

Proyecto de ingeniería aplicada

# Sistema de gestión de mantenimiento basado en el modelo de 8 fases para una empresa de servicios de instrumentación y control en la ciudad de Santa Cruz, Bolivia

Management System based on the 8-phase model for an instrumentation and control services company in Santa Cruz, Bolivia.

 Carlo Andre Peinado Bazán.

Estudiante. Universidad Católica Boliviana. Santa Cruz, Bolivia. carlo.peinado@ucb.edu.bo.

## RESUMEN

El mantenimiento es esencial en cualquier organización o empresa, ya que desempeña un papel crucial en la preservación y optimización de sus activos. Al mantener adecuadamente maquinaria, equipos, instalaciones y otros recursos, se asegura su funcionamiento eficiente y prolongado a lo largo del tiempo. Este documento presenta un estudio sobre el diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM) basado en el modelo de 8 fases para una empresa de servicios de instrumentación y control en Santa Cruz, Bolivia, la cual actualmente realiza el mantenimiento de sus activos de manera tercerizada y correctiva. Se analizan los elementos clave y las etapas recomendadas para lograr una implementación de un SGM, con el objetivo de planificar, controlar y optimizar eficientemente las actividades de mantenimiento, garantizando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de muy alta criticidad, reduciendo costos operativos y maximizando la vida útil de los activos. En el documento, se contextualiza la situación actual del mantenimiento en la empresa y se abordan las primeras cinco fases del modelo de 8 fases, que incluyen la definición de objetivos y responsabilidades, la jerarquización de los equipos, el análisis de puntos débiles, el diseño de planes de mantenimiento y la programación de estos planes. Además, se presenta la selección de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS).

**Palabras clave:** *Gestión. Mantenimiento. Modelo. Servicios.*

## ABSTRACT

Maintenance is essential in any organization or company, as it plays a crucial role in the preservation and optimization of its assets. By properly maintaining machinery, equipment, facilities, and other resources, efficient and long-term operation is ensured over time. This document presents a study on the design of a Maintenance Management System (MMS) based on an 8-phase model for an instrumentation and control services company in Santa Cruz, Bolivia, which currently outsources and performs corrective maintenance on its assets. Key elements and recommended stages are analyzed to achieve the implementation of an MMS, with the aim of efficiently planning, controlling, and optimizing

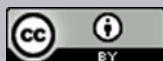
**Citar como:** Peinado Bazán, C. A. Sistema de gestión de mantenimiento basado en el modelo de 8 fases para una empresa de servicios de instrumentación y control en la ciudad de Santa Cruz, Bolivia *Journal Boliviano De Ciencias*, 19(54). 21-40 <https://doi.org/10.52428/20758944.v19i54.964>

**Revisado:** 13/07/2023

**Aceptado:** 20/09/2023

**Publicado:** 20/12/23

**Declaración:** Derechos de autor 2023 Carlo Andre Peinado Bazán. Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Los autores/as declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.



maintenance activities, ensuring the availability and reliability of critical equipment, reducing operational costs, and maximizing the lifespan of assets. The document provides context for the current maintenance situation in the company and addresses the first five phases of the 8-phase model, including goal definition and responsibilities, equipment prioritization, weak point analysis, maintenance plan design, and plan scheduling. Additionally, the selection of a Computerized Maintenance Management System (CMMS) is presented.

**Keywords:** *Maintenance. Management. Model. Services.*

## 1. INTRODUCCIÓN.

El mantenimiento ha ido cambiando a lo largo de la historia. De acuerdo con Félix Pérez, la historia del mantenimiento se puede dividir en cuatro generaciones. La primera generación se mantuvo hasta el año 1950 y se caracteriza por acciones de mantenimiento puramente correctivo. Entre 1950 y 1980 surge el mantenimiento preventivo, es decir, reparaciones programadas. El monitoreo de condición aparece durante la época del 1980 al 2000, esta pertenece a la tercera generación la cual está marcada por la aplicación de mantenimientos predictivos. A partir del siglo XXI, la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento de una manera integral. (Pérez Rondón, 2021)

En un entorno empresarial en crecimiento cada vez más competitivo y orientado hacia la eficiencia y la calidad, el mantenimiento adecuado de los equipos y sistemas es un aspecto fundamental para el correcto funcionamiento de las organizaciones de cualquier rubro (Nexus integra, 2023). En particular, las empresas que brindan soluciones especializadas en el ámbito de la instrumentación y el control de procesos industriales enfrentan el desafío constante de mantener un rendimiento óptimo y confiable de sus activos, a la vez que cumplen con los estándares de calidad y seguridad exigidos por sus clientes.

En este contexto, el diseño y la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento (SGM) se convierte en una herramienta estratégica para estas empresas, permitiéndoles planificar, controlar y optimizar las actividades de mantenimiento de manera eficiente. Un sistema de gestión de mantenimiento efectivo no solo garantiza la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, sino que también contribuye a reducir los costos operativos, minimizar los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la vida útil de los activos. (Akhavan, P.; Shahin, A., 2019)

