *8 wastes of lean manufacturing*.
<https://www.machinemetrics.com/blog/8-wastes-of-lean-manufacturing>

NetSuite. (2024, 3 de noviembre). *What is lean manufacturing? Benefits, principles and implementation*. [https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/lean-](https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/lean-manufacturing.shtml)
[manufacturing.shtml](https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/lean-manufacturing.shtml)

Proyecto Preliminar. (2026). *Diagnóstico interno del proceso de mantenimiento de Arepas Irma*. Documento de trabajo no publicado.

RAST Journal. (2025, 8 de julio). *Optimizing maintenance strategies in smart manufacturing ecosystems*. <https://rast-journal.org/index.php/RAST/article/view/14>

Rosado Gómez, A. A., & Rico Bautista, D. W. (2010). Inteligencia de negocios: Estado del arte. *Scientia et Technica*, 16(44), 321–326.
<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1803>

SCILTP. (2026, 22 de abril). *Lean approach to spare parts management in a food production company: A case study*.
<https://www.sciltp.com/journals/jmem/articles/2602003035>

Taylor, M. J., McNicholas, C., Nicolay, C., Darzi, A., Bell, D., & Reed, J. E. (2014). Systematic review of the application of the Plan–Do–Study–Act method to improve quality in healthcare. *BMJ Quality & Safety*, 23(4), 290–298.
<https://doi.org/10.1136/bmjqs-2013-001862>

Teknisa. (2026). *La transformación digital en la gestión del mantenimiento para la industria alimentaria*. <https://www.teknisa.com/>

Universidad Minuto de Dios. (s. f.). *Importancia del control de inventarios en las PYMES colombianas del sector alimentos*.
<https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/6823f46d-6db7-4ede-9511-14763f76980c/content>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (s. f.). *Propuesta de control de inventarios en una empresa de alimentos*.
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/5698>

Universidad Remington. (s. f.). *Las Arepas de Irma: Proyecto de grado de emprendimiento*. <https://repositorio.uniremington.edu.co/bitstreams/c84c7fd6-8026-4307-97a9-63e58b3e5c84/download>

Urrutia Guardia, J. A. (2023). *Las Arepas de Irma: Emprendimiento gastronómico en Medellín* [Trabajo de grado, Universidad Remington]. Repositorio Institucional Universidad Remington.