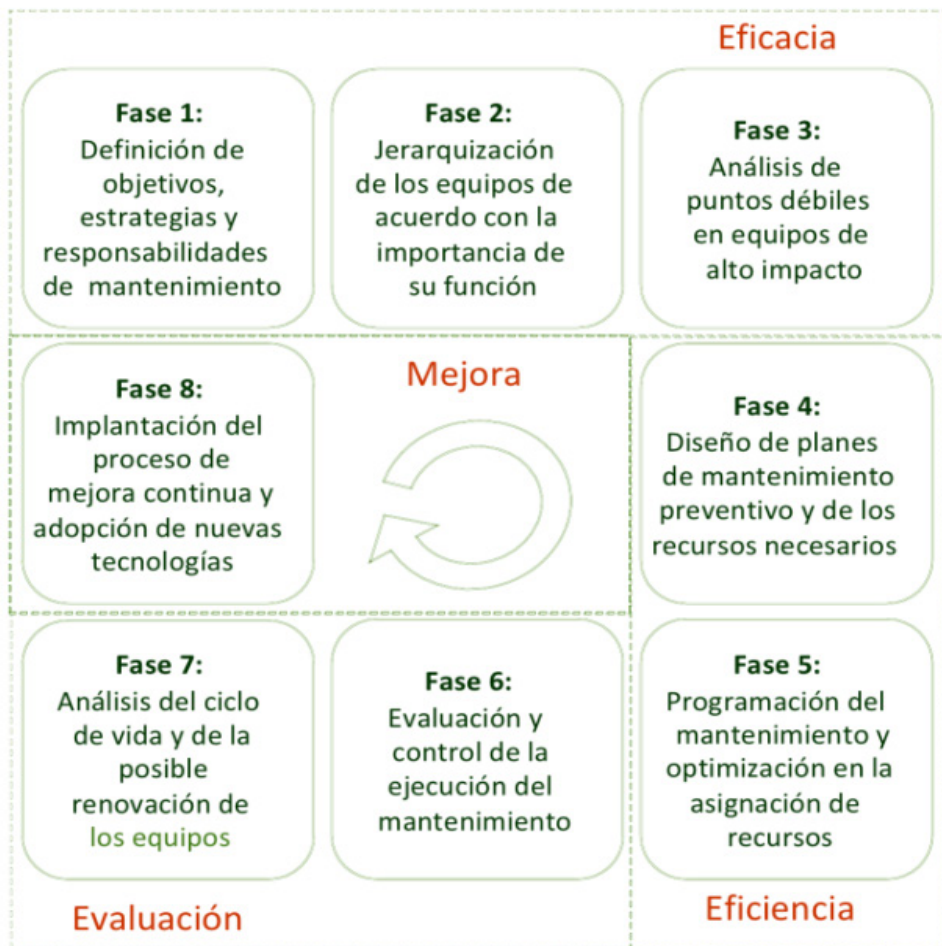
La empresa de servicios de instrumentación y control, desde ahora denominada como “INC”, es una empresa establecida en Santa Cruz, Bolivia desde hace más de 10 años en el rubro industrial. Actualmente, INC cuenta con proyectos en todo el país enfocados no solamente en el rubro del gas y petróleo (Oil & Gas) sino también en la industria minera y cementera. La empresa no se encuentra conforme con el incremento de los tiempos de inactividad y disminución de la confiabilidad de sus equipos, los cuales generan retraso en la prestación de sus servicios.

El objetivo de este documento es presentar un estudio centrado en el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para la empresa INC, basado en el modelo de 8 fases propuesto por Parra y Crespo, cubriendo las primeras cinco fases. Para lograr este objetivo, primero se proporciona un contexto que describe la situación actual del mantenimiento en la empresa INC. Luego, se procede a desarrollar cada

una de las 5 fases del sistema de gestión de mantenimiento (MGM), empleando técnicas como la jerarquización de equipos, análisis de criticidad y proyecciones. Finalmente, se concluye el estudio determinando el sistema más adecuado para el seguimiento de la información de mantenimiento que mejor se adapte a las necesidades de la empresa INC.

**2. METODOLOGÍA.**

El modelo de gestión de mantenimiento (MGM) de 8 fases, propuesto por Parra y Crespo, es una metodología estructurada diseñada para lograr una gestión eficaz de las actividades de mantenimiento en una organización. Este modelo ha demostrado ser una herramienta valiosa para optimizar las operaciones de mantenimiento (Parra y Crespo, 2012). La Figura N°1, a continuación, presenta de manera visual las ocho fases clave del modelo de gestión de mantenimiento de 8 fases.



**Figura N°1.** MGM 8 fases.

Fuente: Parra y Crespo, 2012.

A continuación, se ofrece un resumen conciso de las ocho fases clave del modelo.

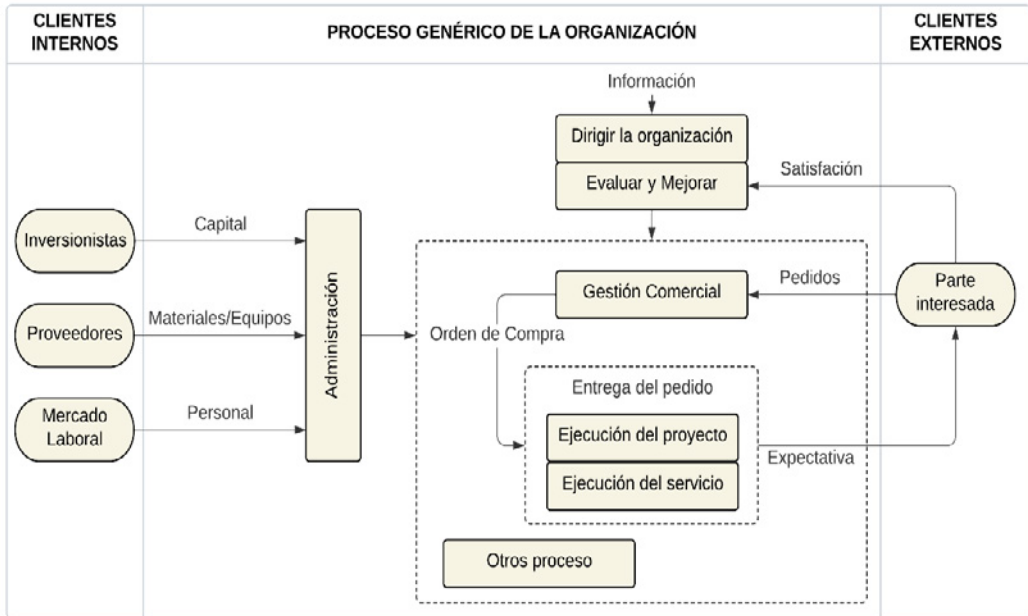
- 1) Fase 1: Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento. En esta fase, se establecen los objetivos específicos del departamento de mantenimiento, se definen las estrategias a seguir y se asignan las responsabilidades correspondientes.
- 2) Fase 2: Jerarquización de los equipos según su importancia y función. En esta etapa, se realiza una clasificación de los equipos en función de su relevancia y su contribución al funcionamiento general de la organización.
- 3) Fase 3: Análisis de los puntos débiles en equipos de alto impacto. En esta fase, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los equipos de mayor importancia para identificar y abordar sus puntos débiles y áreas de mejora.
- 4) Fase 4: Diseño de planes de mantenimiento preventivo de los recursos necesarios. En esta etapa, se desarrollan planes de mantenimiento preventivo detallados para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, además de asignar los recursos necesarios para llevar a cabo dichas tareas.
- 5) Fase 5: Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos. En esta fase, se establece un cronograma para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de manera eficiente, optimizando la asignación de recursos disponibles.
- 6) Fase 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento. En esta etapa, se monitorea y se evalúa la ejecución de las actividades de mantenimiento para asegurar su cumplimiento de acuerdo con los estándares establecidos y los objetivos planteados.
- 7) Fase 7: Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de los equipos. En esta fase, se realiza un análisis del ciclo de vida de los equipos y se evalúa la necesidad de renovación o reemplazo, considerando aspectos como su desempeño, obsolescencia y costo-beneficio.
- 8) Fase 8: Implantación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías. En esta etapa final, se establece un proceso de mejora continua para optimizar las operaciones de mantenimiento.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Situación actual de la empresa**

INC ofrece soluciones especializadas de alta calidad en sistemas de automatización, de control, y de seguridad a clientes en las industrias de Gas y Petróleo. Su enfoque va más allá de la simple integración de sistemas, ya que su objetivo principal es mejorar la rentabilidad, competitividad y productividad de los clientes, brindándoles soporte en diversas áreas como diseño, provisión de sistemas y equipos, desarrollo de aplicaciones, capacitaciones y otros recursos necesarios para el desarrollo de soluciones de última generación.

Además, INC ofrece el servicio de mantenimiento de instrumentación, equipos y sistemas, en plantas de la industria del gas y petróleo, asegurando un funcionamiento óptimo y confiable a lo largo del tiempo.



**Figura N° 2.** Proceso genérico de la empresa INC.

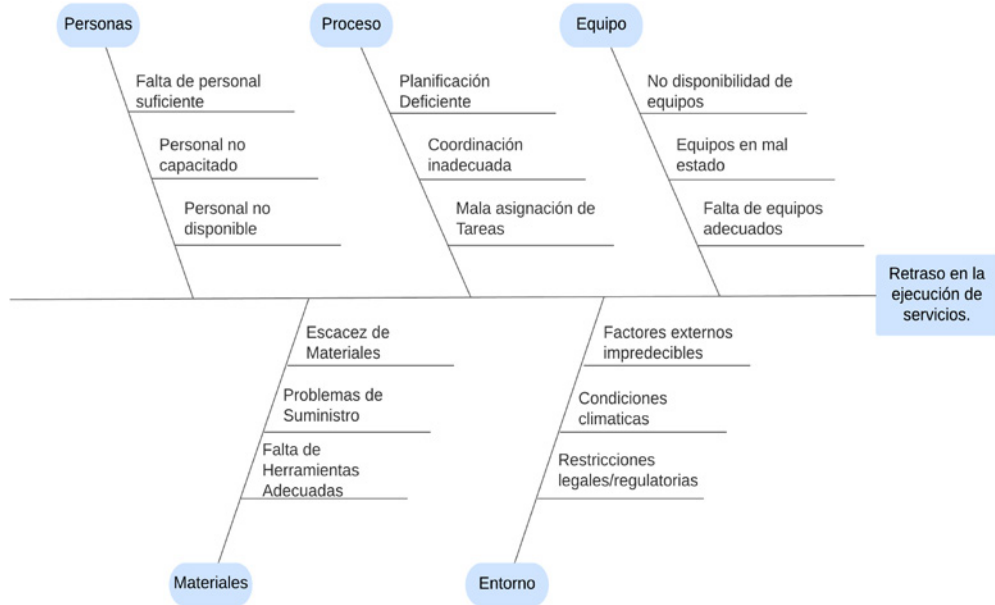
Fuente: Elaboración propia, 2023.

La empresa ha logrado obtener la certificación bajo el programa de *Rockwell Automation* denominado “*Recognized System Integrator (RcSI)*”. Dicho programa está diseñado para asesorar, resolver y ofrecer a los clientes la mejor solución con el menor riesgo posible (*Rockwell Automation, 2023*). Con el apoyo mutuo de *Rockwell Automation*, INC se destaca como una empresa de servicios de instrumentación y control en el sector de gas y petróleo.

La Figura N° 2 muestra el proceso genérico implementado por la empresa INC para la prestación de sus servicios. Este proceso describe las etapas y actividades involucradas en la entrega del servicio, brindando una visión general de cómo se lleva a cabo.

Existen varios factores que contribuyen al retraso en la ejecución de actividades en las empresas de servicios. En la Figura N°3 se presenta un diagrama de Ishikawa que muestra las causas más comunes de demoras en los trabajos de la empresa INC.

Se observa que algunas de estas causas están relacionadas con la gestión del mantenimiento de los activos, como por ejemplo la falta de disponibilidad de equipos y el estado deficiente de los mismos. Según lo informado por el personal de la empresa, estas son las principales causas que han generado retrasos significativos en la ejecución de servicios, aunque no son las únicas.



**Figura N°3.** Diagrama de Ishikawa. Retrasos en la ejecución de servicios en INC.

Fuente: Elaboración propia, 2023

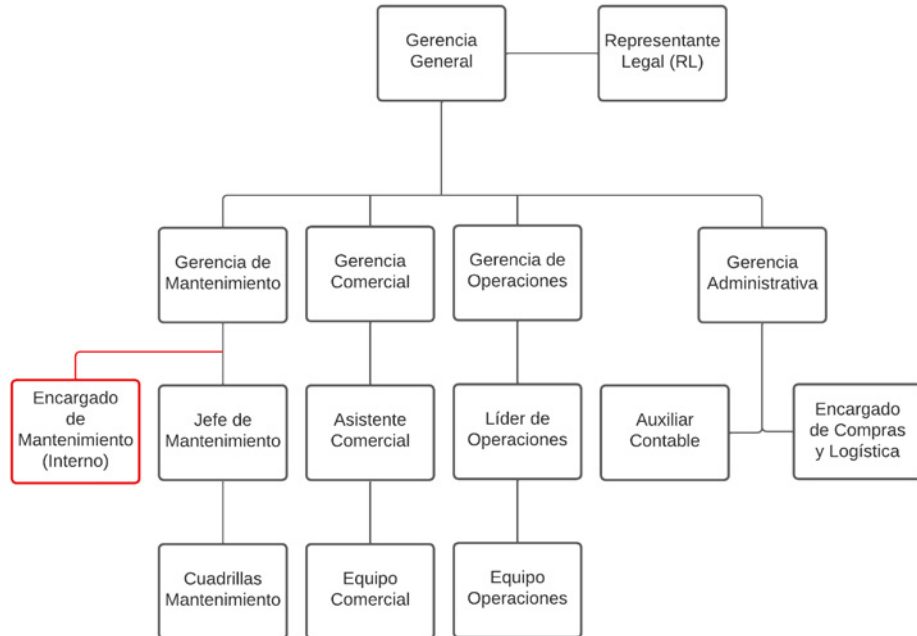
### 3.1.1 Estado del mantenimiento de activos

La empresa INC, como proveedora de servicios, dispone de un departamento de mantenimiento encargado de brindar dicho servicio a terceros. Sin embargo, carece de un responsable específico para el mantenimiento de los activos internos de la empresa.

El mantenimiento de sus activos se externaliza a otras empresas y no se mantiene un registro centralizado de todos los activos. Además, existen diferentes áreas responsables de distintos activos, y algunos activos no tienen una asignación clara a ninguna área en particular.

### 3.1.2 Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama proporcionado por la empresa INC, que ha sido actualizado para incluir el nuevo puesto de encargado de mantenimiento. Este puesto será responsable de supervisar y controlar las actividades de mantenimiento interno de la empresa. Los elementos resaltados con color en la Figura N°4 han sido adicionados al organigrama original como parte del desarrollo del proyecto.



**Figura N°4.** Organigrama de la empresa INC. (Modificado)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede evidenciar en la Figura N° 4, en la empresa existe un jefe de mantenimiento el cual se encarga de supervisar y coordinar las cuadrillas que prestan el servicio de mantenimiento a los clientes de la empresa. Por otro lado, el futuro puesto de encargado de mantenimiento tendrá el rol de gestionar las actividades de mantenimiento a los activos de la empresa y garantizar su disponibilidad.

### 3.2 Desarrollo del sistema de gestión de mantenimiento

En la siguiente sección se desarrolla el sistema de gestión de mantenimiento para la empresa INC desglosando cada una de las 5 fases del MGM de 8 fases propuesto por Parra y Crespo.

#### 3.2.1 Fase 1: Definición de indicadores, estrategias y responsables de mantenimiento

Los indicadores, estrategias y responsabilidades fueron analizados y acordados en una reunión interna y confidencial que contó con la participación de los gerentes de cada área de la empresa y el jefe de mantenimiento. Durante esta reunión, se discutieron y definieron los indicadores clave, las estrategias a implementar y se asignaron los responsables correspondientes.

### 3.2.1.1 Elección de indicadores KPI

Después de llevar a cabo la reunión previamente mencionada, se acordó que se utilizarán los siguientes indicadores de rendimiento:

- ◆ Backlog: Acumulación de trabajo pendiente.
- ◆ TMEF: Tiempo medio entre fallas.
- ◆ TMPR: Tiempo medio para reparar
- ◆ Disponibilidad.

Estos indicadores se consideran relevantes porque abordan aspectos fundamentales del mantenimiento, como la gestión de tareas pendientes, la confiabilidad de los activos y la capacidad de respuesta ante las averías. Además, su implementación no implica una carga excesiva de recursos, lo que los hace viables para monitorear y mejorar el desempeño del nuevo departamento de mantenimiento de manera efectiva.

### 3.2.1.2 Selección de estrategias

Se implementará la centralización de los activos de la empresa en un único sistema de gestión, ya que actualmente se encuentran dispersos en diferentes áreas y carecen de un sistema integrado.

Se emplearán estrategias de mantenimiento preventivo en los activos cuyo análisis de criticidad indique un nivel de riesgo muy alto. Esto permitirá anticiparse a posibles fallas y minimizar el impacto en la operatividad de la empresa.

Se mantendrá la tercerización de los servicios de mantenimiento para los activos en los cuales la empresa no cuenta con personal capacitado para realizar dichas tareas. De esta manera, se asegurará que se realice un mantenimiento adecuado y se optimizará el funcionamiento de dichos activos.

### 3.2.1.3 Designación de responsables

Se designa a una persona específica para desempeñar el rol de encargado de mantenimiento. Entre las funciones clave de este puesto se incluyen:

- ◆ Supervisar y coordinar las actividades de mantenimiento de los activos de la empresa.
- ◆ Planificar y programar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo.
- ◆ Gestionar el registro y seguimiento del mantenimiento realizado en los activos, asegurando un adecuado historial.
- ◆ Coordinar con proveedores externos en caso de requerir servicios especializados para ciertos activos.
- ◆ Participar en reuniones de coordinación con otros departamentos para asegurar una gestión eficiente de los activos y minimizar tiempos de inactividad.
- ◆ Garantizar el cumplimiento de normativas de seguridad y regulaciones relacionadas con el mantenimiento de los activos.
- ◆ Evaluar y proponer mejoras en los procesos y procedimientos de mantenimiento, buscando la optimización de recursos y la eficiencia operativa.



Estas funciones permitirán al encargado de mantenimiento desempeñar un papel fundamental en la gestión efectiva de los activos de la empresa, asegurando su correcto mantenimiento y contribuyendo al óptimo funcionamiento de la organización.

### 3.2.2 Fase 2: Clasificación y codificación de equipos de la empresa

De acuerdo con el modelo de gestión de mantenimiento de 8 fases, una vez establecidos los objetivos del sistema, es necesario proceder a la clasificación de los equipos. Para llevar a cabo esta clasificación, se llevó a cabo un relevamiento de todos los activos de la empresa, los cuales se detallan en la tabla N°1. Este relevamiento se realizó mediante la solicitud de información a los encargados correspondientes de los equipos asignados, y se verificó visualmente su existencia física siempre que fue posible. Asimismo, se recopilaron los datos de aquellos activos que no estaban asignados a ningún responsable y no existía información de ellos.

**Tabla N°1.** Cantidad de activos de la empresa INC.

Tipo de equipo	Código equipo	Cantidad
Aire Acondicionado	AAC	14
Analizador de baterías	ABA	5
Balanza Electrónica	BEL	2
Bomba de Prueba	BPR	17
Calibrador de Proceso	CPR	8
Calibrador de Temperatura	CTE	3
Camioneta	CAM	12
Comunicador HART	CHA	5
Detector Multi Gas	DMG	8
Impresora	IMP	11
Laptop	LAP	52
Medidor de Aislación	MAI	1
Medidor de Aterramiento	MAT	3
Medidor de Caudal	MCA	2
Módulo de Presión	MPR	21
Multímetro	MUL	11
Pinza Amperimétrica	PAM	9
Plotter	PLO	1
Servidor	SER	2
Tablero de Control	TCO	1
Tablero de Distribución Eléctrica	TDE	1
Torquímetro	TOR	2

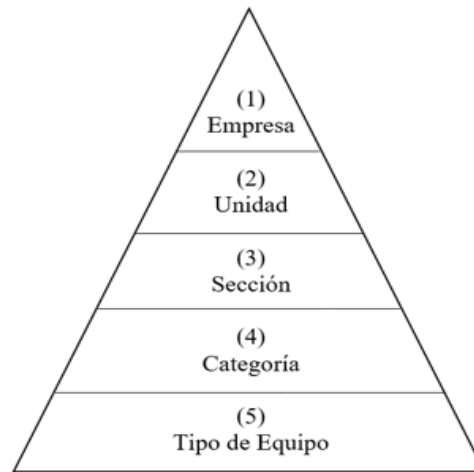
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

### 3.2.2.1 Taxonomía de Activos de mantenimiento

La codificación de los equipos se realizó utilizando como base la norma ISO 14224 (2016) la cual clasifica los ítems de acuerdo con factores comunes en niveles de grupos genéricos.

Adaptando la norma a la situación de la empresa INC, se definen 5 niveles jerárquicos: empresa, unidad, sección, categoría y tipo de equipo. Ver Figura N°5.

**Figura N° 5.** Niveles de jerarquía para clasificación de activos.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

A cada activo se le asigna un código único basado en las categorías de la Figura N°6. Este código alfanumérico sigue una estructura de cuatro grupos separados por guiones, con tres caracteres en cada grupo. Además del código, cada equipo tiene un nombre compuesto por el tipo de equipo y un número, sin utilizar un guion para separarlos.

De esta forma, el código y nombre de una camioneta la cual pertenece a la empresa INC, unidad mantenimiento, sección campo, categoría mecánicos tendrá el siguiente código y nombre:

- ◆ **Código:** INC-MFM-CAM-001
- ◆ **Nombre:** CAM001



**Figura N°6.** Estructura del código de los activos de INC.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.2.3 Fase 3: Análisis de criticidad

Los equipos fueron clasificados según su nivel de riesgo. Para llevar a cabo este análisis, se inició determinando los valores de impacto en diferentes áreas y la puntuación asignada para cada caso, utilizando números enteros del 1 al 5. Estos criterios de evaluación fueron establecidos después de una reunión de coordinación con el personal pertinente. A continuación, se presentan los criterios derivados de dicha reunión:

**Tabla N°2.** Criterios de evaluación de riesgo.

Puntaje	Clasificación de criticidad				
	1	2	3	4	5
<b>Frecuencia</b>	Sumamente improbable: menos de 1 evento en 3 años	Improbable: 1 evento en 3 años	Probable: 1 evento por año	Muy probable: entre 1 y 3 eventos al año	Frecuente: más de 3 eventos por año
<b>Seguridad</b>	No existe lesiones	Lesiones que no requieren tratamiento médico	Lesión leve del personal	Lesión grave del personal	Pérdida de vidas
<b>Producción</b>	Personal fuera de servicio por un tiempo menor a 4 horas hombre	Personal fuera de servicio por un tiempo entre 4-12 horas hombre	Personal fuera de servicio por un tiempo entre 12-24 horas hombre	Personal fuera de servicio por un tiempo entre 24-48 horas hombre	Personal fuera de servicio por un tiempo mayor a 48 horas hombre
<b>Información / Calibración</b>	No existe pérdida de información / No se debe Calibrar	-	-	-	Pérdida completa de información / Se debe Calibrar
<b>Reserva</b>	Se cuenta con unidades de reserva para cumplir la función inmediatamente	-	Se cuenta con unidades de reserva para cumplir la función de manera no inmediata	-	No se cuenta con unidades de reserva
<b>Costos de Mtto.</b>	Costos de reparación debajo del 10% del valor del equipo (incluyendo materiales y personal)	Costos de reparación entre 10% y 24% del valor del equipo (incluyendo materiales y personal)	Costos de reparación entre 25% y 49% del valor del equipo (incluyendo materiales y personal)	Costos de reparación entre 50% y 74% del valor del equipo (incluyendo materiales y personal)	Costos de reparación encima del 75% el valor del equipo (incluyendo materiales y personal)

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Además de definir los criterios de evaluación, en dicha reunión se estableció utilizar el modelo de criticidad semicuantitativo de matriz de criticidad por riesgo (MCR) propuesto por Parra y Crespo en su nota técnica: “Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos”. El modelo propuesto se fundamenta en la estimación del factor de riesgo mediante las siguientes expresiones:

$$Riesgo = FF * C \tag{3.1}$$

Donde:

*FF: Frecuencia de Fallas*

*C: Consecuencias*

Las consecuencias se determinan mediante la siguiente expresión:

$$C = (S + P + IC + RES + CM) * 0.2 \tag{3.2}$$

Donde:

*S: Calificación asignada en el área de seguridad.*

*P: Calificación asignada en el área de producción*

*IC: Calificación asignada en el área de Información o Calibración*

*RES: Calificación asignada en el área de Reserva*

*CM: Calificación asignada en el área de Costos de mantenimiento*

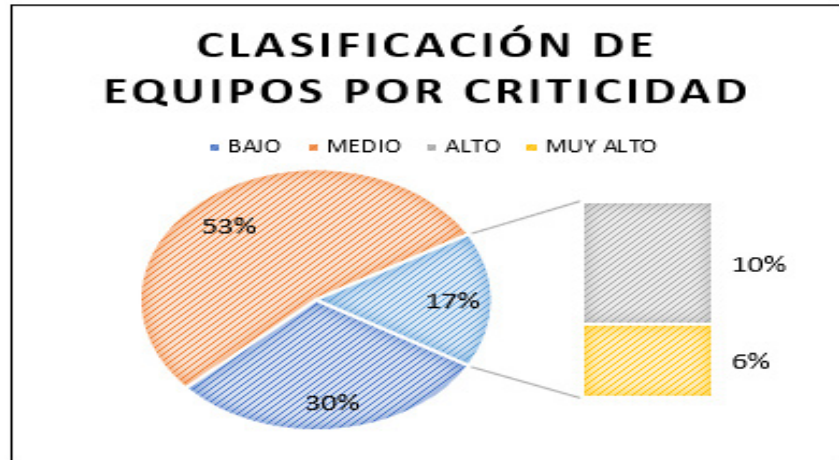
A continuación, se presenta la matriz de criticidad propuesta por el modelo MCR.

**Tabla N° 3.** Matriz de criticidad propuesta por el modelo MCR.

		<b>Matriz de criticidad</b>				
		Consecuencias				
		1	2	3	4	5
Frecuencia	#	1	2	3	4	5
	1	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	2	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	3	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
	4	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
5	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	

Fuente: Adaptado de Parra y Crespo, 2012.

Una vez establecidos los criterios de evaluación y el modelo de criticidad, se procede a asignar los valores correspondientes a cada uno de los activos. Esta asignación se lleva a cabo en colaboración con el personal que participó en la reunión mencionada anteriormente. A continuación, se presentan el resumen de los resultados de la clasificación de los equipos según su nivel de criticidad.



**Figura N°7.** Resultados de la clasificación de equipos de INC por Criticidad.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los valores asignados a cada activo se basan en la evaluación realizada según los criterios establecidos, y reflejan la importancia y el nivel de riesgo asociados a cada equipo. La clasificación por criticidad nos indica que del total de activos de la empresa (191) el 30% son de un riesgo bajo, el 53% de un riesgo medio, el 10% alto y un 6% de riesgo muy alto.

### 3.2.4 Fase 4: Diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos muy críticos

La fase 4 del MGM propuesto por Parra y Crespo se centra en el diseño de los planes de mantenimiento preventivo. Debido a las limitaciones planteadas, se desarrollan dichos planes únicamente para los activos que han sido clasificados con un factor de riesgo muy alto.

Según se muestra en la Tabla N° 4, las camionetas de la empresa INC son consideradas activos de alta criticidad, debido a que sus fallos representan un riesgo elevado para la seguridad del personal, implican costos elevados de reparación, generan demoras en la prestación del servicio y ocurren con una frecuencia alta. A continuación, se presenta una tabla con los equipos de la empresa INC clasificados como de muy alta criticidad.

**Tabla N°4.** Lista de activos de muy alto riesgo en la empresa INC.

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Riesgo</b>
CAM001	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-001	MUY ALTO
CAM002	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-002	MUY ALTO
CAM003	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-003	MUY ALTO
CAM004	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-004	MUY ALTO
CAM005	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-005	MUY ALTO
CAM006	Mitsubishi	L200	Camioneta	INC-MFM-CAM-006	MUY ALTO
CAM007	Mitsubishi	L200	Camioneta	INC-MFM-CAM-007	MUY ALTO
CAM008	Mazda	BT-50	Camioneta	INC-MFM-CAM-008	MUY ALTO
CAM009	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-009	MUY ALTO
CAM010	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-010	MUY ALTO
CAM011	Toyota	Land Cruiser	Camioneta	INC-MFM-CAM-011	MUY ALTO
CAM012	Toyota	Hilux	Camioneta	INC-MFM-CAM-012	MUY ALTO

Fuente: Elaboración propia, 2023.

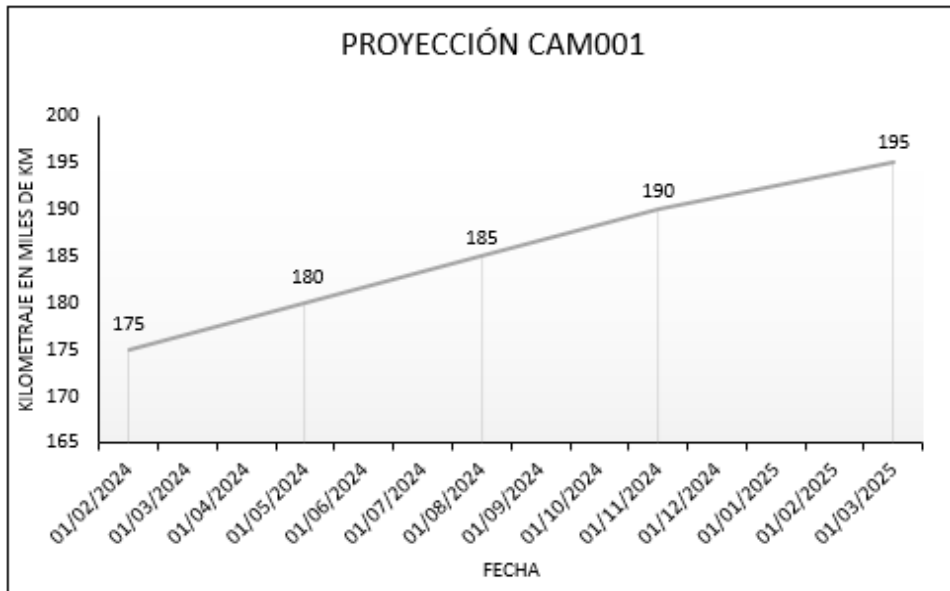
A partir de las recomendaciones e instrucciones proporcionadas por cada fabricante, se procede a elaborar los planes de mantenimiento preventivo para estos activos de muy alta criticidad.

Los planes de mantenimiento preventivo creados para los activos de muy alta criticidad implican la adaptación de la información contenida en los manuales de los fabricantes a los equipos específicos utilizados por la empresa INC, teniendo en cuenta también su forma de operación. Esto se realiza con el objetivo de proporcionar un plan de mantenimiento que se ajuste de manera adecuada a los activos de la empresa.

### **3.2.5 Fase 5: Programación del plan del plan de mantenimiento para la gestión 2024.**

Una vez que se han definido los planes de mantenimiento de acuerdo con el modelo de gestión de mantenimiento (MGM) de 8 fases, es necesario establecer la programación de las acciones de mantenimiento para cumplir con dicho plan. En este caso, se ha programado la gestión para el año 2024, abarcando desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del mismo año.

Para llevar a cabo la programación de las actividades de mantenimiento para esta gestión, se ha evidenciado que los activos de muy alta criticidad corresponden al tipo de camionetas. Se recopilaron los datos de kilometraje de dichos activos, con el fin de realizar una proyección y estimar aproximadamente las fechas en las que se alcanzarán los kilometrajes que requieren mantenimiento, de acuerdo con los planes previamente diseñados. La Figura N° 8 muestra la proyección de uno de los activos de la empresa INC.



**Figura N° 8.** Proyección equipo CAM001.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.3 Sistema de gestión de mantenimiento computarizado

Se decidió implementar un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés) para mejorar la eficiencia y efectividad de las actividades de mantenimiento. El CMMS permitirá un seguimiento exhaustivo y la recopilación de datos precisos para evaluar y mejorar continuamente el sistema de mantenimiento. Al consolidar los datos en una plataforma centralizada, se facilitará la toma de decisiones basada en información sólida y se optimizarán la planificación, asignación de recursos y seguimiento de trabajos en curso. En resumen, el CMMS garantizará un mayor control y una mejora continua en el sistema de mantenimiento.

#### 3.3.1 Selección de CMMS

Se ha optado por utilizar el CMMS Fiix, desarrollado por Rockwell Automation, debido a una serie de características que lo hacen altamente conveniente para las necesidades de INC. En primer lugar, Fiix es un software basado en la nube, lo que proporciona flexibilidad y acceso fácil y seguro a los datos de mantenimiento desde cualquier ubicación. Además, cuenta con una aplicación móvil, la cual permite gestionar las actividades de mantenimiento desde el celular.

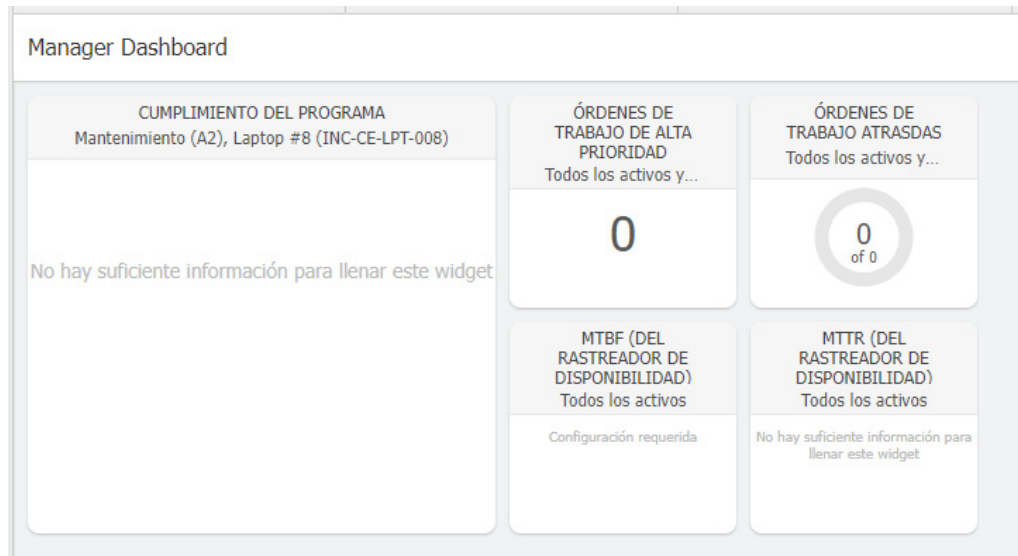
Otra ventaja destacada es que Fiix ofrece una opción gratuita sin límite de tiempo, lo cual brinda la oportunidad de utilizar activos y órdenes de trabajo de forma ilimitada y 3 usuarios activos al mismo tiempo. Esto permite a la empresa INC explorar y evaluar las funcionalidades del software, antes de optar por un plan mejor en caso de requerirlo. Además, la elección de Fiix se respalda en el hecho



de que INC trabaja brinda servicios de integración con productos de la marca Rockwell Automation y ya conoce los estándares de calidad y confiabilidad con los que trabaja la marca.

Sumado a esto, Fiix ofrece una amplia gama de herramientas adicionales que nos permiten realizar un seguimiento preciso de los indicadores de rendimiento de los activos. Algunos de estos indicadores clave incluyen el backlog, el TMPR (Tiempo Medio Para Reparar), el TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos) y la disponibilidad. Estos datos esenciales nos facilitan la obtención de los KPI propuestos al inicio del documento.

Además, para facilitar aún más el monitoreo y análisis de estos indicadores, Fiix cuenta con un tablero de administrador intuitivo y configurable. Este tablero proporciona una vista visual y concisa de los indicadores clave, lo que nos permite acceder rápidamente a la información relevante y tomar medidas necesarias para mejorar el rendimiento y la eficiencia de nuestros activos. A continuación, se presenta una captura del tablero del administrador configurado para la empresa INC.



**Figura N°9.** Tablero del administrador Fiix de INC.

Fuente: Fiix, 2023.

### 3.3.2 Manejo de Activos

La información de los activos que se ha decidido incluir en Fiix abarca los siguientes datos clave:

- ◆ Nombre del activo
- ◆ Código de identificación único
- ◆ Nivel de criticidad del activo
- ◆ Descripción detallada del activo

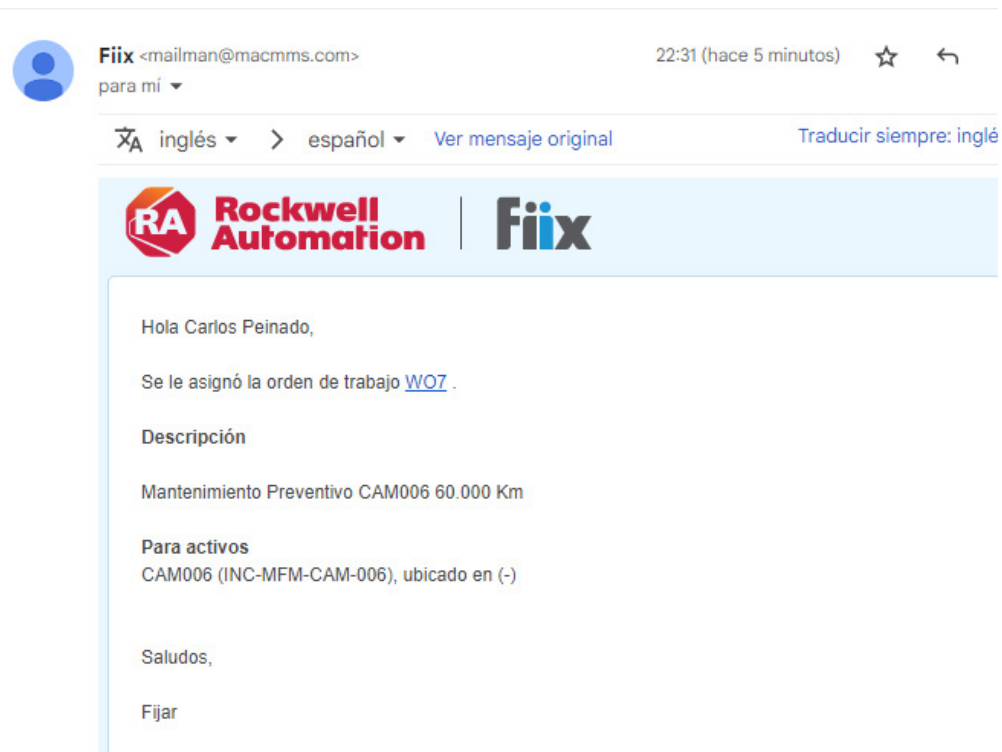
- ◆ Marca del activo
- ◆ Modelo del activo
- ◆ Número de serie del activo
- ◆ Precio de compra del activo
- ◆ Fecha de adquisición del activo

Si bien Fiix permite ingresar otros datos adicionales, se considera que estos datos permitirán tener un registro completo y estructurado de cada activo en el sistema Fiix, lo que facilitará la gestión y seguimiento eficiente de los mismos.

### 3.3.3 Orden de Trabajo

Las órdenes de trabajo se asignan al personal correspondiente, y se envía una notificación tanto a través del sistema Fiix (Figura 10). Estas órdenes de trabajo están vinculadas al activo específico y contienen información detallada, como la prioridad asignada, la fecha de inicio, el tiempo estimado para completar la tarea y la descripción de la tarea a realizar. De esta manera, se garantiza una comunicación eficiente y se proporciona al personal toda la información necesaria para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de manera efectiva. A continuación, se muestra una captura de pantalla que ilustra una notificación recibida por correo electrónico para la ejecución de una orden de trabajo.

**Figura N°10.** Notificación de orden de trabajo por correo electrónico



Fuente: Fiix, 2023.

## 1. CONCLUSIONES

Se lleva a cabo una contextualización de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento en la empresa INC. Esto nos brinda una visión de la situación del mantenimiento en la empresa, es decir, el personal disponible, las operaciones de mantenimiento y los desafíos a los que se enfrenta. A partir de la recopilación de información, se identificaron los procedimientos y áreas que requerían mejoras, sentando así una base para el diseño del nuevo sistema de gestión.

Una vez adquirido un conocimiento de la empresa INC, se establecieron parámetros iniciales para el sistema de gestión de mantenimiento. Esto implicó definir criterios, estrategias e indicadores que guiarían las operaciones y la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento. En este punto fue de vital importancia colaborar con el personal relevante de la empresa, con el objetivo de ofrecer las mejores opciones para INC.

Con los criterios estrategias e indicadores definidos, se procedió a recopilar información sobre los activos de la empresa. Este proceso, que requirió un esfuerzo significativo, implicó la creación de un registro de cada uno de los 191 activos de la empresa, asignándoles un código en base a la norma ISO 14224.

A continuación, se realizó una evaluación de la criticidad (ACR) de los equipos y activos de mantenimiento en la empresa INC. Este análisis permitió identificar aquellos equipos y activos que tenían una importancia estratégica significativa y priorizar las acciones de mantenimiento en función de su impacto en la operación de la empresa. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el modelo MCR propuesto por Parra y Crespo el cual determina la criticidad en función a la frecuencia de fallo y el factor de consecuencia, cuyos valores se determinaron mediante un análisis realizado en colaboración con el personal pertinente de la empresa.

Como parte del modelo de gestión de mantenimiento de ocho fases, que fue la base del trabajo desarrollado, se diseñaron los planes de mantenimiento para los activos de muy alta criticidad. Estos planes se estructuraron siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de cada activo que haya obtenido el resultado de criticidad muy alta en el ACR.

Para completar el proceso, se programaron los planes de mantenimiento para el año 2024, utilizando proyecciones para estimar cuándo sería apropiado llevar a cabo las actividades de mantenimiento en los equipos altamente críticos.

Se seleccionó el sistema de gestión de mantenimiento computarizado Fiix para realizar el seguimiento de las tareas de mantenimiento en la empresa INC.

En resumen, el proceso de diseño del sistema de gestión de mantenimiento cumplió con los objetivos establecidos, brindando una visión clara de la situación actual, cumpliendo con las primeras 5 fases del MGM de 8 fases y determinando el sistema de seguimiento de información más adecuado para optimizar la gestión del mantenimiento en la empresa INC.

## 5. REFERENCIAS.

- Akhavan, P., & Shahin, A. (2019). Assessing the impact of maintenance management practices on operational performance of manufacturing companies.
- Fiix. (2023). Fiix. Recuperado el 10 de 07 de 2023, de <https://www.fiixsoftware.com/>
- Ishikawa, K. (2013). Diagrama de Ishikawa. Obtenido de [http://www.academia.edu/download/45800691/Diagrama\\_de\\_Ishikawa.pdf](http://www.academia.edu/download/45800691/Diagrama_de_Ishikawa.pdf)
- ISO 14224. (2016). Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural - recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.
- Nexus integra. (2023). La importancia del mantenimiento industrial en las fábricas inteligentes. Recuperado el 26 de 06 de 2023, de Nexus integra: <https://nexusintegra.io/es/la-importancia-del-mantenimiento-industrial-en-las-fabricas-inteligentes/#:~:text=Beneficios%20del%20mantenimiento%20industrial%20para%20las%20empresas&text=Evita%20y%20disminuye%20p%C3%A9rdidas%20por,vida%20%C3%BAtil%20de%20los>
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. INGECON.
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos.
- Pérez Rondón, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga.
- Rockwell Automation. (2023). System Integrators. Recuperado el 07 de 07 de 2023, de RockwellAutomation.com: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/partnernetwork/system-integrator-partners.html>